

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7585**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR HUAYANAY Y LOS CASERÍOS PUENTE PIEDRA Y SANTA ANA

Departamento: Piura

Provincia: Huancabamba

Distrito: San Miguel de El Faique



DICIEMBRE  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR HUAYANAY Y LOS CASERÍOS PUENTE PIEDRA Y SANTA ANA

(Distrito San Miguel de El Faique, Provincia Huancabamba, Departamento Piura)



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

*Equipo técnico:*

*Cristhian Chiroque Herrera*

### Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *Evaluación de peligros geológicos en el sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana*. (Distrito San Miguel de El Faique, provincia Huancabamba y departamento Piura). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7585, 55p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>DEFINICIONES</b> .....	6
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	8
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	9
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	11
<b>1.3.1. Ubicación</b> .....	11
<b>1.3.2. Accesibilidad</b> .....	11
<b>1.3.3. Población</b> .....	12
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	13
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	13
<b>2.1.1. Grupo Salas (Oi-s)</b> .....	13
<b>2.1.2. Granodiorita, tonalita (KP-3-gd,tn)</b> .....	13
<b>2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g2)</b> .....	14
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	16
<b>3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)</b> .....	16
<b>3.2. Pendientes del terreno</b> .....	16
<b>3.3. Unidades geomorfológicas</b> .....	17
<b>3.3.1. Geoformas se carácter tectónico degradacional y erosional</b> .....	17
<b>3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional</b> .....	18
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	20
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huayanay</b> ..	20
<b>4.1.1. Deslizamientos inactivos-relictos en el sector Huayanay (DIR)</b> .....	21
<b>4.1.2. Deslizamientos activos en el sector Huayanay (DRA)</b> .....	22
<b>4.2. Peligros geológicos en el caserío Puente Piedra</b> .....	26
<b>4.2.1. Deslizamientos inactivos-relictos (DIR-PP)</b> .....	26
<b>4.2.2. Deslizamientos activos (DRA-PP)</b> .....	29
<b>4.2.3. Derrumbe suspendido (DER-PP1)</b> .....	30
<b>4.3. Peligros geológicos en el caserío Santa Ana</b> .....	31
<b>4.3.1. Deslizamientos inactivos-relictos (DIR-SA1)</b> .....	31
<b>4.3.2. Deslizamientos activos (DRA-SA)</b> .....	33
<b>4.3.3. Caída de rocas (CR-SA)</b> .....	35

<b>4.4. Factores desencadenantes</b> .....	36
<b>4.4.1. Precipitaciones intensas</b> .....	36
<b>4.5. Daños por peligros geológicos</b> .....	37
<b>4.5.1. Viviendas</b> .....	37
<b>4.5.2. Vías de acceso</b> .....	38
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	41
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	42
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	44
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	46
<b>ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	52

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana, jurisdicción de la Municipalidad Distrital de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba, departamento Piura. 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 (local, regional y nacional).

En las zonas evaluadas se identificaron rocas metamórficas del grupo Salas distribuidas al este, mientras que, al oeste se emplazan rocas ígneas intrusivas, como tonalitas y granodioritas. En gran parte de los afloramientos se observan rocas de mala calidad, muy fracturadas y meteorizadas, constituyendo la principal fuente de aporte y generadores de deslizamientos y caída de rocas.

El sector Huayanay se ubica sobre piedemontes coluvio deluviales (V-cd), limitados al este por montañas en rocas intrusivas (RM-ri) con pendientes moderadas (5°-15°). El caserío Puente Piedra se ubican entre laderas de montañas en roca metamórfica (RM-rm) y rocas intrusivas (RM-ri), con pendientes moderadas a fuertes (5°-25°); mientras que, el caserío Santa Ana se ubica en laderas de montañas en roca intrusiva (RM-ri) con pendientes fuertes (15°-25°). Las geoformas descritas tienen evidencias de antiguos deslizamientos o avalanchas que se configuran como piedemontes coluvio deluviales (V-cd), que tienen procesos de reactivación con deslizamientos recientes (V-d). Los deslizamientos recientes en estado activo originan vertientes o piedemontes de deslizamientos que se emplazan en laderas con pendientes moderadas.

En el sector Huayanay se identificaron 03 deslizamientos inactivos-relictos (DIR-H) y 03 deslizamientos activos (DRA-H), que afectan 11 viviendas, terrenos de cultivos, vías de acceso y un grifo de abastecimiento de combustible. En el caserío Puente Piedra se delimitaron 03 deslizamientos inactivos-relictos (DIR-PP), 06 deslizamientos activos (DRA-PP) y un derrumbe que afecta principalmente la trocha carrozable Puente Piedra - caserío El Tambo; además de, 26 viviendas y terrenos de cultivos. El caserío Santa Ana es afectado por 04 deslizamientos inactivos-relictos (DIR-SA), 03 deslizamientos activos y una zona de caída de rocas, los peligros geológicos descritos afectan 15 viviendas y 75 m lineales de una trocha carrozable.

Se concluye que, el sector Huayanay tiene **Peligro Alto a Muy Alto** por deslizamientos activos; el caserío Puente Piedra tienen **Peligro Alto** por deslizamientos y derrumbes; mientras que, el caserío Santa Ana tiene **Peligro Alto** ante deslizamientos y caída de rocas. Los peligros descritos pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias próximas y/o eventos anómalos como El Niño, o lluvias anómalas como las generadas por el Ciclón Yacu.

Finalmente, se describen recomendaciones generales con el objetivo de mitigar el impacto de los peligros geológicos evaluados, estas medidas deben implementarse con el apoyo de autoridades locales y regionales. Se recomienda realizar la estabilización de laderas a través de medidas estructurales, además de estudios de evaluación de riesgos (EVAR).

## 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.

**CÁRCAVA** Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.

**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, glacial, 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.

**DERRUMBE SUSPENDIDO** Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

**DESLIZAMIENTO ACTIVO** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

**DESLIZAMIENTO INACTIVO-RELICTO** Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

**FLUJO DE DETRITOS** (debris. ow) sin.: huayco (Pe), avenida torrencial (Co, Ve), flujo torrencial (Co, Ve). Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce empinado. Este tipo de evento se distingue también porque el agua del cauce se incorpora al cuerpo del flujo de detritos, incrementando su contenido de agua. Además, el confinamiento lateral ayuda a mantener la profundidad del flujo, facilitando un cierto tipo de ordenamiento de las partículas sólidas y el desarrollo de oleaje.

**GRAVA** (gravel) Grano de un suelo cuyo tamaño o diámetro medio está entre 2,0 mm (o 4,76 mm) a 150 mm (Lambe, 1981).

**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.

**SUELO** (soil) En el contexto de este glosario, las definiciones que se dan corresponden a aquellas desde el punto de vista de la ingeniería y por ello en ocasiones se suele denominar como suelo geotécnico o suelo para ingeniería, para diferenciarlo de la definición de suelo desde el punto de vista agrológico o de la edafología.

**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.

## 1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) por medio del “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de San Miguel de El Faique, según Oficio N° 032-2024-MDSMF/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamientos, flujo de detritos y derrumbes”; ocurridos el día jueves, 23 de marzo de 2023 que afectó viviendas, cultivos y vías de comunicación en las áreas urbanas del sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y caseríos, los trabajos de campo se realizaron entre marzo y abril del 2024.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al ingeniero Cristhian Chiroque Herrera para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el área urbana e infraestructura vital.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Buenos Aires, Gobierno Regional de Piura, Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER-Piura) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED, 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 sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana, procesos geodinámicos que pueden comprometer la seguridad física de la población, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones para la reducción o mitigación de los daños que puedan causar los peligros geológicos identificados.

## 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) Informe A6787: “Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura, Vélchez. M., et al. 2017, menciona que un tramo de 43 kilómetros de la carretera Huarmaca-San Miguel del Faique atraviesa un substrato metamórfico (filitas y esquistos) muy fracturado y alterado a suelo arcilloso, de alta plasticidad. La carretera presentaba obras de estabilización en sectores inestables (banquetas y muros de contención); sin embargo, con las lluvias se desestabilizaron todos los taludes, generándose derrumbes en gran parte de este tramo. Adicionalmente en dos sectores se perdió la totalidad de la plataforma de carretera por deslizamientos activados.

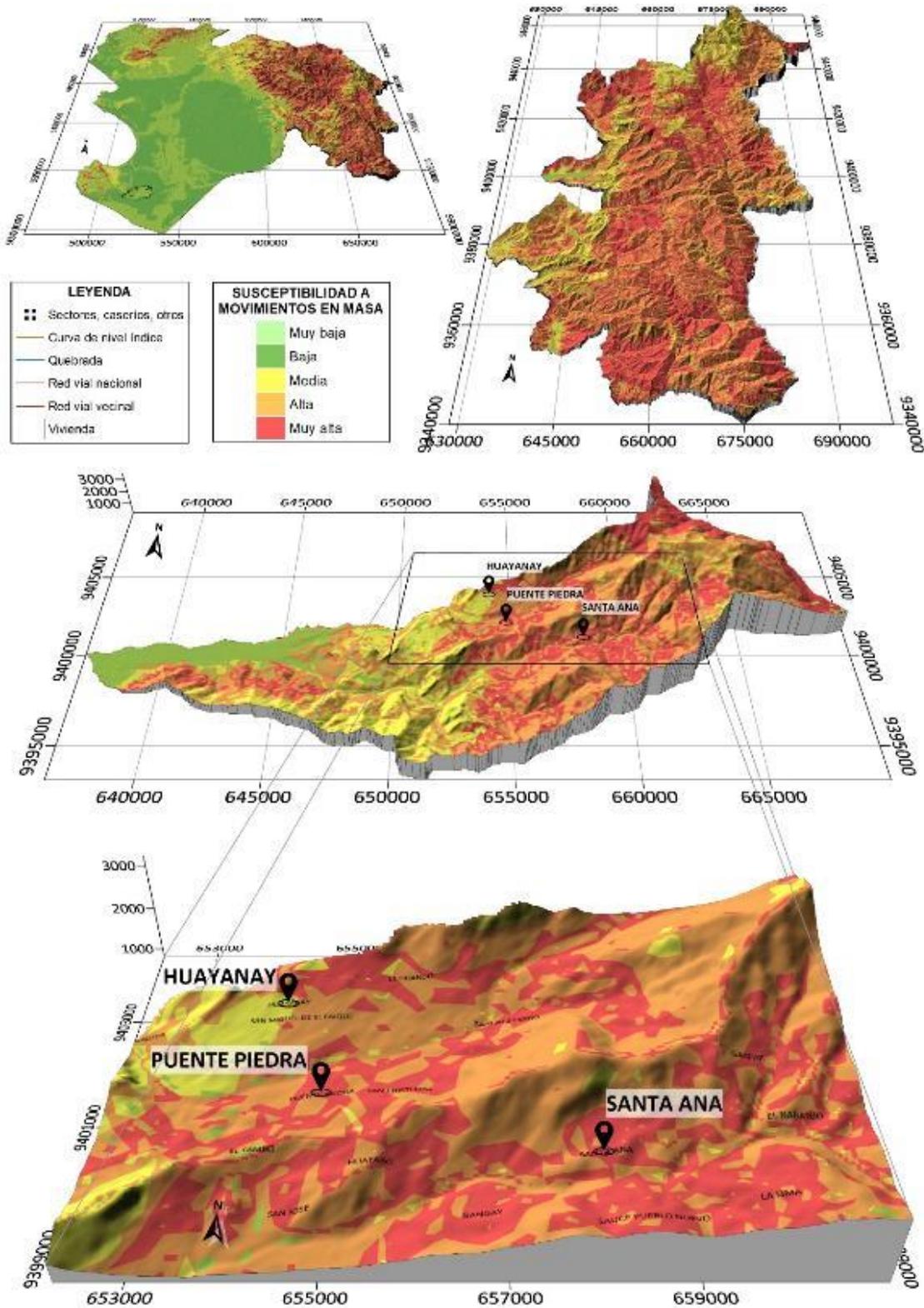
Viviendas del poblado Chamelico, localizadas en el talud superior e inferior de la carretera, fueron afectados por el fallamiento de los taludes, se obstruyó la carretera y una vivienda sufrió agrietamientos en sus paredes.

