

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7339**

# EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO MISHIRURI

Departamento Áncash  
Provincia Casma  
Distrito Yautan



DICIEMBRE  
2022

## **EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO MISHIRURI**

(Distrito Yautan, provincia Casma, 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 (2022). *Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el caserío Mishiruri*. (Distrito Yautan, provincia Casma, departamento Ancash). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A0000, 37p.

## 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> .....	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad .....	5
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	7
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	8
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	8
3.1.1. Plutón Pariacoto granito y granodiorita .....	8
3.1.2. Depósitos cuaternarios .....	8
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	11
<b>4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)</b> .....	11
<b>4.2. Pendientes del terreno</b> .....	12
<b>4.3. Unidades geomorfológicas</b> .....	13
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	13
<b>4.3.1.1. Unidad de montaña</b> .....	13
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	15
<b>4.3.2.1. Unidad de piedemonte</b> .....	15
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	17
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	17
5.1.1. Deslizamiento antiguo (DAN) .....	18
5.1.2. Deslizamiento rotacional activo (DRA) .....	18
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>5.3. Daños por deslizamiento</b> .....	25
5.3.1. Terrenos de cultivos.....	25
5.3.2. Trocha carrozable.....	25
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	26

<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	27
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	29
<b>ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	33

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo deslizamientos y derrumbes, en el caserío Mishiruri; 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.

En el área evaluada afloran rocas ígneas intrusivas de tipo granitos y granodioritas pertenecientes al denominado Plutón de Pariacoto, este tipo de rocas de aspecto granular se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas. Estos afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos coluvio deluviales (Q-cd) conformados por gravas y cantos subangulosos con matriz de arena de grano medio a grueso, en capas poco compactas, deleznales y muy porosas.

Geomorfológicamente el área corresponde a montañas de rocas intrusivas modeladas sobre granitos (RM-ri), sobre sus laderas se aprecian vertientes de depósitos de deslizamiento (V-dd). Al este se ubican colinas y lomadas en rocas intrusivas (RCL-ri) que modelan relieves con pendientes moderadas a fuertes (5° - 25°). Además, se tiene una terraza aluvial que se extiende hacia ambos márgenes de la quebrada Hierba Buena, que es afectada por procesos de erosión fluvial.

El 25 de junio del 2022, en el caserío Mishiruri se activó un deslizamiento, presentando un escarpe de 130 m de longitud y con una distancia del escarpe al pie del deslizamiento de 85 m y salto de 1.80 m. El cuerpo tiene un ancho promedio de 91 m. El desplazamiento de la masa fue con dirección oeste a este.

La causa principal de la inestabilidad se debe a la presencia de canales de riego no impermeabilizados, localizados en la parte alta y media de la ladera. Esta infraestructura a lo largo del tiempo ha permitido la infiltración del agua al subsuelo, originando la saturación del terreno y por ende la inestabilidad de la ladera.

También se identificaron caída de rocas, condicionadas por el intenso fracturamiento, de las rocas, y su alta meteorización; además de la pendiente del terreno (fuerte a escarpada). Se identificaron también flujos de detritos localizados en pequeñas quebradas y cauces secos, que se activan en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas.

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

Se recomienda, impermeabilizar los canales de riego ubicados en la parte superior y media del deslizamiento, además de implementar cunetas a la trocha carrozable. Además, se debe realizar un sistema de banquetas con drenaje pluvial en el área afectada y restringir actividades agrícolas por un periodo de tiempo hasta que la ladera se estabilice.

## 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 Yautan, según Oficio N° 090-2022-MDY/A, es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamiento, caídas y flujos de detritos”, los cuales afectaron terrenos de cultivo, canales de riesgo 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 27 y 28 de setiembre del 2022, los trabajos de campo estuvieron acompañados por personal de la oficina de INDECI de la Municipalidad Distrital de Yautan.

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 Yautan 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 Mishiruri, 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

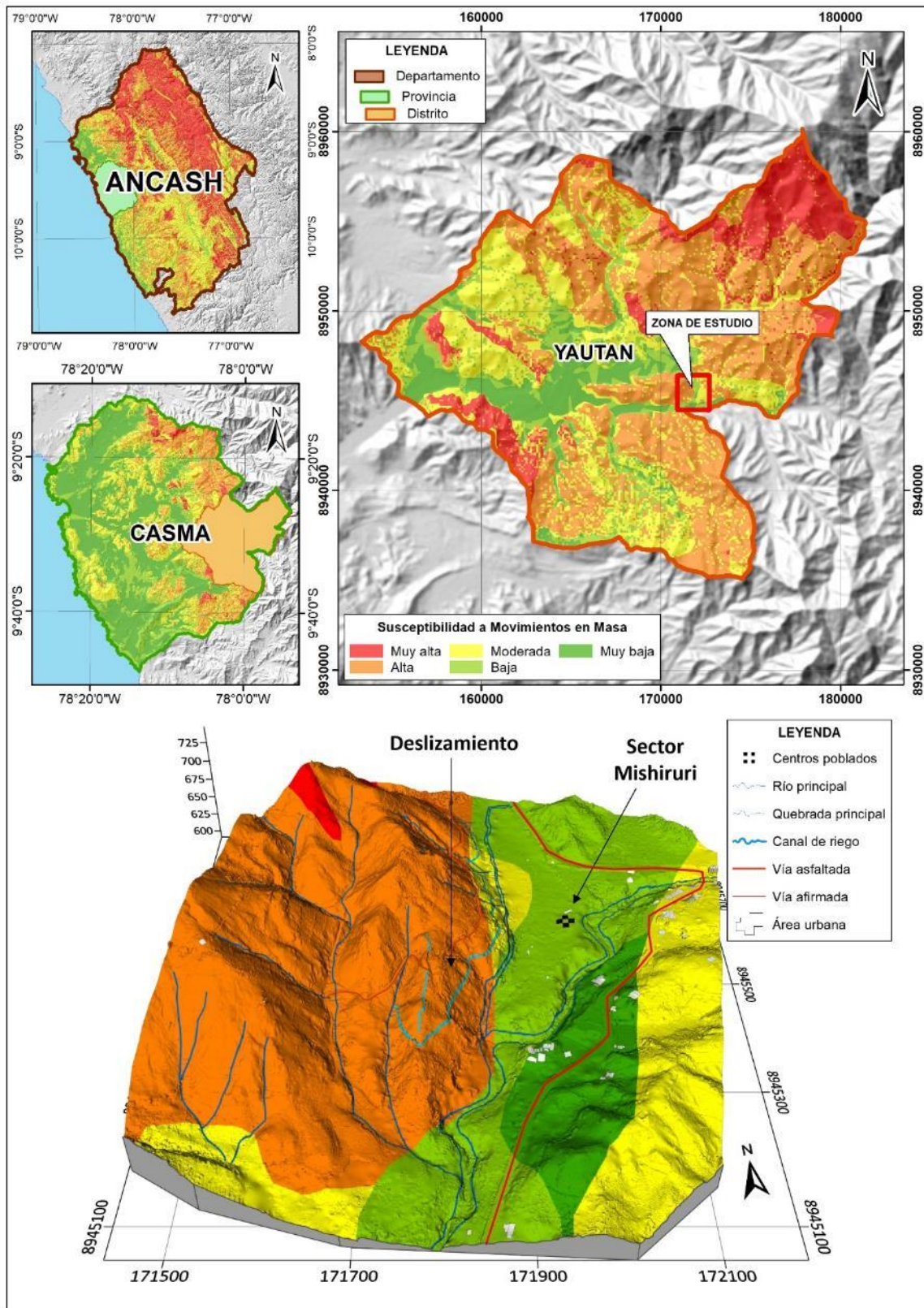
geoprocesamiento en GIS (Cuadro 1 y figura 1). En el mapa se muestra que, el caserío Mishiruri tiene una susceptibilidad alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. En la zona evaluada afloran granitos y granodioritas fuertemente fracturadas e intensamente meteorizadas.

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

<b>LEYENDA</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<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, 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.</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>

- 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 evaluada se ubica al extremo noroeste del cuadrángulo de Huaraz, hoja 20-h a escala 1: 100 000 que abarca parte del distrito de Yautan. En la zona de evaluación afloran rocas intrusivas tipo granitos y granodioritas de la Superunidad San Jerónimo. Los afloramientos forman relieves montañosos con pendientes fuertes a escarpadas, se ubican hacia la margen izquierda de la quebrada Hierba Buena; mientras que, hacia la margen derecha se observan colinas y lomadas que no superan los 100 m de altura con relieves suaves a ondulados.



