

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7500**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE PICHUTA Y ALREDEDORES

Departamento: Huancavelica  
Provincia: Castrovirreyna  
Distrito: Huachos



MAYO  
2024

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ANEXO DE PICHUTA Y ALREDEDORES

Distrito Huachos, provincia Castrovirreyna, departamento Huancavelica

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

*Equipo de investigación:*

*Norma L. Sosa Senticala  
Mauricio A. Nuñez Peredo*

## **Referencia bibliográfica**

*Sosa N. & Nuñez, M. (2024). "Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el anexo de Pichuta y alrededores". Distrito Huachos, provincia Castrovirreyna, departamento Huancavelica", informe técnico N° A7500, Ingemmet 45 p.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Objetivos del estudio .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Aspectos generales .....</b>	<b>7</b>
1.3.1. Ubicación .....	7
1.3.2. Población .....	8
1.3.3. Accesibilidad .....	8
1.3.4. Clima .....	10
1.3.5. Zonificación sísmica .....	11
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas.....</b>	<b>12</b>
2.1.1. Formación Tantará (P-tt/an) .....	12
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Pendientes del terreno .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Índice topográfico de Humedad .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3. Unidades geomorfológicas.....</b>	<b>19</b>
Vertiente coluvio-deluvial (V-cd) .....	19
Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) .....	19
Vertiente coluvial (V-co).....	19
Vertiente aluvio torrencial (P-at).....	19
3.1.1. Subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv).....	19
3.1.2. Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-ri) .....	20
3.2.1. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd):.....	21
3.2.3. Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at).....	21
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Movimientos en masa.....</b>	<b>22</b>
4.1.3. Factores condicionantes .....	32
4.1.4. Factores desencadenantes .....	33
4.1.5. Factores Antrópicos .....	33
4.1.6. Daños ocasionados por el deslizamiento de Pichuta .....	34
4.1.7. Análisis de perfil del deslizamiento .....	35
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>40</b>

<b>ANEXO 1: MAPAS.....</b>	<b>41</b>
----------------------------	-----------

## RESUMEN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

En el área de estudio afloran rocas volcánicas, compuesto por andesitas color gris oscuras, con cristales de plagioclasa y cuarzo, los cuales destacan por su pronunciado fracturamiento. El macizo rocoso se encuentra moderada a altamente meteorizada, con espaciamientos muy próximas entre sí (2 – 0.25 m) y aberturas abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.

Además, se tienen depósitos inconsolidados (coluvio-deluviales), que se encuentran en la margen izquierda del río Huachos, compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas volcánicas, de formas subangulosas a subredondeadas, con diámetros que varían entre 0.02 a 0.10 m, envueltos en matriz areno-limosa-arcillosa, producto de la meteorización de las rocas volcánicas y removidos por procesos de movimientos en masa. Se presenta filtración de agua y varios manantiales en el cuerpo del deslizamiento.

Se tienen montañas en roca volcánica, cuyas laderas tienen pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°). Este rango es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, lo que permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

Los factores condicionantes de los deslizamientos son: substrato rocoso medianamente fracturado y moderada a altamente meteorizada; presencia de suelos inconsolidados de fácil erosión y remoción; laderas con pendiente moderadas a muy fuertes. Otro condicionante es el factor antrópico, como canales de riego sin revestimiento, que saturan los suelos e inestabilizan las laderas. Como factor detonante, se tienen la ocurrencia de lluvias intensas y/o excepcionales, así como la presencia de agua subterránea.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas geohidrológicas y geodinámicas, el anexo Pichuta y alrededores, donde ocurrió la reactivación de deslizamientos se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto**, los alrededores se consideran como **peligro Moderado**. Para el anexo Pichuta se recomienda reubicación de viviendas, a lugares que no muestran problemas de movimientos en masa que le puedan afectar.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones a fin de que las autoridades competentes pongan en práctica, como realizar la **Reubicar las viviendas destruidas y afectadas por los deslizamientos**, específicamente para el anexo Pichuta, Prohibir la construcción de nuevas viviendas y otra infraestructura el, implementar un sistema de monitoreo visual, así como realizar el EVAR correspondiente.

## DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

**ACTIVIDAD:** La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o anexos de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

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

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

**AVALANCHA DE DETRITOS (debris avalanches):** Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal (Hungry et al., 2001)

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

**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. 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.

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

**EROSIÓN DE LADERAS:** Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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

**FACTOR CONDICIONANTE:** Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

**FACTOR DETONANTE:** Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

**FLUJO:** Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

**FLUJO DE DETRITOS (HUAICO):** Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

**FRACTURA:** Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

**INACTIVO:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

**INACTIVO LATENTE:** Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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

**MOVIMIENTO EN MASA:** Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

**PELIGROS GEOLÓGICOS:** Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

**SUSCEPTIBILIDAD:** Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

**TALUD:** Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

**ZONA CRÍTICA:** Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

#### **Estado de los movimientos en masa**

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

**Abandonado:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

**Latente:** Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

**Inactivo:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).



## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el oficio de la Municipalidad Distrital de Huachos, según Oficio N°070-2023-MDH-A; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el anexo de Pichuta y alrededores del distrito de Huachos.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Norma Sosa Senticala y Mauricio Nuñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, la cual se efectuó el 24 de octubre del 2023. Para los trabajos de campo se realizaron coordinaciones con la alcaldesa y personal de los anexos.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Huachos e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el anexo de Pichuta y alrededores.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

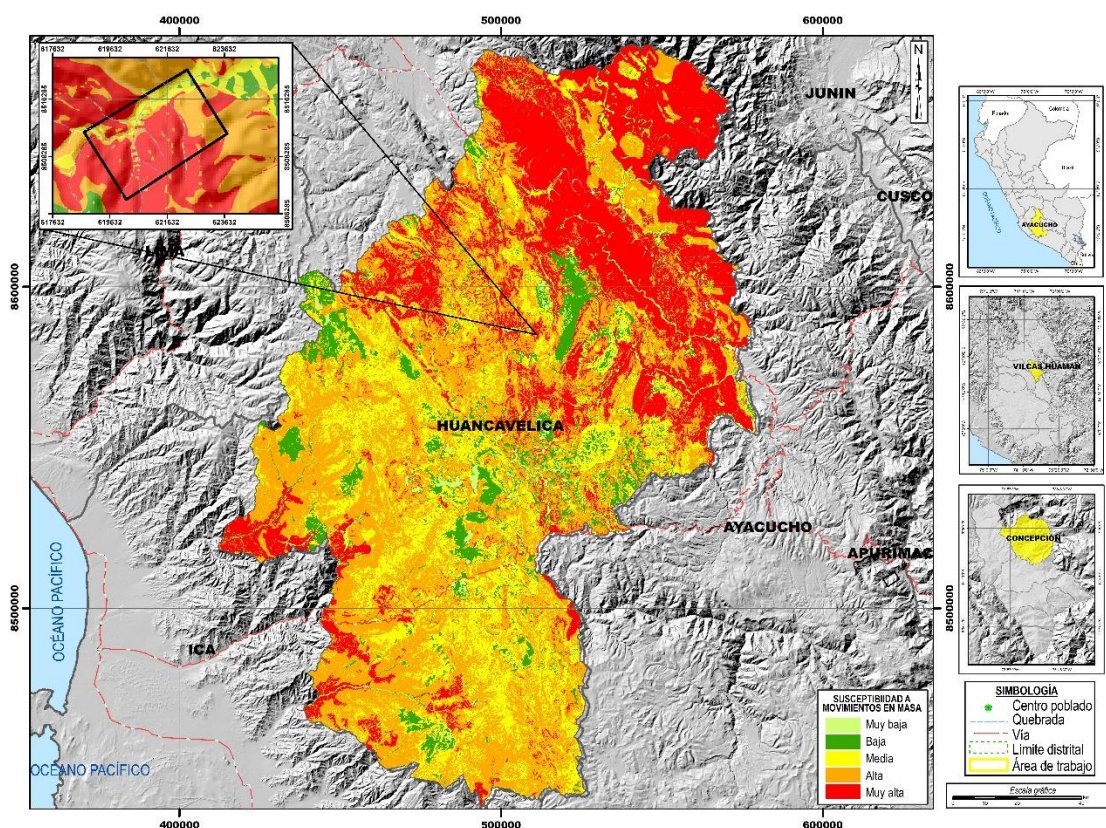
## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen anexos aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Gómez, D., Medina, L. (2009), Informe técnico “Inspección técnica de peligros geológicos en los anexos de Huachos y anexo Pichuta”, describen al deslizamiento de Pichuta, como área no era apta para construcción de viviendas y terrenos de cultivos.
- B) Boletín N°44, Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Conayca, Chincha, Tantarà y Castrovirreyna (Salazar & Landa, 1993). Describen la Formación Tantarà, a una secuencia volcánica que yace con discordancia angular sobre las unidades formacionales del Mesozoico y la Formación Casapalca e infrayacen en aparente concordancia a la secuencia volcánico sedimentaria de Sacsacero.
- C) Boletín, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tantarà (27-I) (Martínez & Cervantes). Describe las unidades litológicas, presentes en el área de estudio, corresponden a rocas volcánicas de edad Paleógeno.
- D) Boletín N° 69, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro geológico en la región Huancavelica (Vílchez et al. 2019). De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad<sup>1</sup> por movimientos en masa, a escala 1: 250 000, se evidencia que el anexo de Pichuta y alrededores se encuentran en **zonas de susceptibilidad Media a Muy Alta** (Figura 1).
- E) GEOCATMIN- “Inventario de Peligros Geológicos a Nivel nacional”, en ese portal se detalla el inventario de peligros geológicos identificado en el tiempo a nivel nacional. Dónde se identificó una ficha inventariada con el código TA-101 de un deslizamiento traslacional, ubicado a 0.2 km al SE, de la plaza de Pichuta; así como un flujo de detritos de código TAT-162, ubicado a 0.3 km al NE de la plaza, cabe mencionar que este inventario se realizó dentro de trabajo del “Estudio Riesgos Geológicos - Franjas 1,2,3,4”