En el presente estudio actualizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región, mediante la superposición de capas o mapas de factores condicionantes como la litología y pendientes del terreno, mediante un geoprocesamiento en GIS, se generó un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 (figura 1). Los sectores evaluados tienen una susceptibilidad alta a muy alta por deslizamientos, flujos de detritos y caídas.

- A) Boletín N° 39, serie A, Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 9-c, 9-d, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d, 12-e (Reyes & Caldas, 1987). Describe la geología a escala 1:100 000. La zona de estudio se ubica al norte del cuadrángulo de Morropón (Hoja 11d), donde la zona de estudio está caracterizada por afloramientos de cuerpos intrusivos de tonalitas y granodioritas además de, rocas metamórficas como filitas y pizarras del Grupo Salas.

- B) Mapa geológico del cuadrángulo de Morropón 11d2 (Sánchez. J., et al. 2010). Este mapa a escala 1: 50 000, describe las principales unidades litoestratigráficas conformadas por tonalitas y granodioritas distribuidas en gran parte en la cuenca de la quebrada Los Chorros, al este del caserío Puente Piedra y en las inmediaciones del caserío Santa Ana.

Los afloramientos metamórficos se distribuyen al norte con filitas, pizarras y esquistos grises verdosos deformados y muy meteorizados correspondientes al Grupo Salas. Mientras que, las áreas urbanas se asientan sobre depósitos aluviales, proluviales y coluviales producto de deslizamientos y antiguas avalanchas de rocas.



**Figura 1.** Susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

Las zonas de evaluación corresponden al sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana, del distrito de San Miguel de El Faique, provincia Huancabamba, departamento Piura (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes (Cuadro 01):

**Cuadro 01.** Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	653770	9403482	-5.395141	-79.612134
2	659040	9403482	-5.395030	-79.564579
3	659040	9399355	-5.432353	-79.564491
4	653770	9399355	-5.432465	-79.612048
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
<i>Huayanay</i>	654258	9402958	-5.399870	-79.607719
<i>Puente Piedra</i>	654821	9401254	-5.415269	-79.602603
<i>Santa Ana</i>	658067	9399990	-5.426631	-79.573285

#### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona se realizó vía terrestre desde la ciudad de Piura mediante la siguiente ruta (Cuadro 02):

**Cuadro 02.** Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Piura – Buenos Aires	Asfaltada	88.4	1 h 50 min
Buenos Aires – Canchaque	Asfaltada	57.5	1 h 20 min
Canchaque – San Miguel de El Faique	Asfaltada	5.1	15 min
San Miguel de El Faique – Huayanay	Asfaltada	0.6	10 min
San Miguel de El Faique – Puente Piedra – Santa Ana	Asfaltada	2.9	20 min

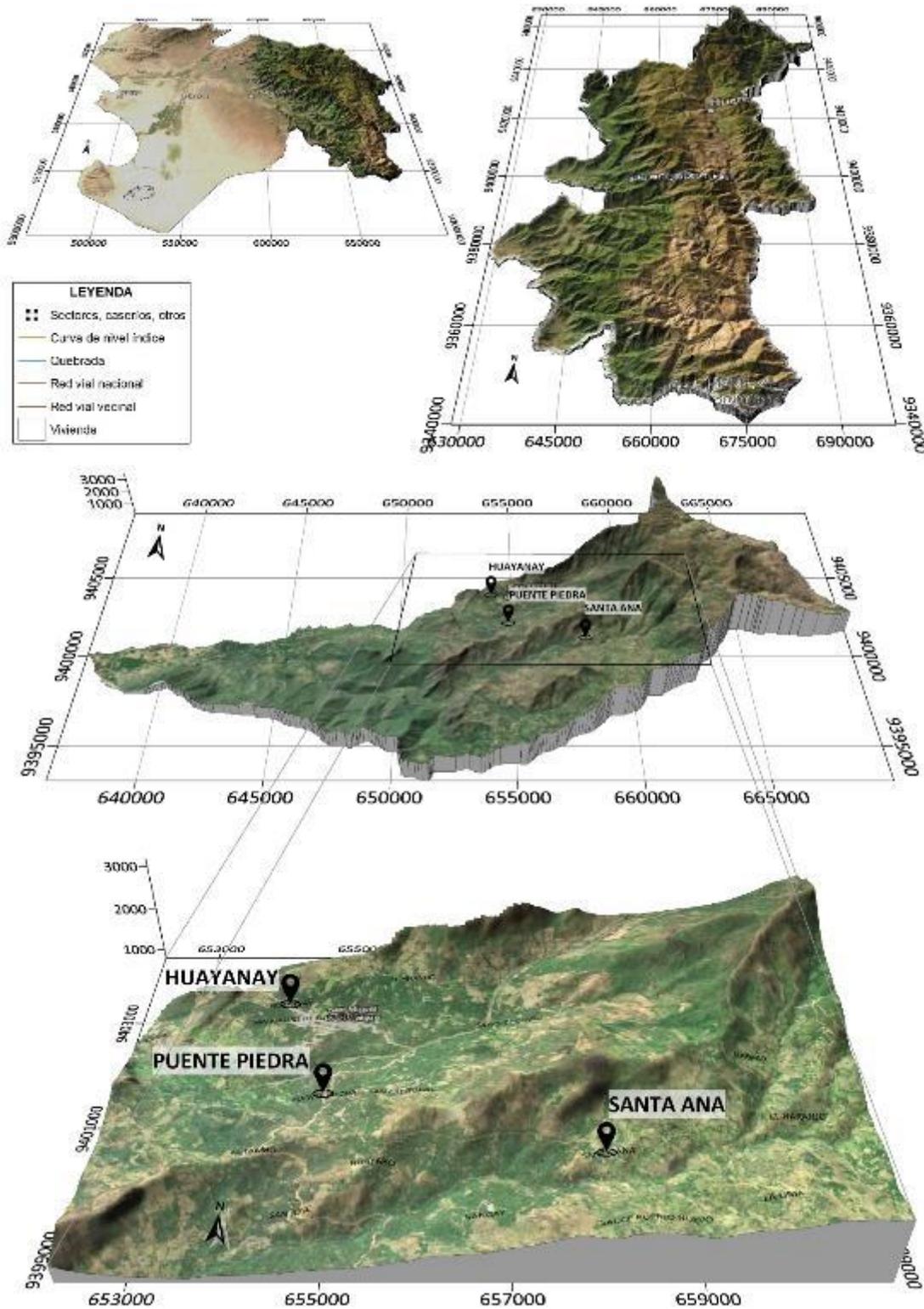


Figura 2. Ubicación de las áreas de estudio.

### 1.3.3. Población

Según el Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígena, los sectores evaluados en total una población de 8678 varones y mujeres (Cuadro 02). El caserío Puente Piedra presenta un total de 135 viviendas con alrededor de 26 familias que podrían verse afectadas ante la

activación de los deslizamientos identificados; el caserío Santa Ana tiene un total de 103 viviendas distribuidas en laderas en donde 15 viviendas son afectadas por los peligros geológicos identificados (INEI, 2017):

DEPARTAMENTO DE PIURA								
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
			Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
200306	DISTRITO SAN MIGUEL DE EL FAIQUE		8 678	4 248	4 430	3 093	2 869	224
0001	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	1 258	1 107	543	564	363	333	30
0022	PUENTE PIEDRA	1 242	364	171	193	135	118	17
0027	SANTA ANA	1 686	258	115	143	103	98	5

1/ Comprende viviendas con personas presentes, viviendas con personas ausentes y viviendas de uso ocasional.

2/ Centro poblado con población solamente en viviendas colectivas.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

**Cuadro 02.** Población y viviendas de los sectores evaluados en el distrito de El Faique y los sectores evaluados (INEI, 2017).

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base al cuadrángulo geológico de Morropón, hoja 11d3 y d4, a escala 1:50 000 (Jaimes. F., et al., 2016). Además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (Anexo Mapa 1).

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

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

#### 2.1.1. Grupo Salas (Oi-s)

Son afloramientos conformados principalmente por filitas, pizarras y esquistos que se encuentran muy fracturados a fragmentados y moderadamente meteorizados. Estas rocas son la roca fuente de detritos como bloques y fragmentos angulosos que se transportan hasta cauces de quebradas. Afloran al norte del sector Huayanay, al oeste del caserío Santa Ana y en las inmediaciones del caserío Puente Piedra (figura 3).

#### 2.1.2. Granodiorita, tonalita (KP-3-gd,tn)

Son cuerpos de rocas ígneas conformadas por granodioritas y tonalitas masivas de color gris plomo y blanquecino. Estos afloramientos se distribuyen en gran parte del área evaluada en el caserío Santa Ana, aflorando en geofomas tipo montañas con pendientes muy escarpadas, en condiciones geomecánicas muy desfavorables (figura 3).



**Figura 3.** Tonalitas y granodioritas en el caserío Santa Ana.

**2.1.3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g2)**

Afloramiento conformado por cuarcitas de grano fino con conglomerados lenticulares. Se ubican al noroeste del sector Huayanay entre la vía Canchaque y San Miguel de El Faique (figura 4).



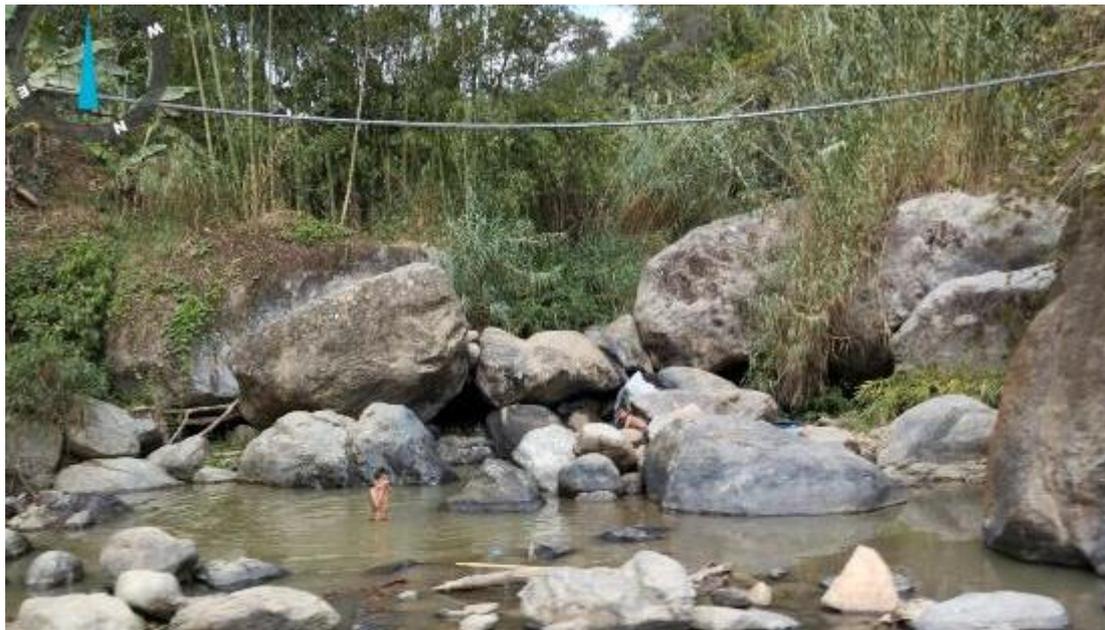
**Figura 4.** Cuarcitas en la vía de ingreso al distrito de San Miguel de El Faique y el sector Huayanay.

**2.1.4. Depósitos fluviales (Q-fl)**

Conformados por gravas, arenas, limos y bloques de conglomerados. Se encuentran en cauces y terrazas medianamente compactas, susceptibles a erosión. Se distribuyen a lo largo de la quebrada San Antonio (Huando) y la quebrada Santa Ana (figura 5).

