

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7356**

# EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR MINAS PAMPA, CASERÍO TANIN

Departamento Áncash  
Provincia Huaraz  
Distrito Pariacoto



ENERO  
2023

## **EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR MINAS PAMPA, CASERÍO TANIN**

Distrito Pariacoto, provincia Huaraz, departamento Ancash

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

### *Equipo de investigación:*

*Cristhian Chiroque Herrera*

*Norma Luz Sosa Senticala*

*Luis Agurto Ponce*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligro geológico por movimientos en masa en el sector Minas Pampa, caserío Tanin*. (Distrito Pariacoto, provincia Huaraz, departamento Ancash). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7356, 36 p.

## ÍNDICE

<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> .....	2
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Accesibilidad.....	6
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	8
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	9
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	9
3.1.1. Fm. Chicama-Miembro Churín (Jms-chi/chu).....	9
3.1.2. Plutón Pariacoto granito y granodiorita.....	9
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	10
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	12
<b>4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)</b> .....	12
<b>4.2. Pendientes del terreno</b> .....	13
<b>4.3. Unidades geomorfológicas</b> .....	14
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	14
<b>4.3.1.1. Unidad de montaña</b> .....	15
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	15
<b>4.3.2.1. Unidad de piedemonte</b> .....	16
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	18
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	18
5.1.1. Deslizamientos antiguos (DANs).....	18
5.1.2. Deslizamiento rotacional activo (DRA).....	19
5.1.3. Caída de rocas.....	22
5.1.4. Flujos de detritos.....	23
<b>5.2. Factores condicionantes</b> .....	24
<b>Litológico</b> .....	24
<b>Geomorfológico</b> .....	24
<b>Antrópico</b> .....	24
<b>5.3. Daños por deslizamiento</b> .....	25
5.3.1. Terrenos de cultivos.....	25

5.3.2. Canal de riego Minas Pampa.....	25
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS.....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....</b>	<b>33</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos, flujos y caídas de rocas, en el caserío Tanin, sector Minas Pampa; perteneciente a la jurisdicción del distrito de Pariacoto, provincia Huaraz y departamento Ancash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El 03 de marzo del 2019, en el caserío Tanin, sector Minas Pampa se activó un deslizamiento con un escarpe con longitud de 85 m y salto de 2 m, la longitud del escape al pie del deslizamiento es de 96 m, presenta un único escarpe.

El material deslizado, se desplazó con dirección este a oeste, quedando colgado a media ladera; algunos fragmentos de rocas se desprendieron de la masa debido a la pendiente del terreno y cayeron hacia la vía asfaltada muy cerca de las viviendas. Se identificaron caídas de rocas condicionados por la pendiente fuerte a escarpada y el grado de fracturamiento y meteorización de la roca.

En el área evaluada afloran lutitas grises laminadas y pizarrosas intercaladas con limoarcillitas pardo amarillentas con calizas oscuras pertenecientes al miembro Churín de la Formación Chicama (Jms-chi/chu), este tipo de rocas se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas. Los depósitos coluvio deluviales (Q-cd) están conformados por gravas y cantos y bloques dispersos, de formas subredondeados con matriz de arena de grano medio a grueso, en capas medianamente compactas y porosas.

El deslizamiento se desarrolla sobre una colina y lomada en rocas sedimentaria modelada en lutitas y calizas (RCL-rs) con pendientes muy fuertes. La masa deslizada ladera abajo con dirección este a oeste, originó una vertiente con depósitos de deslizamiento (V-dd). Las colinas y lomadas limitan con terrazas aluviales (T-al) originadas y modeladas por el curso y evolución de ríos y quebradas que se desplazan desde las montañas hasta desembocar al océano pacífico.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presentan las laderas donde se ubica el caserío Tanin y el sector Minas Pampa, se considera de **Peligro Alto** ante deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas que podrían afectar vías de comunicación, canales de riego y cultivos ante lluvias intensas y/o prolongadas o sismos.

Se recomienda, impermeabilizar los canales de riego ubicados en la parte superior y media del deslizamiento, además de restringir las actividades agrícolas en la parte superior del escarpe y alrededores. Se debe realizar un sistema de banquetas con la finalidad de reducir la pendiente de la ladera afectada.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, institución 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 con las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas con presencia de elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Pariacoto, según Oficio N° 0105-2022-MDP/A, es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamiento, derrumbes y caídas”, los cuales afectaron canales de riesgo, terrenos de cultivos y vías de acceso.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Cristhian Chiroque, Norma Sosa y Luis Agurto para realizar la evaluación de peligros geológicos, el 28 y 29 de setiembre del 2022, los trabajos de campo estuvieron acompañados por personal de la oficina de INDECI de la Municipalidad Distrital de Pariacoto.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: gabinete (se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet), cartografía de campo (análisis geológico de los afloramientos y estabilidad de laderas, cartografía geomorfológica y geodinámica, fotogrametría con drones, registro fotográfico georreferenciado), gabinete post campo (se realizó el procesamiento e interpretación de los datos para la redacción del informe técnico).

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

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en el Caserío Tanin, sector Minas Pampa, procesos geodinámicos que afectaron terrenos de cultivo, canales de riesgo, viviendas y vías de acceso.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados en la zona.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

A. Boletín N° 38, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Áncash, realizado por Zavala et al., 2009; muestra el inventario de peligros geológicos en la región Ancash; además de la elaboración del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000, mediante la superposición de capas o mapas de factores condicionantes como la litología y las pendientes, mediante un geoprocesamiento en GIS (Cuadro 1 y figura 1). En el mapa se muestra que, el caserío Tanin y el sector Minas Pampa tiene una susceptibilidad alta a muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. En la zona evaluada afloran lutitas y calizas fuertemente fracturadas e intensamente meteorizadas en laderas de montañas con pendientes escarpas.

**Cuadro 1.** Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa.

<b>LEYENDA</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA</b>	
<p>Todas las condiciones intrínsecas del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes reactivaciones se dieron al modificar taludes, tales como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. El substrato rocoso es de mala calidad, rocas sedimentarias clásticas (areniscas, cuarcitas, lutitas, lutitas carbonosas) y depósitos coluvio-deluviales, laderas de montañas con moderada a fuerte pendiente (entre 25° y 45°), montañas con acumulaciones de hielo y aquellas con deglaciación reciente; piedemontes (deslizamientos antiguos); acuitardos sedimentarios (lutitas, areniscas, lutitas pizarrosas; areniscas carbonosas, limoarcillitas, lutitas calcáreas; margas con niveles de yeso); cobertura vegetal de pastizales y cultivos de secano, montañas sin vegetación.</p> <p>Distribución en el lado oriental de la región. En el callejón de Conchucos incluye varios tributarios del río Marañón (Chavín, San Marcos, Huari, San Luis, Pomabamba, Sihuas y Conchucos); también Huallanca al sur y Quiches al norte. Un segundo sector en el lado occidental de la cordillera de los Andes: cabecera de los ríos Nepeña (Jimbe, Pamparomás), Casma (Colcabamba, Pira), Huarney (Entre Coris y Aijá), Fortaleza (Marca) y Pativilca (Llaclla, Pacllón, Chiquián y Aquia). Este sector occidental-central incluye algunos tributarios del río Santa donde destaca la cuenca del río Tablachaca (Pallasca, Cabana), margen izquierda del río Santa (entre Carhuaz y Caraz) y ambas márgenes del valle entre Huaylas y Tablachaca (Huallanca, Yuracmarca, La Pampa); sectores con cobertura glaciario y/o deglaciación reciente en la cordillera Blanca.</p>	<p>Prohibir el desarrollo de todo tipo de infraestructura sin el conocimiento geológico previo. Efectuar estudios geológicos geotécnicos de detalle para el desarrollo probable de infraestructuras, para el descarte en su construcción.</p>
<b>SUSCEPTIBILIDAD ALTA</b>	
<p>Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables para generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Substrato rocoso compuesto de areniscas, conglomerados, limolitas y arcillitas rojas, escasas zonas con esquistos y pizarras, limoarcillitas y carbón, rocas intrusivas alteradas de la cordillera Occidental; montañas con laderas de moderada a suave pendiente, laderas estructurales y lomadas muy disectadas; terrenos con pendiente entre 15° y 25°, y en algunos casos hasta 45°; piedemontes de valle, acumulaciones glaciofluviales, morrenas y detritos de vertiente; acuícludos sedimentarios (calizas, margas intercaladas con arcillitas calcáreas; arcillitas negras; calizas, lodolitas y metamórficos (esquistos, gneis y filitas del Complejo Marañón); terrenos desprovistos de vegetación y áreas con intensa modificación antrópica (actividad minera). Distribución importante en la región, donde destacan los sectores adyacentes a la cordillera Blanca,</p>	<p>Restringir el desarrollo de infraestructura urbana o de instalaciones destinadas a una alta concentración de personas. Para infraestructura vial, líneas de energía, actividad minera, etc., se deberán realizar estudios geotécnicos de detalle.</p>

entre Catac y Yuracmarca, al norte de la cordillera de Pelagatos, así como un amplio sector en forma discontinua correspondiente a las laderas de la vertiente de la cordillera Occidental, asociada al batolito andino (tonalitas, granodioritas y dacitas, fracturadas y meteorizadas). Las secuencias sedimentarias que se encuentran en contacto con estos dos intrusivos o batolitos destacan en esta zona.	
--	--

- B. Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca”. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j (1984).

El área de evaluación se ubica al extremo noroeste del cuadrángulo de Huaraz, hoja 20-h a escala 1: 100 000 que abarca la zona norte del distrito de Pariacoto. En la zona de evaluación afloran rocas sedimentarias tipo lutitas, limoarcillitas y calizas de la Formación Chicama (Jms-chi/chu). Los afloramientos forman relieves montañosos con pendientes fuertes a escarpadas, se ubican hacia ambos márgenes del río Chacchan.