---

<sup>1</sup> Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos



**Figura 1:** Susceptibilidad por movimientos en masa del anexo de Pichuta y alrededores.

**Fuente:** Vílchez et al., (2019).

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El anexo de Pichuta y alrededores se ubica en la margen izquierda del río Huachos. Políticamente pertenece al distrito Huachos, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica (Figura 2).

Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S). Tabla 1:

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

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	441415.71	8537264.52	-13.230922°	-75.540743°
2	442165.58	8537622.33	-13.227699°	-75.533814°
3	442785.19	8536432.64	-13.238471°	-75.528114°
4	442048.33	8536060.00	-13.241821°	-75.534924°
<b>COORDENADA CENTRAL DEL EVENTO PRINCIPAL</b>				
	442111.63	8536630.24	-13.236668°	-75.534332°

### 1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el anexo Pichuta presenta una población censada de 54; distribuidos en un total de 47 viviendas respectivamente.

**Tabla 2.** Distribución poblacional en la localidad de Pichuta.

Distrito	Poblado	Población		Vivienda
		Varones	Mujeres	
Huachos	Pichuta	30	24	47

Según información de los pobladores actualmente el poblado se incrementó en número de personas, haciendo un aproximado de 115 personas entre varones y mujeres; así como el de viviendas 61 viviendas.

La actividad principal el distrito de Huachos es la actividad agrícola, comercio por menor.

### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realizó por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

**Tabla 3.** Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Chíncha Alta	Asfaltada	205	3 horas, 10 min
Chíncha Alta -distrito de Huachos	Asfaltada/ Trocha	106	2 hora, 35 min
Huachos – Anexo Pichuta	Trocha	4	15 min

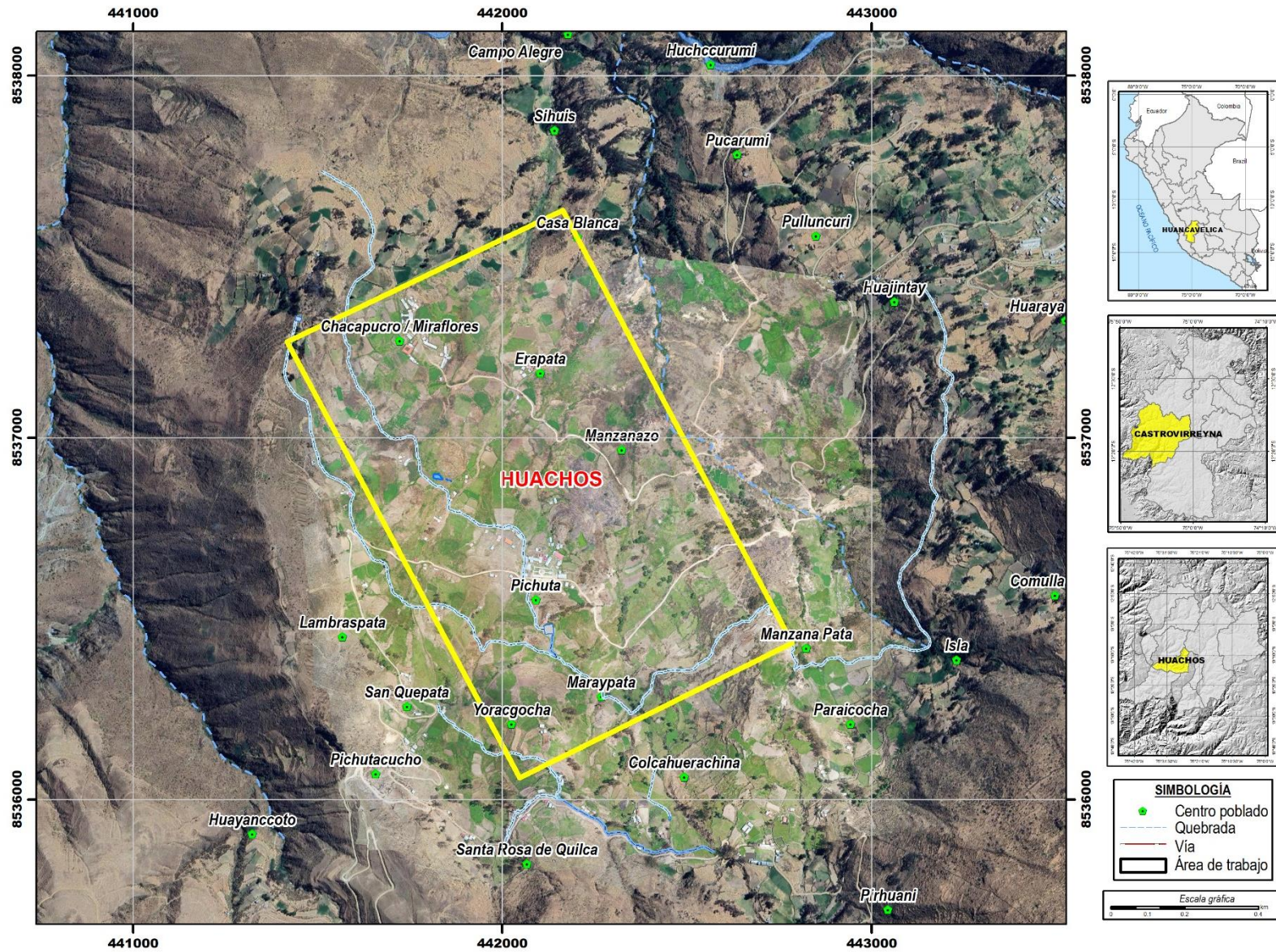
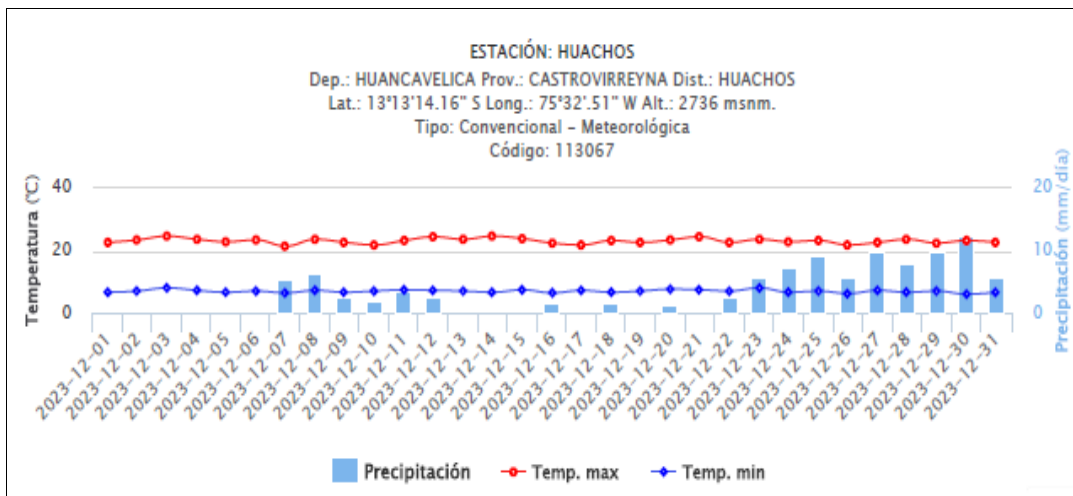


Figura 2: Ubicación del anexo de Pichuta y alrededores, (distrito Huachos, provincia de Castrovirreyna, departamento Huancavelica).