**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 denomina caserío Mishiruri, ubicado en el Fundo La Merced, perteneciente al distrito de Yautan, provincia Casma 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	171411	8945870	-9.5233	-77.9926
2	172196	8945870	-9.5233	-77.9854
3	172196	8945031	-9.5309	-77.9855
4	171411	8945031	-9.5308	-77.9927
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
D-1	171815	8945430	-9.5273	-77.9889

#### 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 – Yautan/Mishiruri	Asfaltada	105	2 h 40 min

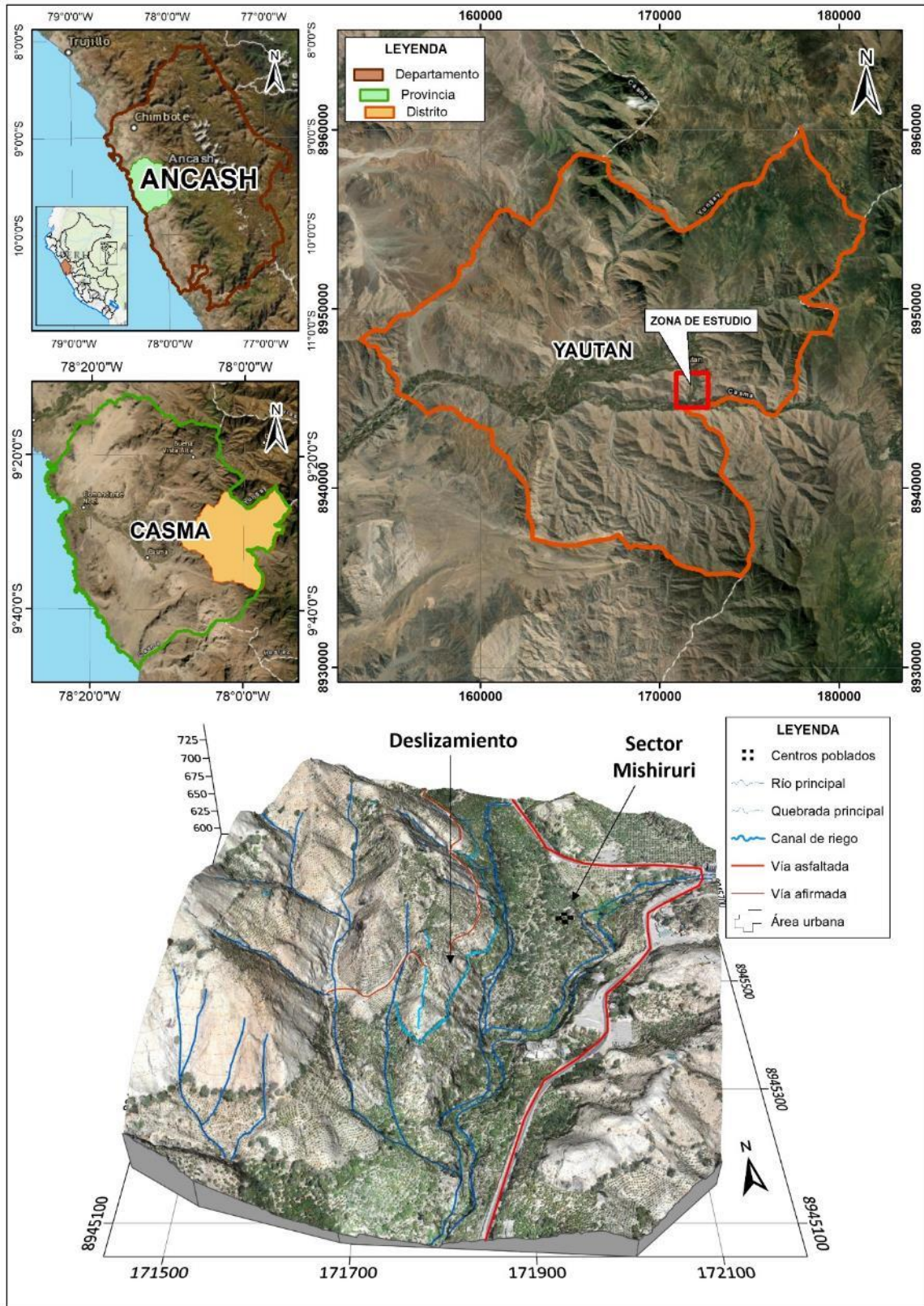


Figura 2. Ubicación del caserío Mishiruri.

## 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 caserío Mishiruri, 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 intrusivas de tipo granitos, tonalitas y granodioritas correspondientes a la Superunidad San Jerónimo que luego fueron catalogadas como el Plutón Pariacoto. 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. Plutón Pariacoto granito y granodiorita

Estos afloramientos están conformados por rocas ígneas intrusivas de tipo granitos muy fracturados con espaciamientos regular de 1 a 5 cm 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 1).



**Fotografía 1.** Granito fuertemente fracturado y meteorizado que aflora en la parte baja del deslizamiento.

##### 3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósitos aluviales 1 (Qh-al1)

Están conformados por una mezcla heterogénea de gravas y cantos dispersos de forma redondeada a subredondeada y poco clasificados, con matriz arenosa. Estos materiales presentan niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial, se ubican en ambas márgenes de la quebrada Hierba Buena (fotografía 2).

#### Depósitos fluviales (Q-fl)

Los constituyen los materiales de los lechos de los ríos o quebradas, terrazas bajas y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos (10%), cantos (25%) y gravas (35%) subredondeadas en matriz arenolimososa (30%); además se tienen mezclas de lentes arenosos y arenolimosos.

Son transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso del río y ubicados en su llanura de inundación. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles, cuya permeabilidad es alta. En la zona de evaluación este tipo de depósito se distribuye en el lecho de la quebrada Hierba Buena que se activa en temporada de lluvias (fotografía 2).



**Fotografía 2.** Vista hacia la quebrada Hierba Buena donde se observan depósitos fluviales y terrazas conformadas por materiales aluviales.

#### 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 3).



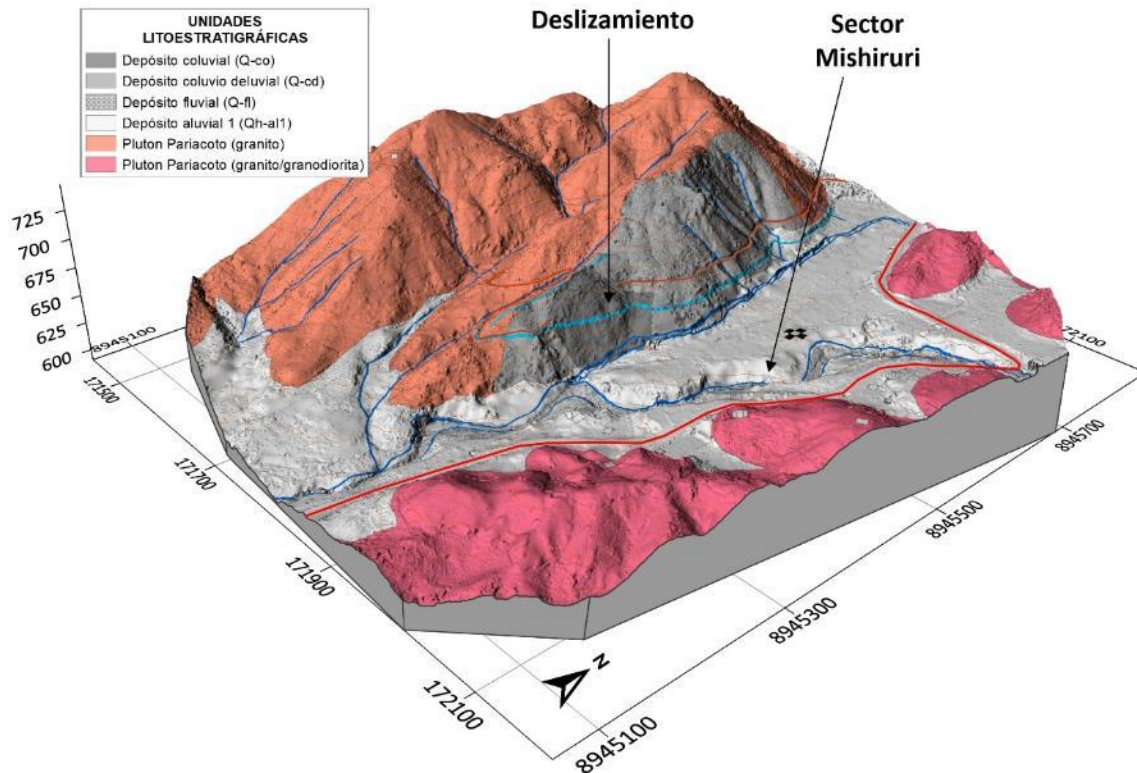
**Fotografía 3.** Vista de los depósitos coluvio deluviales en la ladera afectada por el deslizamiento.

#### Depósito coluvial (Q-co)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material de escombros no consolidados, heterométricos constituidos por bolos (15%), cantos (20%), gravas (10%), gránulos (30%) de formas subangulosas a angulosas; además de arenas (25%). Estos depósitos se distribuyen en el área del deslizamiento que alcanza, a través de la masa moviliza en la ladera del caserío Mishiruri (fotografía 4).