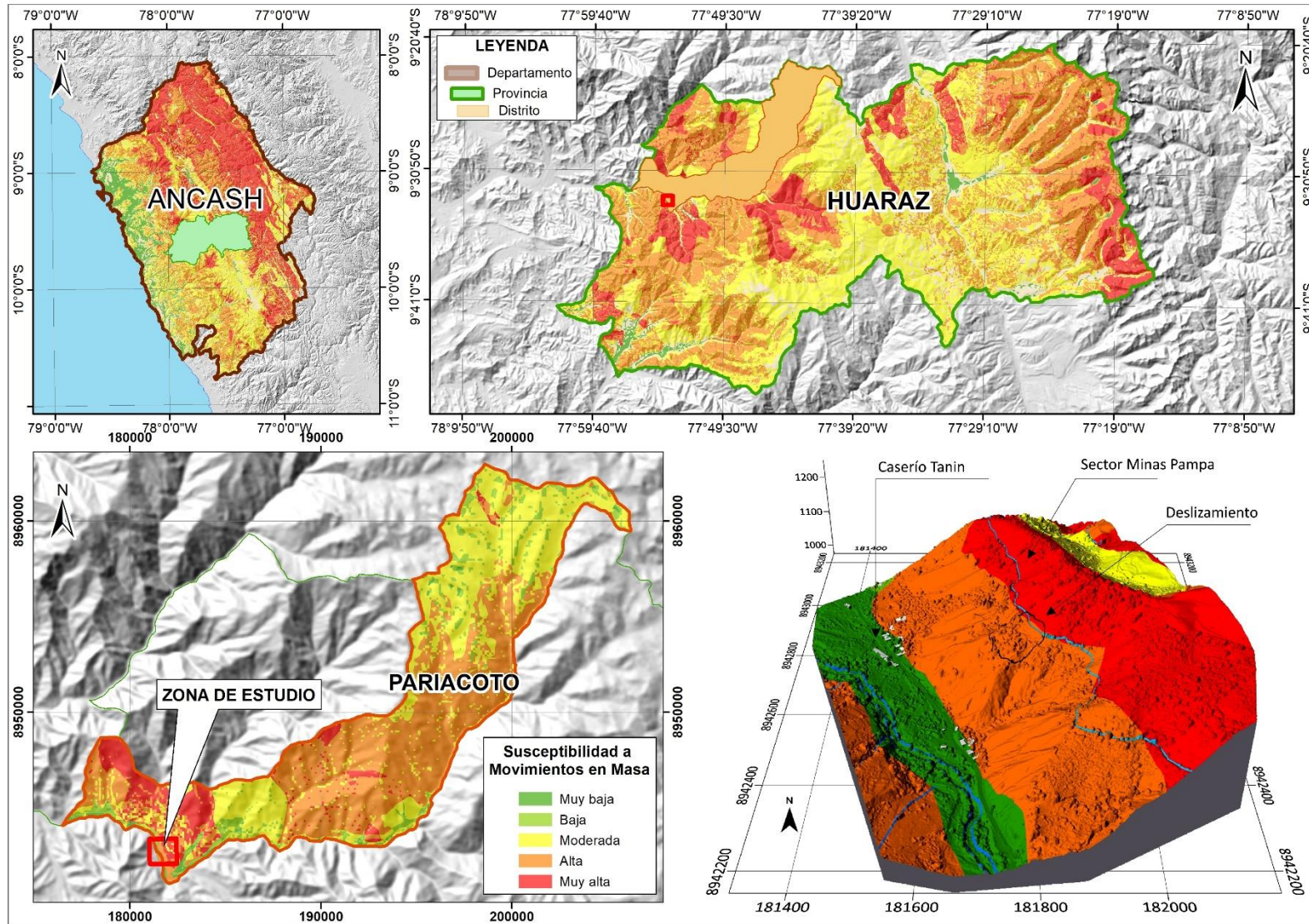


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000 de la zona de evaluación (Zavala, 2009).

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área de evaluación se ubica en el sector Minas Pampa perteneciente al caserío Tanin, perteneciente al distrito de Pariacoto, provincia Huaraz y departamento de Ancash (figura 2); ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	181275	8943299	-9.55	-77.90
2	182220	8943299	-9.55	-77.89
3	182220	8942109	-9.56	-77.89
4	181275	8942109	-9.56	-77.90
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
DRA	181786	8942695	-9.55	-77.90

#### 1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestres desde la ciudad de Lima mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

**Cuadro 3.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Cruce Paramonga	Asfaltada	202	3 h 40 min
Cruce Paramonga – Conococha	Asfaltada	130	2 h 45 min
Conococha – Huaraz	Asfaltada	81.2	1 h 45 min
Huaraz – Pariacoto - Tanin	Asfaltada	89.6	2 h 20 min

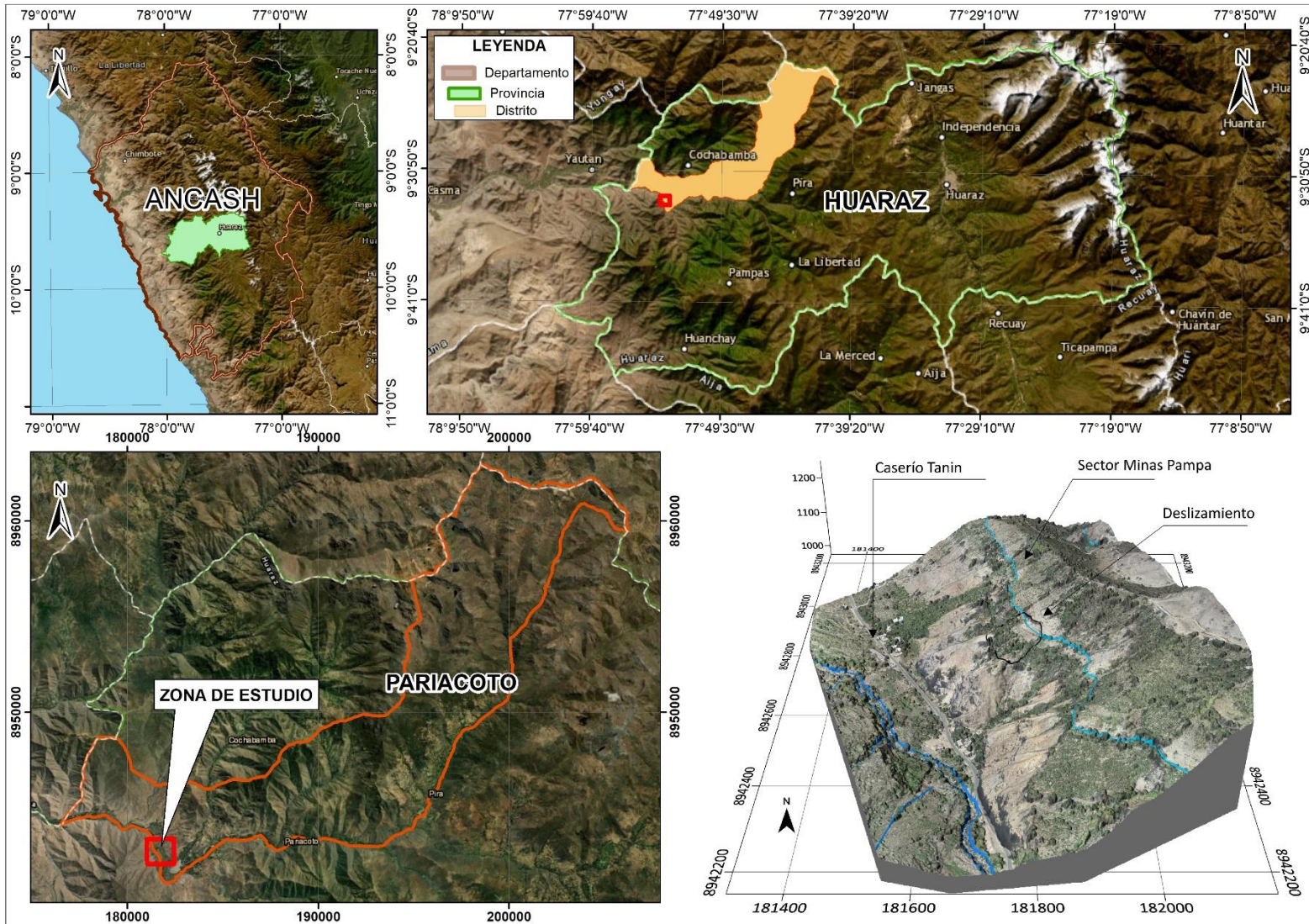


Figura 2. Ubicación del sector Minas Pampa en el caserío Tanin.

## 2. DEFINICIONES

En el presente glosario se describen los términos establecidos en la “Guía para la evaluación de amenazas” elaborada como parte del Proyecto Multinacional Andino – Movimientos en masa en la Región Andina GEMA, del PMA:

**AGRIETAMIENTO:** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

**BUZAMIENTO (dip)** Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

**CORONA (crown):** Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

**DESLIZAMIENTO** (slide) Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).

**EROSIÓN** (erosión) Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciar, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

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

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

**MOVIMIENTO EN MASA** (mass movement, landslide). sin.: 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).

**SUSCEPTIBILIDAD:** La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológico realizado en el sector Minas Pampa, caserío Tanin, se desarrolló en base a la información recolectada en campo y al análisis del cuadrángulo geológico de Huaraz hoja 20-h a escala 1:100 000 (Cobbing, E.J.; et al 1996). Esta información fue actualizada en el año 2007, donde se elaboró el Mapa geológico del Cuadrángulo de Huaraz – Hoja 20-h-IV a escala 1:50 000. En ambos cuadrángulos, se describen afloramientos de rocas sedimentarias de tipo lutitas, limoarcillitas, calizas y areniscas correspondientes a la Formación Chicama que luego fueron catalogadas como el miembro Churín. Para complementar el mapa geológico, se realizó la interpretación de imágenes satelitales y observaciones de campo, cuyos resultados se presentan en el Anexo como mapa 1.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio (figura 3):

##### 3.1.1. Fm. Chicama-Miembro Churín (Jms-chi/chu)

Estos afloramientos están conformados por rocas sedimentarias de tipo lutitas grises a negras laminadas y con aspecto pizarroso intercalas con limoarcillitas y calizas gris oscuras, se encuentran muy fracturados en estratos decimétricos, altamente meteorizados. En los cortes de talud se aprecian secuencias con condiciones geomecánicas muy desfavorables (fotografía 1).