### 1.3.4. Clima

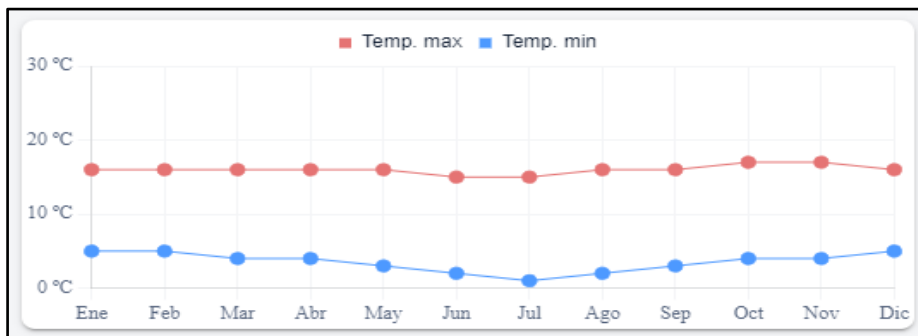
Según la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el anexo de Pichuta y alrededores presenta un clima semiseco, semifrío, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo diciembre – abril 2023 fue de 23.3 mm, (Figura 3). Cabe recalcar que las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de noviembre a abril.



**Figura 3.** Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo marzo – abril 2023 La Figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen al desarrollo de la erosión del suelo. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8574840>.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 16.0°C en verano y un mínimo de 9.0°C en invierno (Figura 4). Así mismo, presenta una humedad promedio de 74.5% durante casi todo el año (Servicio aWhere).



**Figura 4.** Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo marzo – abril 2023. La Figura permite analizar la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad. **Fuente:** Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/8574840>.

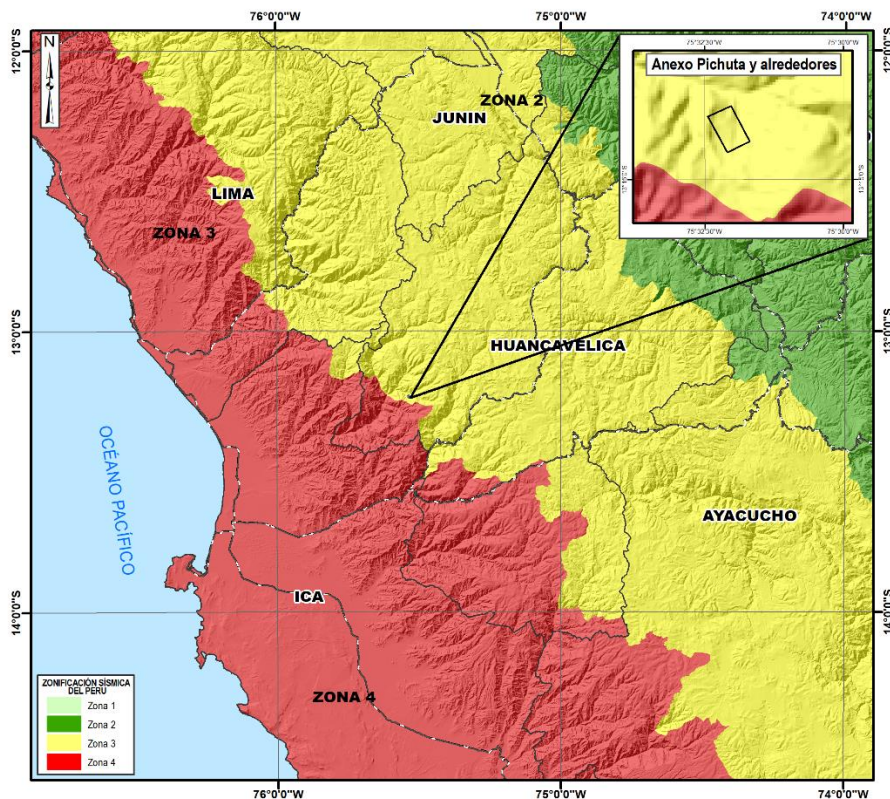
### 1.3.5. Zonificación sísmica

De acuerdo a los niveles de zonificación sísmica en el Perú (Figura 5); el área de estudio se ubica en la Zona 3 (sismicidad Alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 4. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

**Tabla 4.** Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10



**Figura 5.** Zonificación sísmica del Perú.

Fuente: Norma sismorresistente NTE 030 del MVCS (2016).

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se describe teniendo como base el mapa geológico de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantará y Castrovirreyna (Salazar & Landa, 1993) a escala 1: 100,000, así como la información contenida en la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tantará (27-I), (Martínez & Cervantes, 2003). De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son principalmente de origen volcánico, representados por la Formación Tantará; así como depósitos cuaternarios (coluvio-deluvial, coluvial, proluvial, y aluvial (Anexo 1: Mapa 01).

#### 2.1.1. Formación Tantará (P-tt/an)

Salazar (1993), escribe como una secuencia volcánica en su conjunto, en su localidad tipo, en los alrededores del distrito de Tantará, ubicado en el curso superior del río del mismo nombre o San Juan. En este trabajo subdividimos a la Formación Tantará en cuatro unidades; Ignimbritas, Brechas, Sedimentitas y Volcánitas. La Formación Tantará está compuesta por derrames andesíticos, riolacíticos y dacíticos de color gris y pardo violáceo; con textura porfirítica y a veces afaníticas

En el área evaluada, se evidenció afloramientos de roca volcánica de andesitas de color gris oscuras, con cristales de plagioclasa y cuarzo, difícil de romper con el martillo de geólogo. (Figura 6). Se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, medianamente fracturado, con espaciamientos muy próximas entre sí (2 – 0.25 m) y aberturas abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.



**Figura 6.** Vista de andesitas de color gris de la Formación Tantará, ubicada en la parte alta del anexo Pichuta, entre las coordenadas UTM 8535514 N, 442488 E. 3465 m s.n.m.



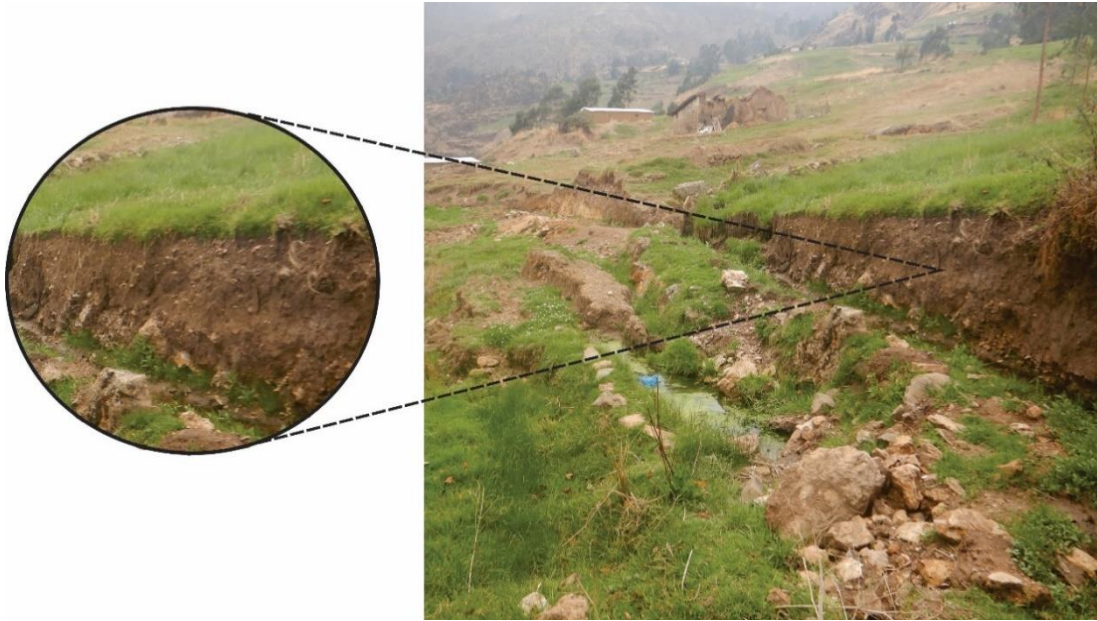


**Fotografía 1.** Estrato rocoso resenta espaciamientos próximos entre sí (2 – 0.25 m) y aberturas abiertas (1,0-4,0 mm), en bloques con diámetros hasta de 1 m.