**2.1.5. Depósitos proluviales (Q-al)**

Estos depósitos presentan fragmentos rocosos polimícticos y heterométricos (bloques, gravas y arenas), soportados en matriz areno-limosa, a lo largo de la quebrada Los Chorros. Los materiales están asociados a ocurrencias de flujos de detritos, que se activan con lluvias intensas o extraordinarias (figura 5).



**Figura 5.** Cauce de la quebrada Los Chorros que se activa por flujos.

#### **2.1.6. Depósitos coluviales (Q-co)**

Los depósitos coluviales son producto de deslizamientos, desarrollados en la ladera oeste del cerro Huayanay en el tramo de la carretera Canchaque-San Miguel de El Faique. Estos depósitos están constituidos por bloques, cantos y gravas angulosas, heterométricas y de origen volcánico, dentro de una matriz limo arcillosa, con escasa cohesión, plasticidad media, húmedas o saturadas e inestables. Presentan malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, susceptibles a generar movimientos en masa (figura 6).



**Figura 6.** Depósitos coluviales originados por deslizamientos en el caserío Puente Piedra.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología se realizó la descarga de modelos digitales de elevación del modelo Alos Palsar, con resolución de 12.5 m de muestreo en terreno. Esta información se complementó con el análisis de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

#### 3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El sector Huayanay se ubica en la margen derecha de la quebrada Los Chorros, cuya cuenca tiene elevaciones que alcanzan 3200 m s.n.m., hasta los piedemontes coluvio deluviales, donde se asienta el área urbana con elevaciones entre 1000 a 1400 m s.n.m.

El caserío Puente Piedra se distribuye sobre elevaciones entre 1200 y 1400 m s.n.m.; las cotas más bajas se ubican al oeste a 800 m s.n.m. Mientras que, el área urbana del caserío Santa Ana se ubica entre 1700 y 1800 m de altitud. Las máximas elevaciones se distribuyen al norte con 2600 m s.n.m., hacia el sur donde se ubica la quebrada Santa Ana (figura 7).

#### 3.2. Pendientes del terreno

El área de intervención abarcó 4773 ha, correspondiente a las áreas urbanas y alrededores del sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana. Del análisis del mapa de pendientes se determinó que el 0.4% equivalente a 19 ha, presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas (<5°), constituidas por terrazas aluviales. El 22%, aproximadamente 1083 ha, presenta pendientes moderadas (5°-15°); mientras que, el 77%, cerca de 3672 ha, son superficies con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - 90°), que representan laderas de montañas con pendientes verticales a subverticales, en las partes altas de los cerros Huayanay, Huando y Gaspar (figura 8).

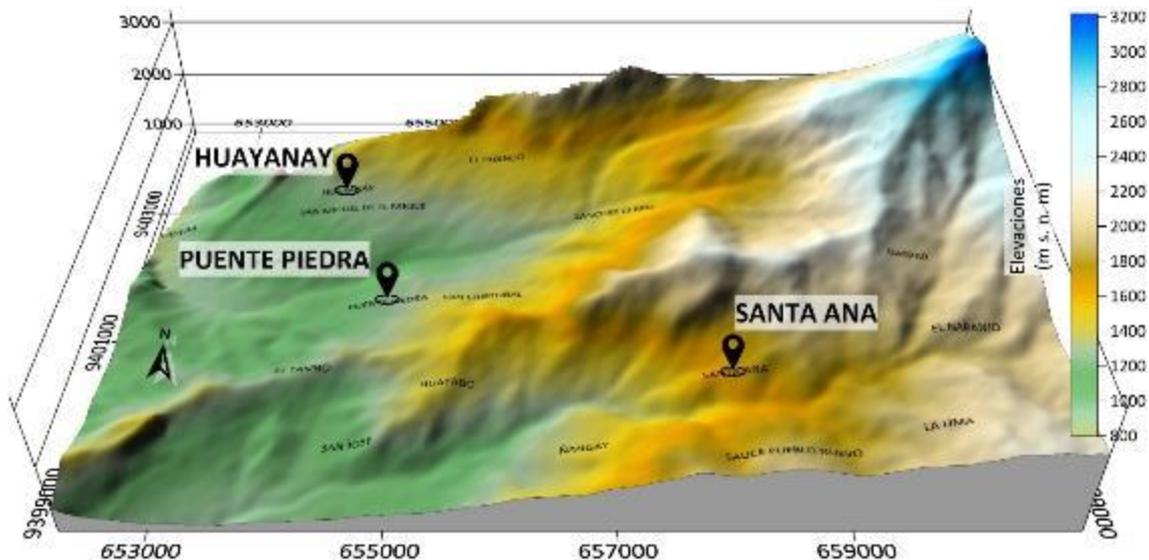
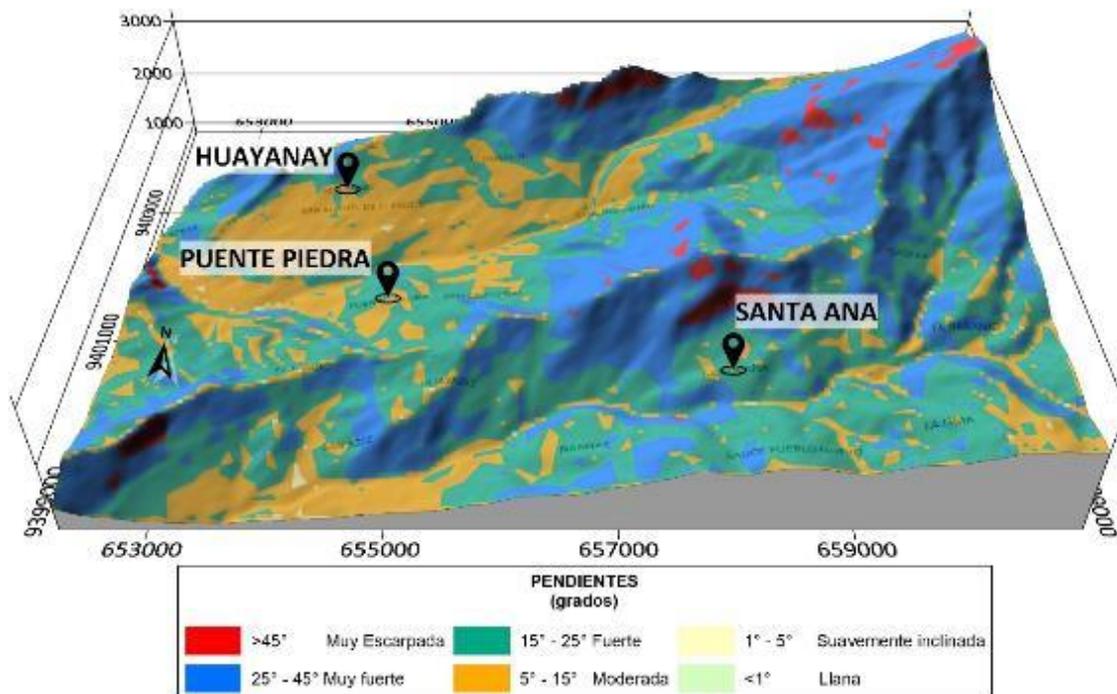


Figura 7. Elevaciones en los sectores evaluados.



**Figura 8.** Rangos de pendientes en el sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana.

### 3.3. Unidades geomorfológicas

En el área de estudio se han identificado montañas en rocas intrusivas (RM-ri) distribuidas en gran parte del área evaluada, mientras al este, se observan montañas en rocas metamórficas (RM-rm) y en menor proporción se elevan montañas en rocas sedimentarias (RM-rs) al norte, unidades geomorfológicas que a continuación se describen:

#### 3.3.1. Geoformas se 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 del relieve, a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

##### 3.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad que se eleva por sobre el relieve natural donde la cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas se emplazan hacia pendientes con un declive promedio superior al 30%.

**Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri):** Estas geoformas se modelaron en rocas intrusivas conformadas por tonalitas y granodioritas, distribuidas en la parte alta de la quebrada Los Chorros, hacia ambas márgenes de la quebrada San Antonio o Huando; además de la quebrada Santa Ana. Las montañas representan las partes altas del área de estudio, de donde descienden las quebradas que llegan hasta la parte baja del sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana.

Debido al grado de fracturamiento de los afloramientos, aportan gran porcentaje de la fracción granular para la generación de flujos de detritos que descienden por las quebradas mencionadas (figura 9).

**Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** Estas geoformas se modelaron en rocas principalmente sedimentarias conformadas por cuarcitas de grano fino a medio distribuidos principalmente al extremo noroeste del sector Huayanay (figura 9).



**Figura 9.** Montaña en roca sedimentaria en el mirador de El Faique.

**Subunidad de montaña en roca metamórfica (RM-rm):** Esta geoforma fue modelada en rocas metamórfica conformada por filitas, pizarras y esquistos. Tienen pendientes moderadas donde nacen quebradas y desde donde descienden flujos. Se distribuyen al oeste del distrito de San Miguel de El Faique, al norte del sector Huayanay y en las inmediaciones del caserío Puente Piedra (figura 10).



**Figura 10.** Montaña en roca metamórfica en las inmediaciones del caserío Huayanay.

### 3.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

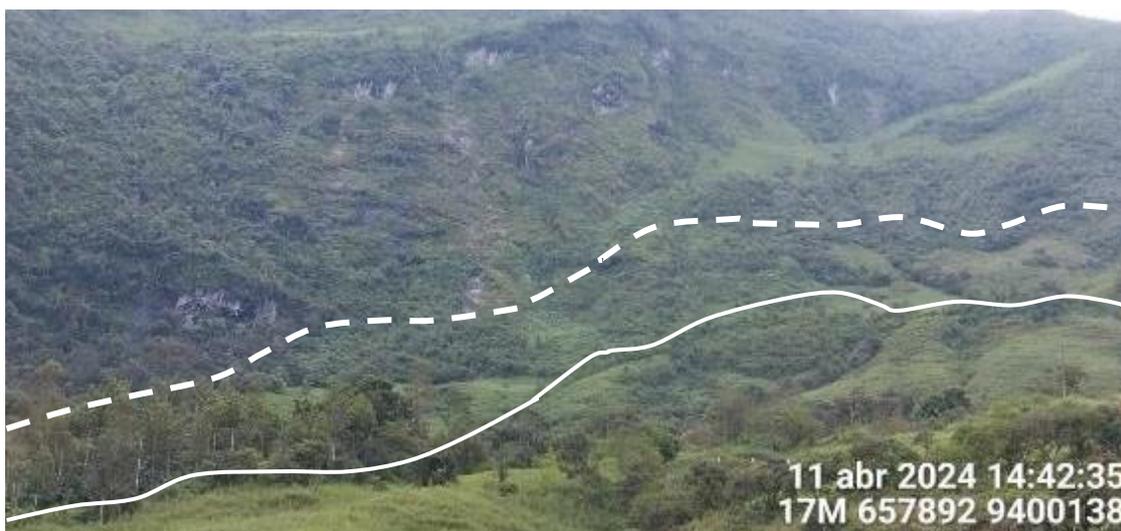
Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales, aquí se tiene:

#### 3.3.2.1. **Unidad de piedemonte**

Acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados, ubicado al pie de las cadenas montañosas. Se tienen las siguientes subunidades:

**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 11).



**Figura 11.** Piedemonte coluvio-deluvial en la parte alta del caserío Santa Ana.

**Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial (V-cd):** Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados a manera de flujos de detritos (huaicos). Modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y quebrada. El principal agente modelador de la geoforma descrita, es la quebrada Chorro Blanco, donde ocurren flujos que se activan en temporadas de lluvias como las ocurridas en el mes de marzo del 2017 o recientemente durante el Ciclón Yacu (figura 12).



**Figura 12.** Piedemonte aluvio torrencial en la quebrada San Ana.

**Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):** Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales originados por procesos de movimientos en masa, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, flujos de detritos y/o movimientos complejos. Son de corto a mediano recorrido, relacionados a las laderas superiores adyacentes.

Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

En los caseríos Huayanay y Puente Piedra se identificaron vertientes de deslizamiento en donde se acumula todo el material con un alto grado de saturamiento debido a las constantes lluvias, al entrar en contacto con otros afluentes los materiales y sedimentos se sobresaturan y forman flujos (figura 13).



