

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7359**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN LOS SECTORES DE SUARA Y PAMPA TUANA

Departamento Puno  
Provincia Sandia  
Distrito Sandia



FEBRERO  
2023



## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN LOS SECTORES DE SUARA Y PAMPA TUANA**

*Distrito Sandía, provincia Sandía, departamento Puno.*

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

*Equipo de investigación:*

*David Antonio Valdivia Humerez  
Yhon Soncco Calsina  
Domingo Ramos Palomino*

### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos en los sectores de Suara y Pampa Tuana. Distrito Sandía, provincia Sandía, departamento Puno, Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7359, 52p.*

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1 <b>Objetivos del estudio</b> .....	<b>5</b>
1.2 <b>Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	<b>5</b>
1.3 <b>Aspectos generales</b> .....	<b>6</b>
<b>2. GLOSARIO</b> .....	<b>7</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>8</b>
3.1 <b>Unidades litoestratigráficas</b> .....	<b>8</b>
3.1.1 <b>Formación Sandia (Os-s)</b> .....	<b>8</b>
3.1.2 <b>Formación Ananea (SD-a)</b> . ....	<b>9</b>
3.1.3 <b>Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)</b> . ....	<b>9</b>
3.1.4 <b>Depósito aluviales (Qh-al)</b> . ....	<b>10</b>
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	<b>10</b>
4.1 <b>Pendientes del terreno</b> .....	<b>10</b>
4.2 <b>Unidades geomorfológicas</b> .....	<b>10</b>
4.2.1 <b>Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional</b> ..	<b>11</b>
4.2.2 <b>Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional</b> ..	<b>11</b>
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>13</b>
5.1 <b>Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	<b>13</b>
5.1.1 <b>SECTOR DE SUARA</b> .....	<b>13</b>
5.1.2 <b>SECTOR DE PAMPA TUANA</b> .....	<b>19</b>
5.2 <b>Factores condicionantes</b> .....	<b>24</b>
5.3 <b>Factores desencadenantes</b> .....	<b>25</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>27</b>
<b>7 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>29</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	<b>31</b>
<b>ANEXO 2: REPORTES SINPAD</b> .....	<b>36</b>
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	<b>38</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en los sectores de Suara y Pampa Tuana, en el distrito y provincia de Sandía, departamento Puno. 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 en los tres niveles de gobierno.

En el área de estudio afloran rocas metamórficas, conformadas por cuarcitas, metareniscas, arcillitas y pizarras de color gris oscuro. Los macizos rocosos se encuentran moderadamente meteorizados y muy fracturados; además, se tienen depósitos coluvio deluviales, los cuales son susceptibles a generar deslizamientos, caída de rocas, derrumbes y flujos de detritos. Los depósitos están compuestos por materiales poco consolidados, como bloques de forma angulosas a subangulosas, gravas, inmersos en una matriz arcillo-limosa.

Las geoformas identificadas son de origen tectónico-degradacional, conformado por ladera de montaña en roca metamórfica; además tenemos geoformas de carácter depositacional y agradacional, como piedemonte (vertiente coluvio-deluvial) y planicies (terrazas aluviales).

En los sectores evaluados se han identificado los siguientes movimientos en masa:

- Suara: Un deslizamiento antiguo (DAI1) reactivado, que viene afectando 04 viviendas, terrenos de cultivo (88 ha), carretera Suara-Ccajuna (tramo de 5 m) y reservorio de agua; además se ha identificado áreas de derrumbes a causa de la infiltración del agua en el suelo.
- Pampa Tuana: se identificó un deslizamiento antiguo (DAI2) reactivado, que viene afectando terrenos de cultivo (44 ha), también se apreció un derrumbe producto de la reactivación del deslizamiento antiguo.

Los factores detonantes, que activaron estos eventos, son las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas (excepcionales), también la podría reactivar la actividad sísmica. Además, como factor antrópico, tenemos las malas prácticas de regadío por aspersión para los terrenos de cultivo, que han llegado a saturar al terreno, por ende, inestabilizando las laderas..

Los sectores evaluados de Suara y Pampa Tuana, se consideran como **zonas críticas** y de **Peligro Alto** por movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes pongan en práctica en las zonas de estudio, propuestas con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar los procesos identificados; así como también evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

## 1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad provincial de Sandia, según Oficio N° 477 -2022 A -MPS, emitido por la municipalidad provincial de Sandia. el marco de nuestras competencias, el INGEMMET designó a los ingenieros David Valdivia, Yhon Soncco y Domingo Ramos, quienes realizaron una evaluación de los peligros geológicos en los sectores de Suara y Pampa Tuana, el día 02 de setiembre de 2022.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Sandia, Gobierno Regional de Puno, oficina de INDECI y COER - Puno, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en los sectores de Suara y Pampa Tuana; los cuales pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, medios de vida (cultivos agrícolas) y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

### 1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

- A) Boletín N°77, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Puno” (Gómez & Pari, 2020), indican que dentro del departamento de Puno los peligros geológicos más recurrentes son flujos de detritos (huaicos), caídas de rocas, deslizamientos, movimientos complejos y reptación de suelos. Muestra el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa representando cinco categorías: muy baja susceptibilidad, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad, a escala 1: 400 000. Los sectores de Suara y Pampa Tuana, se encuentran en zona de alto a muy alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa como son: derrumbes, deslizamientos, caída de rocas y huaicos.
- B) En el Boletín N°28, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de

Riesgos Geológicos del Perú Franja N°3" (Fidel et al, 2003); presenta un mapa de ocurrencia de peligros geológicos múltiples (a escala regional), denominando al distrito de Sandia, como zona de Muy Alto Riesgo, donde se conjugan numerosos peligros: principalmente flujos de detritos, caídas de rocas, y deslizamientos, que suceden en terrenos de pendiente fuerte a muy escarpado.

- C) INGEMMET. (2022), en el Informe Técnico N°A7273 Evaluación de peligros geológicos de las zonas de Nacoreque, Chijisia, Apabuco, Huencala, Mororia y Cerro Ccatasuyo, en el distrito y provincia de Sandia, departamento de Puno, indica, que en zonas cercanas a los sectores de Suara y Pampa Tuana, vienen presentándose reactivaciones de deslizamientos antiguos, derrumbes y huacos; que afectan tramos de carretera y áreas de cultivos.

### 1.3 Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área evaluada comprende dos sectores: Suara y Pampa Tuana, ubicados en el distrito y provincia de Sandia, departamento de Puno (Figura 1), dentro de las coordenadas siguientes:

**Cuadro 1. Suara (A)**

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	450246.00 m E	8416050.00 m S	14° 25' 59.635" S	69° 29' 59.021" W
2	451289.00 m E	8416044.00 m S	14° 25' 59.655" S	69° 29' 49.469" W
3	450241.00 m E	8414680.00 m S	14° 26' 11.58" S	69° 29' 59.048" W
4	451280.00 m E	8414672.00 m S	14° 26' 11.6" S	69° 29' 49.496" W
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
<i>Pampa Tuana</i>	450777.00 m E	8415288.00 m S	14° 26' 7.165" S	69° 29' 53.327" W

**Cuadro 2. Pampa Tuana (B)**

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	450246.00 m E	8416050.00 m S	14° 25' 59.635" S	69° 29' 59.021" W
2	451289.00 m E	8416044.00 m S	14° 25' 59.655" S	69° 29' 49.469" W
3	450241.00 m E	8414680.00 m S	14° 26' 11.58" S	69° 29' 59.048" W
4	451280.00 m E	8414672.00 m S	14° 26' 11.6" S	69° 29' 49.496" W
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
<i>Pampa Tuana</i>	450777.00 m E	8415288.00 m S	14° 26' 7.165" S	69° 29' 53.327" W

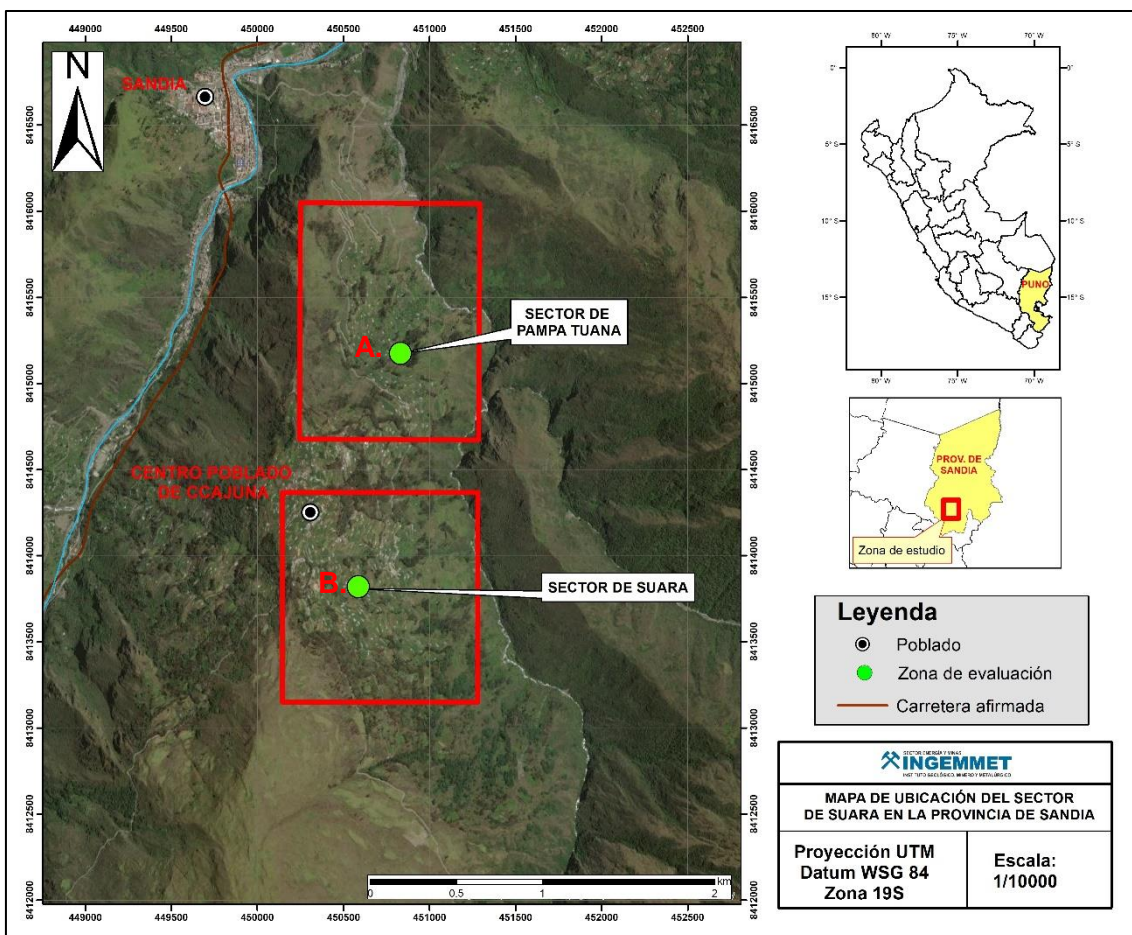


Figura 1. Ubicación de los sectores de Suara (A), Pampa Tuana (B)

### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a los sectores de Suara y Pampa Tuana se realizó vía terrestre, desde la ciudad de Arequipa, mediante la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa - Juliaca	Asfaltada	271	5 h 00 min
Juliaca – Putina	Asfaltada	92.2	1 h 43 min
Putina – Cuyo Cuyo	Asfaltada	108	2 h 13 min
Cuyo Cuyo - Sandia	Trocha carrozable	8.9	1 h 00 min

## 2. GLOSARIO

**Deslizamiento.** - Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).



**Derrumbe.** - Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 1). Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados (Vilchez, 2020).

**Movimiento en Masa (mass movement, landslide).** - Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritoso de tierras (Cruden, 1991).

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se elabora teniendo como base la geología de los cuadrángulos de Sandia(29-y) y San Ignacio(29-z), a escala 1:100,000, elaborado por De la Cruz & Carpio (1996).

#### 3.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes, son de origen metamórfico, como las formaciones Ananea y Sandia; además, se tienen depósitos recientes, como coluvio-deluviales y aluviales.

##### 3.1.1 Formación Sandia (Os-s).

Esta formación está constituida por pizarras y cuarcitas (Figura 2), de grano fino a medio. Los estratos tienen pendientes muy fuertes a escarpadas (25° a >45°) siendo susceptibles a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa (caída de rocas). Además, los macizos se encuentran intensamente deformados, fracturados, altamente meteorizadas y cubierto por depósitos coluviales.





**Figura 2.** Afloramiento rocoso fracturado de la Formación Sandia, corte de talud en el cerro Japuna, margen izquierda del río Sandia (coordenadas UTM E: 449770, N: 8415925).

### 3.1.2 Formación Ananea (SD-a).

Esta formación está constituida por una gruesa secuencia de pizarras grises oscuras, laminares y foliadas. Los afloramientos rocosos de la Formación Ananea suprayacen a la Formación Sandia en un contacto fallado inversamente como producto de una tectónica comprensiva (Laubacher, 1978). Del mismo modo que la Formación Sandia este macizo se encuentra intensamente deformado, muy fracturado, altamente meteorizado y cubiertos por depósitos coluviales-deluviales.

### 3.1.3 Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd).

Son materiales sueltos, depositados en las depresiones de las montañas y partes bajas de las laderas como resultado de la erosión de las partes altas; constituyendo depósitos de deslizamientos antiguos, provenientes de laderas que cubren parcialmente los afloramientos de las formaciones Sandia y Ananea. Estos depósitos se encuentran en los sectores de Suara y Pampa Tuana y están conformados por materiales gruesos de naturaleza homogénea, heterométrica, poco compactos, con bloques angulosos a subangulosos de pizarras, englobados en una matriz arcillosa (Figura 3).



**Figura 3.** Depósito coluvialdeluvial, fotografía tomada en el sector Suara (coordenadas UTM E: 450951, N: 8417401).

#### **3.1.4 Depósito aluviales (Qh-al).**

Estos depósitos han sido reconocidos a lo largo de los ríos Sandia y Chullo; están compuestos principalmente de arenas y gravas de forma redondeada a subredondeada en matriz limoarenoso. Formando depósitos en ambas márgenes del río dando lugar a pequeñas terrazas.

### **4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

#### **4.1 Pendientes del terreno**

Las pendientes de los terrenos en los sectores de Suara y Pampa Tuana varían desde llanos a inclinados suavemente ( $1^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ) en la parte alta del valle, a muy fuerte a escarpada en la zona media y baja del valle ( $25^{\circ}$  -  $> 45^{\circ}$ ) (Figura 5). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 12.5 m, tomado del portal EARTH-DATA - Alaska Satellite Facility Distributed (ASF DAAC ) de la NASA (Mapa 3).

#### **4.2 Unidades geomorfológicas**

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005); cuyas concepciones se basan en



considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Degradacionales o denudativos
- Agradacionales o deposicionales

Los sectores evaluados se encuentran entre los 2100 y 3800 m s. n. m. sobre las cuales se presentan vertientes montañosas, elevadas y abruptas asociadas a la incisión de los ríos que descienden desde las partes altas de la cordillera.

Son tres geoformas y unidades geomorfológicas reconocidas en estos sectores, tales como: Vertiente o piedemonte compuesto por depósitos coluvio-deluvial (V-cd), terrazas aluviales (T-al) y montaña en rocas metamórficas (RM-rm). De las cuales, la primera y la última presentan mayor susceptibilidad a generar movimientos en masa

#### **4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional**

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

##### **4.2.1.1 Unidad de Montaña**

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30%.

**Sub Unidad de ladera de montaña en roca metamórfica (RM-rm):** Corresponde a relieve moldeado sobre roca metamórfica de las formaciones Sandia y Ananea (Figura 4); debido a la forma del terreno y las pendientes de la ladera de las montañas varían principalmente de pendiente muy fuerte a muy escarpado. En esta subunidad ocurren principalmente los procesos de movimientos en masa identificados como derrumbes y caída de rocas.

#### **4.2.2 Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional**

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

##### **4.2.2.1 Unidad de Piedemonte**

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviodeluvial y las acumulaciones forzadas, las cuales



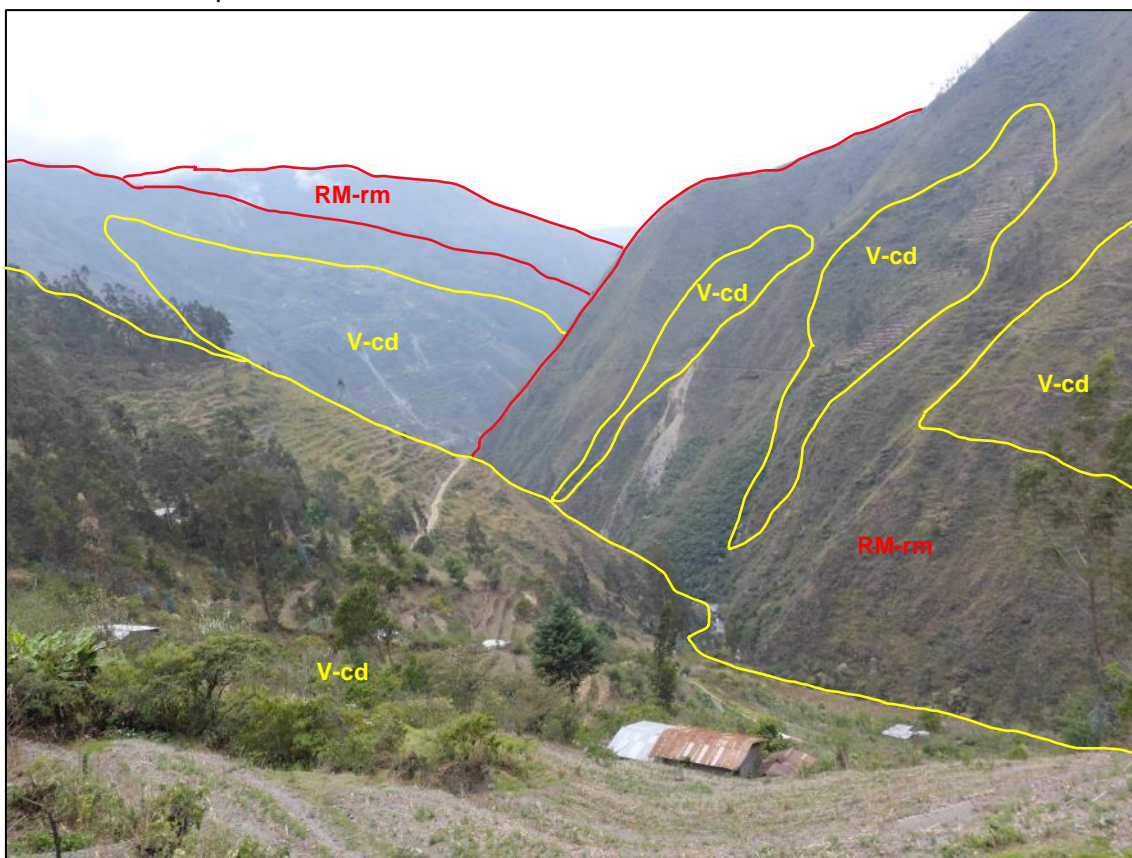
están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

**Sub Unidad de Vertiente o piedemonte coluviodeluvial (V-cd):** Agrupa depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo depósitos de laderas adosados parcialmente los afloramientos metamórficos de la Formación Sandia y Ananea (Figura 4).