## **2.1.2. Depósitos Cuaternarios**

### **a. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd):**

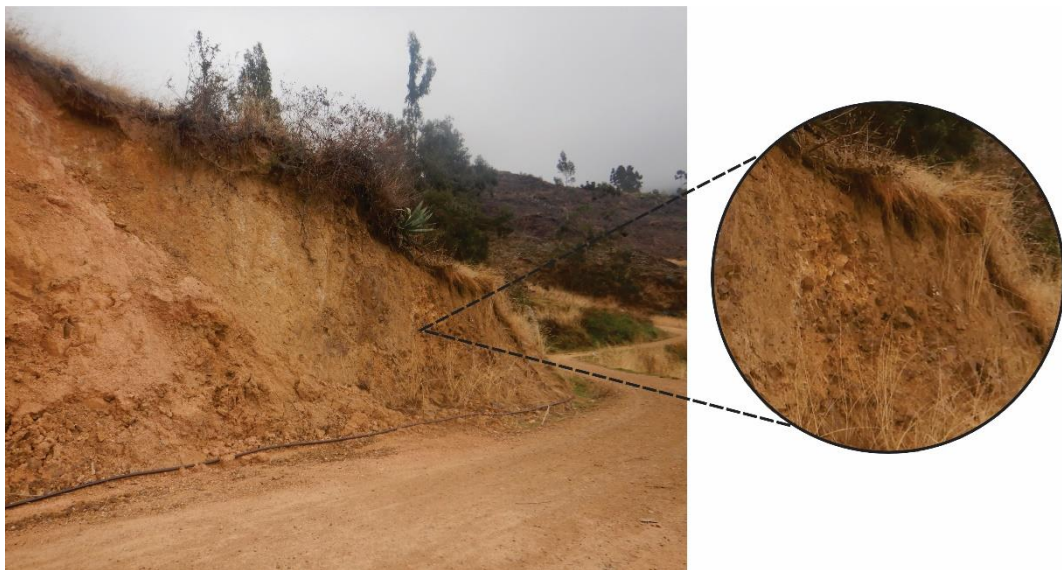
Se localizan al pie de laderas, su estructura es caótica, son transportados por acción de la gravedad y de las aguas de escorrentía. Están compuestos por fragmentos líticos de rocas volcánicas de formas subangulosos a subredondeados, con diámetros que varían entre 0.02 a 0.12 m envueltos en matriz de arcillas, limos, y arenas (Figura 7). Son producto de la meteorización de las rocas volcánicas y procesos de movimientos en masa antiguos. La reactivación, uno de factores principales es la filtración de aguas provenientes de diferentes bofedales que se presentan en el área de estudio.



**Figura 7.** Depósito compuesto por fragmentos de rocas volcánicas subangulosos a subredondeados, heterométricos y envueltos en matriz de arcillas, limos y arenas, abarcando gran parte del anexo Picuta y alrededores.

**b. Depósito coluvial (Qh-co):**

Son depósitos inconsolidados, compuestos por fragmentos de roca angulosos, heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, en forma de canchales (Figura 8). Los bloques más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Conforman taludes de reposo poco estables; se encuentran acumulados al pie de taludes escarpados; generalmente corresponde a depósitos de derrumbes, caídas de rocas y deslizamientos.



**Figura 8.** Depósito coluviales en los márgenes de la trocha carrozable de ingreso al Anexo Pichuta y alrededores, con matriz de arcillas, limos y arenas, abarcando gran parte de los poblados.

### c. Depósito proluvial (Qh-pl):

Los depósitos proluviales se originan a partir de los materiales que traen los flujos de detritos canalizados. Cuando se tiene presencia de material detrítico suelto acumulado en las laderas y cauces que conforman las quebradas, como también bofedales; que ante ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas se llegan a saturar; estos depósitos pierden estabilidad y se movilizan torrente abajo, como ejemplo tenemos en ambas márgenes del río Huachos y las quebradas adyacentes. El material que lo constituye es heterométrico y está mal clasificado, por lo general son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina (arenas y limos), permeables y medianamente consolidados.

## 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 3.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el **Anexo 1**, muestra el mapa de pendientes (mapa 2), que se ha elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS). De acuerdo a este mapa, el anexo Pichuta, se encuentra sobre laderas de montañas con pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°). Este modelamiento del terreno es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el cuadro 3:

**Tabla 5.** Rango de pendientes del terreno.

Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios, se distribuyen mínimamente en las cimas de montañas, en dirección noroeste de Pichuta. Estos terrenos presentan, procesos de erosión de ladera (especialmente cuando se presenta lluvias excepcionales).
1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos a ligeramente ondulados que se distribuyen a lo largo de planicies. Estos terrenos están sujetos a, erosiones fluviales e inundaciones de tipo fluvial y pluvial (especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño), así como e el rango anterior; esta se presenta mínimamente al noroeste de Pichuta.
5° a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente presentan buena distribución en la zona de montañas, colinas y lomadas; también, en vertientes con depósitos de deslizamientos, vertientes aluvio-torrenciales y vertientes coluvio-deluviales, dentro de este rango se asienta el Anexo Pichuta, Chacapucro, Miraflores y Erapata, principalmente en las laderas de montañas volcánicas. Estos terrenos están sujetos a deslizamientos, avalancha de detritos, derrumbes, movimientos complejos y procesos de erosión de ladera.

<b>15° a 25°</b>	Fuerte	<p>Son pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas; a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes o piedemontes, donde se registran procesos de deslizamiento, avalancha de detritos y derrumbes.</p> <p>Cabe mencionar que los anexos como Maraypata, Manzana Pata, Manzanazo, Casa Blanca y parte de Pichuta se asientan sobre este rango.</p>
<b>25° a 45°</b>	Muy Fuerte	<p>Terrenos con distribución restringida a la zona de montañas, colinas y bordes de mesetas que forman acantilados, ocupan áreas muy grandes. En este rango se generó la avalancha de detritos. se asientan sobre este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de avalancha de detritos, deslizamientos y flujos.</p>
<b>&gt;45°</b>	Muy escarpado	<p>Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas y cumbres de montañas.</p> <p>Estos terrenos están sujetos a caídas de rocas, avalancha de detritos y derrumbes se inventariaron en terrenos con pendientes abruptas. Estas se localizan al suroeste y noroeste del anexo Pichuta.</p>

**Fuente:** Ingemmet, 2019.

En las Figuras 9, se muestra el mapa de pendientes y elevaciones del anexo Pichuta y alrededores, elaborado en base al modelo de elevación digital (con 0.096 m/píxel de resolución) resultado del levantamiento fotogramétrico con dron en la zona de estudio.

A nivel general, la pendiente del terreno en el área de la avalancha de detritos, varía de 15° a > 45°, los cuales se categorizan desde moderada hasta muy escarpado (mapa 2), cabe mencionar que el centro poblado se asienta dentro de estos rangos.

### 3.2. Índice topográfico de Humedad

El índice topográfico de humedad (TWI) permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de aguas de escorrentía superficial. La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (obtenido de la fotogrametría del dron) y procesados en SAGA GIS.