**Fotografía 1.** Lutitas de aspecto pizarroso muy fracturado y meteorizado que aflora en las inmediaciones del deslizamiento.

##### 3.1.2. Plutón Pariacoto granito y granodiorita

Estos afloramientos están conformados por rocas ígneas intrusivas de tipo granitos muy fracturados y altamente meteorizados. En los cortes de talud se aprecian secuencias deleznables, poco compactas y porosas con condiciones geomecánicas muy

desfavorables, en superficie se observa la roca muy descompuesta y desintegrada (fotografía 2).



**Fotografía 2.** Granitos muy fracturados e intensamente meteorizados que aflora en las inmediaciones del deslizamiento.

### 3.1.3. Depósitos cuaternarios

#### Depósitos aluviales 1 y 2 (Qh-al1-2)

Los depósitos aluviales 1, son acumulaciones de arenas, limos y clastos redondeados que conforman terrazas con espesores 1 a 3 m ubicados en la margen derecha del río Chacchan. Mientras que, los depósitos aluviales 2, se distribuyen en la margen izquierda del río Chacchan formando terrazas de hasta 10 m de alto, constituidas por arenas y limos (fotografía 3).



**Fotografía 3.** Vista hacia el río Chacchan donde se diferencia los depósitos aluviales 1 y 2.

#### Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones ubicadas al pie de taludes escarpados de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea. Conforman taludes de reposo poco estables; dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, etc. (fotografía 4).



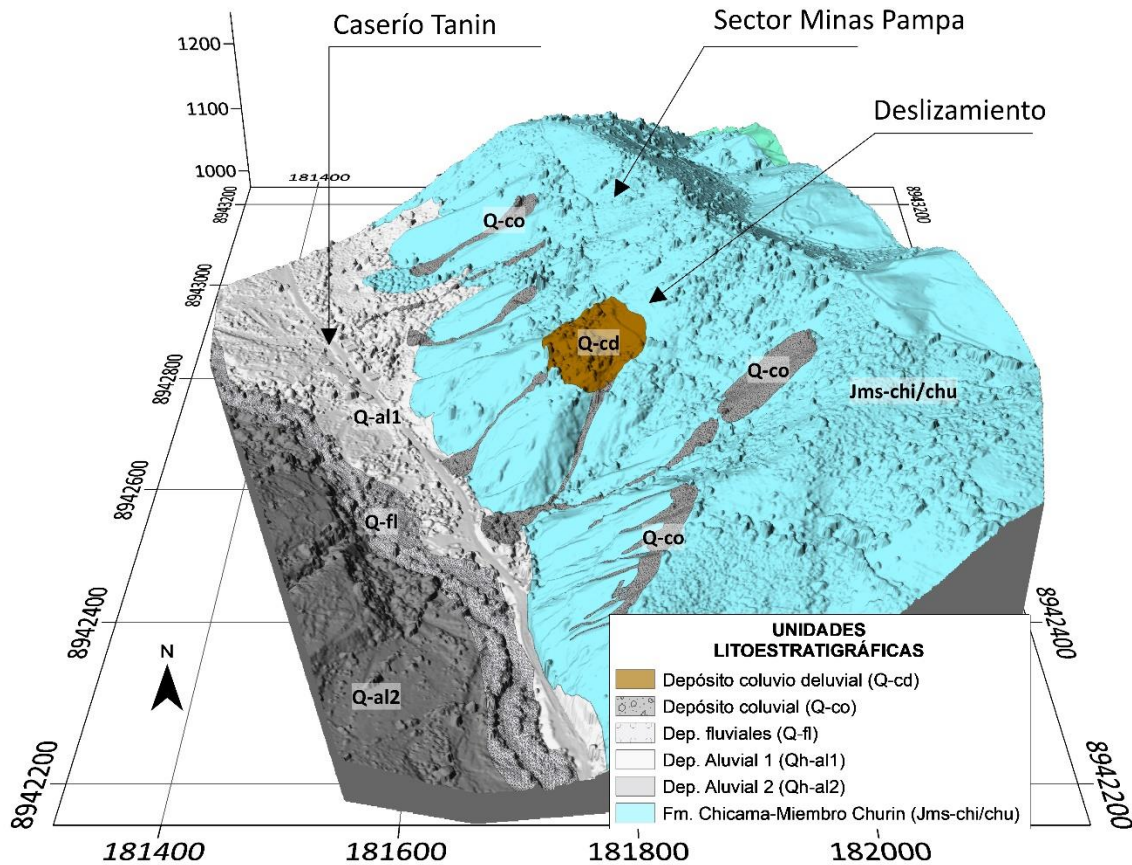
**Fotografía 4.** Vista de los depósitos coluvio deluviales en la ladera afectada por el deslizamiento.

#### Depósito coluvial (Q-co)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material de escombros no consolidados, heterométricos constituidos por bolos (25%), cantos (10%), gravas (10%), gránulos (30%) de formas subredondeadas a redondeadas; además de arenas (20%). Estos depósitos se distribuyen en el área del deslizamiento que alcanza, a través de la masa moviliza en la ladera del sector Minas Pampa (fotografía 5).



**Fotografía 5.** Vista de los depósitos coluviales en el deslizamiento en el sector Minas Pampa.



**Figura 3.** Afloramientos de rocas identificadas en la zona de evaluación.

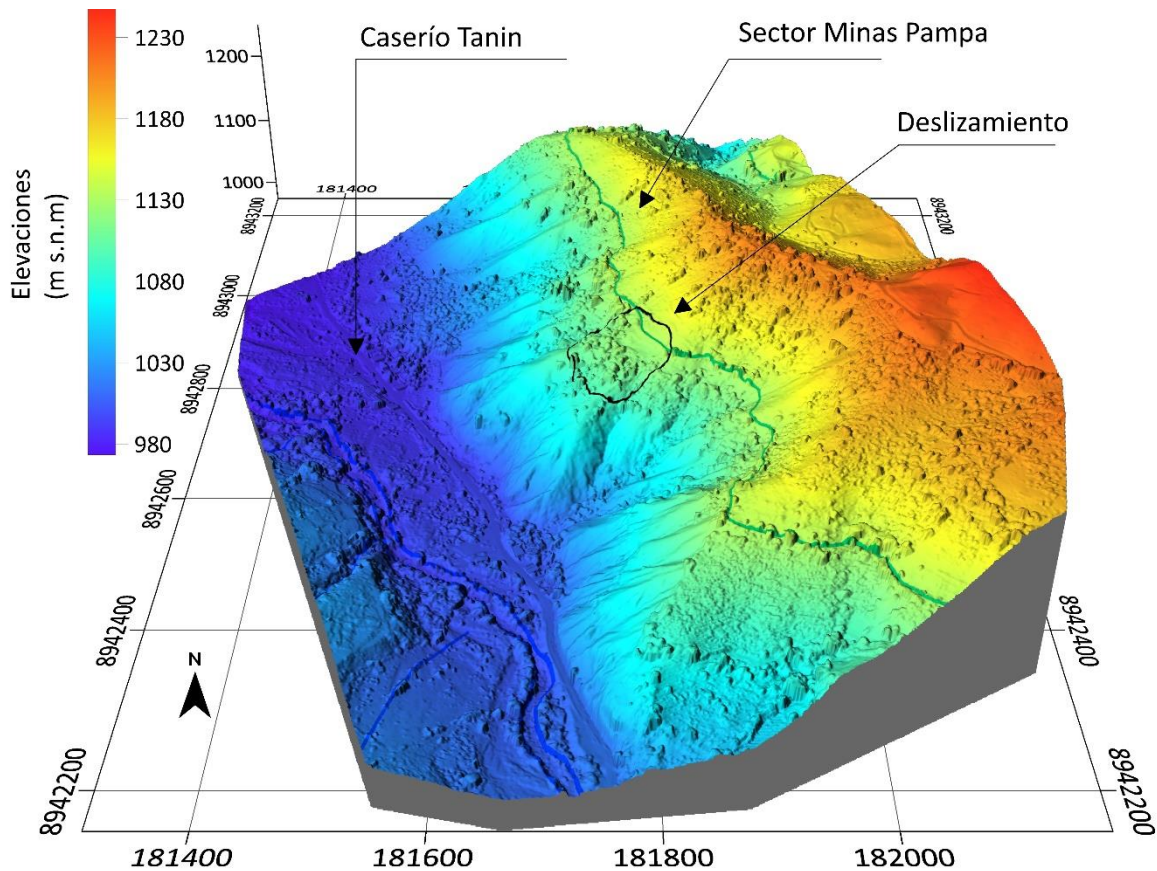
#### 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Se realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de elevaciones, pendientes y ortofoto con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel, esta información se complementó con un MDT extraído del servicio ALOS PALSAR de 12.5 m/pix. Además, se realizó la revisión de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

##### 4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

El área de evaluación alcanza hasta 1250 m s.n.m, al este del caserío Tanin y del sector Minas Pampa, mientras que, las cotas más bajas se ubican en el río Chacchan con 970 m de altitud. Los peligros geológicos tipo deslizamiento se distribuye sobre una ladera con elevaciones entre 1139 m s.n.m. y 1097 m s.n.m., en la zona de arranque y pie del deslizamiento (figura 4). En las laderas se desarrolla actividad agrícola por ende es irrigada por canales de riego sin revestir, se identificó un canal que fue afectado por el deslizamiento.