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

#### 4.2.2.2 Unidad de planicies

**Terraza aluvial (Tb-al):** Subunidad geomorfológica caracterizada por un relieve plano con escasos sectores ondulados, constituida por acumulación de material aluvial sin consolidación, sus pendientes corresponden a inclinación moderada ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ), esta unidad es susceptible a inundación.



**Figura 4.** Unidades geomorfológicas en los sectores de Suara y Pampa Tuana (coordenadas UTM E: 450577, N: 8413857).

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en los sectores de Suara y Pampa Tuana, corresponden a movimientos en masa tipo deslizamientos y derrumbes. Estos procesos son resultado del modelamiento del relieve de la Cordillera de los Andes por la incisión permanente por los cursos de agua, esto conlleva a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos. Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas, extraordinarias que caen en la zona y la actividad sísmica. (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

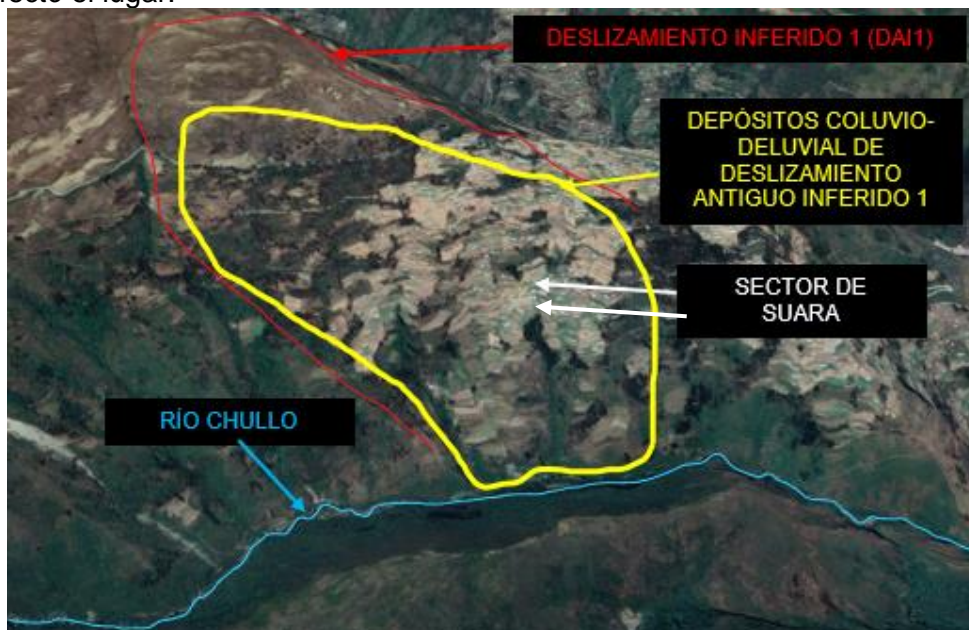
### 5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

Las zonas de estudio y alrededores son susceptibles a la ocurrencia de peligros geológicos de tipo deslizamientos y derrumbes, condicionado por las características morfológicas, litológicas y pendiente, tal como se describe a continuación:

#### 5.1.1 SECTOR DE SUARA

##### DESLIZAMIENTO ANTIGUO INFERIDO 1 (DAI1)

Se presenta como una depresión con forma irregular que corresponde a un Deslizamiento Antiguo Inferido (**DAI1**), (Figura 5), donde la corona y el salto de escarpe, no se observan claramente debido a la vegetación, procesos de erosión y meteorización que afectó el lugar.



**Figura 5.** Deslizamiento antiguo, sector Suara (DA1) (coordenadas UTM E: 450343, N: 8413904).

La masa deslizada, va de suroeste al noreste con dirección al cauce del río Chullo, en cuya parte baja se ha observado depósitos de flujos de detritos antiguos adosados a este deslizamiento antiguo. Presenta ondulaciones o desniveles entre la ladera media y la quebrada; además de desplazamientos del terreno.

Los depósitos que conforman este deslizamiento, son coluvio deluviales que están constituidos por arenas (10%), gravas (40%), bloques (5%) compuestos por pizarras subangulosas con un diámetro máximo de 1.8m hasta tamaños decimétricos a centimétricos, la mayor parte se encuentran muy alterados y muy fracturados; englobados en una matriz arcillo-limosa (45%).

En el cuerpo del deslizamiento se desarrolla la principal actividad agrícola de Suara (Figura 6).



**Figura 6.** Terreno agrícola de Suara

## **REACTIVACION DEL DESLIZAMIENTO ANTIGUO EN EL SECTOR DE SUARA**

En el sector de Suara, en el mes febrero del 2022, se reactivó un deslizamiento antiguo, según testimonio de los pobladores este fue detonado por las lluvias intensas que afectan la zona, esta reactivación del deslizamiento antiguo (Mapa 4) se desarrolló hasta 4 escarpes secundarios, agrietamientos del terreno y de las viviendas. Esta reactivación del deslizamiento presenta las siguientes características:

**-ESCARPE SECUNDARIO 1 (ESS1):** Entre las coordenadas UTM E: 450472, N: 8413375 y UTM E: 450374, N: 8413481, con una longitud aproximada de 150m, abertura de 46 cm, con profundidad comprobada de 40 a 60 cm, el desnivel de 169 cm a 17 cm (Figura 7 y 8).





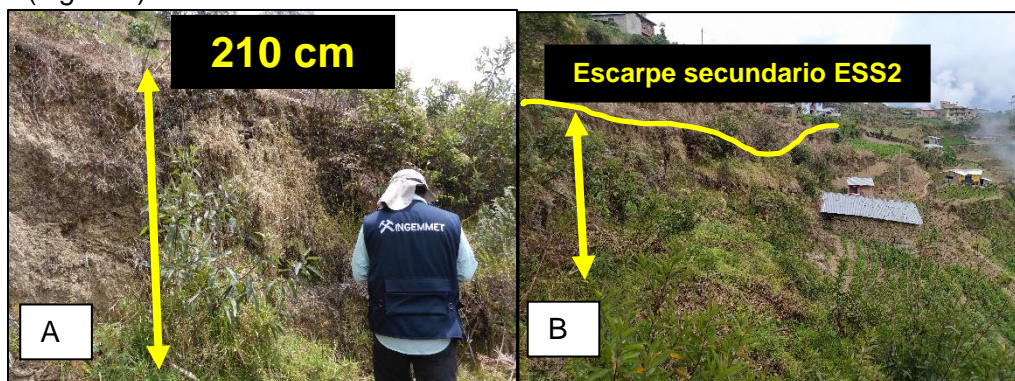
**Figura 7.** Escarpe secundario 1 en la parte superior del deslizamiento antiguo sector de Suara (coordenadas UTM E: 450472, N: 8413375).



**Figura 8.** Agrietamiento de 17 cm de desnivel en las coordenadas UTM E: 450374, N: 8413481 en la parte superior del deslizamiento antiguo sector de Suara.



**-ESCARPE SECUNDARIO 2 (ESS2):** En las coordenadas UTM E: 450354, N: 8413952, se tiene un escarpe secundario con una abertura de 30 cm, con un desnivel de 210 cm y un largo de 25 m Aprox.; afectó una vivienda, se aprecian agrietamientos con abertura de 1-5 cm. (Figura 9).



**Figura 9.** A. Agrietamiento de 2.10m de desnivel; B. Agrietamientos de hasta 5 cm en la vivienda (UTM E: 450578, N: 8413952).

**-ESCARPE SECUNDARIO 3 (ESS3):** Entre las coordenadas UTM E: 450354, N: 8413493 y E: 450799, N: 8413470, se tiene un escarpe secundario, con un desnivel de 38 cm y una abertura de 45 cm y un largo de aproximadamente 28 m (Figura 10).



**Figura 10.** A. Agrietamiento de 38 cm de desnivel (UTM E: 450354, N: 8413493).

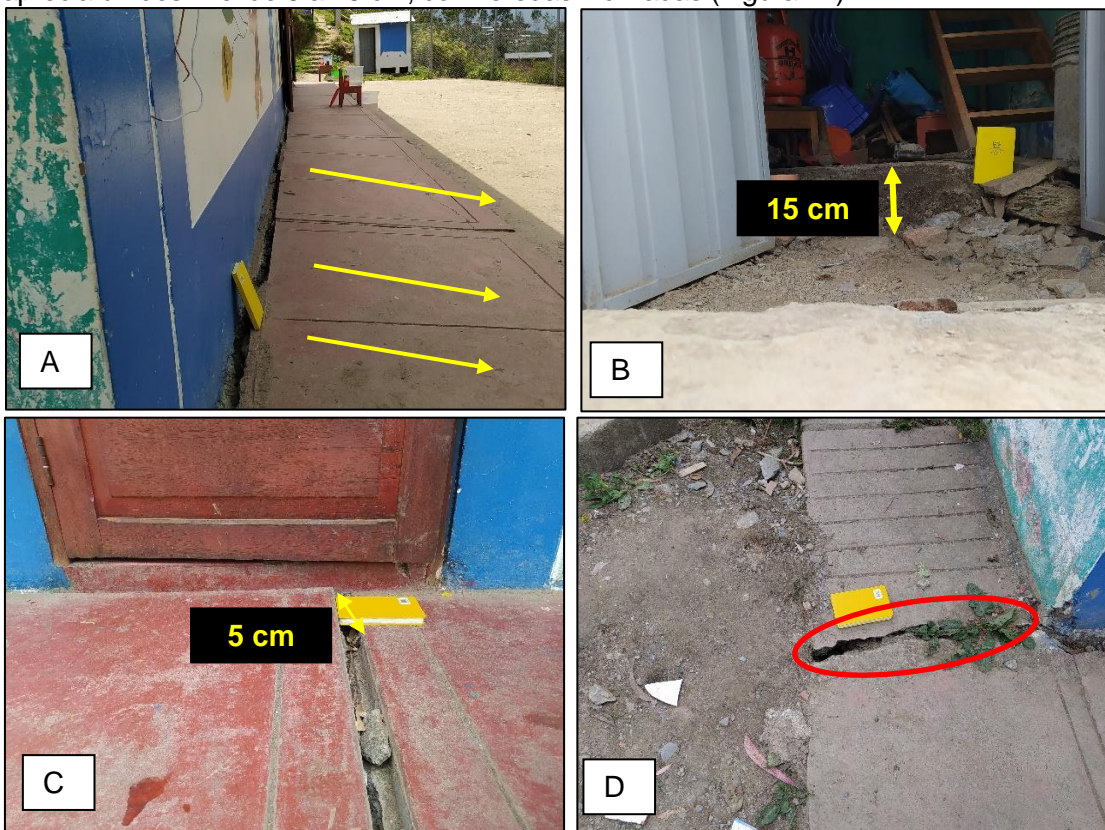
**-AGRIETAMIENTO (S1):** En las coordenadas UTM E: 450441, N: 8413451, se tiene una grieta con una abertura de 35 cm, con un desnivel de 23 cm y una profundidad comprobada de 71 cm, afectando 5 m de la carretera Suara-Ccajuna (Figura 11).