**Fotografía 4.** Vista de los depósitos coluviales originadas por el deslizamiento en el caserío Mishiruri



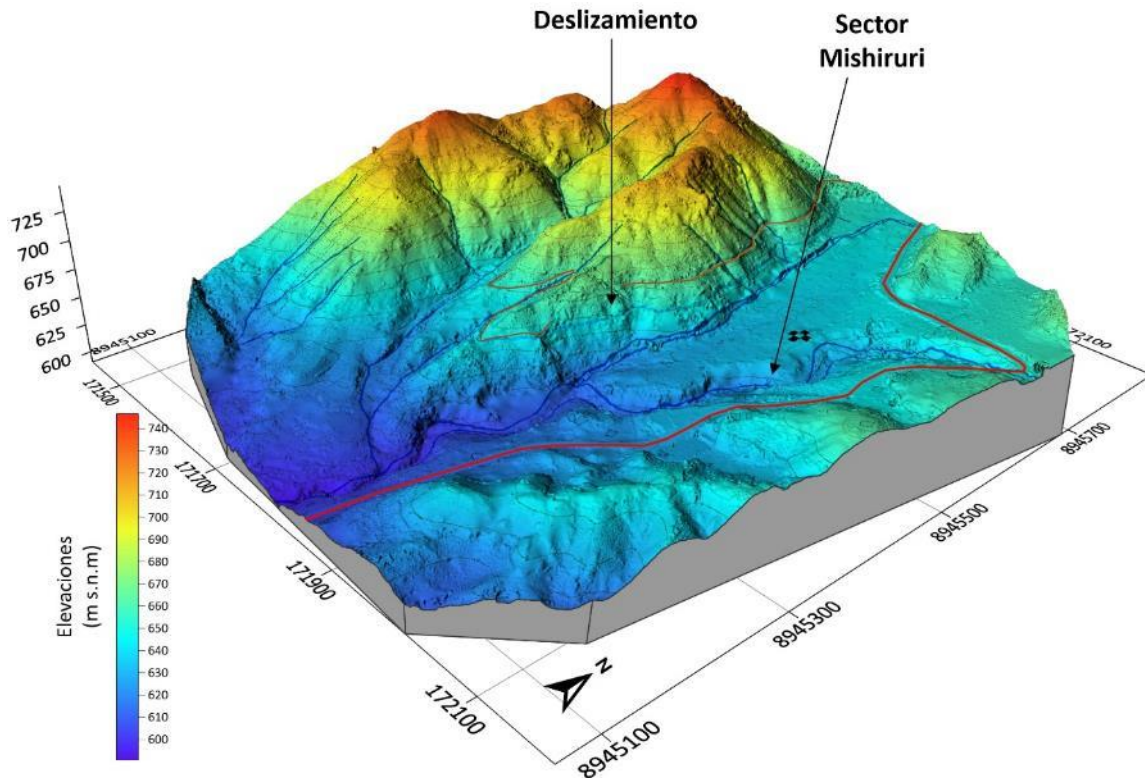
**Figura 3.** Afloramientos de rocas identificadas en la zona de evaluación.

#### 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 800 m s.n.m, al oeste del Fundo La Merced en el caserío Mishiruri, mientras que, las cotas más bajas se ubican al este del área de evaluación en la quebrada Hierba Buenas con 570 m de altitud. Los peligros geológicos tipo deslizamiento se distribuye sobre una ladera con elevaciones entre 670 m s.n.m. y 619 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 identificaron dos canales, en la parte superior o corona del deslizamiento y un canal en la parte media del cuerpo del deslizamiento.



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

#### 4.2. Pendientes del terreno

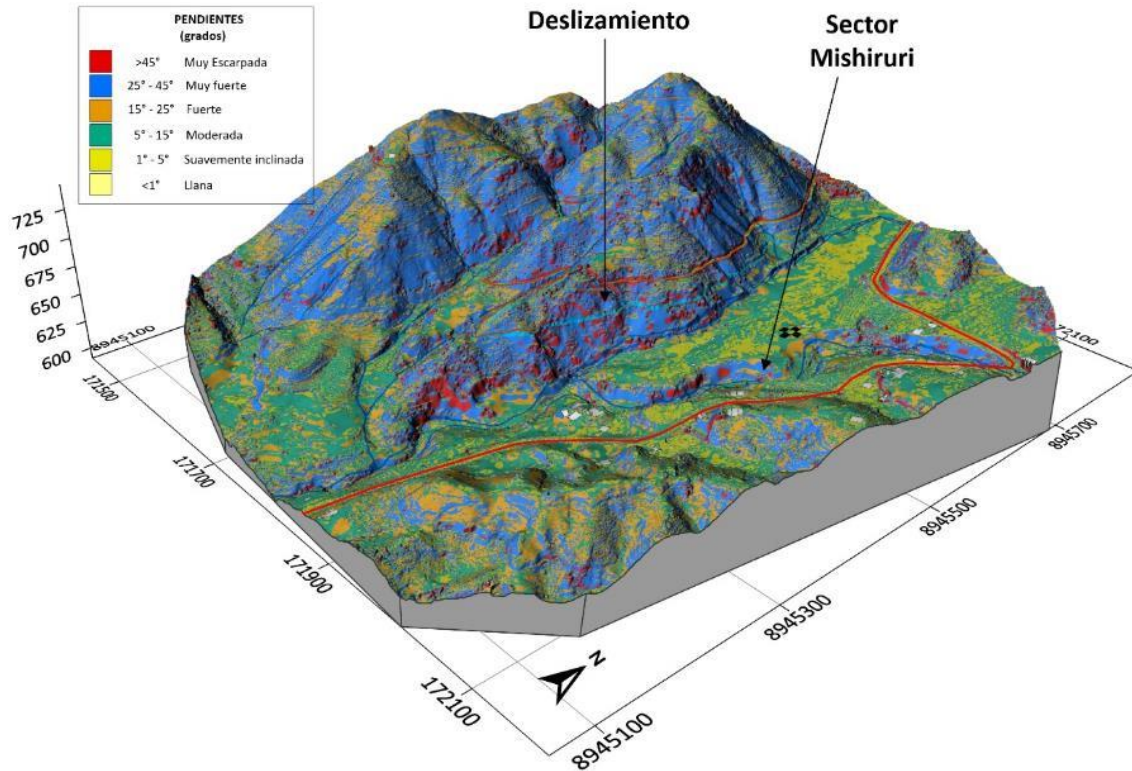
Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geformas que conforman el relieve actual. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción de materiales provenientes de deslizamientos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

El área de evaluación abarcó un total de 47.9 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 51% (25 ha), en estos rangos se desarrolla el deslizamiento de tipo rotacional que afectó 58 m lineales de una trocha carrozable. Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas ( $25^{\circ}$  >  $45^{\circ}$ ) alcanzan el 38% (18 ha) relieves ubicados en gran parte del área afectada hasta donde descendió el material deslizado.

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





**Figura 5.** Mapa de pendientes del caserío Mishiruri.

### 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

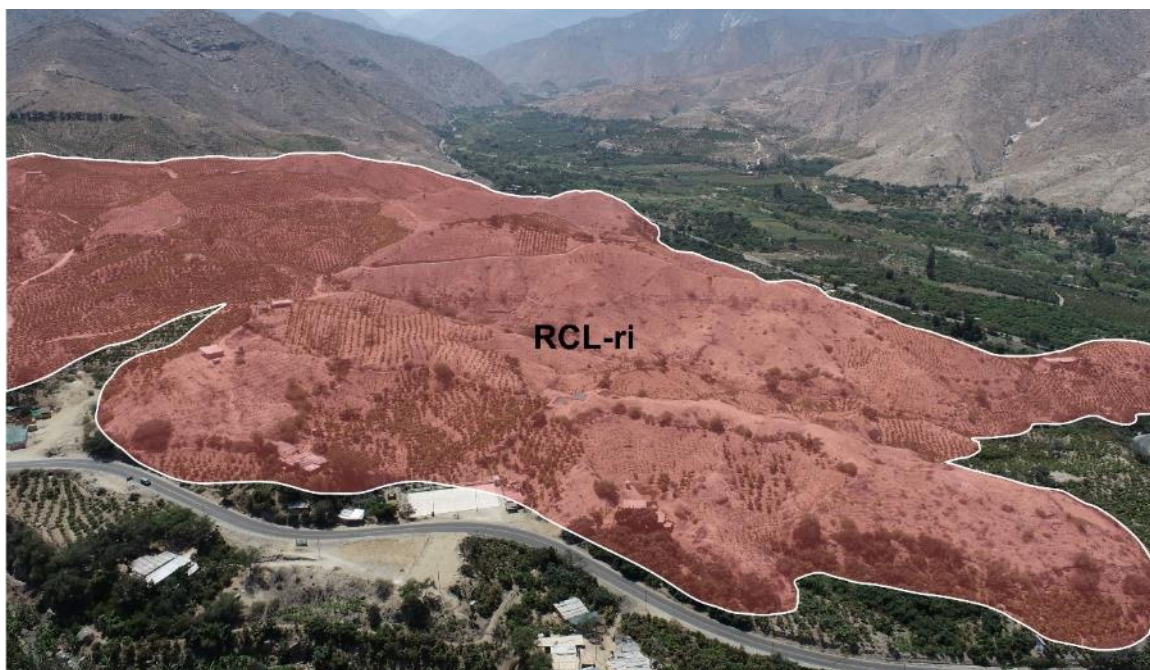
cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

**Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri):** Esta unidad geomorfológica evidencian segmentos del Batolito de la Costa, conformados por rocas intrusivas de tipo granitos modeladas en relieves con pendientes fuertes. Las montañas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, conforman relieves que alcanzan hasta los 1100 m s.n.m. hacia el oeste (figura 6).