**Figura 13.** Vertiente con depósito de deslizamiento en el caserío Santa Ana.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los principales peligros geológicos identificados en los caseríos Huayanay, Puente Piedra y Santa Ana, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos con fases de flujo de detritos; y caídas de rocas y derrumbes (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del relieve, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 3).

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huayanay

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica)

actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Estos procesos de remoción de laderas están condicionados por factores intrínsecos, como son la geometría del relieve, pendiente del terreno, tipo de roca, tipo de suelo, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Por otro lado, los principales “desencadenantes” son las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

A continuación, se describen los peligros geológicos en los sectores evaluados, así como los factores que condicionan la ocurrencia de los peligros identificados:

En el sector Huayanay se identificaron 03 deslizamientos antiguos o también llamado en estado inactivo-relicto; además de 03 deslizamientos de tipo rotacional activos.

#### 4.1.1. Deslizamientos inactivos-relictos en el sector Huayanay (DIR)

En el sector Huayanay se ubica sobre un piedemonte coluvio deluvial modelado por antiguos deslizamientos que provinieron desde la parte alta de montañas en rocas metamórficas. Los deslizamientos se encuentran en estado inactivo-relicto, se desarrollan desde El Mirador de El Faique hasta el área urbana del distrito del mismo nombre. Los límites de estos se infieren en base a geoformas de piedemonte y los tipos de depósitos encontrados a lo largo de laderas evaluadas.

##### Características visuales del evento

Se identificaron depósitos coluvio deluviales característicos de emplazamientos provenientes de deslizamientos a lo largo de la ladera del cerro Huayanay, los materiales descienden de noreste a suroeste desde la parte alta del sector Huayanay hasta la parte baja de los sectores Filadera y Villaflores (figura 14).

El deslizamiento inactivo relicto en el sector Huayanay (DIR-H1) tiene las siguientes características:

- Forma de corona: semicircular.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 2.00 – 5.00 m.
- Longitud: 1.5 km de largo
- Área: 835 822 m<sup>2</sup>
- Volumen: 1 560 218 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de rocas: Bloque (25%), canto (15%), grava (20%), arena (20%) arcilla (20%).
- Flujo de material: no canalizado.
- Distancia recorrida: 1.9 km.



**Figura 14.** Vista aérea del deslizamiento antiguo en el sector Huayanay próximo al Mirador de El Faique.

#### 4.1.2. Deslizamientos activos en el sector Huayanay (DRA)

En el sector Huayanay se identificaron 03 deslizamientos de tipo rotacional en estado activo. Estos procesos afectan principalmente vías de acceso, cultivos, viviendas y una estación de grifo.

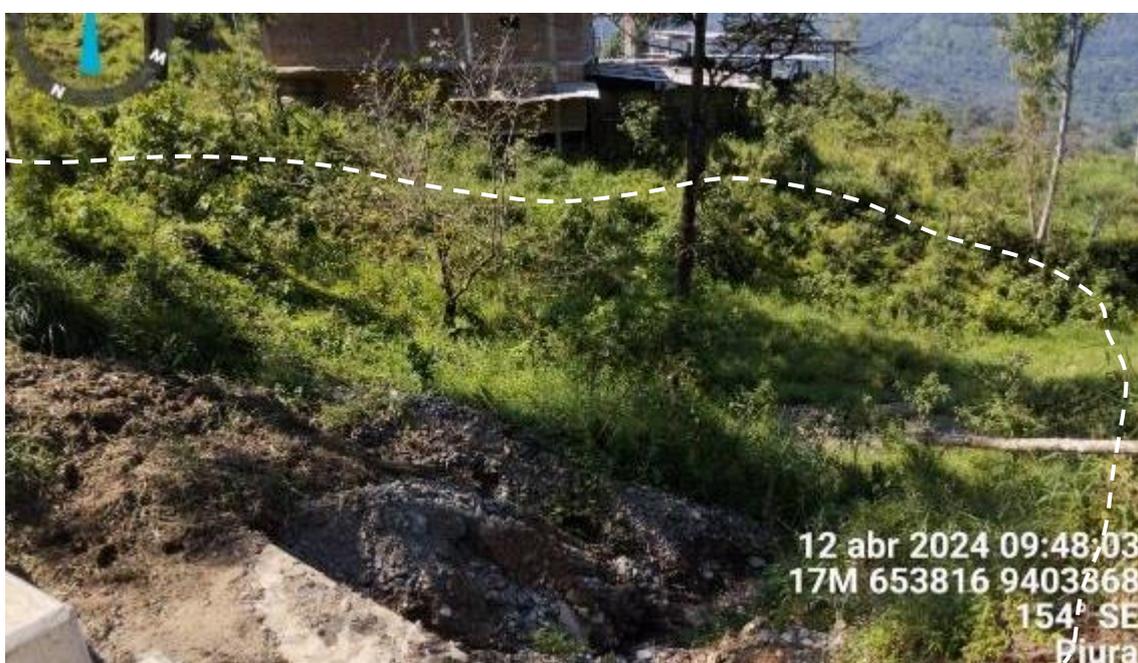
Se debe destacar que, los deslizamientos cartografiados se desarrollan sobre deslizamientos antiguos que se vienen reactivando debido a lluvias extraordinarias ocurridas durante del Niño Costero 2017 y El Ciclón Yacu 2023.

##### Características visuales del deslizamiento rotacional activo DRA-H1:

- Forma de corona: semicircular.
- Escarpe (forma): Alargada.
- Altura: 1.00 – 2.50 m.
- Longitud: 236 m de largo
- Área: 26 670 m<sup>2</sup>
- Volumen: 66 675 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (5%), clasto (15%), grava (25%), arena (20%) arcilla y limo (35%).
- Flujo de material: no canalizado.
- Distancia recorrida: 350 m.



**Figura 15.** Escarpe principal de deslizamiento activo (DRA-H1).



**Figura 16.** Vista ladera abajo del deslizamiento afectando viviendas.

**Características visuales del deslizamiento rotacional activo DRA-H2:**

Las características del deslizamiento rotacional activo DRA-H2 se muestran en las figuras 17 y 18, y son:

- Forma de corona: Semicircular.
- Escarpe (forma): Alargada.
- Altura: 0.50 – 1.50 m.
- Longitud: 207 m de largo
- Área: 24 010 m<sup>2</sup>.
- Volumen: 52 822 m<sup>3</sup>.

- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (10%), grava (25%), arena (30%) arcilla y limo (35%).
- Flujo de material: no canalizado.
- Distancia recorrida: 220 m.



**Figura 17.** Escarpe principal de deslizamiento activo DRA-H2.



**Figura 18.** Vía asfaltada con grietas circulares, debido a procesos de subsidencia de hasta 1 m.

**Características visuales del deslizamiento rotacional activo DRA-H3:**

Las características del deslizamiento rotacional activo DRA-H3 se muestran en las figuras 19 y 20, y son:

- Forma de corona: Semicircular.
- Escarpe (forma): Alargada.
- Altura: 0.50 – 1.50 m.
- Longitud: 140 m de largo
- Área: 10 290 m<sup>2</sup>
- Volumen: 18 522 m<sup>3</sup>.

- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (10%), grava (25%), arena (30%) arcilla y limo (35%).
- Flujo de material: no canalizado.
- Distancia recorrida: 200 m.



**Figura 19.** Vista frontal del escarpe principal de deslizamiento activo DRA-H3.



**Figura 20.** Límite lateral del escarpe principal de deslizamiento activo DRA-H3.

## 4.2. Peligros geológicos en el caserío Puente Piedra

En el caserío Puente Piedra se identificaron y catalogaron 03 deslizamientos en estado inactivo-relicto, 06 deslizamientos de tipo rotacional activos, 1 caída de rocas y un flujo de detritos.

### 4.2.1. Deslizamientos inactivos-relictos (DIR-PP)

#### Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DIR-PP1:

Este deslizamiento se muestra en la figura 22 y sus principales características son:

- Forma de corona: Alargado.
- Escarpe (forma): Regular.
- Altura: 3.00 – 7.00 m.
- Longitud: 1.6 km de largo
- Área: 1.3 ha
- Volumen: 3 220 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (15%), canto (20%), grava (20%), arena (25%) arcilla (20%).
- Distancia recorrida: 1.5 km.

#### Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DIR-PP2:

Este deslizamiento se muestra en las figuras 21 y 22 y sus principales características son:

- Forma de corona: Semicircular.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 1.18 km de largo
- Área: 0.34 ha
- Volumen: 120 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (20%), grava (20%), arena (30%) arcilla (20%).
- Distancia recorrida: 1.5 km.

#### Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DIR-PP3:

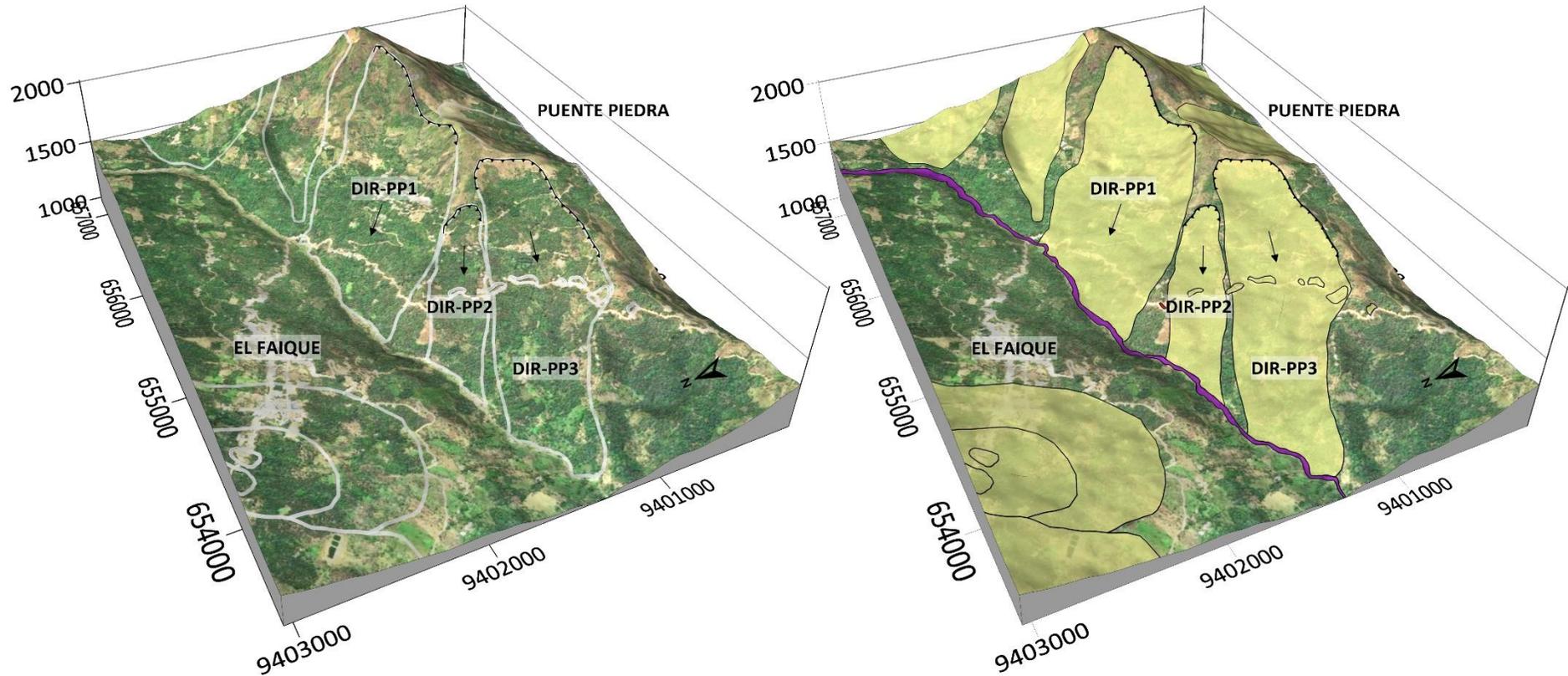
Este deslizamiento se muestra en la figura 22 y sus principales características son:

- Forma de corona: semicircular y alargado.