**Figura 11.** Agrietamientos en la carretera Suara - Ccajuna (UTM E: 450441, N: 8413451).

**-AGRIETAMIENTO (S2):** Afecta al centro educativo Inicial 383 Alto Ccajuna, en el piso se aprecia un desnivel de 5 a 15 cm, con veredas inclinadas (Figura 12).



**Figura 12:** **A.** Inclinación de las veredas del colegio inicial 383, **B.** Desnivel 20 cm en el piso del depósito del colegio inicial UTM E:450375, N:8413841., **C.** Desnivel de 5 a 7.5 cm observado en el piso del colegio inicial, **D.** Agrietamientos de 1 a 5 cm en las veredas del colegio inicial.

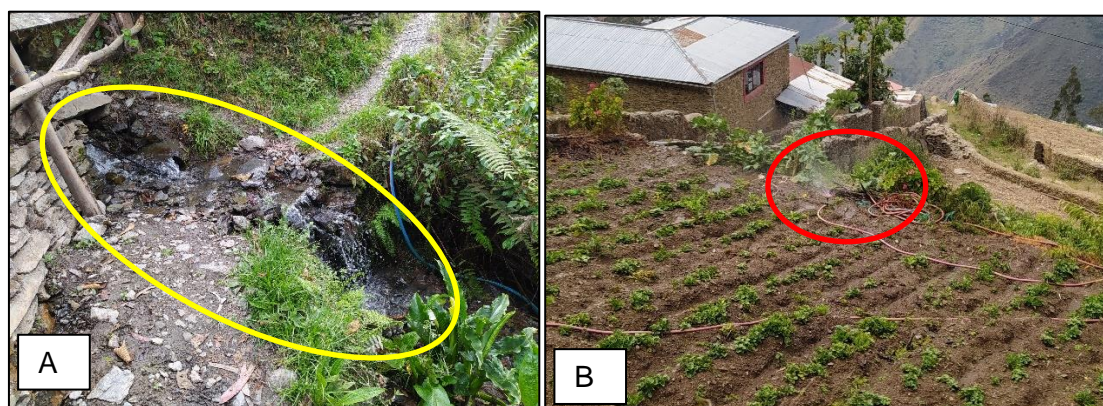


**-AGRIETAMIENTO (S3):** Afecta paredes y piso de una vivienda, tienen una abertura de 1 a 5 cm y un largo máximo de 50 cm. (Figura 13).



**Figura 13:** Vivienda con agrietamientos en las coordenadas UTM E:450643, N:8413460.

También cabe mencionar que en la zona se practica la agricultura por dispersión y los canales de agua no cuentan con revestimiento infiltrándose el agua saturando el cuerpo del deslizamiento antiguo de Suara (Figura 14).



**Figura 14:** A. Canal de agua sin revestimiento, vertiendo sus aguas sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo Suara UTM E:450909, N:8413558., B. Riego por aspersion en las coordenadas UTM E:450789, N:8414054.



## ZONA DE DERRUMBE

En el sector de Suara, también se apreció 01 derrumbe en las coordenadas UTM E: 450799, N: 8413460; con un desnivel de 1.75m y una cicatriz de colapso con largo de 30m (Figura 15), se originó sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo Suara.



**Agrietamiento 15:** Derrumbe sobre depósitos coluvio-deluviales en coordenadas UTM E: 450799, N: 8413460.

### 5.1.2 SECTOR DE PAMPA TUANA

#### DESLIZAMIENTO ANTIGUO INFERIDO 2 (DAI2)

Se presenta como una depresión con forma irregular que corresponde a un deslizamiento antiguo inferido 2 (DAI2) (Figura 16), donde la corona y el salto de escarpe, no se observan claramente debido a la vegetación, procesos de erosión y meteorización que afectó el lugar.





**Figura 16.** Deslizamiento antiguo Inferido (DAI2) (coordenadas UTM E: 450727, N: 8415387)

La masa deslizada o removida, va de suroeste al noreste con dirección hasta el cauce del río Chullo, en cuya parte baja se ha observado algunos derrumbes producto de la erosión fluvial. Presenta ondulaciones o desniveles entre la ladera media y la quebrada; además de desplazamientos del terreno.

El cuerpo de este deslizamiento está constituido por arenas (10%), gravas (40%), bloques (5%) compuestos por pizarras subangulosas con un diámetro máximo de 1.8m hasta decimétricos, la mayoría están muy alterados y muy fracturados; englobados en una matriz arcillo-limosa (45%).

### REACTIVACION DEL DESLIZAMIENTO ANTIGUO EN EL SECTOR DE PAMPA TUANA

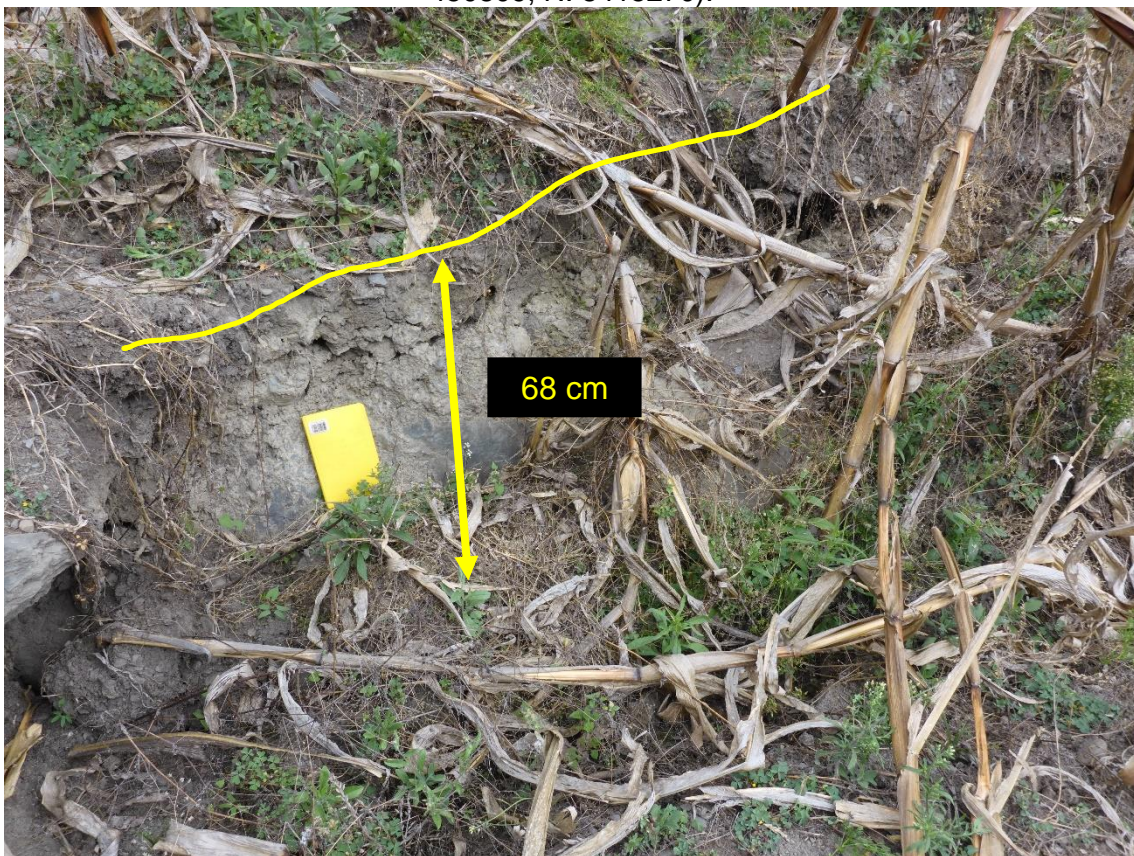
En el sector de Pampa Tuana, en el mes febrero del 2022, se reactivó el Deslizamiento Antigo Inferido 2, según testimonio de la población este fue detonado por lluvias intensas, (Mapa 5), se observó hasta 3 escarpes secundarios con las siguientes características:

**-ESCARPE SECUNDARIO ESP1:** En las coordenadas UTM E: 450809, N: 8415270 y E: 450861, N: 8415286, se ha observado un escarpe con un desnivel de 105 cm, con una longitud inferida aproximada de 70m (Figura 14, Mapa 5). Además, en las coordenadas UTM E: 450890, N: 8415534; E: 450839, N: 8415493 y E: 450793, N: 8415453, se observó un desnivel de entre 68 cm, profundidad de 115 cm, con una longitud aproximada de 235 m. (Figura 17, 18 y 19).