Debido a eso, en la zona de la avalancha de detritos (Figura 10), se observó que la mayor cantidad de acumulación de agua discurre por la parte alta del Anexo Pichuta, con dirección al norte, producto de la presencia de manantes y los canales de riego, que discurren en varias direcciones, hasta los cuerpos de deslizamientos, lo que sugiere que en el periodo de precipitaciones pluviales se incrementa la inestabilidad, donde puede reactivarse nuevos eventos dentro del cuerpo de la avalancha de detritos antiguo. Estos eventos en dirección hacia el río Huachos.

Para los sectores de Chacapucro - Miraflores de acuerdo al índice de humedad que discurre en de menor proporción, pero esta no debe de generar el descuido en la población asentada en esos sectores, ya que el incremento de humedad podría incrementar la inestabilidad en los sectores; generando la reactivación de los eventos identificados en el sector.

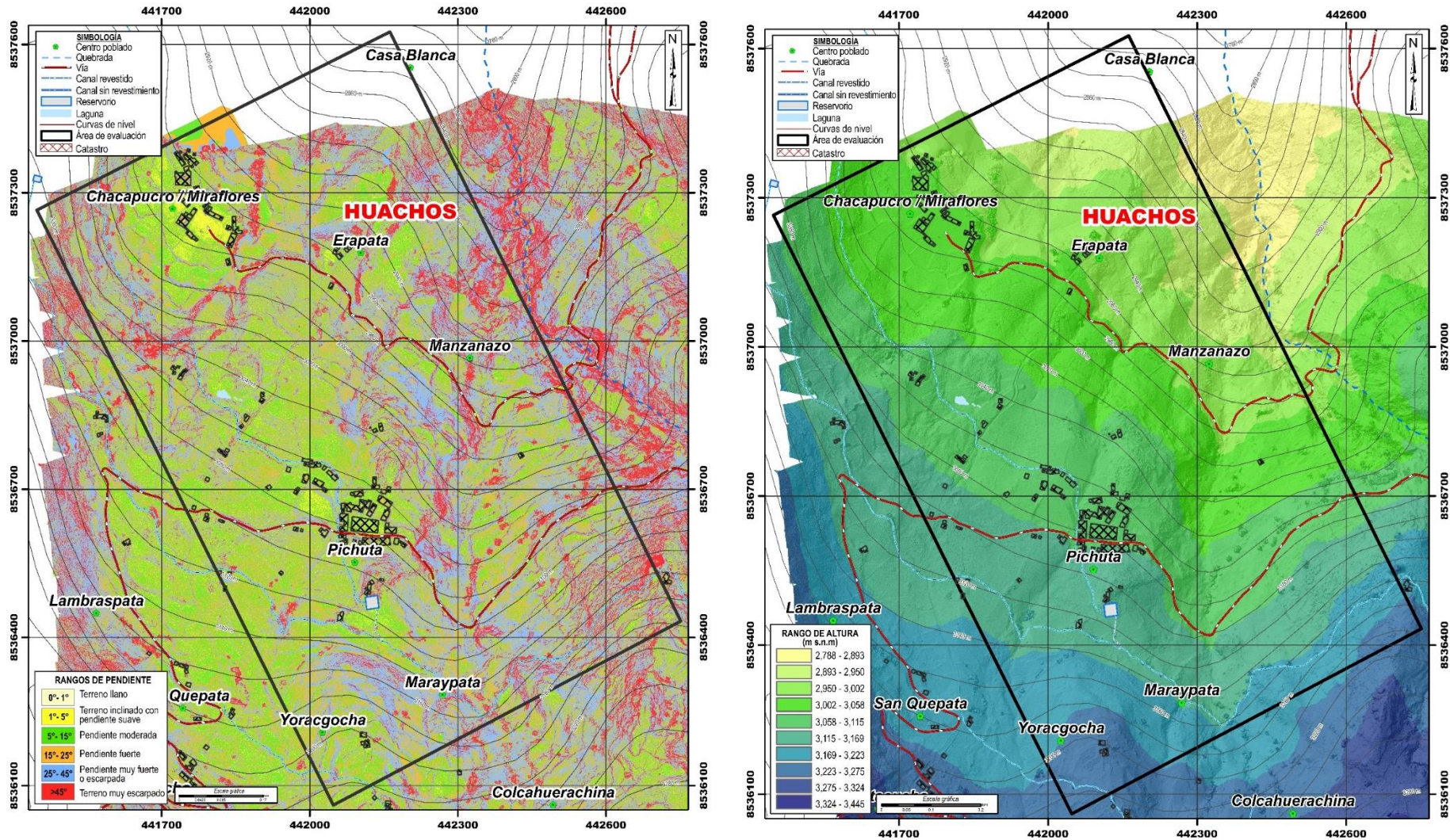


Figura 9. Pendiente del terreno (lado izquierdo) and Elevación del terreno (lado derecho) elaborado en base a la información obtenida del levantamiento fotogramétrico con dron en el anexo Pichuta y alrededores.

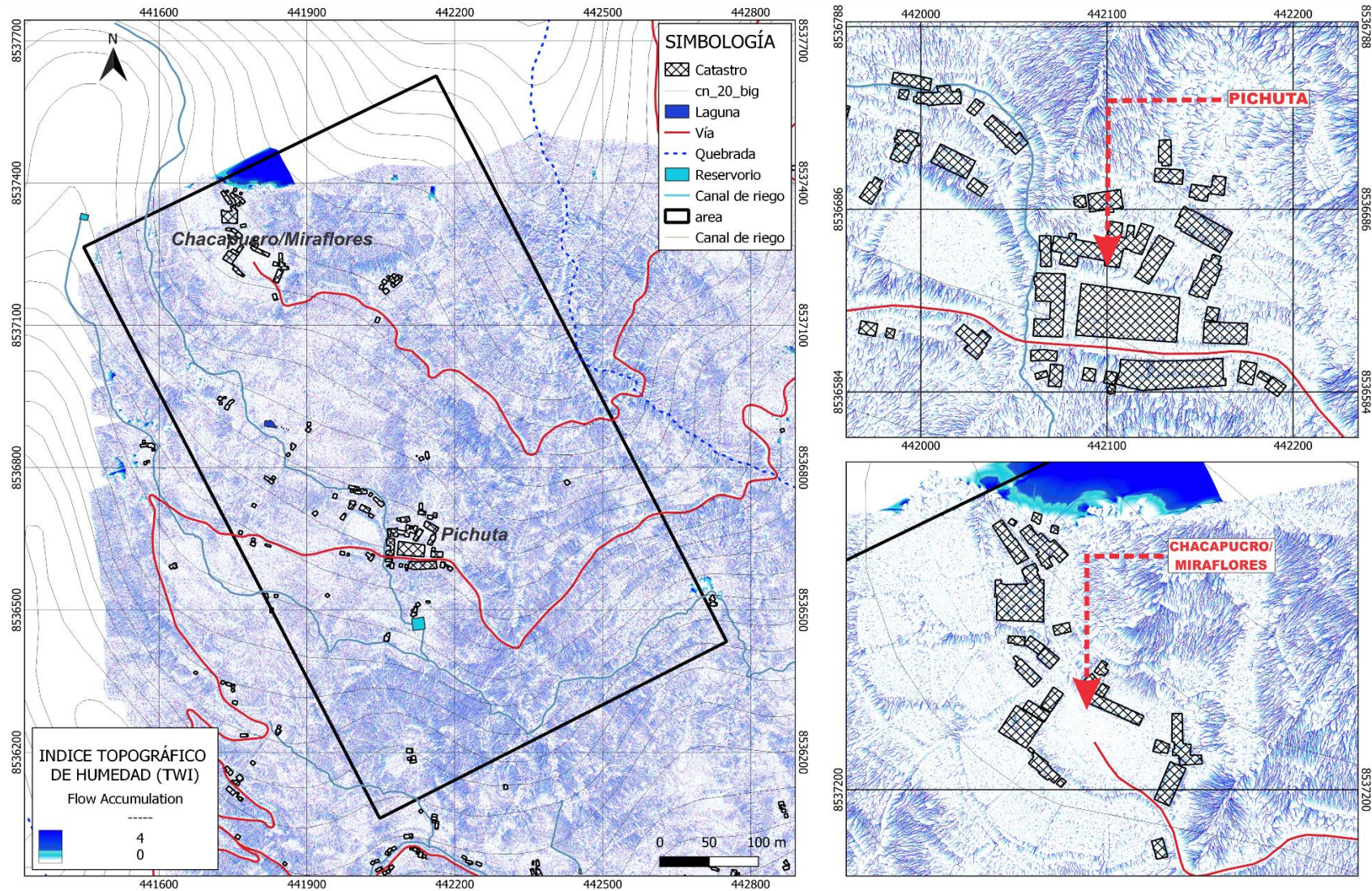


Figura 10. Mapa de la acumulación de agua (TWI) del en el anexo Pichuta y alrededores

### 3.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (**Anexo 1: Mapa 03**), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación; además se usó como referencia el mapa geomorfológico regional a escala 1: 250 000 elaborado por Ingemmet.