- Escarpe (forma): Erosionado.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 2 km de largo
- Área: 1.13 ha
- Volumen: 3 220 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (15%), canto (20%), grava (20%), arena (25%) arcilla (20%).
- Distancia recorrida: 1.5 km.



**Figura 21.** Depósitos coluvio deluviales originado por el deslizamiento antiguo inactivo-relictivo DIR-PP2.



**Figura 22.** Deslizamientos antiguos o relictos en el caserío Puente Piedra.

#### 4.2.2. Deslizamientos activos (DRA-PP)

En el caserío Puente Piedra se identificaron 06 deslizamientos de tipo rotacional en estado activo. Estos se desarrollan en la ladera norte del cerro San Cristóbal, afectando principalmente viviendas, terrenos de cultivos y la trocha carrozable que comunica los caseríos de Puente Piedra y El Tambo.

##### Características visuales de los eventos

A continuación, se describen las principales características visuales y geométricas de los deslizamientos identificados (Cuadro 01 y figuras 23 y 24).

**Cuadro 01:** Resumen de las características de los deslizamientos activos identificados en el caserío Puente Piedra.

Código	Forma de escarpe	Estado de escarpe	Dimensiones		Velocidad	Grietas
			Longitud	Desnivel		
DRA-PP1	Elongada discontinua	Reforestado	L: 30 m A: 90 m	7 m	Lento	Si
DRA-PP2	Elongada discontinua	Reforestado	L: 45 m A: 120 m	8 m	Lento	Si
DRA-PP3	Elongada discontinua	Reforestado	L: 37 m A: 150 m	5 m	Lento	Si
DRA-PP4	Circular	Erosionado	L: 25 m A: 50 m	4 m	Moderado	Si
DRA-PP5	Semi circular	Erosionado	L: 45 m A: 95 m	8 m	Moderado	Si
DRA-PP6	Circular	Erosionado	L: 115 m A: 80 m	12 m	Moderado	Si



**Figura 23.** Vista frontal del escarpe del deslizamiento activo DRA-PP4 y las viviendas ubicadas sobre la corona a pocos metros del escarpe.



**Figura 24.** Vista del deslizamiento DRA-PP5, que viene afectando una vía de acceso y cultivos.

#### 4.2.3. Derrumbe suspendido (DER-PP1)

En el caserío Puente Piedra, específicamente en el tramo de la carretera Puente Piedra hacia El Tambo, se identificó una zona de derrumbe en estado suspendido. Este proceso se observa en taludes con escasa cobertura vegetal y con pendientes muy escarpadas.

#### Características visuales de los eventos

A continuación, se describen las principales características visuales y geométricas (figura 25).

- Zona de arranque: Roca/suelo.
- Tipo de ruptura: Mixta.
- Forma de zona de arranque: Discontinua.
- Dimensiones del depósito

Longitud de arranque: 140 m    Altura de arranque: 1 m    Volumen (m3): 125

- Características del depósito: Canchales.
- Distancia recorrida: 15 m.
- Obstrucción de vía: 152 m.



**Figura 25.** Talud afectado por derrumbes en el caserío Puente Piedra.

### 4.3. Peligros geológicos en el caserío Santa Ana

En el caserío Santa Ana se identificaron 04 deslizamientos antiguos o también llamados inactivos-relictos, evidenciados a través de piedemontes coluvio-deluviales. Además, de 03 deslizamientos activos y una zona de caída de rocas. Estos movimientos en masa están condicionados por las pendientes fuertes a muy escarpadas ( $15^\circ$  a  $>45^\circ$ ) (figura 26).

#### 4.3.1. Deslizamientos inactivos-relictos (DIR-SA1)

##### Características visuales de los eventos:

A continuación, se describen las principales características visuales y geométricas de los deslizamientos

##### **Deslizamiento inactivo-relicto DIR-PP1 (figura 26):**

- Forma de corona: Parabólico.
- Estado de escarpe: Reforestado.
- Altura: 2.00 – 5.00 m.
- Longitud: 1.7 km de largo
- Área: 96 ha
- Volumen: 2 595 500 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (20%), canto (15%), grava (20%), arena (25%) arcilla (20%).

##### **Deslizamiento inactivo-relicto DIR-PP2 (figuras 20 y 21):**

- Forma de corona: Irregular-elongada.

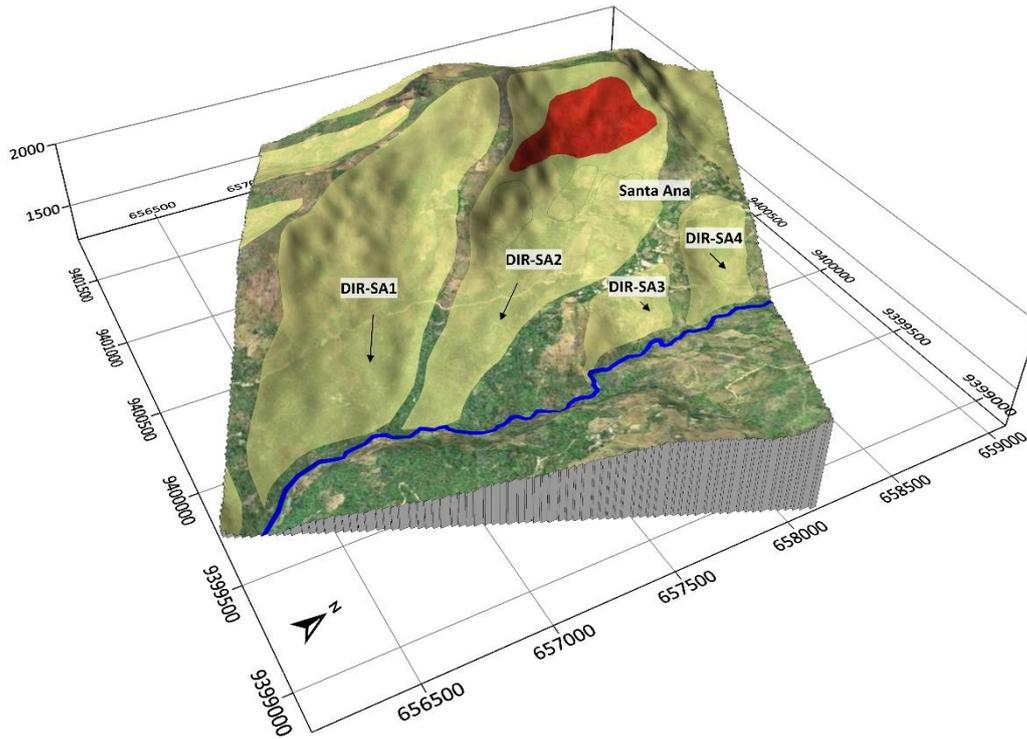
- Estado de escarpe: Erosionado.
- Altura: 5.00 – 15.00 m.
- Longitud: 1.9 km de largo
- Área: 71 ha
- Volumen: 1 280 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (15%), canto (25%), grava (15%), arena (25%) arcilla (20%).

**Deslizamiento inactivo relicto DIR-PP3** (figuras 26 y 27):

- Forma de corona: Elongada.
- Estado de escarpe: Reforestado.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 320 m de largo
- Área: 10 ha
- Volumen: 15 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (15%), grava (20%), arena (35%) arcilla y limo (25%).

**Deslizamiento inactivo relicto DIR-PP4** (figura 26):

- Forma de corona: Semicircular.
- Estado de escarpe: Reforestado.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 585 m de largo
- Área: 16 ha
- Volumen: 29 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (15%), grava (20%), arena (30%) arcilla y limo (25%).



**Figura 26.** Vista 3D de los deslizamientos inactivos-relictos en el caserío Santa Ana.



**Figura 27.** Deslizamiento inactivo-relictivo DIR-SA2.

#### 4.3.2. Deslizamientos activos (DRA-SA)

Se identificaron 03 deslizamientos de tipo rotacional en estado activo, con evidencias de relieves ondulados, escarpes con cobertura vegetal reciente que se desarrollan sobre una ladera con pendientes moderadas donde se asientan varias viviendas del caserío Santa Ana.

Características visuales del deslizamiento activo DRA-SA1 (figura 28):

- Forma de corona: Parabólica-irregular.
- Estado de eskarpe: Reforestado.
- Altura: 0.50 – 2.00 m.
- Longitud: 320 m de largo
- Área: 4.2 ha
- Volumen: 86 000 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloques (5%), canto (10%), grava (15%), arena (40%) arcilla y limo (30%).

Características visuales del deslizamiento activo DRA-SA2 (figura 29):

- Forma de corona: Elongada.
- Estado de eskarpe: Reforestado.
- Altura: 0.50 – 1.00 m.
- Longitud: 345 m de largo
- Área: 3.8 ha
- Volumen: 60 800 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (10%), grava (15%), arena (35%) arcilla y limo (30%).

Características visuales del deslizamiento activo DRA-SA3 (figura 29):

- Forma de corona: Irregular.
- Estado de eskarpe: Reforestado.
- Altura: 0.50 – 1.50 m.
- Longitud: 230 m de largo
- Área: 3.9 ha
- Volumen: 66 300 m<sup>3</sup>.
- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (15%), grava (20%), arena (30%) arcilla y limo (30%).



**Figura 28.** Vista frontal del escarpe del deslizamiento activo DRA-SA3.



**Figura 29.** Vista lateral del escarpe del deslizamiento activo DRA-SA3 con evidencias de estrías de desplazamientos.

#### 4.3.3. Caída de rocas (CR-SA)

Se origina en laderas con pendientes muy fuertes a muy escarpadas ( $25^\circ$  a  $>45^\circ$ ) en afloramientos de tonalitas y granodioritas muy fracturadas.

A continuación, se describen las principales características visuales y geométricas de las caídas de rocas (figura 30).

- Zona de arranque: Roca.
- Tipo de ruptura: Mixta.
- Forma de zona de arranque: Discontinua.
- Dimensiones del depósito  
 Longitud de arranque: 100 m    Altura de arranque: 350 m    Volumen (m<sup>3</sup>): 10 000
- Características del depósito: Canchales.
- Distancia recorrida: 380 m.
- Obstrucción de vía: 45 m.