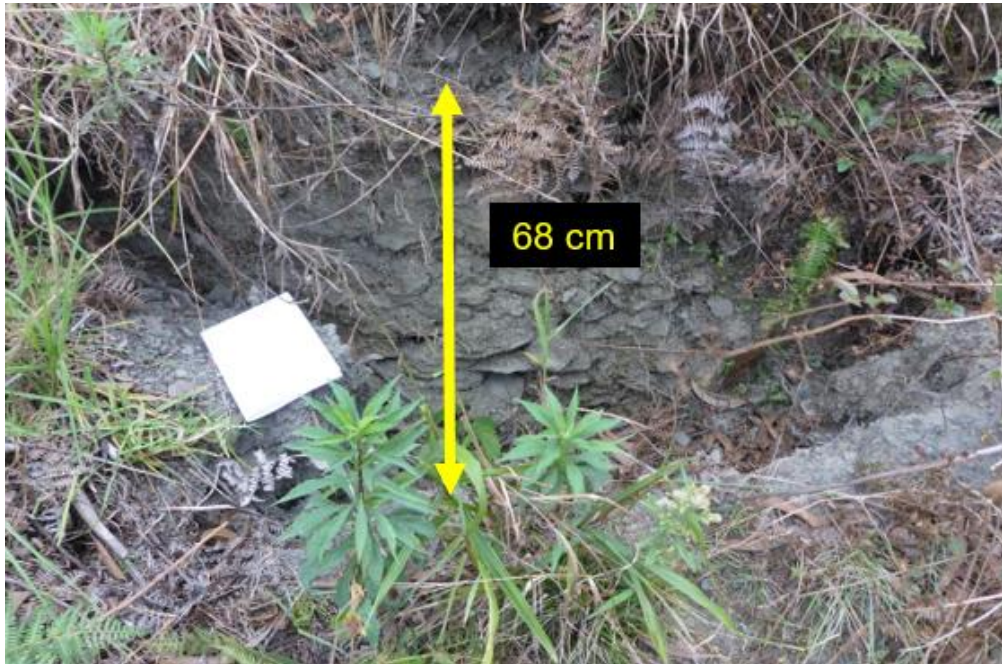


**Figura 17.** Escarpe secundario (ESP1) Pampa Tuana (coordenadas UTM E: 450809, N: 8415270).



**Figura 18.** Escarpe secundario (ESP1) en el sector de Casi Mirayo-Pampa Tuana (UTM E: 450890, N: 8415534).





**Figura 19.** Escarpe secundario (ESP1) en el sector de Pampa Tuana (coordenadas UTM E: 450931, N: 8415574)

**ESCARPE SECUNDARIO ESP2:** En las coordenadas UTM E: 450994, N: 8415410 y E: 451037, N: 8415337, se ha observado un desnivel de 120 cm, con una longitud aproximada de 103 m. También en las coordenadas UTM E: 450994, N: 8415410; se han identificado agrietamientos de 10 cm de abertura y 5 cm de desnivel, siendo parte de este escarpe secundario (Figura 20 y 21).



**Figura 20.** Escarpe secundario (ESP2) en el sector de Pampa Tuana (UTM E: 450994, N: 8415410 y E: 451037)





**Figura 21.** Agrietamientos en el sector de Pampa Tuana (UTM E: 450994, N: 8415410)

### **ZONA DE DERRUMBES**

En el sector de Casi Mirayo (UTM E: 450955, N: 8415524) se aprecian 01 derrumbe, con un desnivel de 2m y una cicatriz de colapso de aproximadamente 60m de largo (Figura 22), se originó sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo Pampa Tuana, producto de la reactivación de este.





**Figura 22.** Zona de arranque del derrumbe en el sector de Casi Mirayo (UTM E: 450955, N: 8415524)

## 5.2 Factores condicionantes

### Factor litológico-estructural

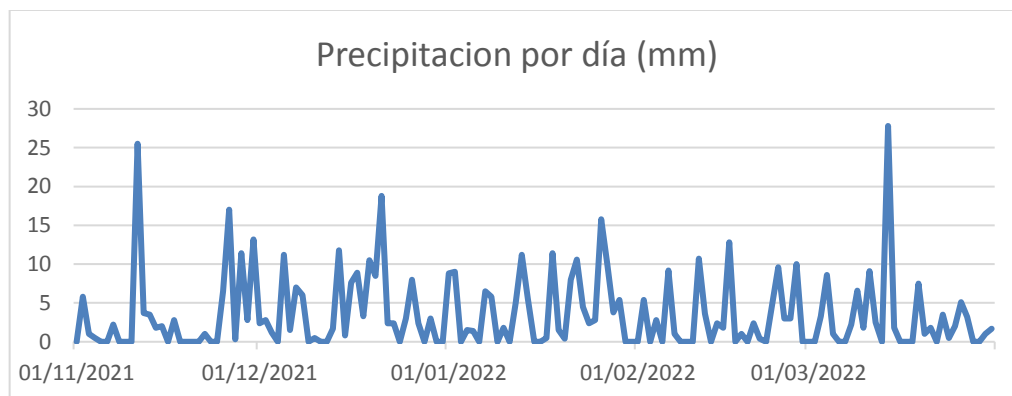
- En los sectores de Suara y Pampa Tuana, las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio están conformadas principalmente por rocas metamórficas, constituida principalmente por metareniscas intercaladas con capas de pizarras, las cuales se encuentran meteorizadas, plegadas, muy fracturadas y afectadas por fallas; cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, que presentan poca compactación. La meteorización y erosión de estas rocas y suelos crean coberturas susceptibles a los movimientos en masa.
- Suelo inconsolidado (depósitos coluvio deluviales). Conformado por materiales gruesos de naturaleza homogénea y heterométrica, bloques angulosos a subangulosos provenientes de la Formación Sandia, inmersa en matriz arcillo limosa; poco compacto, son muy inestables cuando son sometidos a la saturación de agua, son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas.

### Factor geomorfológico

- Los sectores de Suara y Pampa Tuana se encuentran en vertiente coluvio-deluvial, con laderas de pendientes muy fuertes (25-45°) a muy escarpadas (>45°); ello permite que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad.

### 5.3 Factores desencadenantes

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú el periodo de lluvia en el Perú se da en los entre los meses de noviembre a marzo); registrando un máximo de 25.5 mm/día el 11 de noviembre del 2021 y 27.8 mm/día el 14 de marzo del 2022 (Figura 23), en la estación Meteorológica Ananea (SENAMHI) la más cercana al del poblado de Sandia a 40 km de distancia, estas lluvias saturan los terrenos poco consolidados, aumentando el peso de material y las fuerzas tienden al desplazamiento y también pueden presentarse los flujos de detritos (Huaycos).



**Figura 23.** Precipitaciones por día entre los meses de noviembre 2021 y marzo 2022 (Fuente SENAMHI).

- Los movimientos sísmicos pueden generar desprendimientos de rocas desde las partes altas. Según el Alva et al. (1984) el departamento de Puno se ubica en la zonificación sísmica moderada y baja (Figura 24). La zona de evaluación se encuentra en la zona de sismicidad moderada donde podrían generarse sismos de magnitud moderada.





**Figura 24.** Zonificación Sísmica del Perú. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

## 6. CONCLUSIONES

### Sector de Suara y Pampa Tuana


- a) Se tienen depósitos coluvio-deluviales de poca compactación, provenientes de deslizamiento antiguos (**DAI1 y DAI2**). Estas características generan que sean susceptibles a los movimientos en masa.
- b) Las geoformas de unidad de piedemonte pertenecen a movimientos en masa antiguos, estos presentan terrenos con pendiente muy fuerte a escarpado. Además, en esta unidad se han desarrollado derrumbes y reactivaciones de estos movimientos en masa antiguos.
- c) En el sector de Suara, se tiene la reactivación del deslizamiento antiguo DAI, con una dimensión de 1.2 km<sup>2</sup>, estas reactivaciones poseen un movimiento lento y retrogresivo. Afectó 04 viviendas, según Código **SINPAD 149217**, el colegio inicial 383 Alto Ccajuna según Código **SINPAD 151419** y 88 Ha de zonas de cultivo.
- d) En el sector de Pampa Tuana, se tiene la reactivación del deslizamiento antiguo DAI2, con una dimensión de 0.86 km<sup>2</sup>; esta reactivación posee un movimiento lento y retrogresivo; que viene afectando aproximadamente 44 Ha de zonas de cultivo dedicada a la plantación de la papaya andina.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, los sectores de Suara y Pampa Tuana son considerados **Zonas críticas** y de **Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes debido a la reactivación de los deslizamientos antiguos (DAI1) y (DAI2) que pueden ser desencadenados por lluvias intensas excepcionales o de larga duración y sismos. Además, una de las causas es la saturación del terreno, por las malas técnicas de regadío (Riego por aspersión), que ayuda a saturar al terreno, como también a un aumento de peso de masa inestable.



## 7 RECOMENDACIONES

- a) Realizar una Evaluación de Riesgos (EVAR) de los sectores de Suara y Pampa Tuana.
- b) Reubicar las 04 viviendas afectadas en el sector de Suara.
- c) Implementar una red de drenes de coronación que intercepten el agua de escorrentía superficial; estos deben ser derivados hacia un canal de drenaje principal (río Chullo), para evitar procesos de erosión de suelos.
- d) La población debe ser incentivada a la migración a nuevos tipos de cultivos y cambios de técnicas de irrigación, evitando las malas prácticas de riego por inundación cambiando a riego por goteo. Además de impermeabilizar los canales de riego. Se debe cambiar el tipo de cultivo, esto debe ser con asesoramiento del Ministerio de Agricultura.
- e) Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas, con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos. Para evitar construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa e inundaciones.
- f) Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización de taludes. En la selección de árboles se debe contemplar las características de las raíces, las exigencias en el tipo de suelo y los tamaños que alcancen versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de los drenajes superficiales, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- g) En el cuerpo de los deslizamientos antiguos inferido 1 (DAI1) y 2 (DAI2) se debe hacer un drenaje tipo “espina de pez” (Anexo 2, Figura 27, 28 y 29) para evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo del deslizamiento.