En la zona evaluada y alrededores se han diferenciado las siguientes geoformas (Ver Tabla 6)

**Tabla 6.** Unidades y subunidades geomorfológicas

<b>Unidades geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional</b>	
<b>Unidad</b>	<b>Subunidad</b>
Montaña	Montañas en rocas volcánicas (RM-rv)
	Montañas en rocas intrusivas (RM-ri)
<b>Unidades geomorfológicas de carácter depositacional o agradacional</b>	
<b>Unidad</b>	<b>Subunidad</b>
Vertiente	Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)
	Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)
	Vertiente coluvial (V-co)
	Vertiente aluvio torrencial (P-at)

Fuente: Elaboración propia

#### **A) Unidad de Montañas**

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual, (Villota, 2005).

##### **3.1.1. Subunidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv)**

Corresponde a las cadenas montañosas donde los procesos denudativos (fluvio-erosionales) afectaron rocas volcánicas de la Formación Tantará. Las montañas cubren parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes varían de 15° a >45°. El anexo de Pichuta, se encuentra en la margen derecha del río Huachos. (Figura 11).

Sus relieves se encuentran asociadas a avalancha de detritos, deslizamiento, derrumbes y procesos de erosión de laderas.



**Figura 11.** Vista de montaña en roca volcánica donde la pendiente del terreno entre fuerte a muy escarpadas, ubicadas en la parte alta de la quebrada Colpa Cucho.

### 3.1.2. Subunidad de montañas en rocas intrusivas (RM-ri)

Corresponde a la subunidad geomorfológica de montañas modeladas en afloramientos de rocas intrusivas de naturaleza monzogranítica, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente alta a muy alta. (Figura 12).

Por su configuración geomorfológica, se les considera susceptibles a caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas.



**Figura 12.** Vista en la parte de montaña en roca intrusiva, con pendiente del terreno entre fuerte a muy escarpada, ubicada al suroeste del anexo Pichuta.



## **B) Unidad de Vertiente**

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos ocupan grandes extensiones. Se identificó las siguientes subunidades:

### **3.2.1. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd):**

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas sedimentarias, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. Los principales agentes formadores de esta subunidad son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento, agua de escorrentía superficial y son altamente susceptibles a sufrir procesos geodinámicos como deslizamientos y derrumbes.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de limoarcillitas y andesitas con diámetros que varían de 3.5 a 9 cm, angulosos a subangulosos envueltos en matriz de limos y arcillas. Estas geoformas se encuentran ampliamente desarrolladas en las laderas de las quebradas con pendientes predominantes de muy fuerte a muy escarpado ( $25^\circ$ -  $>45^\circ$ ) y fáciles de remover.

### **3.2.2. Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados compuestos de: bolos (15%), cantos (5%), gravas (30%), arenas (25%), limos (25%), de corto a mediano recorrido.

Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Estas geoformas se observaron como cuerpos de deslizamientos antiguos depositados en las laderas superiores de la quebrada Lloclla, con pendientes van de moderada a muy fuerte ( $10^\circ$  a  $>45^\circ$ ).

### **3.2.3. Subunidad de vertiente aluvio-torrencial (P-at)**

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de las laderas, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en el área de estudio.

Esta unidad es susceptible a flujos (avalancha de detritos, huaicos) que desembocan próximos al río Huachos, así como en parte de la ladera. En los depósitos se distinguen bloques de roca con diámetro de hasta 1.5 m, producto del acarreo proveniente de la avalancha de detritos.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área de estudio se han identificado movimientos en masa tipo, avalancha de detritos, deslizamientos, flujo de detritos (huaicos), así como otros peligros tipo erosión de laderas en cárcavas (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso (afloramiento meteorizado y fracturado) y depósito de eventos antiguos. Así también, el factor antrópico contribuye en la ocurrencia de estos procesos (**anexo 1: Mapa 4**).

### 4.1. Movimientos en masa

La caracterización de estos eventos, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ; de igual modo se tomó datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.05 cm/pixel respectivamente, complementada con el análisis de imágenes satelitales.

Además de ello, los caseríos evaluados están **considerado de media a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa** (Vílchez, M. 2019):

#### 4.1.1. Avalancha de detritos

En la ladera sur del anexo Pichuta, margen izquierda del río Huachos, se observa evidencias de avalancha de detritos antiguas que abarcan un área aproximada de 510 ha. Este evento inicia a una altitud de 3985 m, teniendo un recorrido de aproximadamente 2.8 km, su corona es de forma irregular.

El cuerpo de la avalancha de detritos tiene una morfología variable - ondulado, de pendiente moderada a muy fuerte (15°- 45°) en promedio, lo que facilitó el asentamiento del anexo Pichuta y otros poblados, así como desarrollo de terrenos de cultivo (Figura 13).

##### 4.1.1.1. Características visuales del evento

- Estado de la actividad del movimiento: Inactivo-abandonado
- Forma de la escarpa principal: Semicircular
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Altura de arranque: 118 m.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 80 m, con dirección norte.
- Desnivel entre escarpa y pie: 2814 m.
- Ancho del cuerpo de la avalancha de detritos, varía entre 1740 a 275 m.

La constante escorrentía superficial sobre el cuerpo antiguo del depósito de la avalancha, han producido deslizamiento, flujos, derrumbes y procesos de erosión, que se describe a detalle en el ítem 4.1.2.