**Figura 4.** Mapa de elevaciones en el área de evaluación.

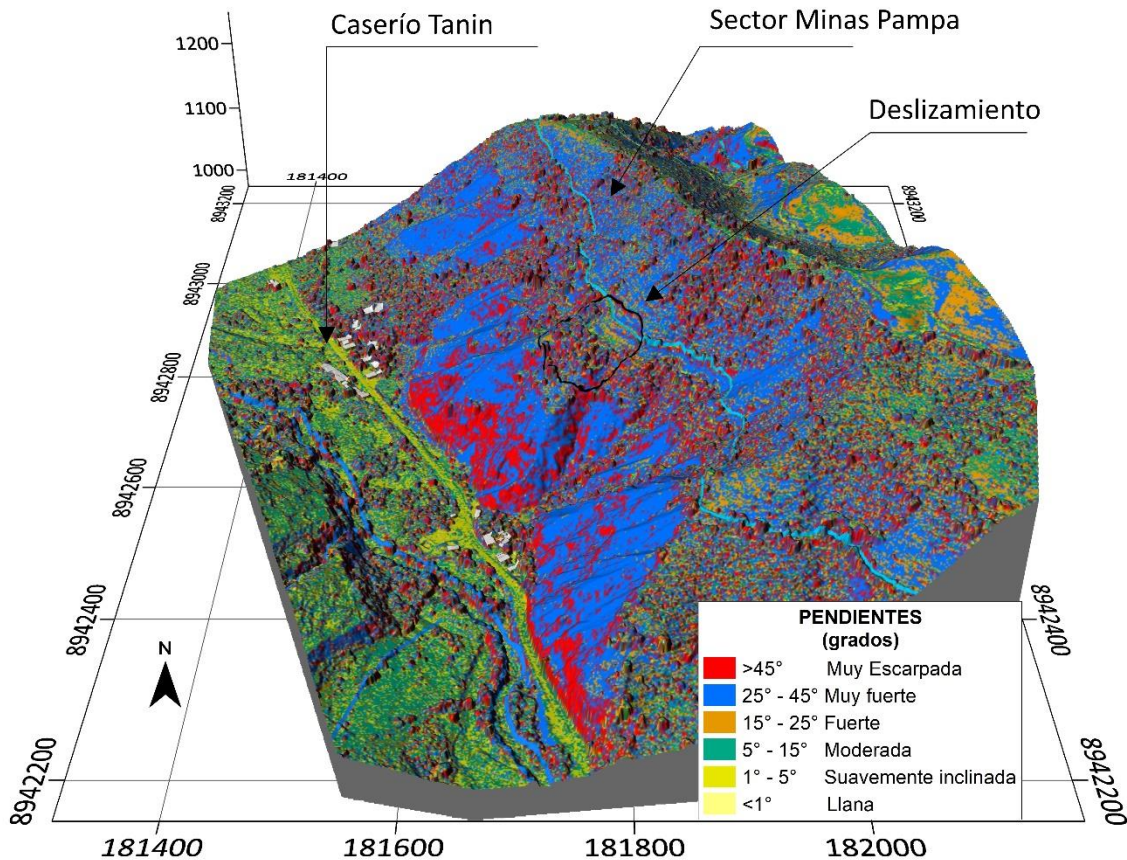
#### 4.2. Pendientes del terreno

Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción de materiales provenientes de deslizamientos y avalanchas antiguas y que condicionan los peligros geológicos recientes.

El área de evaluación abarcó un total de 77.4 ha, mediante el modelo digital de elevaciones, se elaboró el mapa de pendientes, que fue rasterizado y luego reclasificado para el cálculo de áreas, expresado en porcentaje por cada rango de pendiente.

Se determinó que, el área de evaluación presenta laderas con pendientes moderadas a fuertes ( $5^\circ - 25^\circ$ ) que abarcan el 36% (28 ha). Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas ( $25^\circ - 90^\circ$ ) alcanzan el 52% (41 ha) en estos rangos se desarrolla el deslizamiento de tipo rotacional que afectó 93 m lineales del canal de riego Minas Pampa por donde descendió el material deslizado.

Las pendientes llanas a suavemente inclinadas solo abarcan el 11% (9 ha) de los relieves distribuidos de forma dispersa en el área de evaluación. El área urbana del caserío Tanin se ubican en terrazas aluviales con pendientes llanas (figura 5).



**Figura 5.** Pendientes del caserío Tanin, sector Minas Pampa.

### 4.3. Unidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando cuatro tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose planicies, colinas, lomeríos, piedemontes y montañas (Zavala, B. et al 2009).

A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio. Tomando como base el mapa geomorfológico de Ancash, a escala 1/ 250 000 (Zavala, B. et al 2009), se realizó el ajuste y definición de las unidades mediante la información obtenida en campo.

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

Las 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):

#### 4.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

**Subunidad de colinas y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs):** Esta unidad está representada por rocas sedimentarias conformadas por lutitas, limoarcillitas y calizas sobre relieves con pendientes escarpadas. Las colinas y lomadas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, conforman relieves con alturas que superan los 1250 m (figura 6).



**Figura 6.** Colinas y lomadas en rocas sedimentarias ubicadas al este del área de evaluación.

#### 4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Las geoformas de carácter depositacional y agradacional son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

#### 4.3.2.1. Unidad de piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

**Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd):** Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificadas y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluvio-gravitacionales), presentan pendientes moderadas a fuertes ( $5^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ). Geodinámicamente, este tipo de depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos (figura 7).

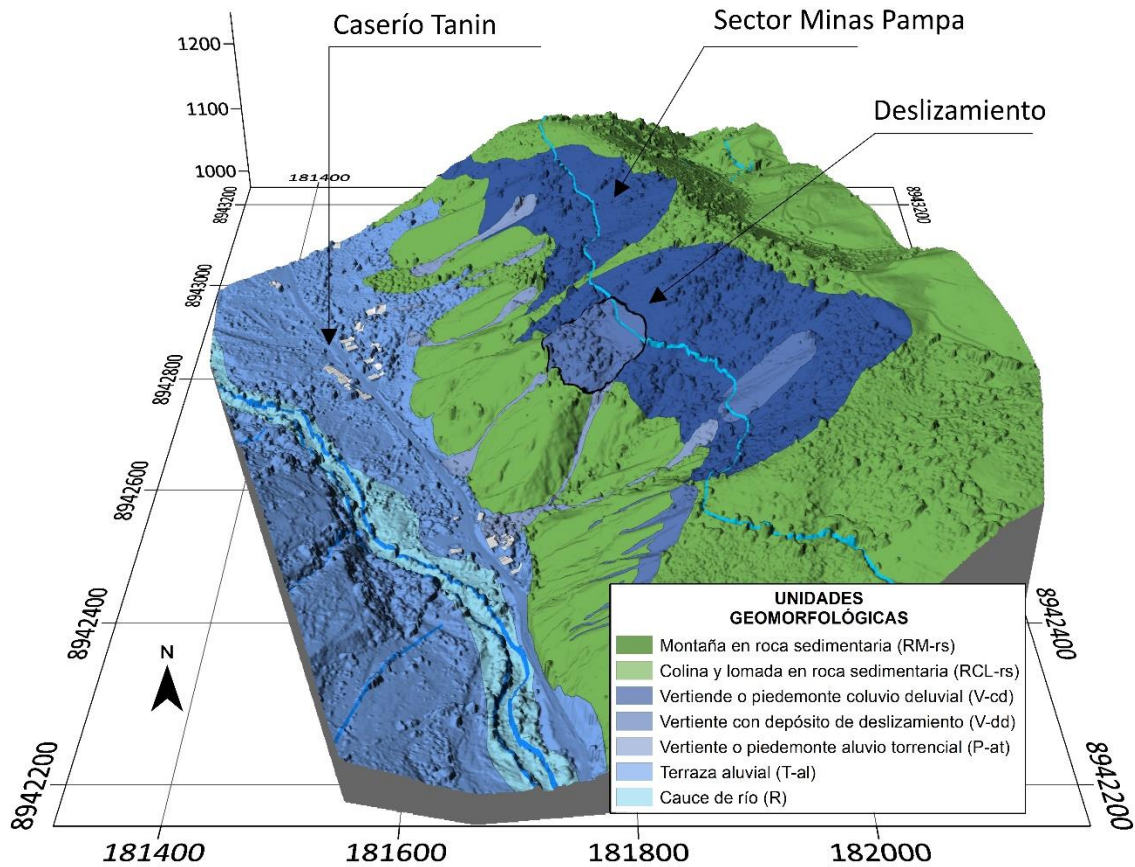


**Figura 7.** Piedemonte coluvio-deluvial con pendientes muy fuertes a escarpadas.

**Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):** Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados debido al deslizamiento, modifican localmente la forma de las laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas. El deslizamiento ocurrido el 25 de junio, transportó materiales conformados por bolos (25%), cantos (10%), gránulos (30%) y gravas (10%) en matriz arenosa (20%) que alcanzó una longitud de 95 m (figura 8).



**Figura 8.** Vista de la vertiente de deslizamiento en el sector Minas Pampa.



**Figura 09.** Geformas delimitadas en el caserío Tanin, sector Minas Pampa.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el sector Minas Pampa se identificaron varios peligros geológicos, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y caída de rocas (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 3).

### 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

En el caserío Tanin, sector Minas Pampa se identificó un deslizamiento antiguo (DAN), un deslizamiento rotacional activo (DRA), derrumbes y caídas de rocas; se cartografió el escarpe reciente y agrietamientos; procesos que afectan terrenos de cultivos y vías de comunicación.

El domingo 03 de marzo, ocurrió el deslizamiento que ocasionó la pérdida de terrenos de cultivos y la destrucción de un canal de riego de 93 m de largo, que emplean como principal fuente para la producción de cultivos en las laderas del cerro Minas Pampa.

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el sector Minas Pampa, se realizaron trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica basada en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas y fotogrametría con dron.

#### 5.1.1. Deslizamientos antiguos (DANs)

Se identificaron 02 deslizamientos antiguos de 590 y 345 m de largo y 100 m de ancho aproximadamente, el escarpe principal se estima en 407 m de largo, la zona de arranque se ubica a 1167 m de altitud se evidencia en depósitos coluvio deluviales conformada por bloques subredondeados (figura 10).