ING. DOMINGO RAMOS PALOMINO



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

## BIBLIOGRAFÍA

Corominas, J. & García Yagüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36- 75.

Direcci3n de Geología Ambiental (2002)- Estudios de Riesgos Geol3gicos del Perú Franja N°2. Lima. INGEMMET. Boletín Serie "C" Geodinámica e Ingeniería Geol3gica. 368 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/261>

De La Cruz, N., Carpio, M. (1996)- Geología de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio. Lima. INGEMMET. Boletín Serie "A" Carta Geol3gica Nacional. 82. 160p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/38>

G3mez, D. & Pari, W., (2020)- Boletín N°77, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geol3gica: "Peligro Geol3gico en la Regi3n Puno" <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2575>

Instituto Geol3gico Minero Metalúrgico (2003)- Estudio de Riesgos Geol3gicos del Perú – Franja N°3. INGEMMET, Geodinámica e Ingeniería Geol3gica. Boletín N°28 Serie C: 389p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/262>

Laubacher, G. (1978). Estudio geol3gico de la regi3n norte del Lago Titicaca – [Boletín D 5]. INGEMMET. Boletín, Serie D: Estudios Regionales; n° 5. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/320>

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la regi3n andina: una guía para la evaluaci3n de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicaci3n Geol3gica Multinacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.

G3mez & Ccorimanya, (2021). Informe T3cnico "Evaluaci3n de peligros geol3gicos por movimientos en masa en los sectores Huancaluque, Llamani y cerro Ccatasuyo" (distrito, provincia Sandía – regi3n Puno).

G3mez, D. (2012)- Informe T3cnico N°A6616 "Evaluaci3n T3cnica de: Peligro Geol3gicos en los sectores Jilari-Llamanipata-Ccatasuyo". <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1589>

Instituto Geol3gico Minero y Metalúrgico. Direcci3n de Geología Ambiental y Riesgo Geol3gico (2022). Evaluaci3n de peligros Geol3gicos de las zonas de Nacoreque, Chijisia, Apabuco, Huencala, Mororia y cerro Ccatasuyo. Distrito de Sandía, provincia de Sandía, regi3n Puno, Lima: INGEMMET, Informe T3cnico A7273, 52p.

Medina, L., Vilchez, M., Zavala, B., Luque, G., Nuñez, S., Calderon, E. (2007). Mapa de susceptibilidad por inundaci3n fluvial del Perú. INGEMMET. <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadat>



[a/cc199dc7-7c91-4cc9-8bf3-cc8d5af143c6](https://doi.org/10.18270/1744-67402016010000000000000000000000)

Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “Diseño Sismoresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.

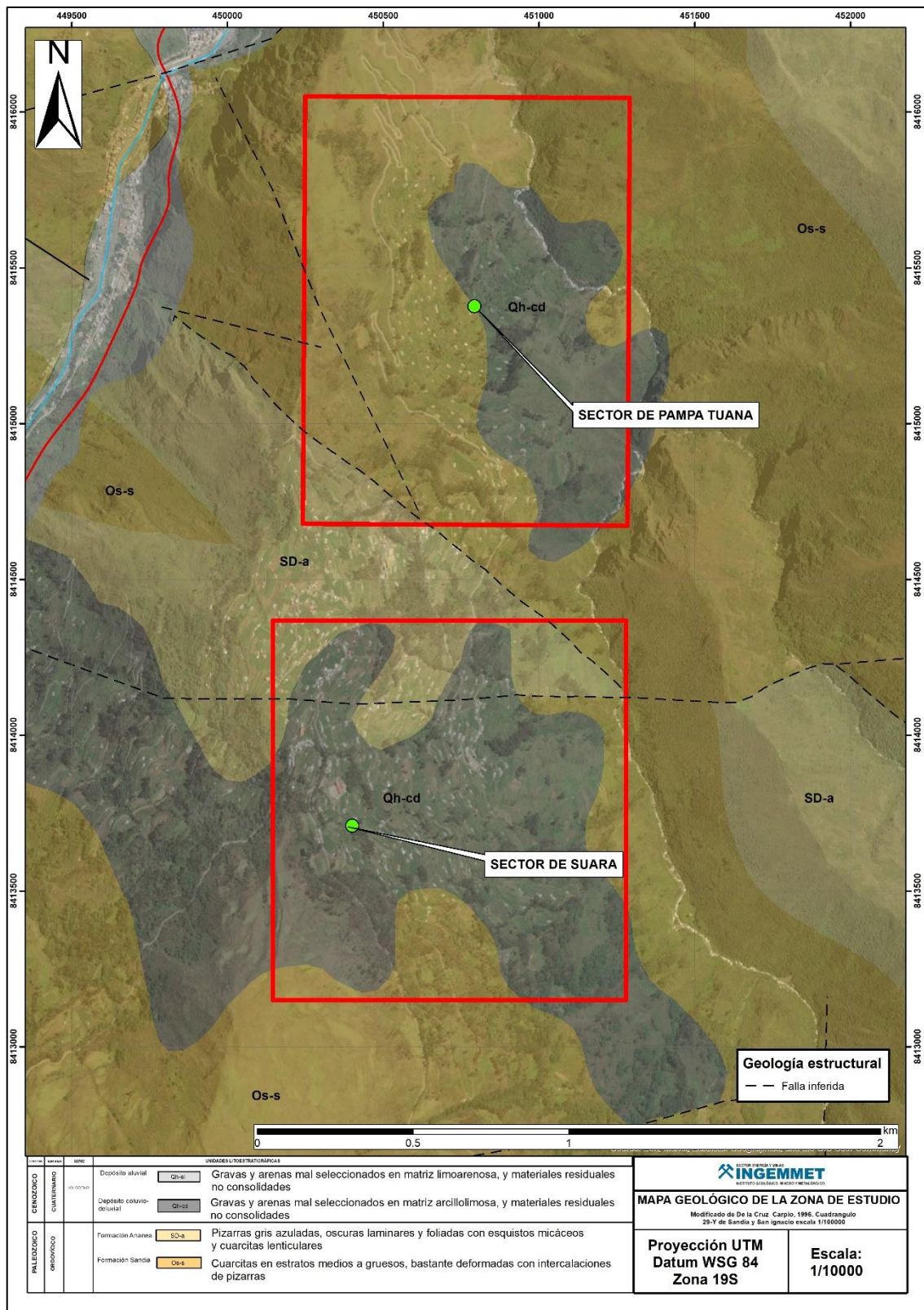
Núñez, S. (2007)- Informe Técnico “Evaluación de los Peligros Geológicos en los alrededores de Sandia”. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2273>

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33

Vílchez, M. (2015). Movimientos en masa, modeladores del paisaje en los Andes peruanos. En: 1 Simposio de Geoparques, Arequipa, 14 al 17 de julio 2015: Libro de resúmenes. Lima: INGEMMET, p. 24-27. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2087>

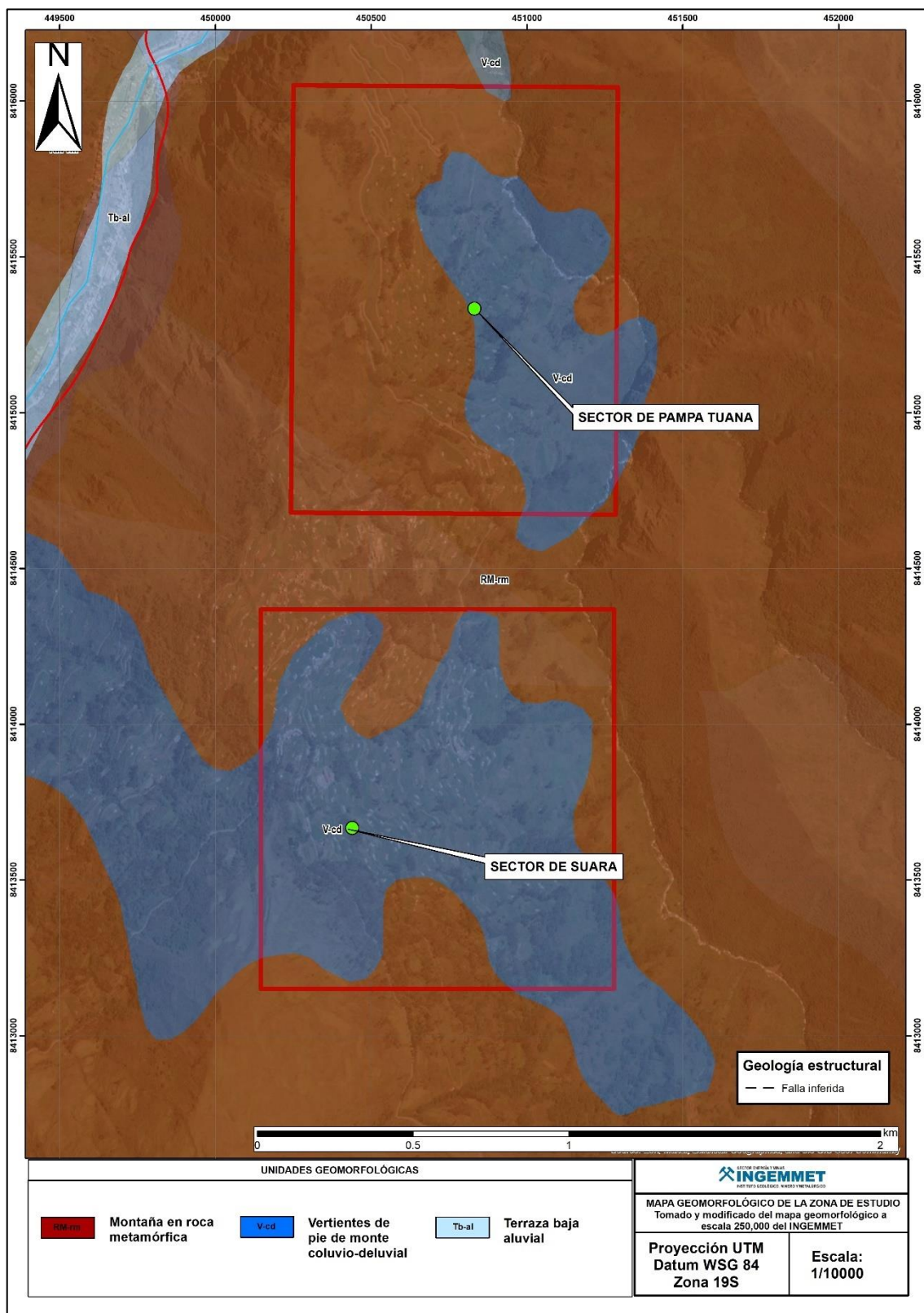
Villota, H. 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y la zonificación física de tierras. Instituto Geográfico Agustín Cadazzi