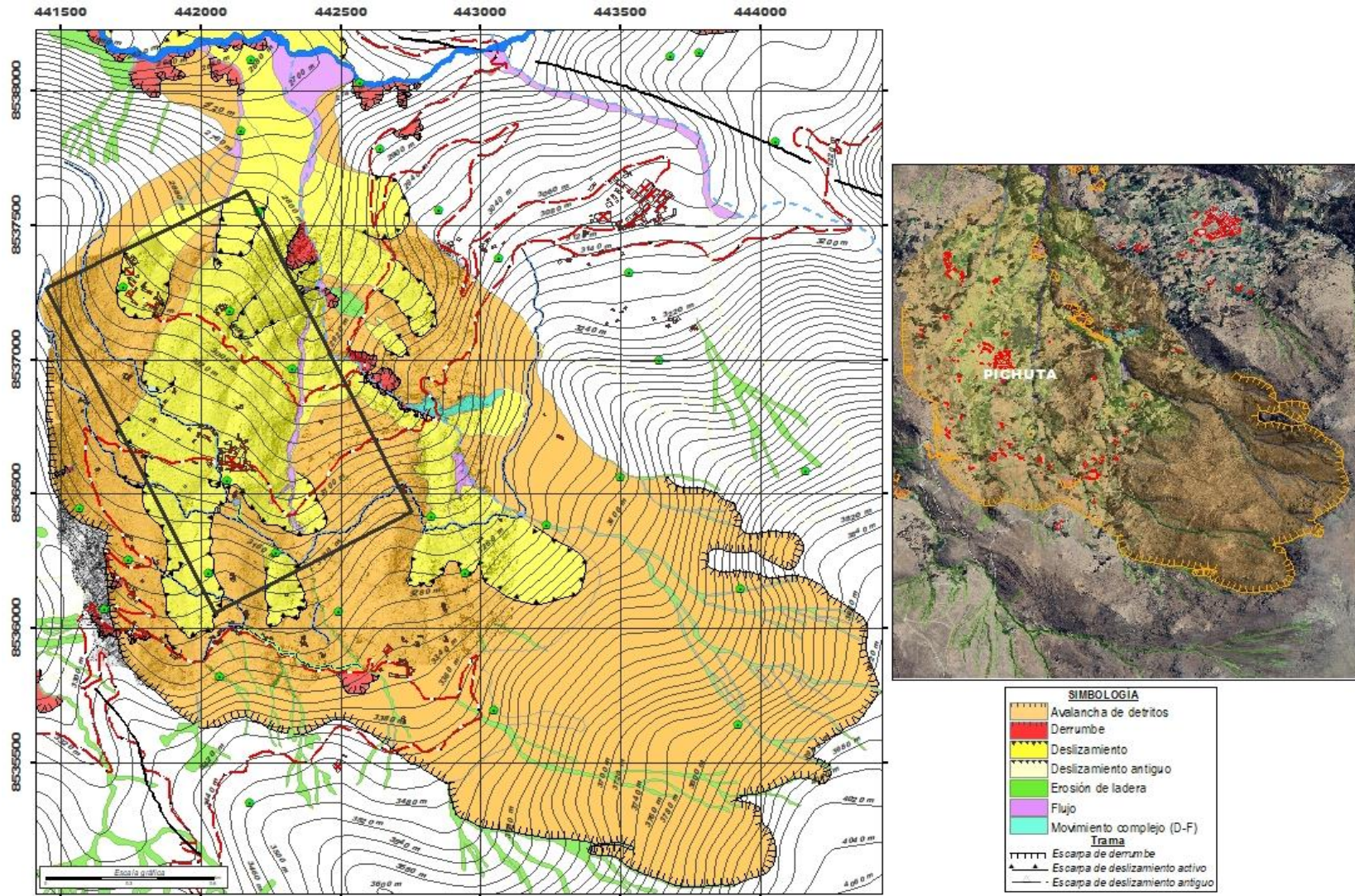


Figura 13. Vista de la avalancha de detritos delimitado de color anaranjado, ubicado al sur y sur este del anexo de Pichuta.

#### 4.1.2. Deslizamientos activos

Según Gómez & Medina, (2009), describen al deslizamiento de Pichuta, como área no apta para construcción de viviendas y terrenos de cultivos.

En el anexo Pichuta se ha identificado deslizamientos activos, (Figura 14), en la parte alta del poblado a 0.7 km de la plaza de Pichuta, estos movimientos corresponden a masas deslizadas que se suscitaron en el pasado y en la actualidad mantienen las condiciones que los han generado; los cuales han comprometido suelos de naturaleza coluvio-deluvial y la porción superficial y fracturada del substrato rocoso conformada por andesitas altamente meteorizadas de la Formación Tantará.

El terreno sobre el cual se asienta el anexo Pichuta, está conformado por un evento de considerable magnitud, cuenta con un escarpe principal y varias reactivaciones a lo largo del tiempo y en cuyos depósitos actualmente se viene desarrollado actividades de poblacional y cultivo.

En el área de trabajo se identificaron cuatro deslizamientos representativos, los cuales se detallan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Ubicación de los deslizamientos identificados en el área evaluada.

TIPO DE PELIGRO	ACTIVIDAD	CODIGO	COORDENADAS	
			Norte	Este
Deslizamiento rotacional	Activo	D(a)1	8535993	441990
	Activo	D(a)2	8537079	442121
	Activo	D(a)3	8537167	441749
	Activo	D(a)4	8537397	442108

El principal deslizamiento es **D(a)1**, se ubica al sur - suroeste, presenta una corona de forma semicircular y elongada, con una longitud de 2190 m, ubicada entre las coordenadas UTM N 8535965, E 441965, con una cota de 3223 m s.n.m (Figura 15), con saltos de hasta 1 m, el cual se inició el 2007, después del terremoto del 15 de agosto; según versiones de algunos pobladores.

Abarca un área aproximada de 91 ha, representando un peligro activo y latente, ya que sobre el deslizamiento se asienta Pichuta. la cual se movilizó sobre una superficie de falla rotacional, cuyo vector de desplazamiento presenta una dirección preferente al norte y noreste (en dirección al río Huachos).

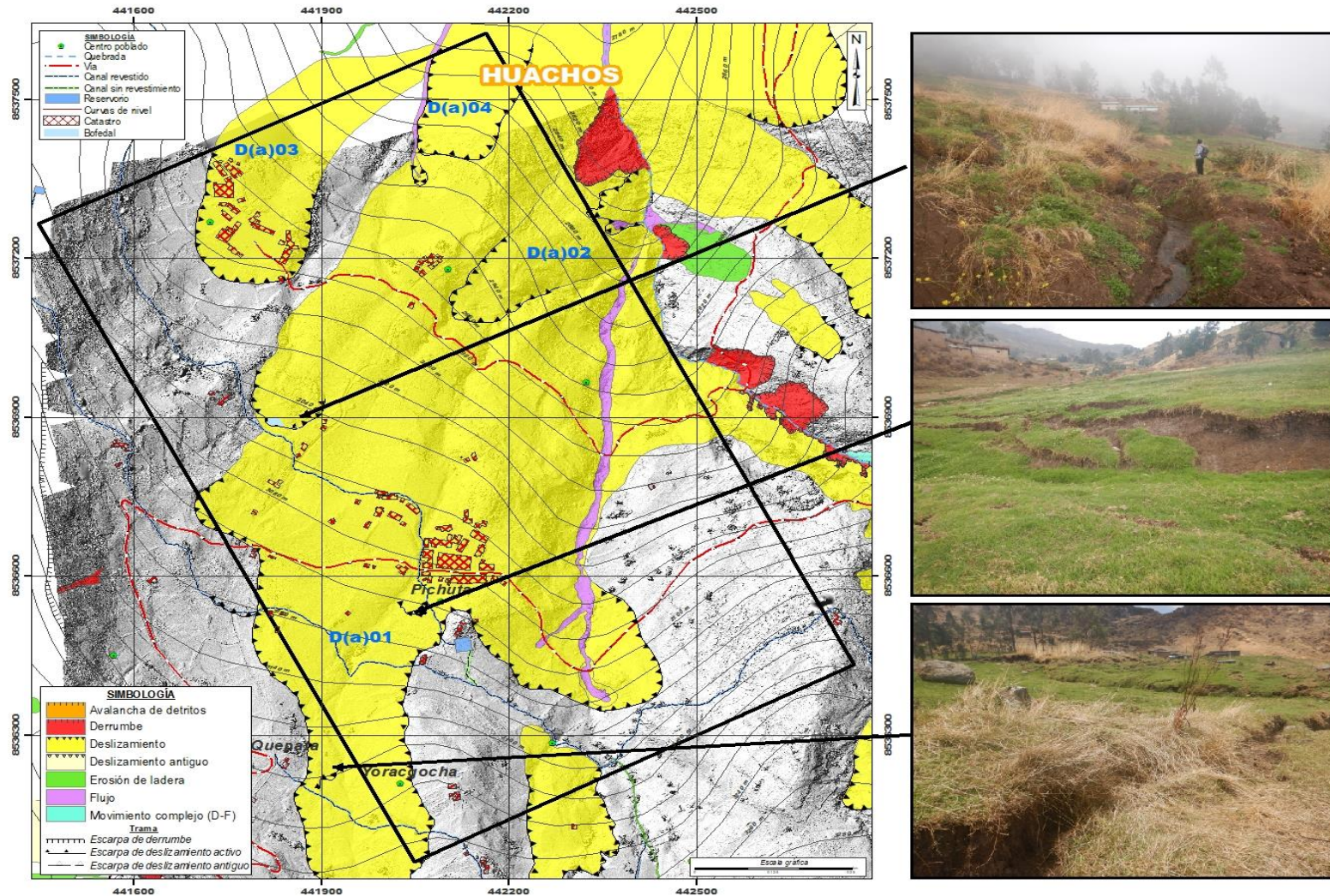
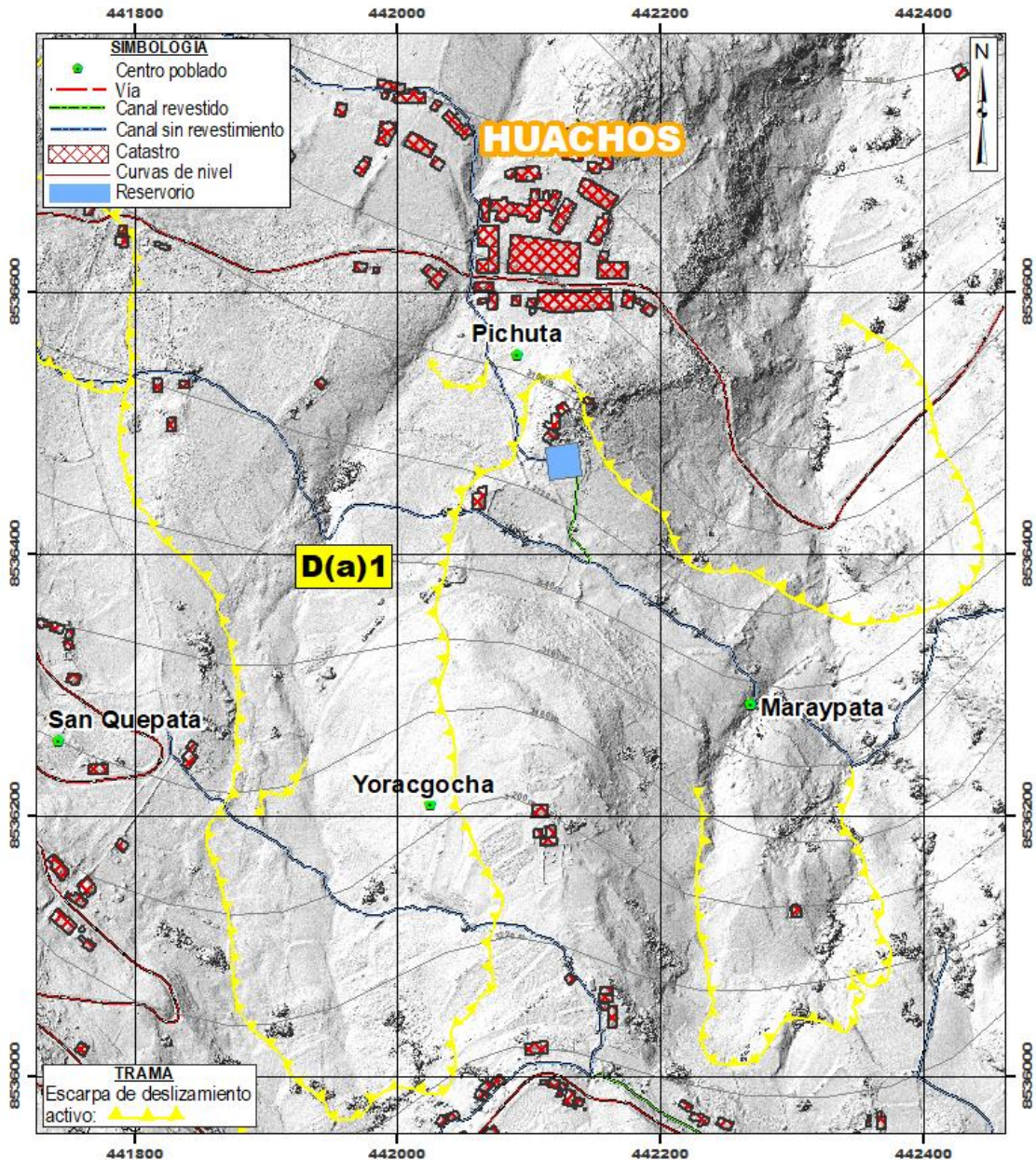