**Figura 6.** Montaña en rocas intrusivas al oeste del área de evaluación.

**Subunidad de colinas y lomada en roca intrusiva (RCL-ri):** Esta unidad está conformada por rocas intrusivas de tipo granitos y granodioritas modeladas en relieves ondulados con pendientes suaves. Las colinas y lomadas se distribuyen al este del área de evaluación, conforman relieves con alturas inferiores a 600 m (figura 7).



**Figura 7.** Colinas y lomadas en rocas intrusivas ubicadas al este del área de evaluación.

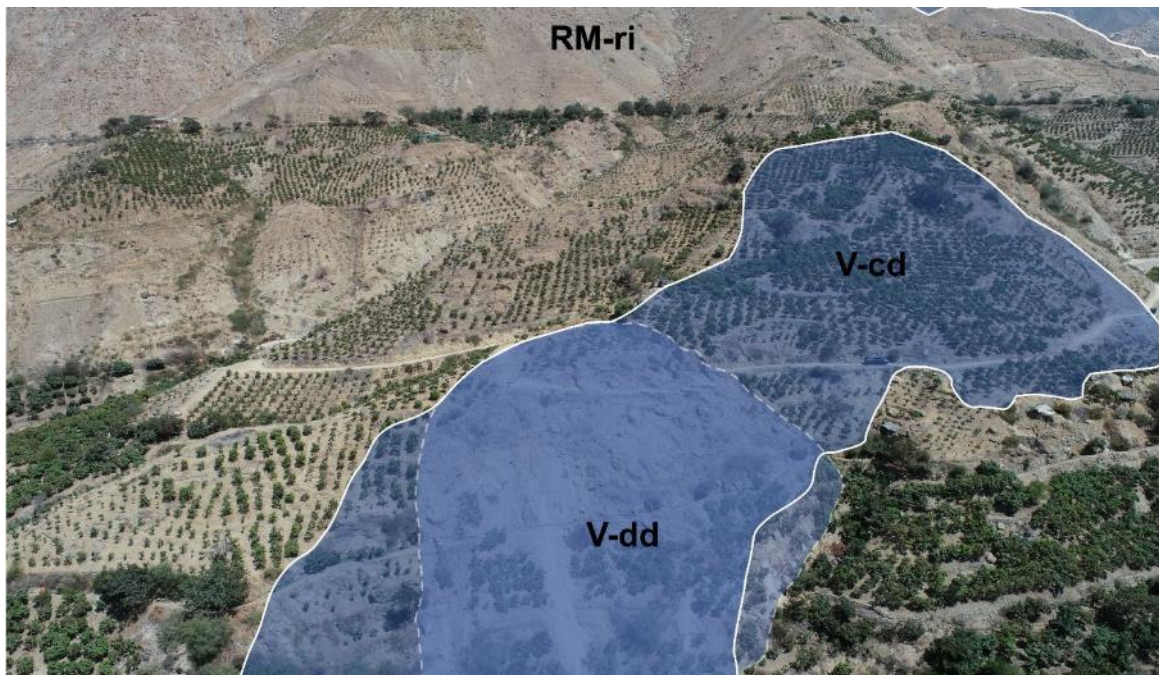
#### 4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

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 interestratificados 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°-25°). Geodinámicamente, este tipo de depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos (figura 8).

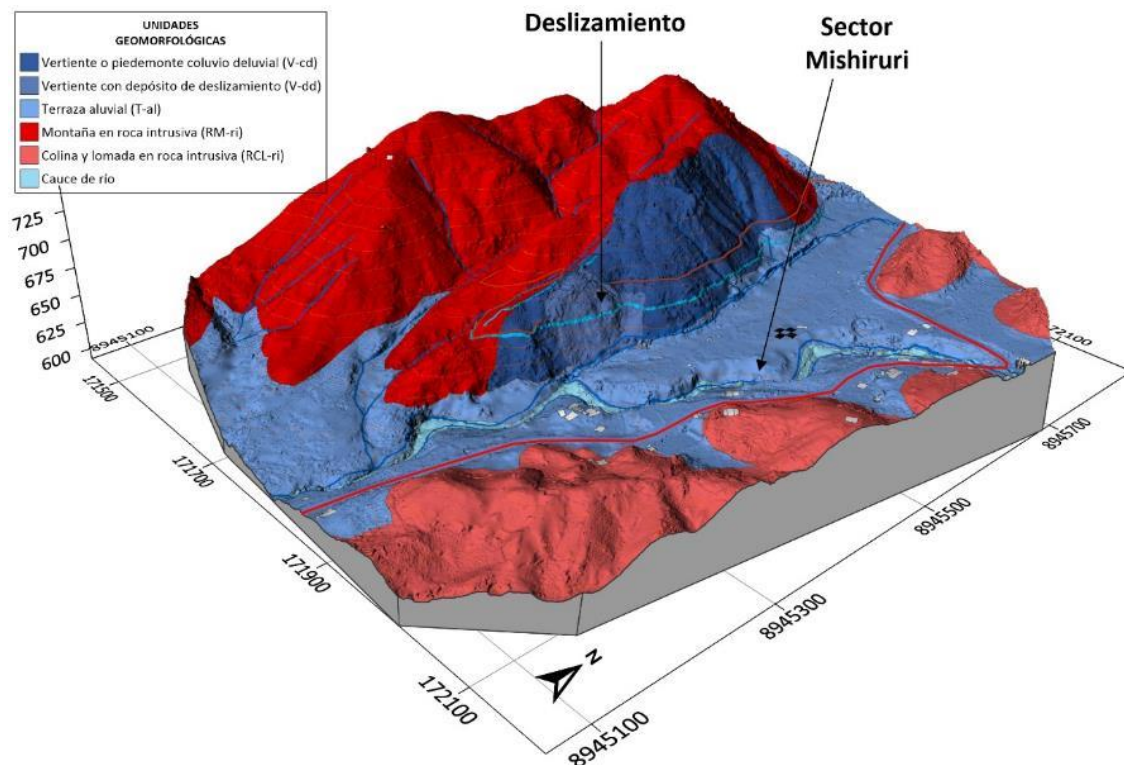


**Figura 8.** Piedemonte coluvio-deluvial con pendientes moderadas a muy fuertes.

**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 (15%), cantos (20%), gránulos (30%) y gravas (10%) en matriz arenosa (25%) que alcanzó una longitud de 80 m (figura 9).



**Figura 9.** Vista de la vertiente o piedemonte aluvio torrencial en la comunidad de La Sinra.



**Figura10.** Geformas delimitadas en el caserío Mishiruri.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El principal peligro geológico identificado en el caserío Mishiruri, corresponde a movimientos en masa de tipo deslizamientos 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 fundo La Merced se identificó un deslizamiento antiguo (DAN), un deslizamiento rotacional activo (DRA) y caídas de rocas; se cartografiaron escarpes, agrietamientos y basculamientos; procesos que afectan terrenos de cultivos y vías de comunicación.