**ANEXO 1: MAPAS**

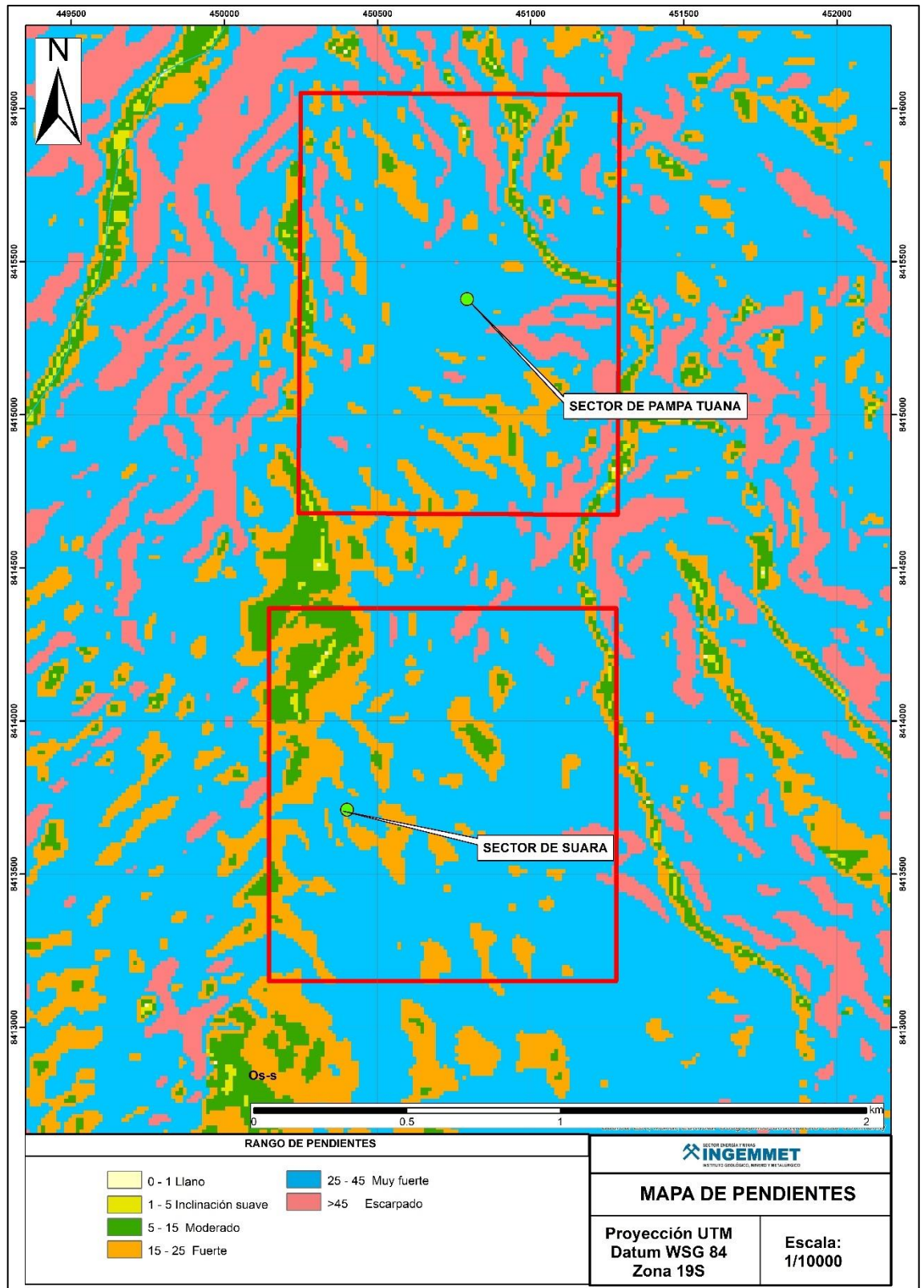


**Mapa 1.** Mapa geológico con base al cuadrángulo 29-z, en el distrito de Sandia, provincia de Sandia, departamento Puno



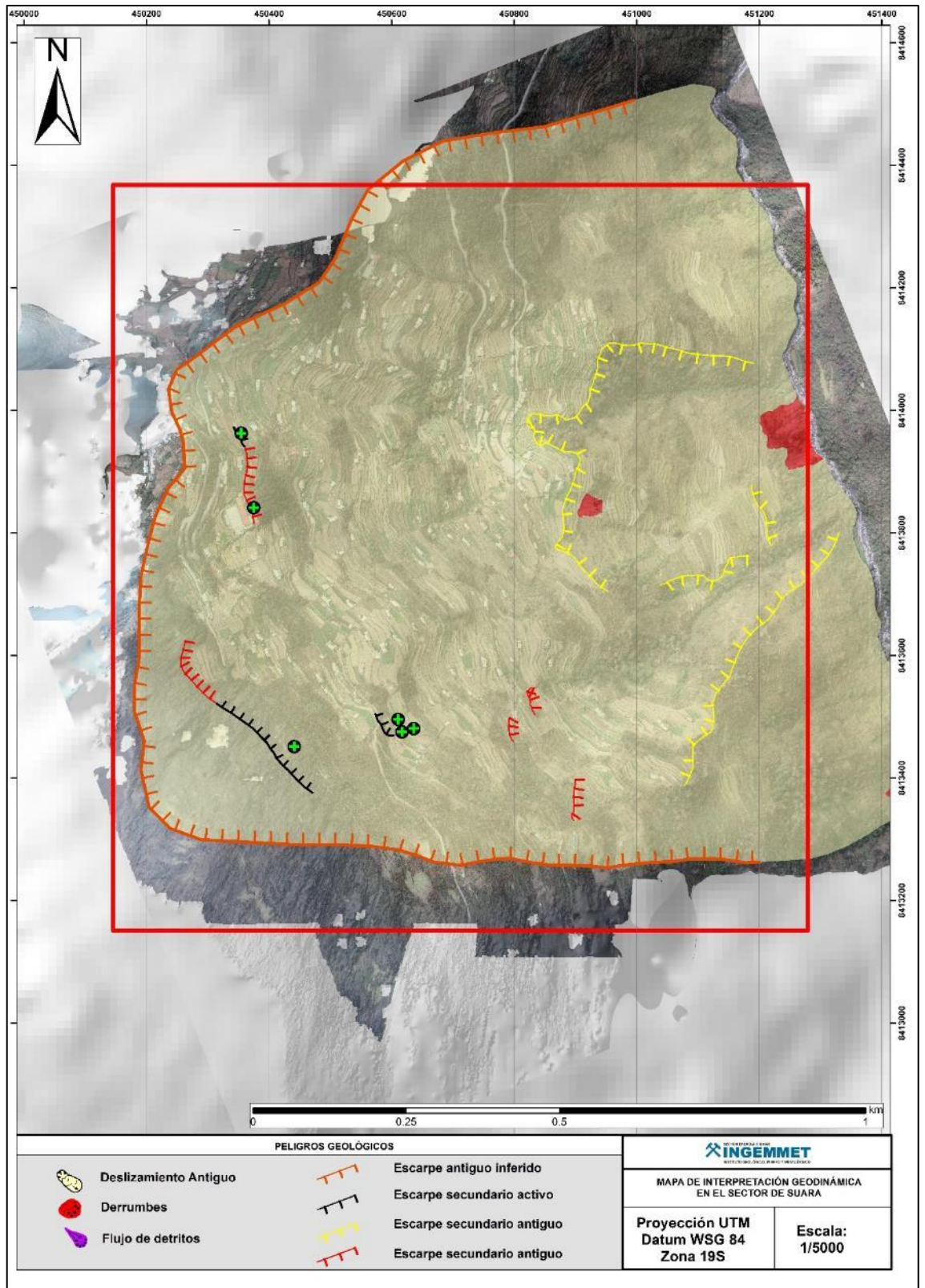


**Mapa 2.** Mapa geomorfológico con base al mapa geomorfológico a escala 1/250000 del INGEMMET de las zonas de Evaluación, en el distrito de Sandia, provincia de Sandia, departamento Puno.