**Figura 30.** Zona de caída de rocas en la parte alta del cerro Gaspar.

#### 4.4. Factores desencadenantes

##### 4.4.1. Precipitaciones intensas

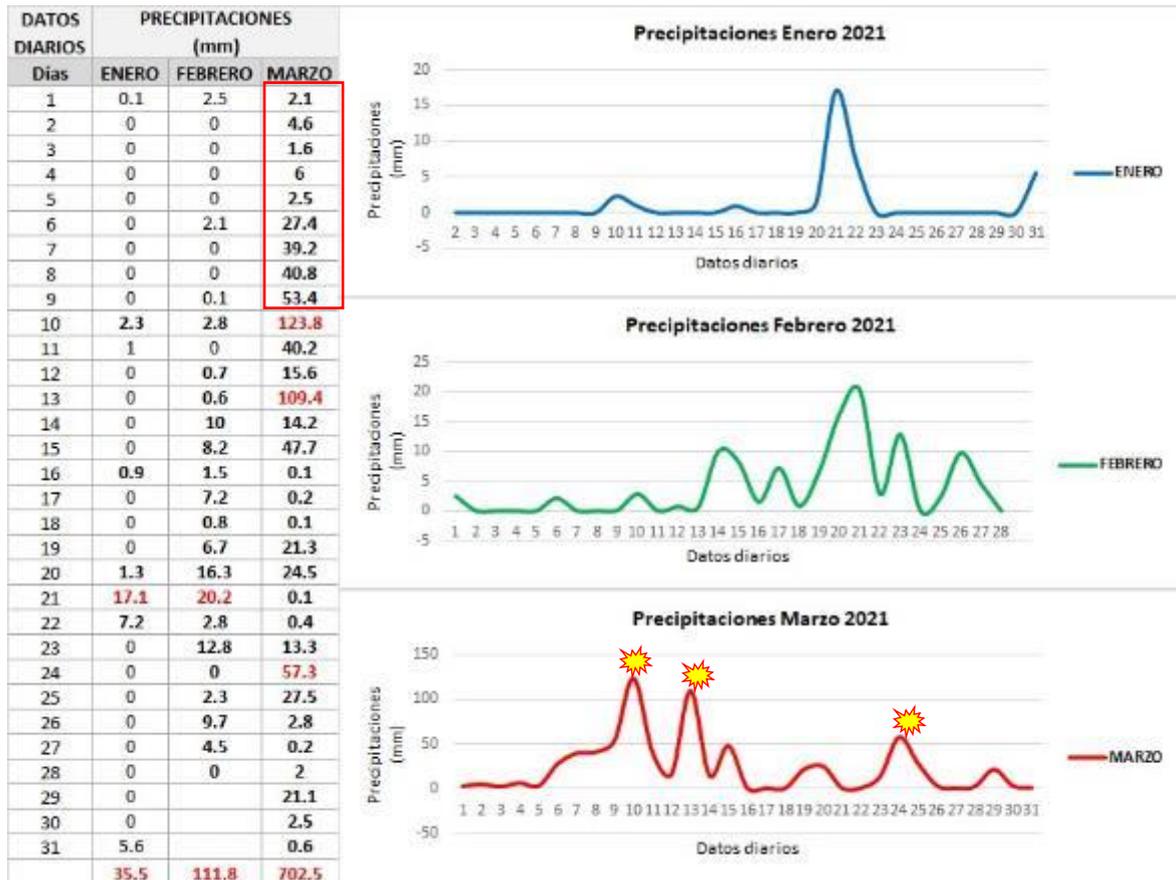
Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas al área de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Para el análisis de crecidas de ríos, se deben analizar las precipitaciones ocurridas en las cuencas donde nacen los ríos o quebradas a ser evaluadas. Se analizó la estación meteorológica ubicada en el distrito de El Faique.

**Cuadro 03.** Ubicación de la estación hidrológica San Miguel de El Faique.

Estación: CHALACO					
<b>Departamento:</b>	<b>PIURA</b>	<b>Provincia:</b>	<b>MORROPÓN</b>	<b>Distrito:</b>	<b>SAN MIGUEL DEL FAIQUE</b>
<b>Latitud:</b>	<b>5°17'22.19" S</b>	<b>Longitud:</b>	<b>79°41'56.71" W</b>	<b>Altitud:</b>	<b>1270 m s.n.m.</b>
<b>Tipo:</b>	<b>EHA - Hidrología</b>			<b>Código:</b>	<b>47E074C0</b>

Entre los meses de enero a marzo del 2023 se registraron lluvias intensas, superaron los 22 mm diarios en promedio, con máximas de hasta 123 mm; los acumulados mensuales llegaron a 35.5 mm (enero), 111.8 mm (febrero) y 702.5 mm (marzo). Los deslizamientos, caídas de rocas y flujos identificados en los caseríos evaluados fueron

reportados entre febrero y marzo, los principales daños ocurrieron a partir del 15 de marzo del 2023, los datos indican que, el entre el 6 y el 15 de marzo se registraron los puntos más altos de precipitación (Cuadro 04).



**Cuadro 04.** Precipitaciones registradas entre enero y marzo del 2023.

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

#### 4.5. Daños por peligros geológicos

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

##### 4.5.1. Viviendas

Según los registros de la oficina local de Indeci de la Municipalidad Distrital de San Miguel de El Faique, los daños registrados en el sector Huayanay corresponde a 03 viviendas destruidas, 03 viviendas inhabilitadas y 05 afectadas; además de 01 grifo de abastecimiento de combustible con procesos de hundimiento debido a un deslizamiento activo (figura 31).

En el caserío Puente Piedra 06 viviendas afectadas por grietas y 20 viviendas en potencial de daño por la activación de nuevas zonas de deslizamientos (figura 32).

En el caserío Santa Ana existen 05 viviendas inhabilitadas y 10 afectadas por los deslizamientos evaluados.



**Figura 31.** Viviendas con daños ante deslizamiento en el sector Huayanay.



**Figura 32.** Vivienda afectada en el caserío Puente Piedra.

#### 4.5.2. Vías de acceso

Los deslizamientos identificados en el sector Huayanay, afectan principalmente vías de acceso como el tramo entre el sector El Mirador hacia El Faique, con 03 tramos de trocha carrozable en regular estado, con presencia de grietas y hundimientos con un total de 340 m de vía afectada (figura 33).



**Figura 33.** Tramo de 85 m de la vía de acceso hacia El Faique, en el grifo afectado por hundimientos como se observa en la imagen.

En el caserío Puente Piedra, se han identificado tramos de la carretera interrumpidos por los materiales deslizados, afectando el normal tránsito y comunicación entre los sectores y caseríos Puente Piedra, Santa Ana, El Tambo y la capital del distrito. En total se inventariaron 4 tramos de trocha carrozable que alcanzan 260 m lineales (figura 34).



**Figura 34.** Trocha carrozable del caserío Puente Piedra obstruida por deslizados.

En el caserío Santa Ana, existen 02 tramos de trocha carrozable afectados por los deslizamientos, los materiales desplazados completan un total de 75 m lineales (figura 35).



**Figura 35.** Tramo afectado de 15 m de la vía de acceso hacia Santa Ana.

## 5. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la localidad de Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones:

- a) El sector Huayanay y el caserío Puente Piedra se asientan sobre depósitos coluvio-deluviales (Q-cd) provenientes de afloramientos conformados por filitas, pizarras y esquistos del Grupo Salas (Oi-s), de constitución arcillosa. Mientras que, el caserío Santa Ana se asienta sobre depósitos coluvio-deluviales, cuya roca fuente son afloramientos intrusivos conformados por tonalitas y granodioritas.
- b) Geomorfológicamente, el sector Huayanay y el caserío Puente Piedra se asientan en gran parte sobre piedemontes coluvio deluviales (V-cd), limitados por montañas en rocas metamórficas (RM-rm) y montañas en rocas intrusivas (RM-ri), con pendientes fuertes a muy escarpadas (25°- <45). Mientras que, el caserío Santa Ana se ubica sobre un piedemonte coluvio deluvial (V-cd), limitado principalmente por rocas intrusivas (RM-ri), con pendientes muy fuertes a muy escarpadas.
- c) En el sector Huayanay se identificaron 03 deslizamientos antiguos (inactivos-relictos), que abarcan un total de 188 ha. También se han identificado 03 deslizamientos activos, que afectaron 11 viviendas, 03 tramos de la vía Canchaque-El Faique, que suman 340 m lineales y terrenos de cultivos afectados por grietas y hundimientos.
- d) El caserío Puente Piedra es afectado por 03 deslizamientos inactivos-relictos, 06 deslizamientos activos de tipo rotacional y un derrumbe que afecta 260 m lineales de la principal vía de acceso de la zona. Los deslizamientos afectan en total 26 viviendas y terrenos de cultivos.
- e) En el caserío Santa Ana se delimitaron 04 deslizamientos antiguos o inactivos-relictos, 03 deslizamientos activos, que afectan 15 viviendas y 75 m lineales de vía asfaltada hacia el caserío El Tambo. Además de, una zona de caída de rocas condicionada por afloramientos muy fracturados en laderas con pendientes muy escarpadas.
- f) El factor desencadenante de los deslizamientos fueron las precipitaciones extraordinarias que se registraron entre los meses de enero a marzo del 2023, que en promedio fueron de 22 mm diarios, con máximas de hasta 123 mm. Los acumulados mensuales llegaron a 35.5 mm (enero), 111.8 mm (febrero) y 702.5 mm (marzo), índices que superan los parámetros normales característicos de la región, que durante esa época del año va de 11.0 mm a 33.7mm.
- g) Tomando en cuenta las condiciones geodinámicas y geomorfológicas, se considera que el sector Huayanay tiene **Peligro Alto a Muy Alto** por deslizamientos; mientras que, el caserío Puente Piedra tiene **Peligro Alto** por deslizamientos y derrumbes. Finalmente, el caserío Santa Ana tiene **Peligro Alto** ante deslizamientos y caídas de rocas.

## 6. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamientos y derrumbes. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

### 6.1. Generales

- A) Implementar el drenaje con zanjas de coronación, sobre los escarpes de los deslizamientos identificados, además de drenaje pluvial como cunetas, alcantarilla, drenes, canal de derivación que extraigan el agua hacia quebradas adyacente. Estos canales deben estar debidamente impermeabilizadas.
- B) Limpiar periódicamente los materiales deslizados sobre las carreteras para evitar la formación de flujos ante lluvias intensas.
- C) Tomar en cuenta los peligros geológicos identificados y las geoformas susceptibles a deslizamientos, con el objetivo de evitar asentamiento de viviendas en las zonas indicadas.
- D) No permitir el crecimiento urbano en las zonas donde se encuentran los deslizamientos.
- E) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de alto peligro.
- F) Realizar el estudio de Evaluación de Riesgos (EVAR) en el sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana, para determinar las medidas correctivas definitivas.

### 6.2. Específicas

#### Sector Huayanay

- A) Realizar el banqueteo de la ladera donde se desarrollan los deslizamientos activos (DRA-H1, H2 y H3), con la finalidad de reducir el condicionante de pendiente de la ladera; complementada con técnicas de compactación en los tramos con hundimientos.
- B) Reubicar las viviendas que fueron afectadas por los deslizamientos DRA-H1 y H3, a un sector seguro, que no sea afectado por los peligros geológicos.

#### Caserío Puente Piedra

- A) Realizar el banqueteo de los deslizamientos activos (DRA-PP1, PP2, PP3, PP4, PP5 y PP6), para mejorar la estabilidad de los taludes en su mayoría con fuertes pendientes.
- B) Implementar infraestructura de retención y/o contención en el pie de los deslizamientos mencionados, con la finalidad de proteger la vía de comunicación además de evitar el avance del movimiento.

#### Caserío Santa Ana

- A) Banquetear las zonas afectadas por los deslizamientos activos (DRA-SA1, SA2 y SA3), con la finalidad de disminuir la pendiente de la ladera. Complementadas con actividades de reforestación en la parte media y baja de los deslizamientos.



Ing. **GILBERTO ZAVALA CARRIÓN**  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET



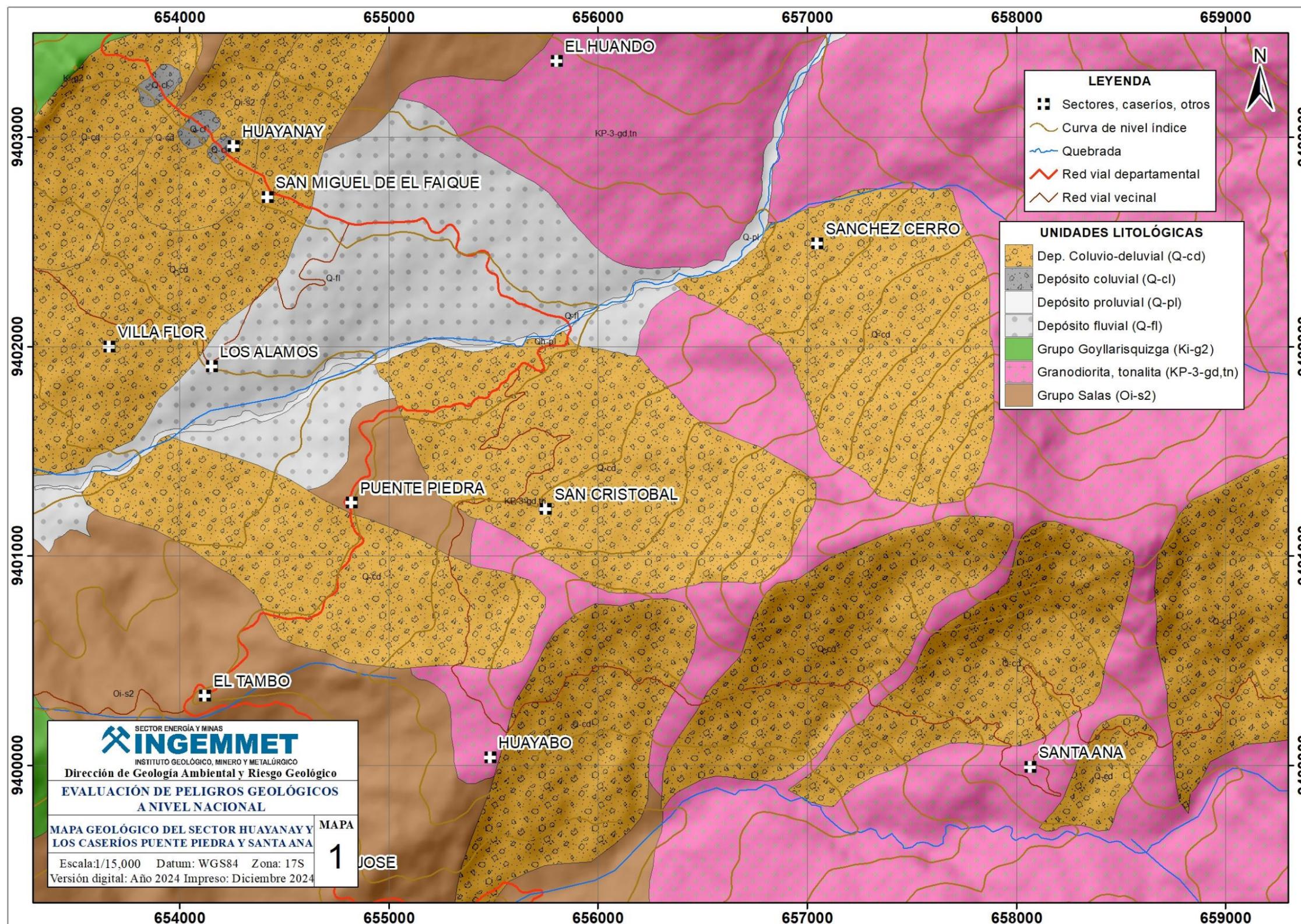
Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act. 11

## 7. BIBLIOGRAFÍA

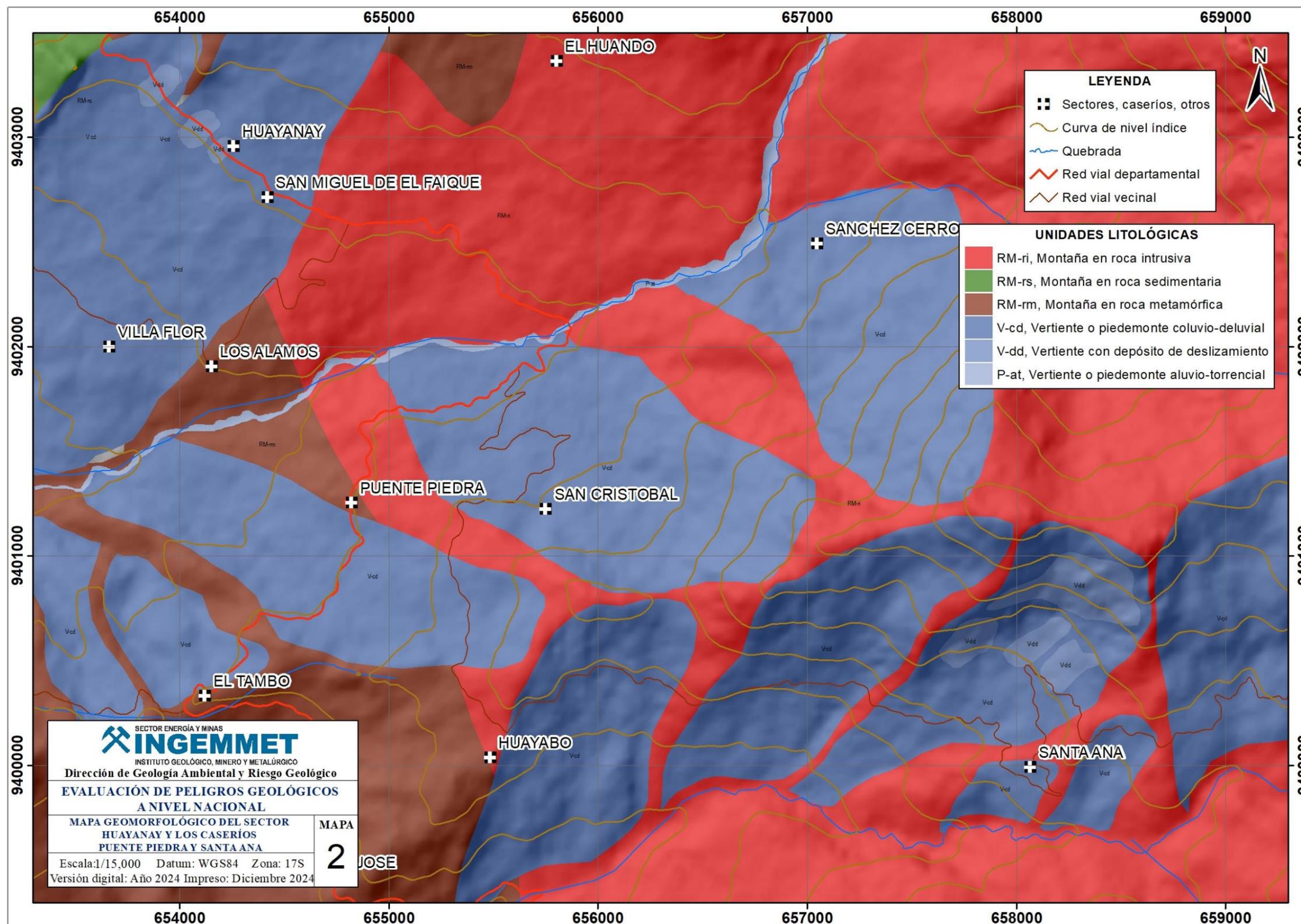
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- SCSA (Soil Conservation Society of America). 1982. Resource conservation glossary. Ankeny, IA, USA.
- Díaz, J. S. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACION.
- Jaimes, Concha, Coaquira, Chapillequen (2016). Geología del cuadrángulo de Morropón 11d4. INGEMMET.
- JICA (2007). Estudio sobre medidas preventivas para desastres en carreteras en la red fundamental de la República de Bolivia informe final: manual de gestión y prevención de desastres en carreteras. Procedimiento V: Obras de Prevención de Desastres, pág. 23.
- Knighton, D. (1998). Fluvial Forms and Processes. A new perspective. London, Edward Arnold.
- 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.
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e. INGEMMET, Boletín A N° 39].
- Rocha, A. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil.
- Rhoads, B.L. (2020). River Dynamics: Geomorphology to support management: Cambridge, UK, Cambridge University Press, 515 p.
- Valderrama, L. Montenegro, E. y Galindo, J. (1964). Reconocimiento Forestal del Departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 86 p.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Vilchez, M. Ochoa, M. & Pari, W. (2019), Boletín N°69, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica, Peligro Geológico en la región Huancavelica. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 219p.
- Vilchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura.

- Vílchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) - Riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas.
- Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos Y Zonificación de Tierras. Bogotá, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 183 p.

# ANEXO 1: MAPAS

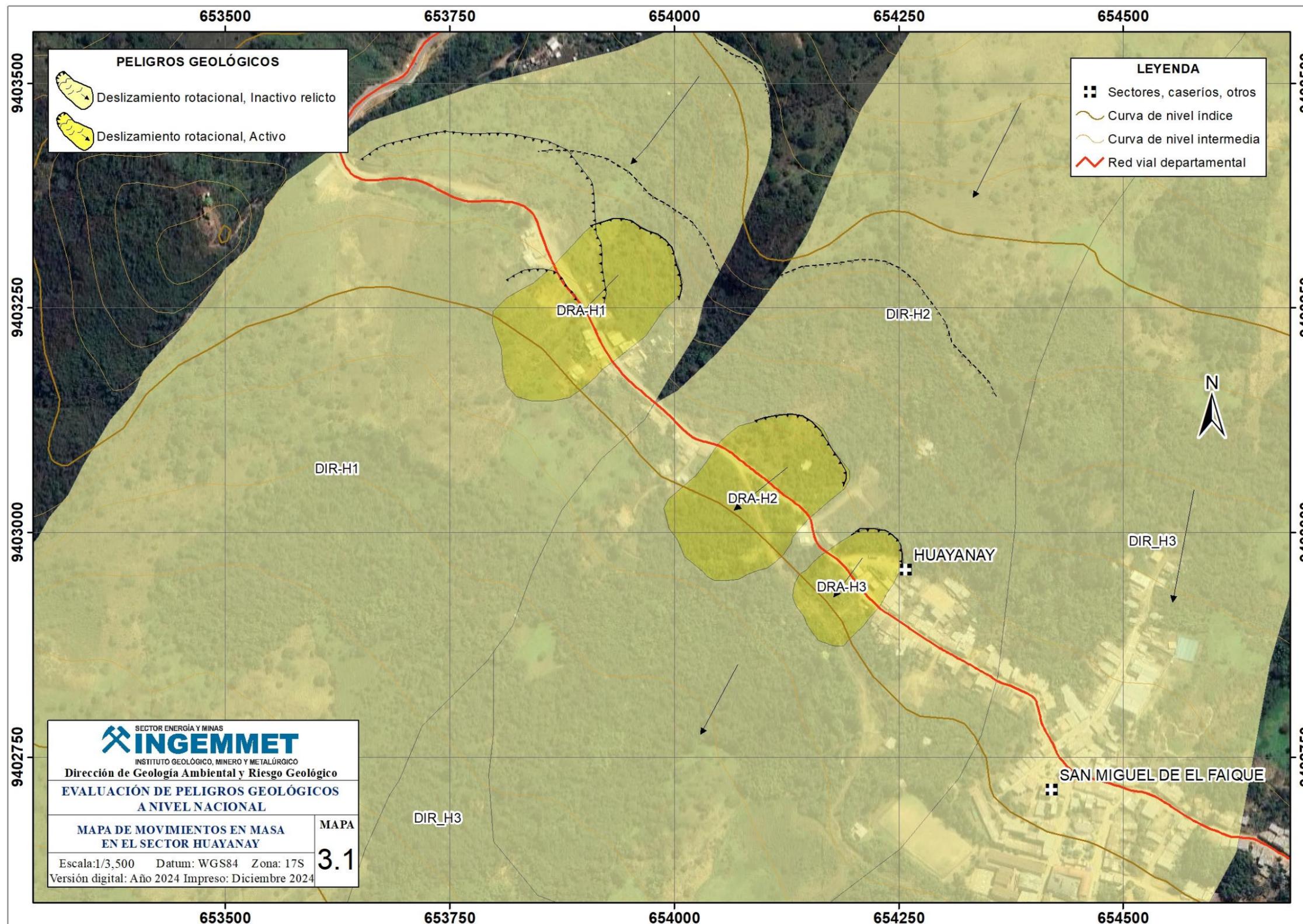


Mapa 1. Unidades litológicas en el sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana.