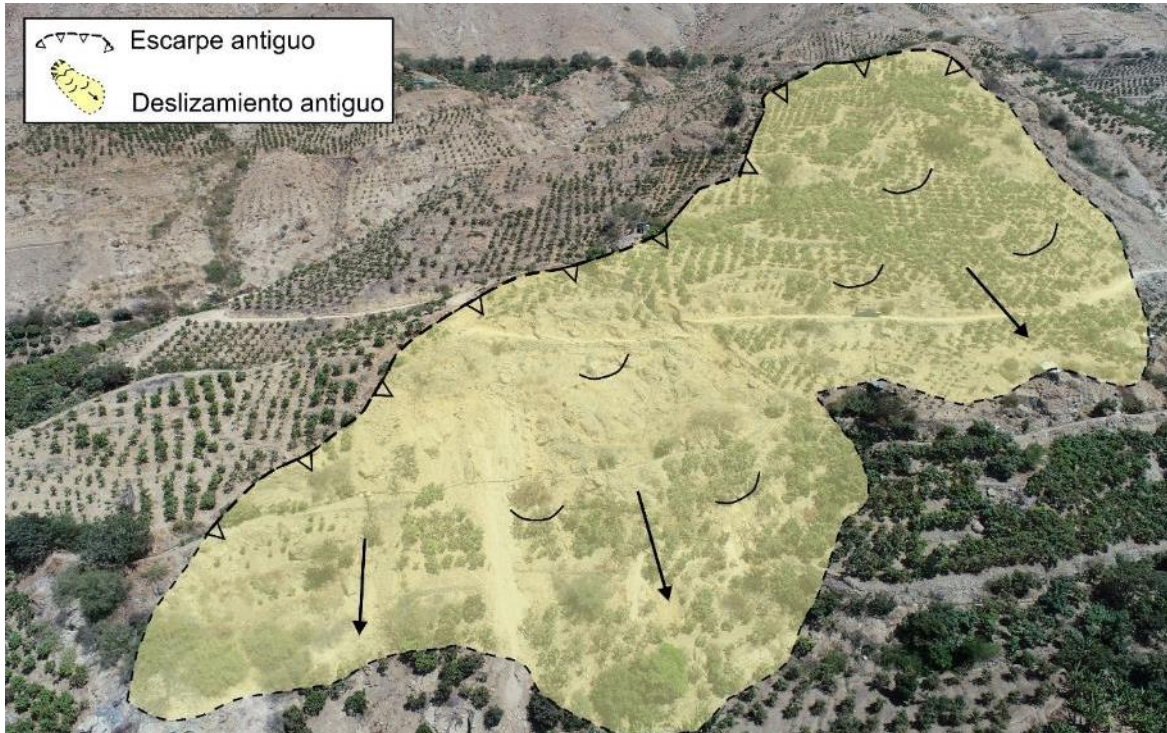
En los trabajos de campo, se contó con el apoyo de los pobladores, según manifestaron, los procesos geodinámicos iniciaron en el mes de marzo con la “aparición de grietas”, incrementándose los primeros días de junio.

El sábado 25 de junio, ocurrió el deslizamiento que ocasionó la pérdida de terrenos de cultivos y un tramo de la trocha carrozable en 58 m, que emplean para transportar las cosechas hacia el distrito de Yautan.

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el caserío Mishiruri, 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. Deslizamiento antiguo (DAN)

El área del deslizamiento antiguo tiene aproximadamente un largo de 412 m y ancho de 145 m, el escarpe principal se estima en longitud de 445 m, la zona de arranque se ubica a una altitud de 720 m, se evidencia depósitos coluvio deluviales conformada por bloques angulosos, por lo que infiere que el recorrido del material es corto (figura 11).



**Figura 11.** Vista aérea del deslizamiento antiguo (DAN) en el caserío Mishiruri.

La ladera donde se ha definido el deslizamiento antiguo, se desarrollan actividades agrícolas cuyo sistema de riego se realiza a través de canales de tierra sin revestir. Los depósitos coluvio deluviales, están conformados por materiales poco compactos y muy porosos, facilitando la sobresaturación del subsuelo.

### 5.1.2. Deslizamiento rotacional activo (DRA)

Los pobladores manifiestan que, en el mes de marzo del presente año, “comenzaron a aparecer grietas en la trocha carrozable” y que en la parte superior del escarpe actual “la tierra empezó a asentarse”. Siendo las 10.00 horas del 25 de junio del presente, las autoridades de la Oficina de Gestión de Riesgo de Desastre de la Municipalidad Distrital de Yautan, reportaron un deslizamiento que ocurrió en el caserío Mishiruri del Fundo La Merced, movimiento en masa localizado en las coordenadas centrales UTM 8645430 N, 171815 E y 670 m s.n.m. (figura 12); específicamente a 1.9 km de Yautan capital del distrito.



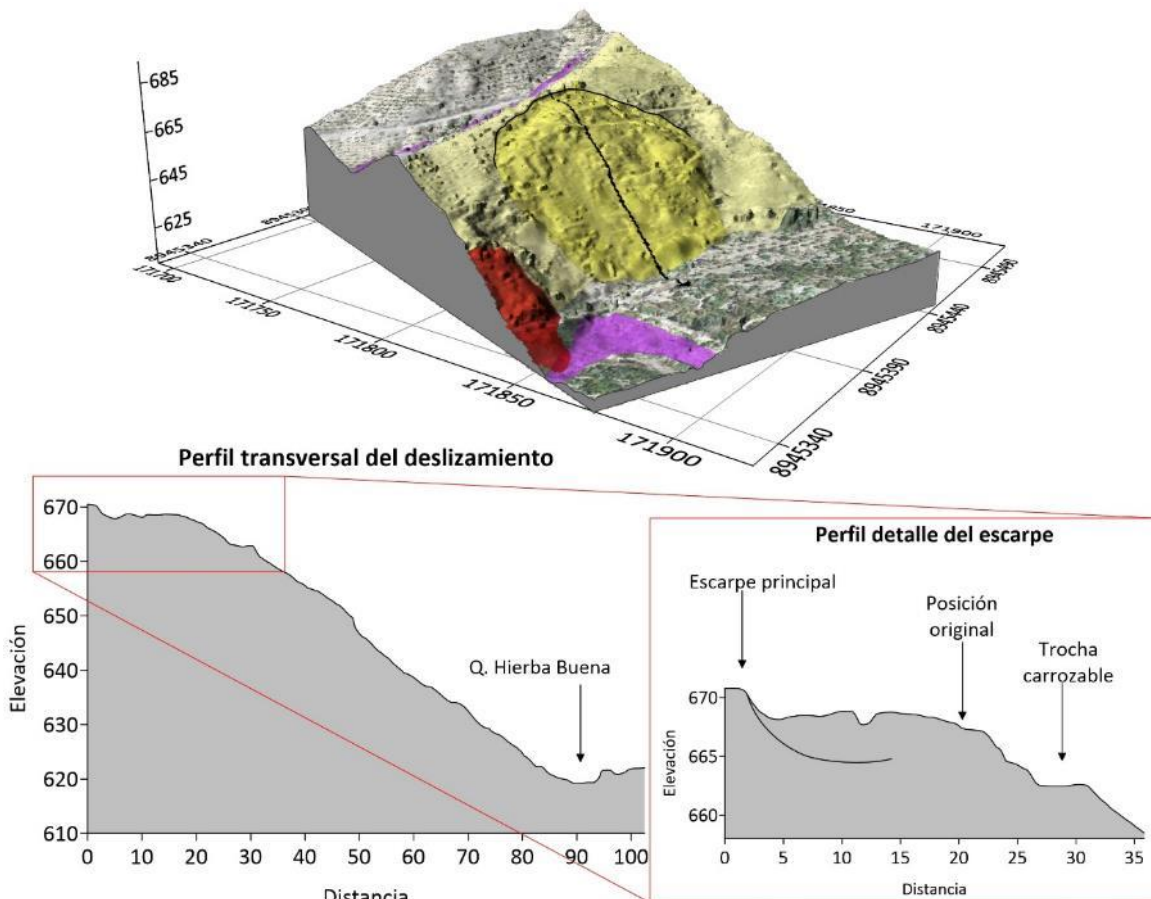
**Figura 12.** Vista aérea del deslizamiento (DRA) en el caserío Mishiruri.

El deslizamiento tiene escarpe principal de forma irregular y alargado con longitud de 130 m y salto 2 m, en la pared del escarpe 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 51 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, la trocha carrozable se encontraba inhabilitada y totalmente destruida, tiene un ancho de 3.2 m; el tramo afectado se desplazó ladera abajo hasta 10 m con dirección hacia la quebrada Hierba Buena, las grietas seccionaron la vía en varias partes (figuras 14 y 15).



**Figura 13.** Escarpe visto desde el flanco derecho del deslizamiento.



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

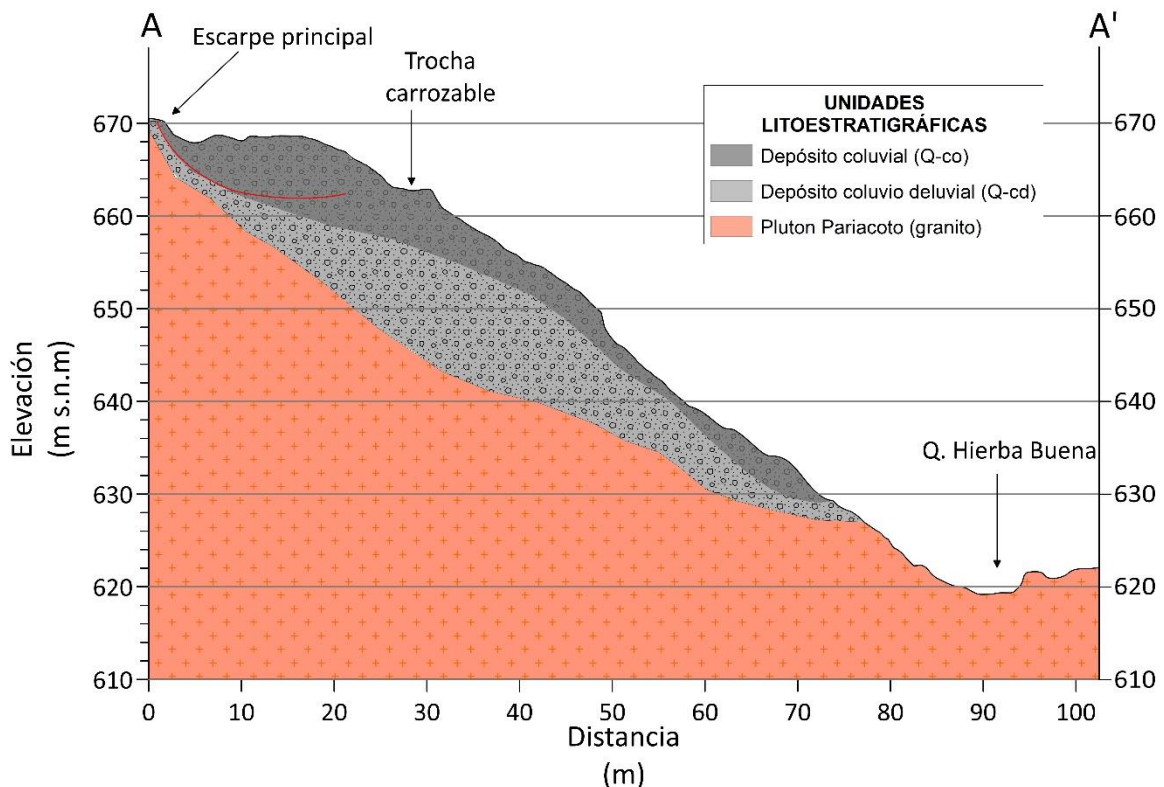
#### Análisis longitudinal del deslizamiento (DRA)