**Figura 10.** Vista aérea del deslizamiento antiguo (DAN) en el sector Minas Pampa.

### 5.1.2. Deslizamiento rotacional activo (DRA)

Los pobladores manifiestan que, desde el año 2016 y 2017 la ladera se empezó a agrietar, para el mes de junio del 2017 el escarpe medía más de 50 cm. El domingo 13 de marzo 2022, las autoridades de Oficina de INDECI de la Municipalidad Distrital de Pariacoto, reportaron un deslizamiento que ocurrió en el sector Minas Pampa del caserío Tanin, movimiento en masa localizado en las coordenadas centrales UTM 8942695 N, 181786E y 1150 m s.n.m. (figura 11); específicamente a 3.35 km de Pariacoto.



**Figura 11.** Vista aérea del deslizamiento (DRA) en el sector Minas Pampa.

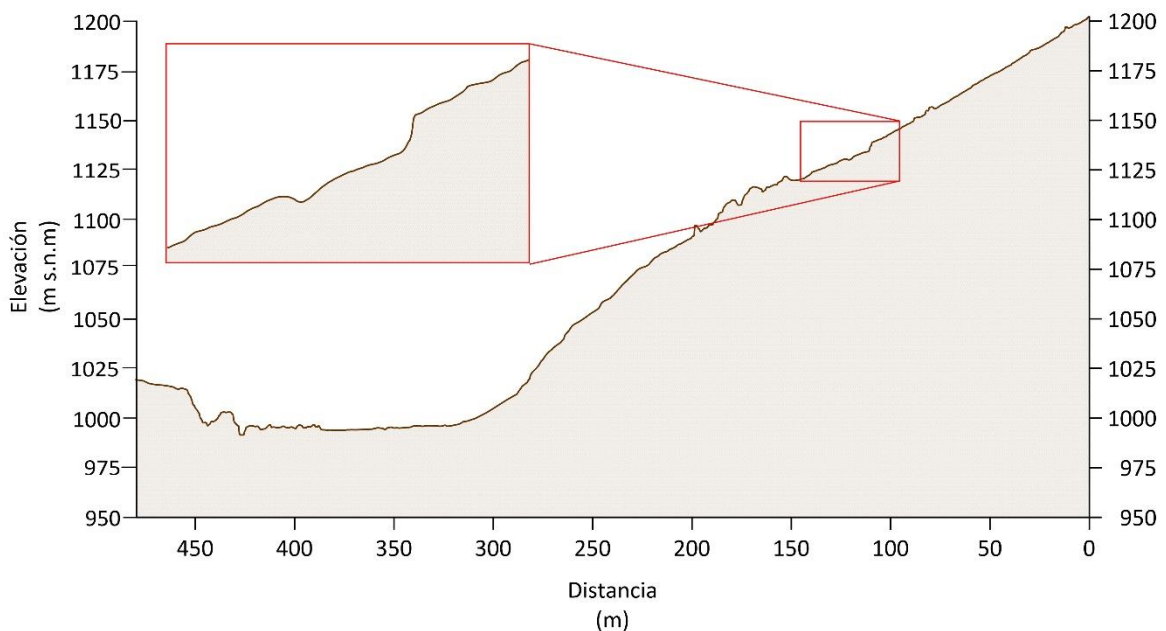
El deslizamiento tiene un escarpe semicircular y alargado de 110 m de longitud y 2 m de salto donde se pueden apreciar estrías de falla debido al movimiento, los saltos varían de 1 a 2.5 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es 78 m (DRA) (figura 13). La parte superior o la zona de arranque, no ha sufrido desplazamientos ladera abajo, pero si deformaciones, que originan grietas por tracción o tensión que se emplazan de forma paralela o semiparalela al escarpe; mientras que, en el cuerpo del deslizamiento se pueden apreciar basculamientos del material deslizado, árboles y la plataforma de la vía.

Al momento de la evaluación de campo, el canal de riesgo afectado fue habilitado y cubierto con una geomembrana de PVC; el tramo afectado se desplazó ladera abajo hasta 7 m con dirección hacia el oeste, las grietas seccionaron la vía en varias partes (figuras 12 y 13).



**Figura 12.** Escarpe visto desde el flanco izquierdo del deslizamiento.

Perfil longitudinal



**Figura 13.** Sección transversal del deslizamiento y del escarpe principal.

Análisis longitudinal del deslizamiento (DRA)

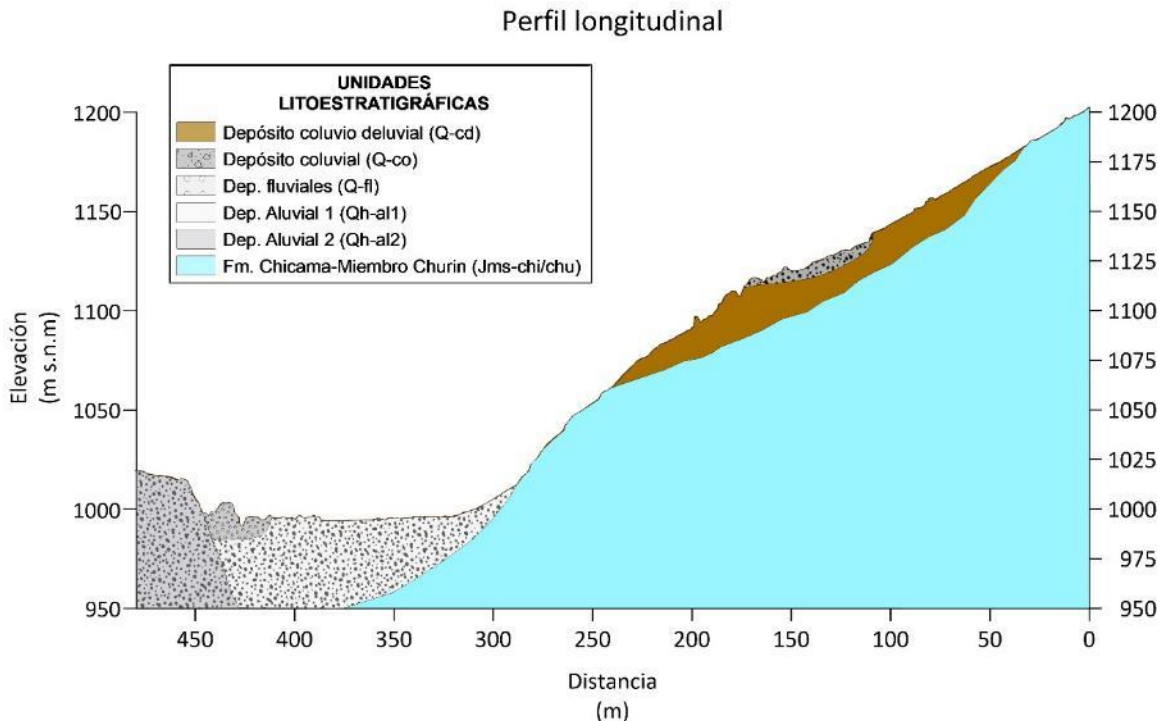
El perfil A-A' muestra el proceso del movimiento en masa que se inicia en el escarpe principal del deslizamiento, ubicado a 1141 m de elevación, así mismo, muestra el cuerpo de un deslizamiento de tipo rotacional generado a partir de un deslizamiento antiguo; el cual se originó sobre depósitos coluvio-deluvial, compuesto por bolos (15%), cantos (20%), gravas (10%), gránulos (30%) y arenas (25%), los componente más grandes tiene una



granulometría subangulosa a angulosa y matriz arenosa que han tenido un corto recorrido (figura 14).

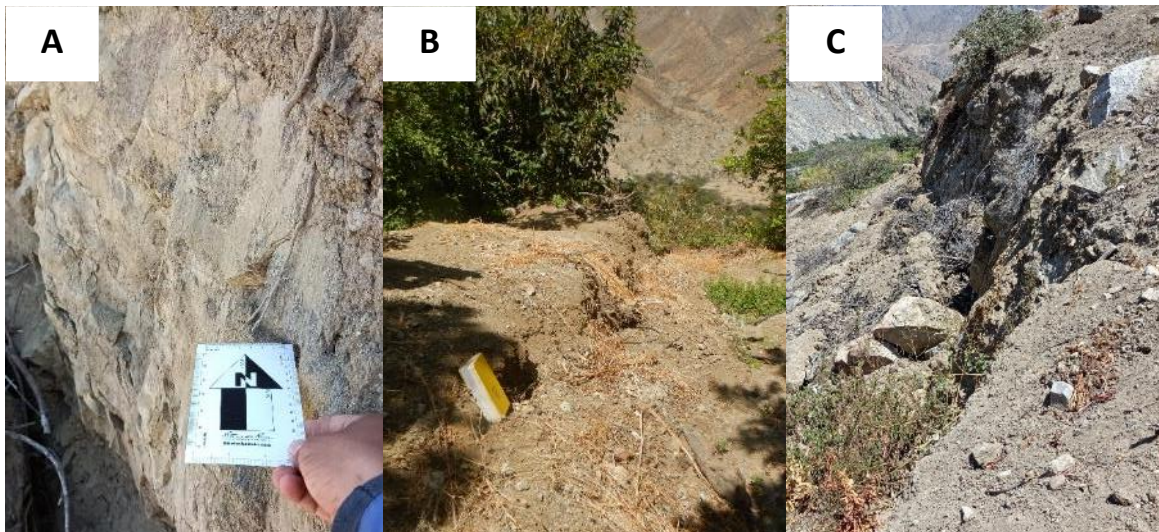
La zona de estudio se asienta depósitos coluvio deluviales conformado por clastos dispersos con gravas en una matriz arenosa que se encuentran cubriendo lutitas pizarrosas con intercalaciones de calizas de la Formación Chicama, estas rocas se encuentran fuertemente fracturadas, con espaciamiento regular entre sus fracturas (0.06 a 0.20 m). Se observó que, de 1 a 2 m de profundidad la roca se encuentra completamente meteorizada (V); es decir, la roca se encuentra desintegrada a suelo; mientras que, de 2 m a 4 m de profundidad la roca encuentra muy meteorizada (IV).