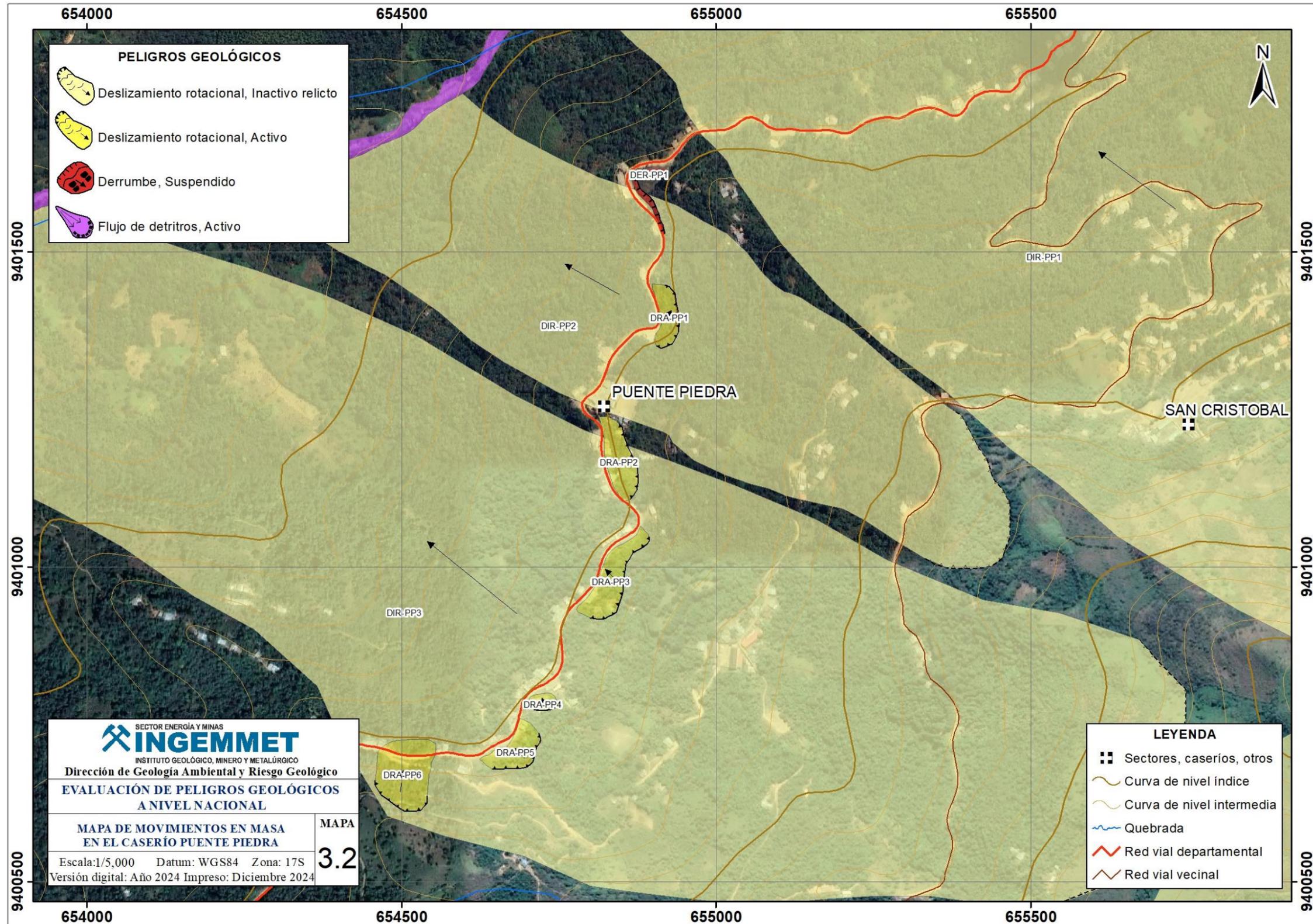


SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS  
 A NIVEL NACIONAL**  
 MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL SECTOR  
 HUAYANAY Y LOS CASERÍOS  
 PUENTE PIEDRA Y SANTA ANA  
 Escala: 1/15,000 Datum: WGS84 Zona: 17S  
 Versión digital: Año 2024 Impreso: Diciembre 2024

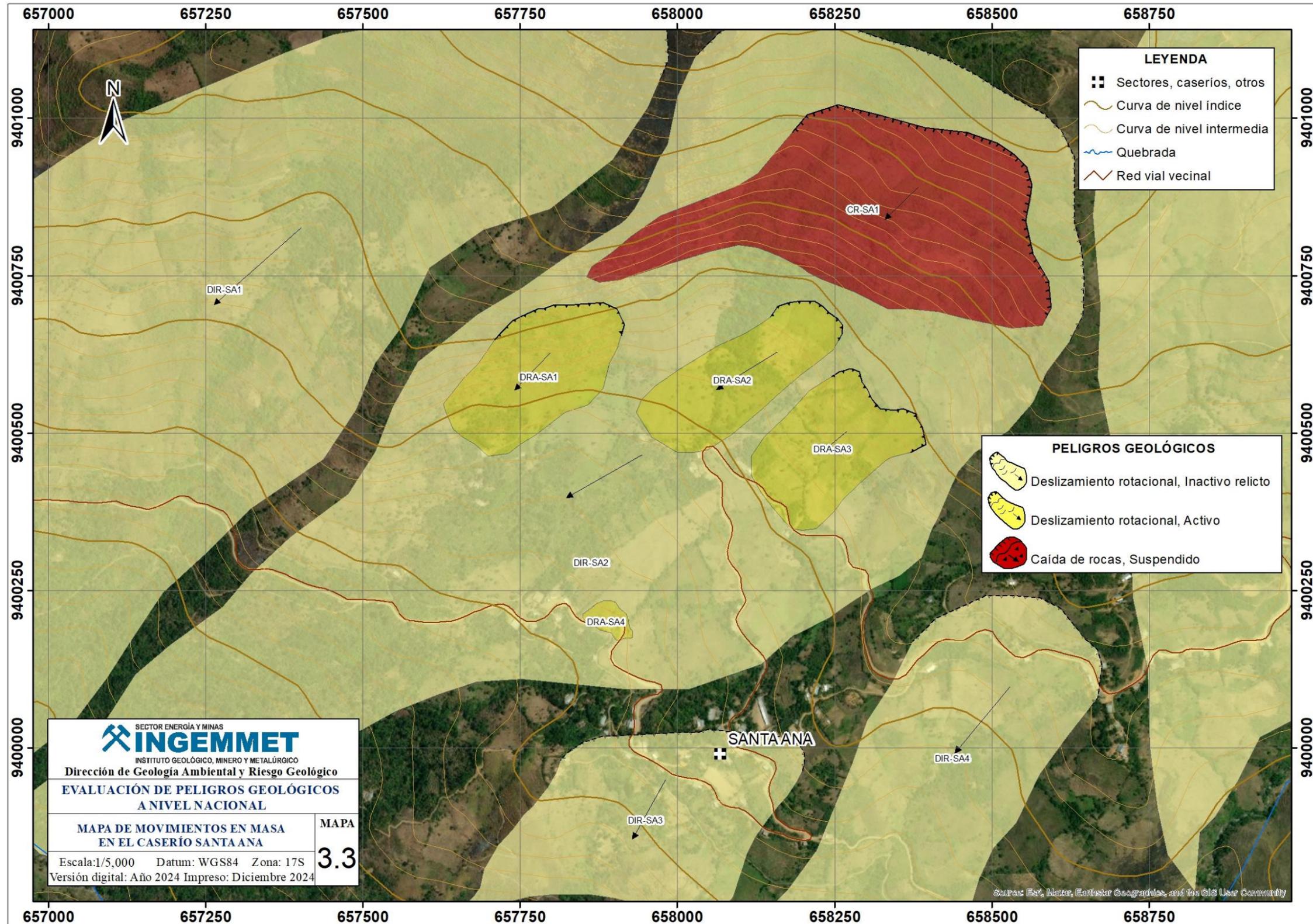
Mapa 2. Unidades geomorfológicas evaluadas en el sector Huayanay y los caseríos Puente Piedra y Santa Ana.



Mapa 3. Peligros geológicos identificados en el sector Huayanay.



Mapa 5. Peligros geológicos identificados en el caserío Puente Piedra.



Mapa 5. Peligros geológicos identificados en el caserío Santa Ana.

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

## Alternativas de prevención y mitigación

Las medidas de prevención y/o mitigación que se recomiendan a las autoridades pueden ser utilizadas en forma independiente o combinada, según las características de cada talud. Dichas técnicas dependerán de un estudio geotécnico a detalle realizado por un especialista en geotecnia.

### ESTRUCTURALES

#### Muros de contención

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones excesivas o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse para garantizar su estabilidad (Díaz, 1998).

#### Tipos de Estructura

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

#### Muros masivos rígidos

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención (figura 34).

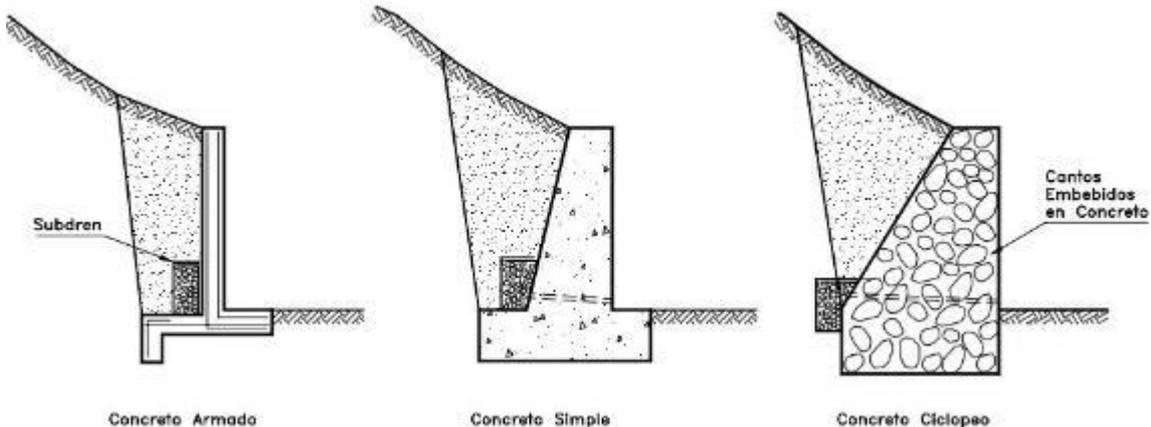


Figura 34. Esquema de muros rígidos (Díaz, 1998).

#### Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones

	curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.

## BANQUETEO O TERRACEO

Realizar terraceo del talud con el propósito de estabilizar la ladera noroeste del cerro Llantohuayco, facilitar el establecimiento de la vegetación y aumentar el factor de seguridad (figura 35). A continuación, se vierten algunas consideraciones para la implementación de esta medida:

Para el diseño 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.

Las discontinuidades deben estar 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.

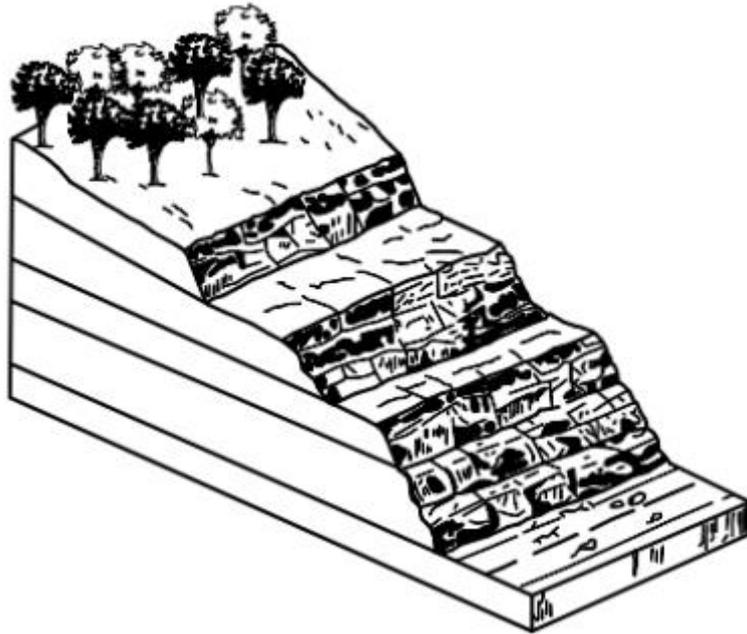
Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H: 1V, a menos que tengan una cohesión alta.

### 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.

### Elementos en riesgo

Los taludes con riesgo de vidas humanas deben tener factores de seguridad muy altos.



**Figura 35.** Terraceo en taludes en roca con estratificación subhorizontal (Suárez, 1998).

**NOTA IMPORTANTE**

El tipo y diseño de las medidas estructurales vertidas en el presente informe deben tener un estudio geotécnico a detalle, antes de ejecutarlo.