El perfil A-A' muestra el proceso del movimiento en masa que se inicia en el escarpe principal del deslizamiento, ubicado a 670 m de elevación, 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 15).



La zona de estudio esta asentada sobre granitos y granodioritas correspondientes al Plutón de Pariacoto, estas rocas se encuentran fuertemente fracturadas, con espaciamiento regular entre sus fracturas (0.06 a 0.20 m). Se observó que, de 1.5 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 meteorizadas (IV).

El factor detonante fueron los 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 moderada a fuerte (5°- 25°) a muy fuerte a muy escarpada (25°->45°).



**Figura 15.** 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 1.00 m, con profundidad de 1 m y desplazamientos oeste - este. Se perdieron 0.5 ha de cultivos y un tramo de la trocha carrozable en 58 m, que se utiliza para transportar la producción de cosechas (figura 16).



**Figura 16.** A. Rocas fuertemente fracturadas. B. Estrías de desplazamiento. C. Trocha carrozable afectada ubicada en el cuerpo del deslizamiento.

### 5.1.3. Caída de rocas

La ladera donde se origina la caída de rocas está conformada por afloramientos de rocas ígneas intrusivas fuertemente fracturadas correspondientes al Plutón Pariacoto, las caídas tienen una longitud de arranque de 18 m de largo. Los desprendimientos de rocas ocurren en el flanco izquierdo del deslizamiento a menos de 10 m de la trocha carrozable.



**Figura 17.** Caída de rocas en el flanco izquierdo del deslizamiento Mishiruri.

El depósito presenta bloques aislados con tamaños variables con diámetros entre 0.50 m a 2 m, también se identificaron bloques y cantos colgados a media ladera que pueden caer y rodar. Pueden ser desencadenados por sismos o lluvias intensas.

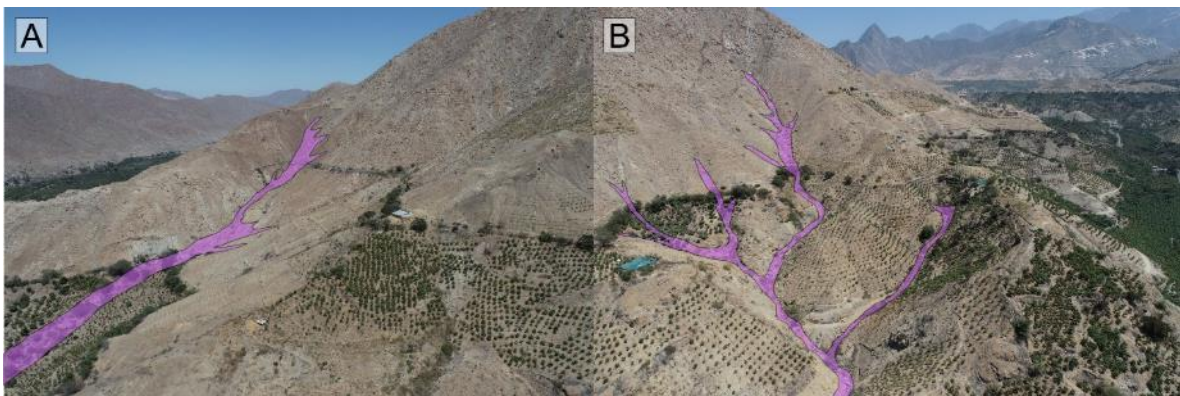
También se identificaron caídas de rocas en la parte inferior del deslizamiento hacia el flanco derecho, tienen afloramientos de granitos muy fracturados que originan caída de rocas. Por la presencia de cultivos son retenidos los fragmentos de roca (figura 18).



**Figura 18.** 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 provenientes de afloramientos muy fracturados (figura 19).



**Figura 19.** Vista hacia las quebradas ubicadas en los alrededores del área evaluada.



**Figura 20.** Quebrada Hierba Buena donde se evidencia un cauce erosionado por flujos que se activan en temporada de lluvias.

## 5.2. Factores condicionantes

### Litológico

En el área de evaluación 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.

En los cortes de ladera, se diferenciaron varios grados de meteorización de acuerdo con la profundidad, las rocas más superficiales se encuentran completamente meteorizadas; mientras que, a partir de 2 m de profundidad las rocas se encuentran muy meteorizadas.

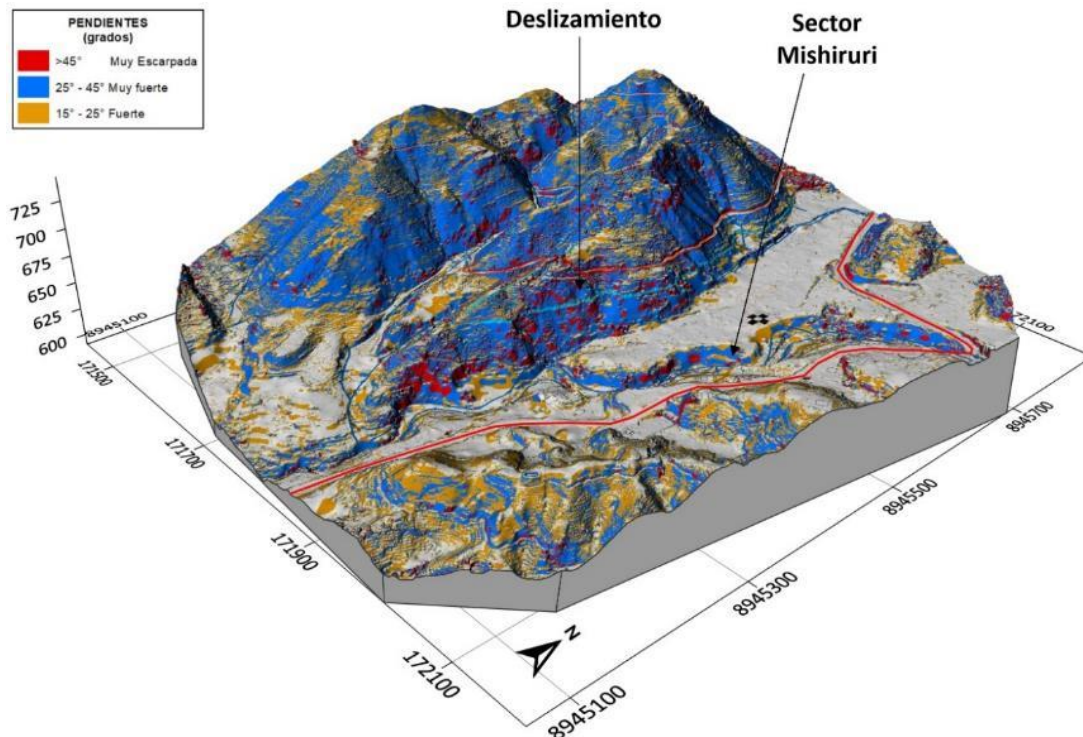
Los materiales y sedimentos de cobertura se encuentran poco consolidados, en mayor porcentaje conformados por una granulometría gruesa: bolos (15%), cantos (20%), gravas (10%), gránulos (30%) de formas subangulosas a angulosas; todo envuelto en una matriz arenosa (25%).

### Geomorfológico

Las montañas en rocas ígneas configuran laderas con pendientes moderadas a fuertes que abarcan el 51% del área de estudio, mientras que, las pendientes muy fuertes a muy escarpadas alcanzan el 38% del total evaluado, por tanto, el 89% de las laderas donde se cartografiaron deslizamientos antiguos y reciente (DRA), tienen pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa (color azul) (figura 21).