El factor desencadenante fue la presencia de canales de riego sin revestir que permitieron que parte del agua se infiltrada al subsuelo muy poroso, el efecto del agua infiltrada saturó las capas superficiales incrementando la carga, esto se combinó con las propiedades físico-mecánicas de los materiales cuaternarios (poco consolidado), rocas de muy mala calidad y la pendiente de la ladera moderadas a fuerte (5°- 25°) a muy fuertes a muy escarpadas (25°-90°).



**Figura 14.** Vista 3D y sección transversal del deslizamiento y del escarpe principal.

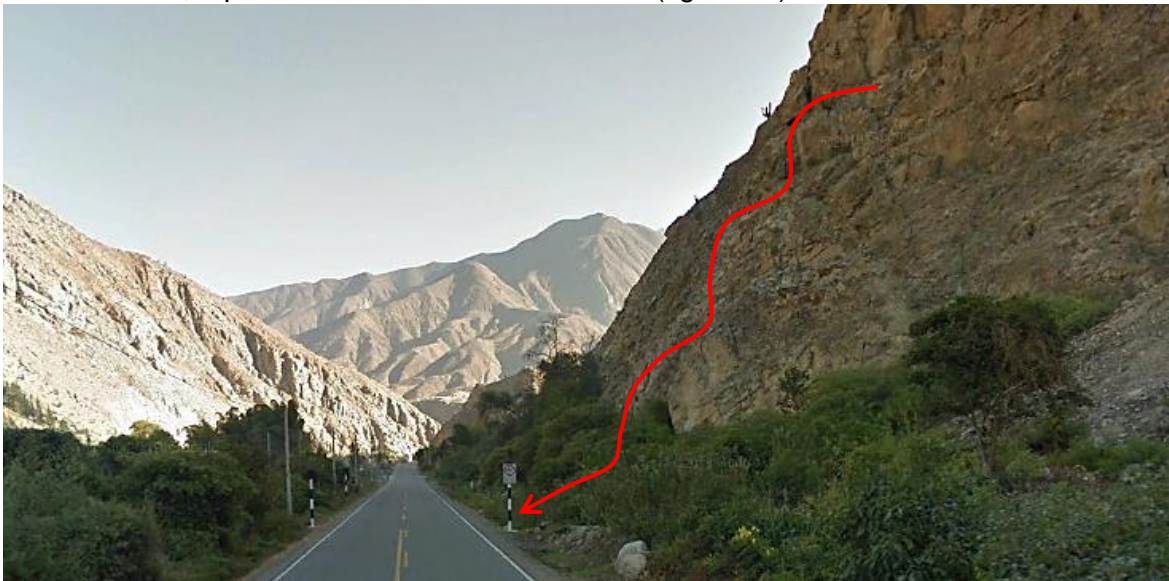
Los trabajos de campo se complementaron mediante la fotogrametría aérea con DRONE/RPAS, donde se obtuvo el modelo digital de terreno (MDT) y la ortofoto de alta resolución (GSD 5 cm), de esta manera se delimitó con mayor precisión la geometría la zona de arranque y la extensión de las grietas que se emplazan de norte a sur con aberturas de hasta 0.20 cm, con profundidad de 0.50 cm y desplazamientos este a oeste. Se perdieron 0.5 ha de cultivos y 93 m lineales de un canal de riego, que se utiliza para transportar la producción de cosechas (figura 15).



**Figura 15.** A. Estrías de desplazamiento. B. Grietas. C. Rocas fuertemente fracturadas.

### 5.1.3. Caída de rocas

La ladera donde se origina la caída de rocas está conformada por afloramientos de granitos y granodioritas fuertemente fracturadas correspondientes al Plutón Pariacoto, se identificaron 5 zonas de caídas con una longitud de 132, 50, 194, 153 y 56 en la zona de arranque. Los desprendimientos de rocas ocurren en la parte media y baja de la zona del deslizamiento, a pocos metros de la vía asfaltada (figura 16).



**Figura 16.** Caída de rocas en el flanco oeste del cerro Tanin.

Las zonas de caídas de rocas presentan bloques dispersos, cantos y clastos de tamaños variables entre 0.50 m a 1 m de diámetro y material detrítico subanguloso a subredondeado en la parte baja y colgados a media ladera que pueden caer y rodar desencadenados por sismos de regular magnitud.

También se identificaron caídas de rocas en la parte inferior del deslizamiento hacia el flanco derecho, se observan afloramientos de granitos muy fracturados que originan caídas que son retenidos por los cultivos (figura 17).



**Figura 17.** Vista de rocas en la parte inferior del deslizamiento DRA.

#### 5.1.4. Flujos de detritos

En los alrededores del área de evaluación se identificaron quebradas que se activan en temporada de lluvias generando flujos de detritos, el principal factor condicionante son las coberturas detríticas y arenosas provenientes de afloramientos muy fracturados (figura 18).



**Figura 18.** Vista hacia las quebradas ubicadas en los alrededores del área evaluada.

## 5.2. Factores condicionantes

### Litológico

En el área de evaluación afloran lutitas pizarrosas y calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas que presentan condiciones geomecánicas muy desfavorables, este tipo de rocas se observan en la parte alta y media del cerro Tanin; mientras que, en la parte media y baja afloran granitos y granodioritas correspondientes al Plutón de Pariacoto, este tipo de rocas tienen condiciones geomecánicas muy desfavorables, caracterizadas por el fuerte fracturamiento con aperturas de hasta 5 cm.

Los materiales y sedimentos de cobertura se encuentran poco consolidados, en mayor porcentaje conformados por una granulometría gruesa: bolos (15%), cantos (20%), gravas (10%), gránulos (30%) de formas subangulosas a angulosas; todo envuelto en una matriz arenosa (25%).

### Geomorfológico

Las montañas en rocas sedimentarias e ígneas configuran laderas con pendientes moderadas a fuertes que abarcan el 36% del área de estudio, mientras que, las pendientes muy fuertes a muy escarpadas alcanzan el 52% del total evaluado, por tanto, el 88% de las laderas donde se cartografiaron deslizamientos antiguos (DAN) y recientes (DRA), tienen pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa (color azul) (figura 19).

### Antrópico

Se destaca que, en la parte alta de la ladera se desarrollan actividades agrícolas, mientras que, a media ladera, existen canales de riego sin revestimiento que permiten la infiltración de agua al subsuelo, esto contribuye con la inestabilidad del terreno.

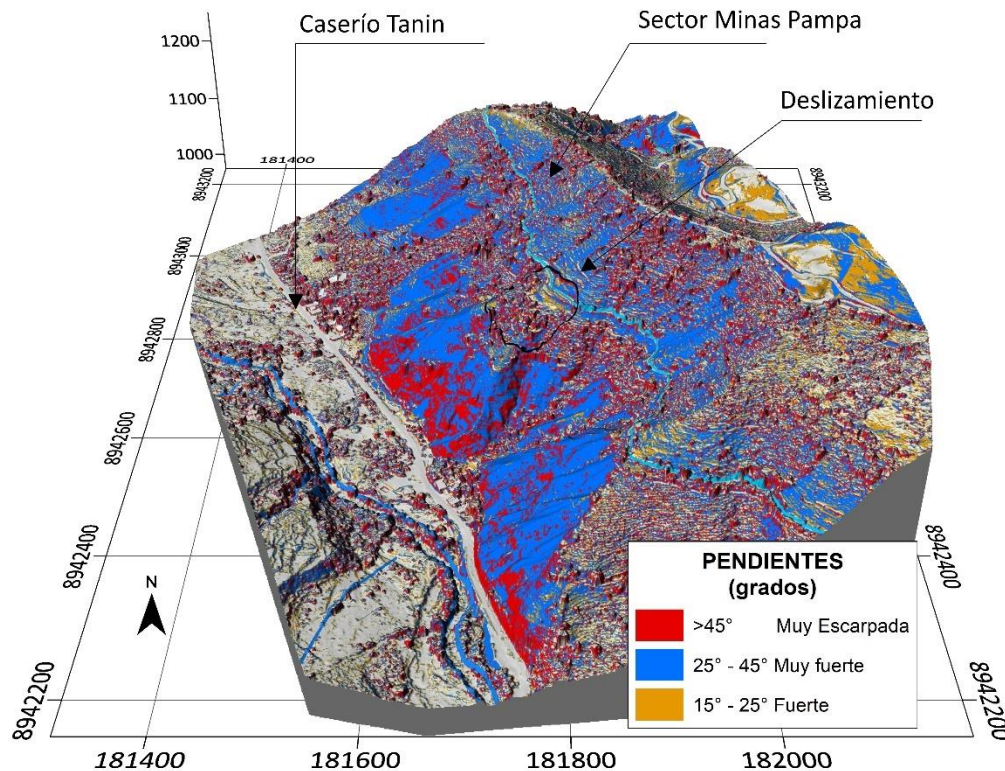


Figura 19. Rangos de pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa.

### 5.3. Daños por deslizamiento

A continuación, se describen los daños reportados por la oficina de local de INDECI y el personal de la Oficina de Gestión de Riesgos de la Municipalidad Distrital de Pariacoto:

#### 5.3.1. Terrenos de cultivos

El deslizamiento DRA, causó la pérdida total de 0.92 ha de cultivos, donde se han proyectado un total de 1.2 ha que podrían ser afectados ante futuras reactivaciones (figura 20).



**Figura 20.** Cultivos afectados por el proceso de remoción del cuerpo del deslizamiento.

#### 5.3.2. Canal de riego Minas Pampa

El deslizamiento DRA, afectó el canal de riego que se utiliza para irrigar la ladera oeste del cerro Minas Pampa, donde se desarrollan actividades agrícolas. El cuerpo del deslizamiento desplazó los cultivos hasta 5 m ladera abajo, con dirección este a oeste, el tramo afectado tiene 93 m de largo (figura 21).