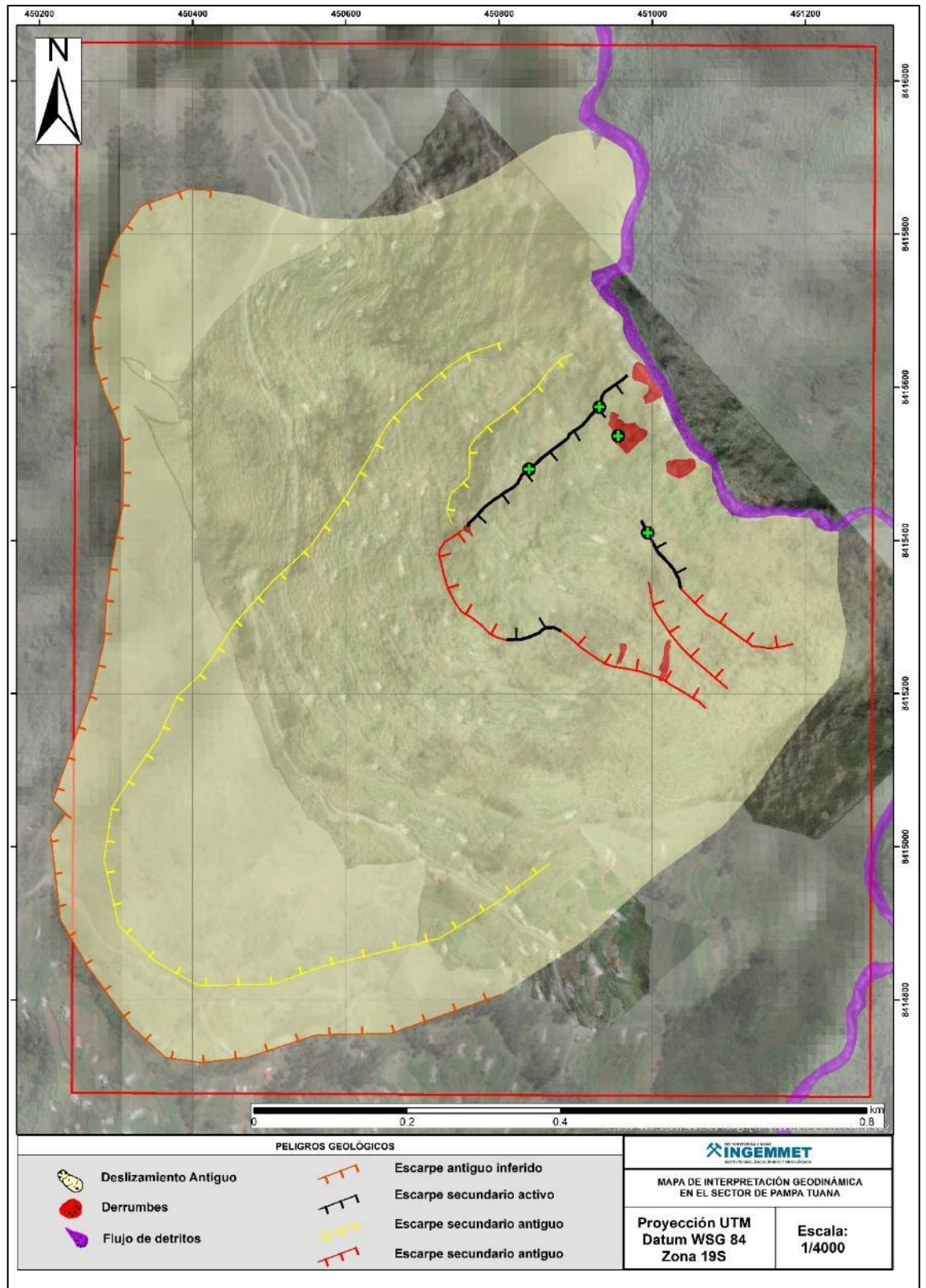


**Mapa 3.** Mapas pendientes con base al modelo digital de terreno (DEM) del satélite Alos-Palsar de las zonas de Evaluación, en el distrito de Sandia, provincia de Sandia, departamento Puno.





Mapa 4. Mapa de peligros geológicos en el sector de Suara.



**Mapa 5.** Mapa de peligros geológicos en el sector de Pampa Tuana.







## REPORTE SINPAD

**EVALUACIÓN NRO.**

**CÓDIGO SINPAD**

**TIPO DE PELIGRO**

**HECHOS**

**UBICACIÓN**

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

**1.1 Zona Afectada:**  
 Departamento / Provincia / Distrito / Localidad

**1.2 Condiciones climaticas de la zona afectada para la asistencia en el momento del reporte**

**1.3 Ruta de acceso sugerida para llegar a la zona afectada**

<b>Vía de transporte</b>	<b>Tiempo estimado de llegada</b>
<input type="text" value="CARRETERA"/>	<input type="text" value="25 MINUTOS"/>
<b>Tipo de vehiculo</b>	<b>Ruta principal</b>
<input type="text" value="CAMIONETA"/>	<input type="text" value="CAMINO VECINAL CCAPUNA"/>
<b>Lugar de partida</b>	<b>Ruta alterna</b>
<input type="text" value="PLAZA DE ARMAS DE LA CIUDAD DE SANDIA"/>	<input type="text" value="VIA NACIONAL PE-34H, DESVIO CCAPUNA"/>

**2.0 DAÑOS A LA VIDA Y A LA SALUD DE LA PERSONA**

**2.1 Población (damnificada y afectada) con respecto al daño en las viviendas**

Localidad	Número de Familias			Número de Personas		
	Afecta.	Damnifica.	Total	Afecta.	Damnifica.	Total
-	0	0	0	0	0	0
<b>Total de daños por vivienda:</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Total de daños por Medios de Vida:</b>	0	-	0	0	-	0
<b>Total General:</b>	0	0	0	0	0	0

**3.4 A la Infraestructura Educativa**

Nombre de la Institución Educativa (II.EE.)	Total aulas	Daños (Número de Aulas)			Tipo de Nivel Educativo / Privado o Nacional
		Destru.	Inhabita.	Afectada	
INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL N°383	2	0	0	2	EDUCACIÓN BÁSICA REGULAR - EBR
<b>Total</b>	2	0	0	2	

**3.6.2 Daños a las bocatomas, reservorios y otros**

Tipo de Infraestructura	Daños (condición)		Ubicación
	Destru.	Afecta.	
RESERVORIOS	0	1	CENTRO POBLADO CCAPUNA SECTOR SUARA
<b>Total</b>	0	1	

**GESTIÓN DE FUNCIONARIOS**

Registrado por:  Pertenece a:

Revisado por:

Aprobado por:

Figura 26: Reporte SINPAD 151419



### ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

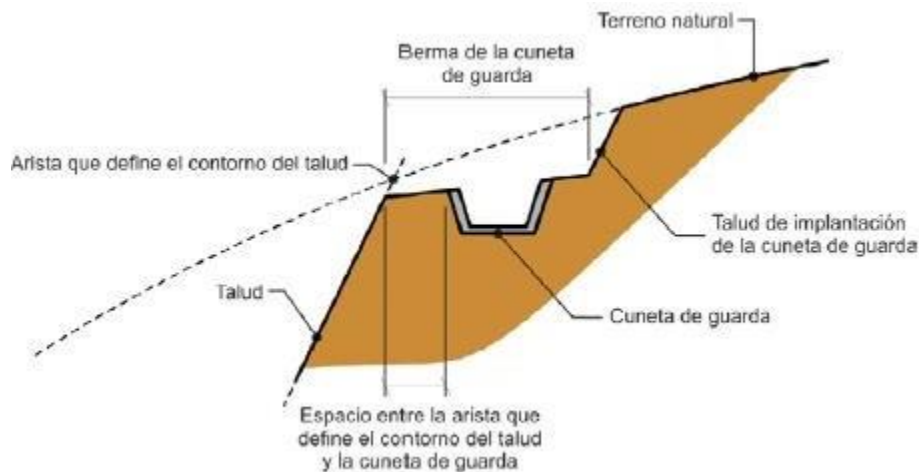
**Drenaje Superficial:** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión.

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

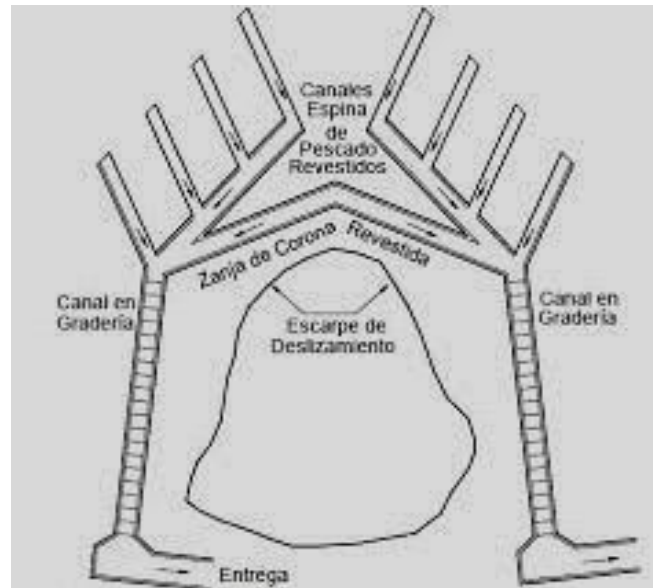
Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. Ver Figura 27.

Se utilizan zanjas horizontales o canaleta de drenaje horizontal: Son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo; canales colectores en espina de pescado, que combinan una zanja drenante o canal en gradería, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia. Estos canales deben ser impermeabilizados adecuadamente para evitar la infiltración de las aguas. Ver Figura 28 y 29.

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



**Figura 27:** Detalle de una canaleta de drenaje superficial (Zanjas de coronación).  
 Fuente: [http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5\\_2ic2016/apartados/3.htm](http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5_2ic2016/apartados/3.htm)



**Figura 28:** Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería. Fuente: Libro control de aguas superficiales y subterráneas Pg. 433.



**Figura 29:** Sistema de drenaje tipo espina de pez. Fuente: Gómez, (2017) – Informe técnico N° A6753, "Peligro por deslizamiento en el sector Lluscapampa".