### Antrópico

Se destaca que, en la parte alta y media de la ladera, existen canales de riego sin revestimiento que permite la infiltración de agua al subsuelo, esto contribuye con la inestabilidad del terreno.



**Figura 21.** 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 Yautan:

#### 5.3.1. Terrenos de cultivos

El deslizamiento DRA, causó la pérdida total de 0.5 ha de cultivos, donde se han proyectado un total de 1 ha que podrían ser afectados ante reactivaciones (figura 22).



**Figura 22.** Cultivos afectados por el proceso de remoción del cuerpo del deslizamiento.

#### 5.3.2. Trocha carrozable

El deslizamiento DRA, causó el daño de la trocha carrozable que se utiliza como medio de transporte de los cultivos que se producen en el caserío Mishiruri.

El cuerpo del deslizamiento tuvo desplazamientos de hasta de 7 a 10 m con dirección oeste a este, esto desplazó la vía más de 10 m ladera abajo, se tienen grietas de hasta 2 m, el tramo afectado tiene 58 m de largo (figura 23).



**Figura 23.** Tramo de 58 m de largo de la trocha carrozable afectada.

## 6. CONCLUSIONES

1. En el área de evaluación afloran granitos y granodioritas muy fracturados y altamente meteorizados, en los primeros metros de la superficie la roca se encuentra desintegrada a suelo, mostrando condiciones geomecánicas muy desfavorables.

2. Los depósitos de cobertura tienen una componente principalmente granular (bolos, cantos, gravas) en una matriz arenosa, las capas se encuentran no compactas, muy porosas y deleznable, son de fácil erosión.
3. Morfológicamente, el área de evaluación se ubica sobre una montaña en ígnea (RM-ri) con pendientes moderadas a muy fuertes (15° a 45°) que condicionan la ocurrencia de deslizamientos y caídas de rocas. Las vertientes o piedemontes coluviodeluviales (V-cd), tienen pendientes muy fuertes (25° a 45°), originadas por antiguos deslizamientos. La vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) fue originada por el deslizamiento activo (DRA), originando superficies con pendientes muy escarpadas debido a la remoción de la ladera.
4. En el caserío Mishiruri, se identificó un deslizamiento antiguo, un deslizamiento reciente rotacional activo y caída de rocas; en el deslizamiento actual se evidenció grietas, asentamientos y leves desplazamientos que iniciaron en el mes de marzo.
5. El deslizamiento rotacional activo tiene largo de 85 m y ancho de 91 m, el escarpe alcanzó una distancia de 130 m y los saltos varían de 1 a 2.5 m, el desplazamiento del cuerpo del deslizamiento se estimó en más de 10 m, estos factores destruyeron completamente la trocha carrozable.
6. La caída de rocas fue originada por el movimiento inducido por el deslizamiento y condicionada por el fuerte fracturamiento de los afloramientos de granitos y granodioritas.
7. Los flujos de detritos identificados se activan en temporada de lluvias y suelen afectar terrenos de cultivos desplazándose sobre cauces secos que son erosionados por los detritos contenidos en el flujo.
8. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de evaluación, se considera que, el caserío Mishiruri, tiene **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos y caída de rocas.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar el banqueteo de la ladera afectada por el deslizamiento, con la finalidad de reducir la pendiente muy fuerte (25° a 45°) a fuerte (15° a 25°), esta modificación tiene que ser implementada con un adecuado drenaje pluvial. Para ello se deben realizar estudios geotécnicos por especialistas.
2. En los trabajos de rehabilitación de la trocha carrozable se debe realizar la compactación del terreno afectado por el deslizamiento con un adecuado control

- geotécnico, implementar esta medida con drenaje pluvial impermeabilizado (cunetas).
3. Restringir la construcción o implementación de nuevos canales, los canales afectados deben ser eliminados y/o derivados; mientras que, los canales ubicados en la parte alta y media del deslizamiento deben ser impermeabilizados por medio de coberturas de PVC.
  4. Implementar un programa de monitoreo de las laderas pertenecientes al Fundo La Merced y del caserío Mishiruri, con la finalidad de medir de forma periódica las grietas, hundimientos y escarpes identificados. Esto sirve para determinar el desplazamiento del deslizamiento.
  5. Se debe implementar el cambio del tipo de cultivo, riego tecnificado y uso controlado del agua para riego, ya que la zona tiene 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.

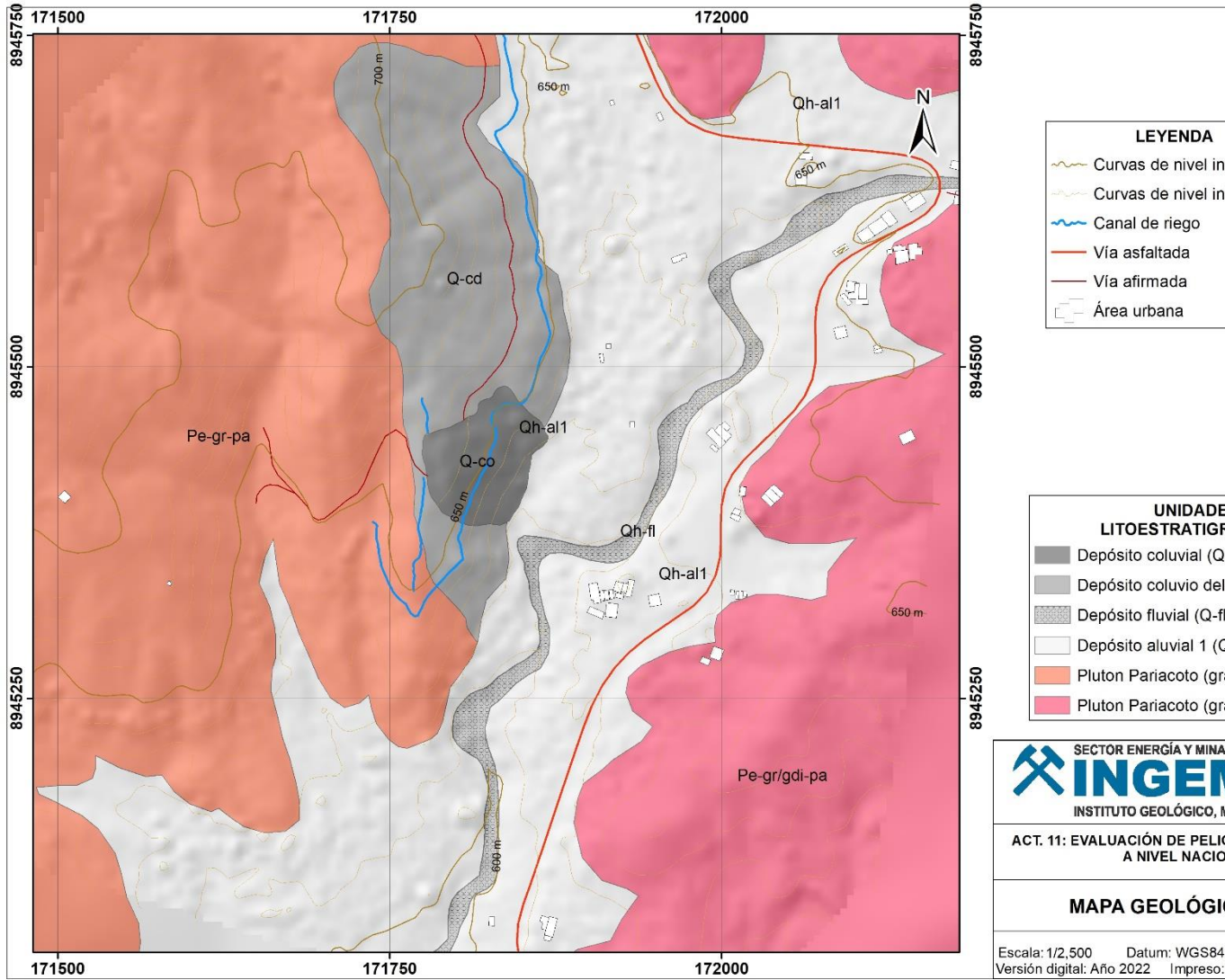
Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.