**Figura 21.** Tramo de 93 m de largo del canal de riego.

## 6. CONCLUSIONES

1. En las inmediaciones del área de evaluación afloran lutitas pizarrosas con intercalaciones de calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas que condicionan la ocurrencia de deslizamientos; mientras que, en la parte baja afloran granitos y granodioritas intensamente fracturadas que favorecen la ocurrencia de caídas de rocas.
2. Los depósitos de cobertura tienen una componente principalmente granular (bolos, cantos, gravas) en una matriz arenosa, poco compactas, muy porosas y deleznales, son de fácil erosión.
3. Morfológicamente, el área de evaluación se ubica sobre una colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs) con pendientes fuertes a muy fuertes ( $15^\circ$  a  $45^\circ$ ) que condicionan la ocurrencia de deslizamientos y caídas de rocas. Las vertientes o piedemontes coluvio deluviales (V-cd) tienen pendientes muy fuertes ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), originados por antiguos deslizamientos. La vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) fue originada por el deslizamiento activo (DRA), formando superficies con pendientes muy escarpadas debido a la remoción de la ladera.
4. En el sector Minas Pampa, se identificó un deslizamiento antiguo, un deslizamiento reciente rotacional activo y caída de rocas; en el deslizamiento activo se evidenció grietas, asentamientos y leves desplazamientos que iniciaron en el mes de noviembre.
5. El deslizamiento rotacional activo tiene 99 m de largo y 103 m de ancho, una corona de 110 m de largo con saltos de 1 a 2 m de altura. Se estimó el desplazamiento de la masa deslizada en 7 m, lo que destruyó el canal de riego principal.
6. La caída de rocas fue originada por el movimiento inducido del deslizamiento y condicionada por el fuerte fracturamiento de los afloramientos de granitos y granodioritas ubicadas en la parte media y baja de la ladera.
7. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de evaluación, se considera que, el sector Minas Pampa, tiene **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos y caída de rocas.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de banqueteo de la ladera, con la finalidad de reducir la pendiente muy fuerte a muy escarpada ( $25^\circ$  a  $>45^\circ$ ) a moderada o fuerte ( $5^\circ$  a  $25^\circ$ ), esta modificación tiene que ser implementada con un adecuado drenaje pluvial. Para ello se deben realizar estudios geotécnicos por especialistas.
2. Restringir la construcción o implementación de nuevos canales en la parte superior de la ladera afectada, el canal afectado debe ser impermeabilizados por medio de coberturas de PVC.
3. Implementar un programa de monitoreo de las laderas del sector Minas Pampa en el caserío Tanin, con la finalidad de medir de forma periódica las grietas, hundimientos y escarpes identificados. Esto sirve para determinar el desplazamiento del deslizamiento.
4. Se debe implementar el cambio del tipo de cultivo, riego tecnificado y uso controlado del agua para riego, ya que la zona tiene alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa.



**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

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p.

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.

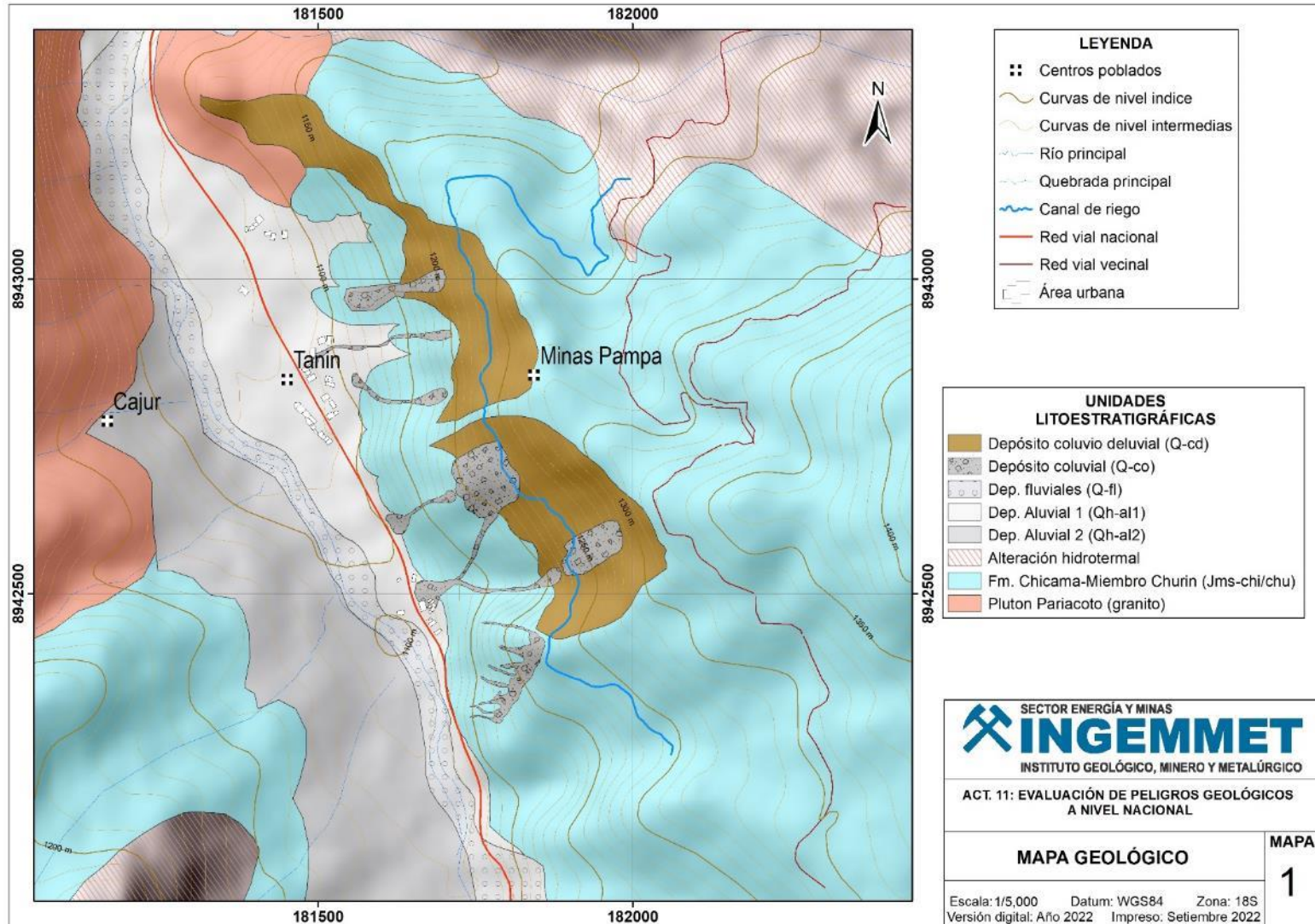
Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

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

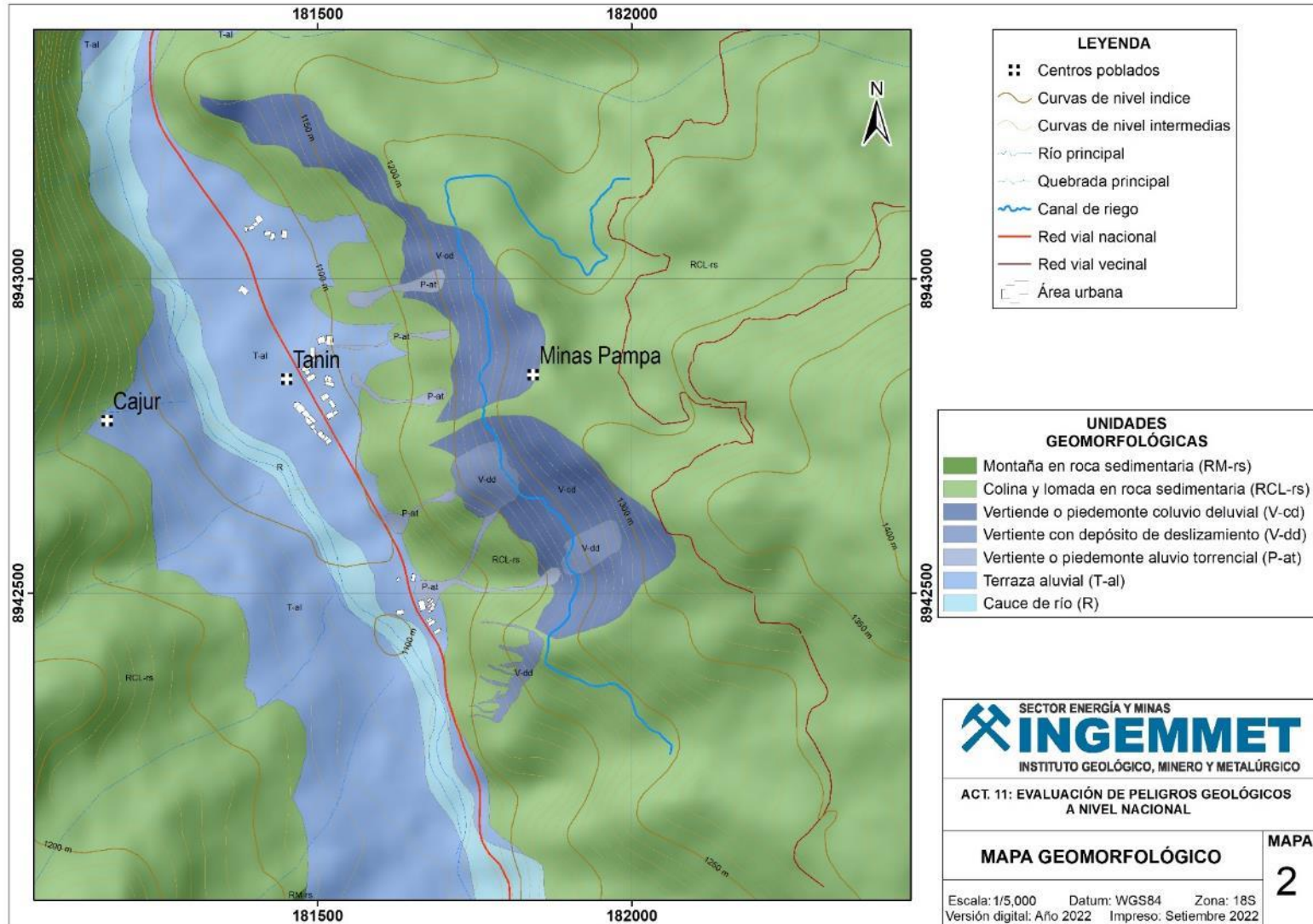
Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgo Geológico en la Región Ancash. INGEMMET Boletín N° 38, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.