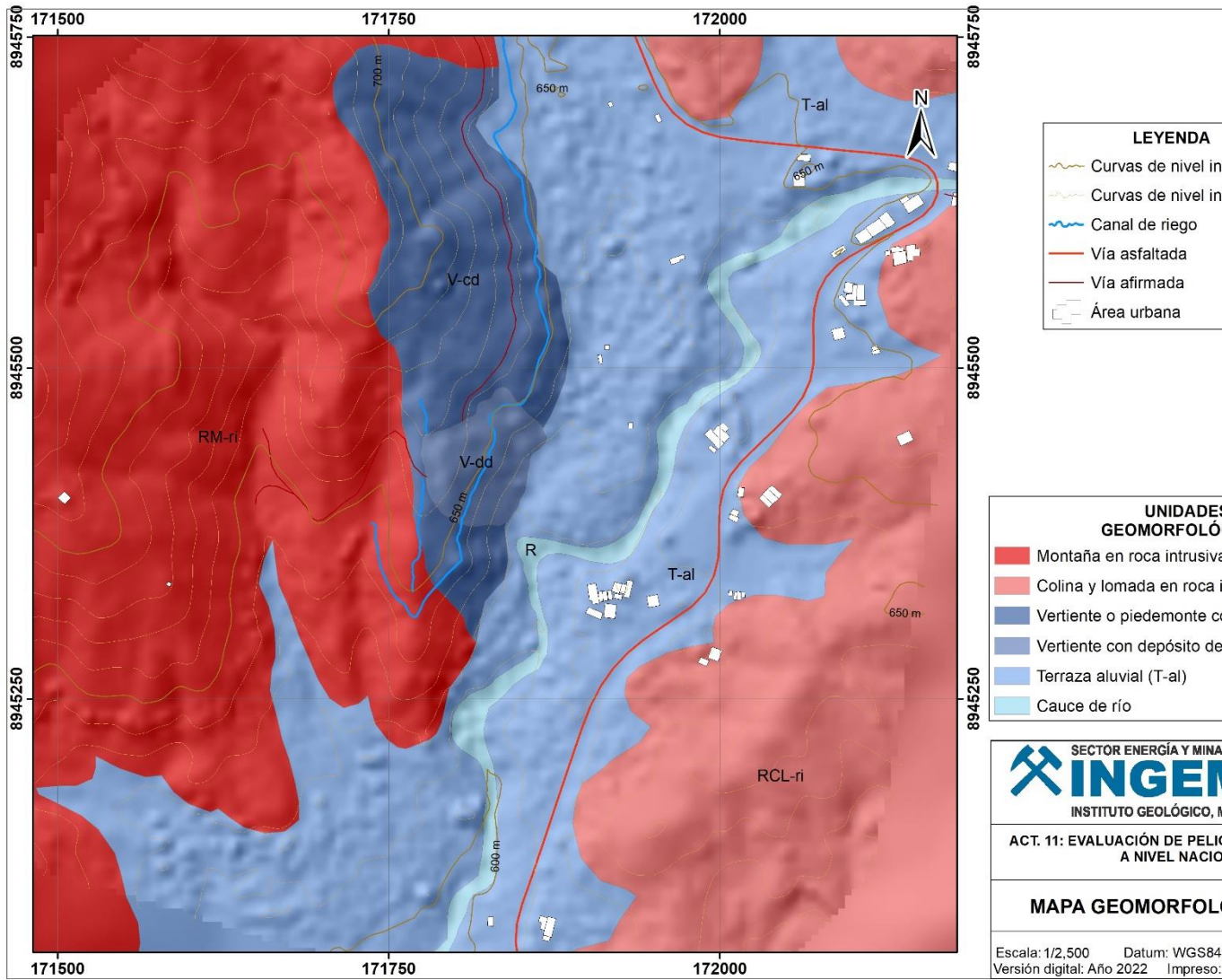
Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

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.

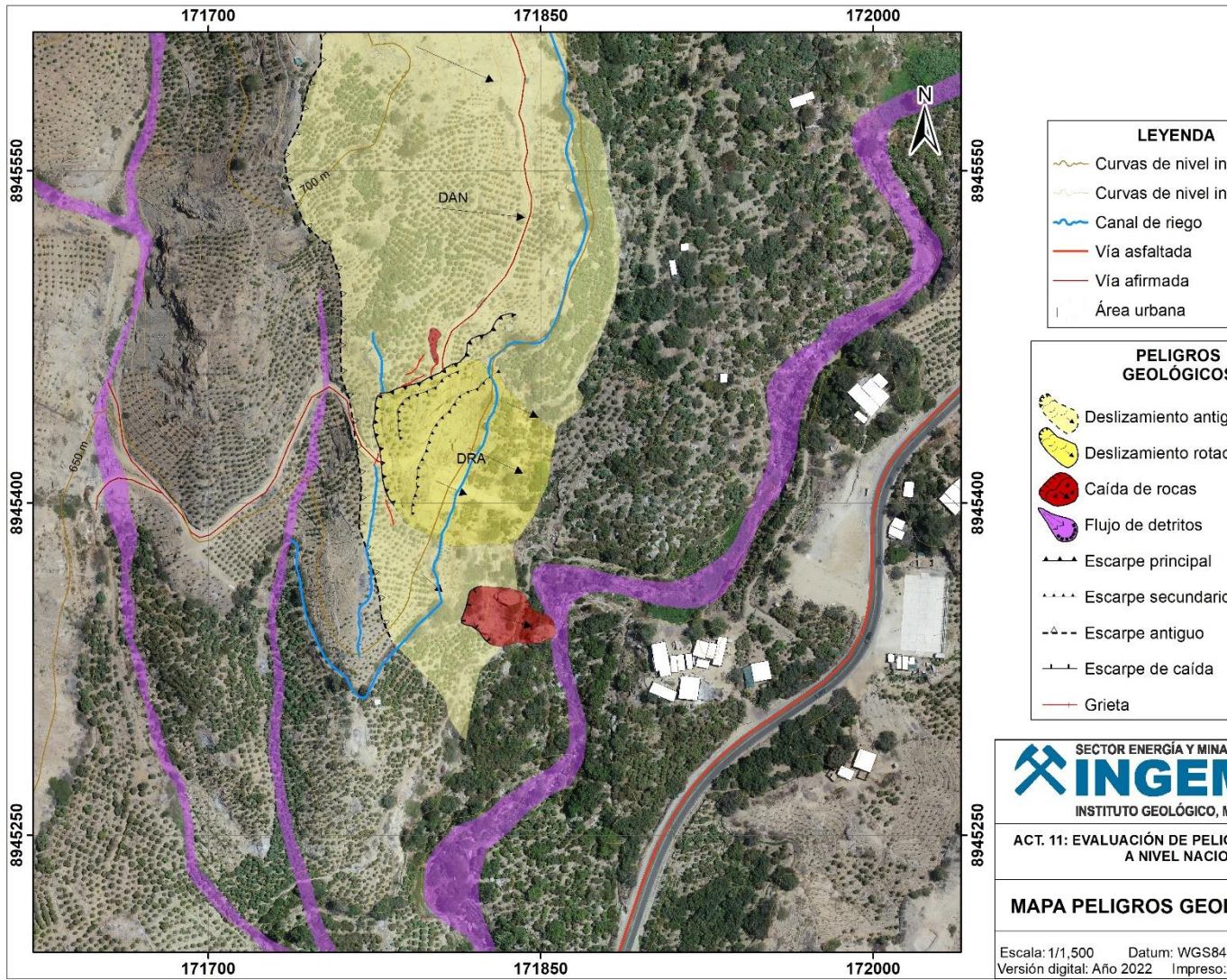
## **ANEXO 1: MAPAS**



Mapa 1. Mapa geológico del área evaluada.



Mapa 2. Mapa geomorfológico del área evaluada.



**Mapa 3.** Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

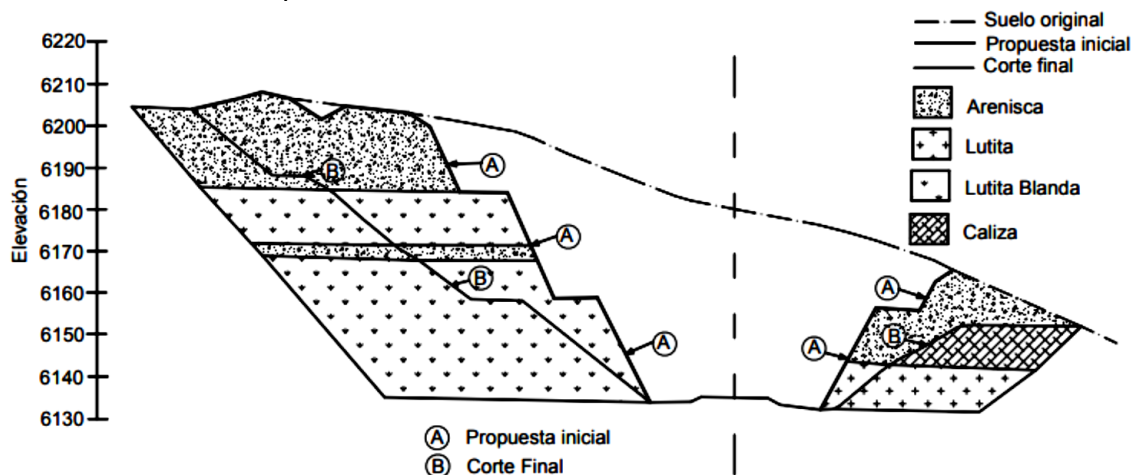
## **ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

### **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 27). 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 27.** Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (González, 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

Método	Ventajas	Desventajas
<b>Remoción de materiales de la cabeza del talud</b>	Muy efectivo en la estabilización de los	En movimientos muy grandes, las masas que se

	deslizamientos rotacionales.	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