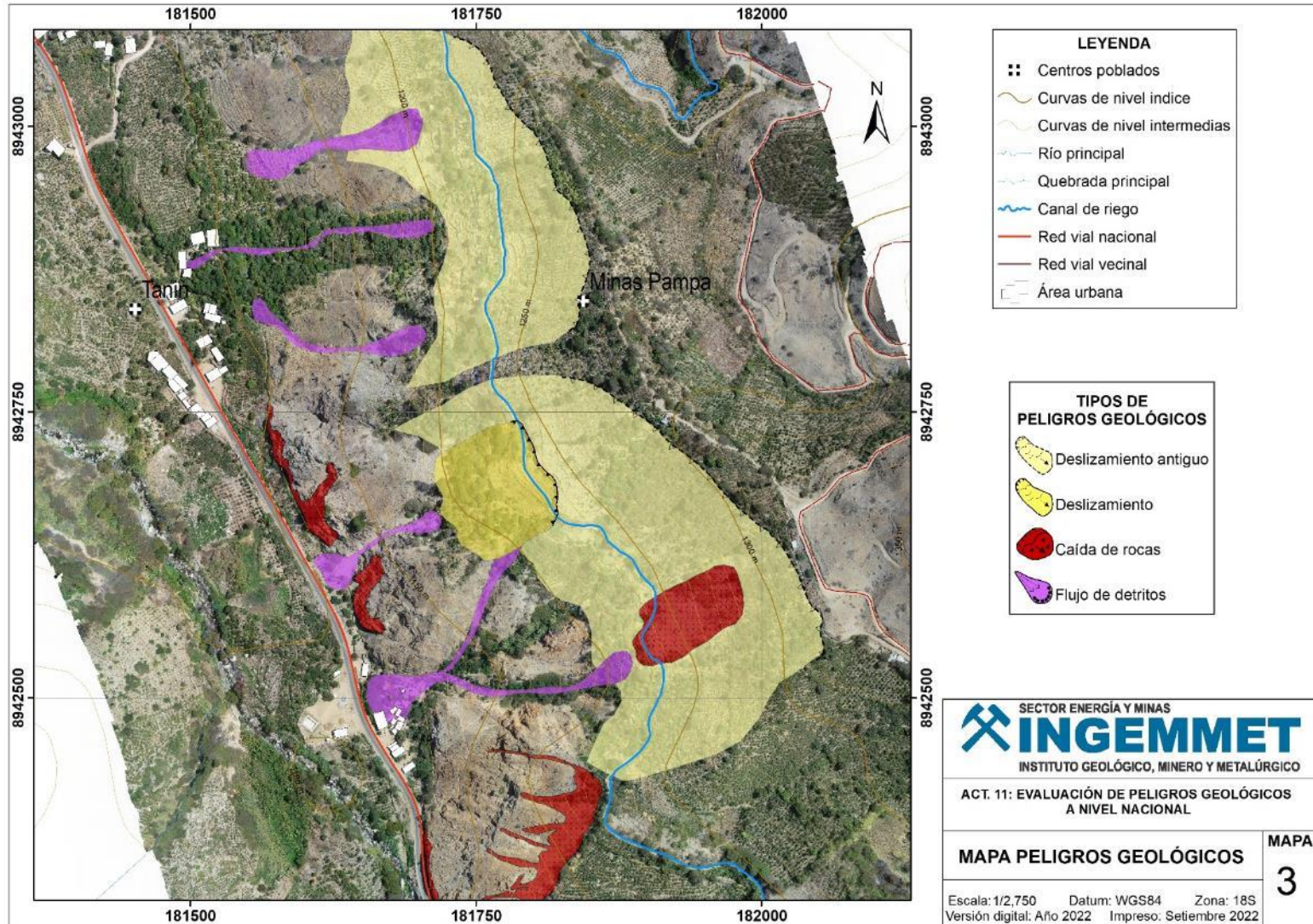
# ANEXO 1: MAPAS



Mapa 1. Mapa geológico del área evaluada.



Mapa 2. Mapa geomorfológico del área evaluada.



Mapa 3. Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

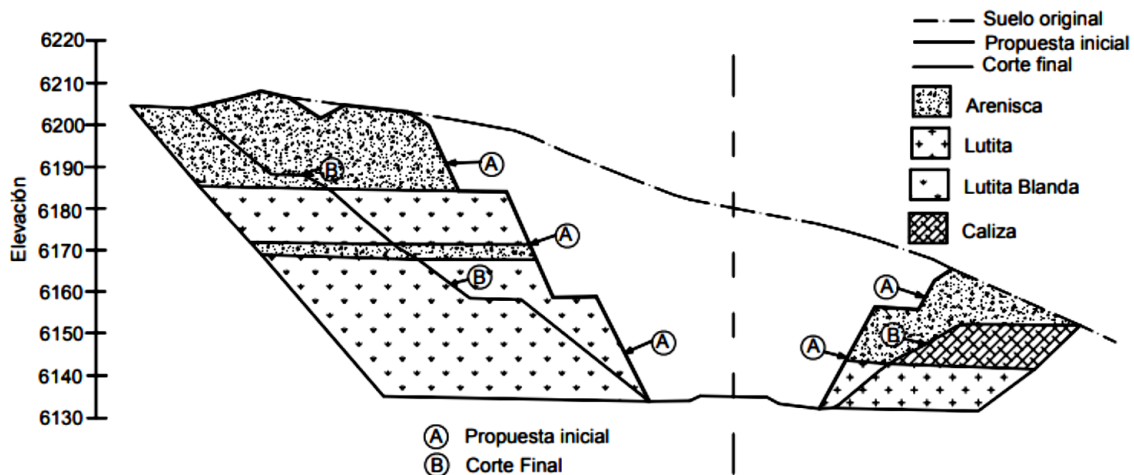
## **ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

## a. Geometría de la ladera

### Abatimiento de la pendiente

La disminución de la pendiente de los taludes es uno de los métodos más utilizados para mejorar su estabilidad y en ocasiones es la primera opción a considerar. Al igual que con otros métodos, éste no es de uso universal y su efectividad puede variar de un sitio a otro. La disminución de la pendiente puede ser efectivo en deslizamientos rotacionales, pero generalmente tiene muy poco efecto o puede tener un efecto negativo en deslizamientos de traslación.

Al disminuir la pendiente del talud, se disminuyen las fuerzas actuantes y adicionalmente el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo aumentándose en esta forma el factor de seguridad. El abatimiento se puede lograr por corte o por relleno (figura 22). Al disminuir la pendiente del talud debe analizarse si al bajar la pendiente no se está facilitando la activación o reactivación de fallas profundas. En todos los casos es conveniente la realización de análisis de estabilidad para determinar los efectos reales de la disminución de la pendiente.



**Figura 22.** Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (Gonzáles, 2002).

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

- Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.
- Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Una de las técnicas más utilizadas para la estabilización de taludes es la conformación o diseño de la morfología del talud (cuadro 4). Al modificar la forma de la superficie del talud,

se puede lograr un equilibrio de masas, que reduzca las fuerzas que producen el movimiento y que aumente la longitud del círculo crítico de falla.

**Cuadro 4.** Métodos de conformación topográfica del talud

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Remoción de materiales de la cabeza del talud</b>	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
<b>Abatimiento de la pendiente</b>	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura.
<b>Terraceo de la superficie</b>	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente
<b>Colocación de bermas o contrapesos</b>	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y, además, actúan como estructura de contención.	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte.

Fuente: Suarez, 1996.

### **Terraceo del talud**

El terraceo se puede realizar con el propósito de controlar la erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación, o para aumentar el factor de seguridad.

La altura de las gradas es generalmente de 5 a 7 metros y cada grada debe tener una cuneta revestida para el control del agua superficial. El sistema de cunetas a su vez debe conducir a una estructura de recolección y entrega con sus respectivos elementos de disipación de energía. Las terrazas son muy útiles para control de aguas de escorrentía. Al construir las terrazas, el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, produciéndose taludes estables.

Para el diseño de bermas y pendientes se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Formación geológica.** A mayor competencia de la roca se permiten mayores pendientes y mayores alturas. Las areniscas, calizas y rocas ígneas duras y sanas, permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten taludes verticales. Se deben colocar bermas anchas en los sitios de cambios bruscos de litología.
- **Meteorización.** Al aumentar la meteorización se requieren taludes más tendidos, menores alturas entre bermas y mayor ancho de las gradas. Los materiales muy meteorizados requieren de taludes inferiores a 1H: 1V, y en la mayoría de las formaciones geológicas no se permiten alturas entre bermas superiores a 7.0 metros y requieren anchos de berma de mínimo 4.0 metros.
- **Microestructura y estructura geológica.** A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas, las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación. Entre menos espaciadas sean las discontinuidades se requieren pendientes menores de talud.

Para materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados.

- **Niveles freáticos y comportamiento hidrológico.** Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H: 1V, a menos que tengan una cohesión alta.
- **Sismicidad.** En zonas de amenaza sísmica alta no se deben construir taludes semiverticales o de pendientes superiores a 1/2H:1V, a menos que se trate de rocas muy sanas.
- **Factores antrópicos.** En zonas urbanas no se recomienda construir taludes con pendientes superiores a 1H: 1V y las alturas entre bermas no deben ser superiores a 5.0 metros.
- **Elementos en riesgo.** Los taludes con riesgo de vidas humanas deben tener factores de seguridad muy altos.

### Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (Suárez, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

### Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Las raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al esfuerzo cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo la susceptibilidad a la erosión