Figura 15. Vista de los deslizamientos ubicados en el área de estudio, delimitado con color amarillo; cabe mencionar que algunos poblados se asientan sobre estas.



**Figura 15.** Vista de las escarpas de los deslizamientos ubicados en la parte alta de Pichuta.

Se trata de un deslizamiento, presenta las siguientes características por una escarpa principal con longitud de 2190 m. el deslizamiento involucró depósitos coluvio-deluviales provenientes de un movimiento antiguo (avalancha de detritos), presenta las siguientes características:

#### 4.1.2.1. Características visuales del evento

- Estado de la actividad del movimiento: Activo
- Forma de la escarpa principal: Semicircular
- Superficie de rotura: Elongada, irregular.
- Altura de arranque: 1m a 2.5 m.
- Salto de la escarpa, comprendido entre 1 m, con dirección norte.
- Desnivel entre escarpa y pie: 2190 m.
- Ancho del cuerpo del deslizamiento, varía entre 640 a 210 m.

- Presenta emanación de aguas subterráneas (puquiales) en el cuerpo del deslizamiento.
- Tipo de avance: Retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).

se ubicó cuatro sectores donde se observa pequeños bofedales de hasta 4 m de longitud y 2.4 m de ancho. (Figura 16), las cuales en temporadas de lluvias tienden a incrementar de tamaño, según indican los lugareños. Se observo pequeño reservorio en el cuerpo del deslizamiento, el cual está sobrepasando su capacidad, como se observa en la fotografía 2, la misma que se discurre por gravedad, así mismo. Se evidencio que el suelo en estos puntos y alrededores, se asientan fácilmente con el pasea peatonal lo cual, también genera preocupación por el pastoreo de animales.



**Fotografía 2.** Vista de reservorio sobrecargados, que generan escurrimiento de agua en dirección norte.



**Figura 16.** Se identificaron bofedales en el cuerpo de los deslizamientos, las mismas que aceleran el proceso de saturación.

En la plataforma principal de Pichuta se observa asentamientos de 0.10 m a 0.45 m, ubicado entre las coordenadas UTM N 8536623, E 442107, con una cota de 3091 m s.n.m. (Figura 17), el mismo que se inició hace más de diez años, según indican los pobladores, cabe mencionar que la afectación de la plataforma de concreto se evidencio en los últimos años, lo cual está generando preocupación en los pobladores.

Así mismo se evidencio que la institución educativo primario N° 22097 Pichuta, en el terreno presenta agrietamientos de 0.20 m de ancho, con profundidades de 0.10 a 0.18 m; con longitudes de hasta 2.5 m, (Figura 18), en dos ambientes, actualmente utilizados como almacenes. Ubicadas entre las coordenadas UTM N 8536592, E 442129, también se observa que vereda Según información de los docentes actualmente cuentan con dos módulos para la continuidad de labores escolares. Estas se encuentran instaladas a un costado de la posta medica del anexo.

También se observó a la institución educativo inicial N°366 Pichuta, viene siendo afectada por agrietamientos en sus ambientes, como también en su patio de juegos como se observa en la figura 19, cabe mencionar que estos ambientes siguen siendo utilizadas por los alumnos, esta se ubica entre las coordenadas UTM N 8536301, E 442109, con cota de 3095 m s.n.m.



**Figura 17.** Vista de la plataforma del anexo Pichuta, se evidencio asentamiento en uno de los extremos de la plataforma de concreto, el cual es la continuidad de grietas que se desplaza desde las instituciones educativas.





**Figura 18.** Se observa institución educativo primario N° 22097 Pichuta, con grietas en los pisos y paredes, también se observó que la estructura de una ventana esta inclinando producto del empuje del suelo; así como afectación en la vereda del frontis.



**Figura 19.** Vista de la Institución Educativo Inicial N°366 Pichuta, presenta afectación principal en su patio de juegos, presentan agrietamientos de 0.08 m de ancho con profundidades visibles de 0.05 m y longitudes de 4 m.

El deslizamiento **D(a)2**, se ubica a 460 m del anexo Pichuta, en dirección noreste hacia la quebrada Colpa Cucho, presenta una corona semicircular con longitud de escarpa de 280 m, ubicada entre las coordenadas UTM N 8537079, E 442121 cota 2974 m s.n.m (Figura 20). Se evidencian saltos de 0.60 m a 0.25 m. dentro del cuerpo de este deslizamiento se desarrollan cultivos, Cabe mencionar que a 40 m de la escarpa se ubican ocho viviendas y a 8 m se ubica la vía de acceso al anexo Pichuta.

Se evidencian que en el cuerpo del deslizamiento la existencia de un bofedal de 29 m. de ancho y 35 m de longitud, el cual genera la saturación del suelo, producto de las aguas empozadas en este sector, este deslizamiento tiene un proceso retrogresivo, debido a la existencia de pequeñas grietas encima de la corona.

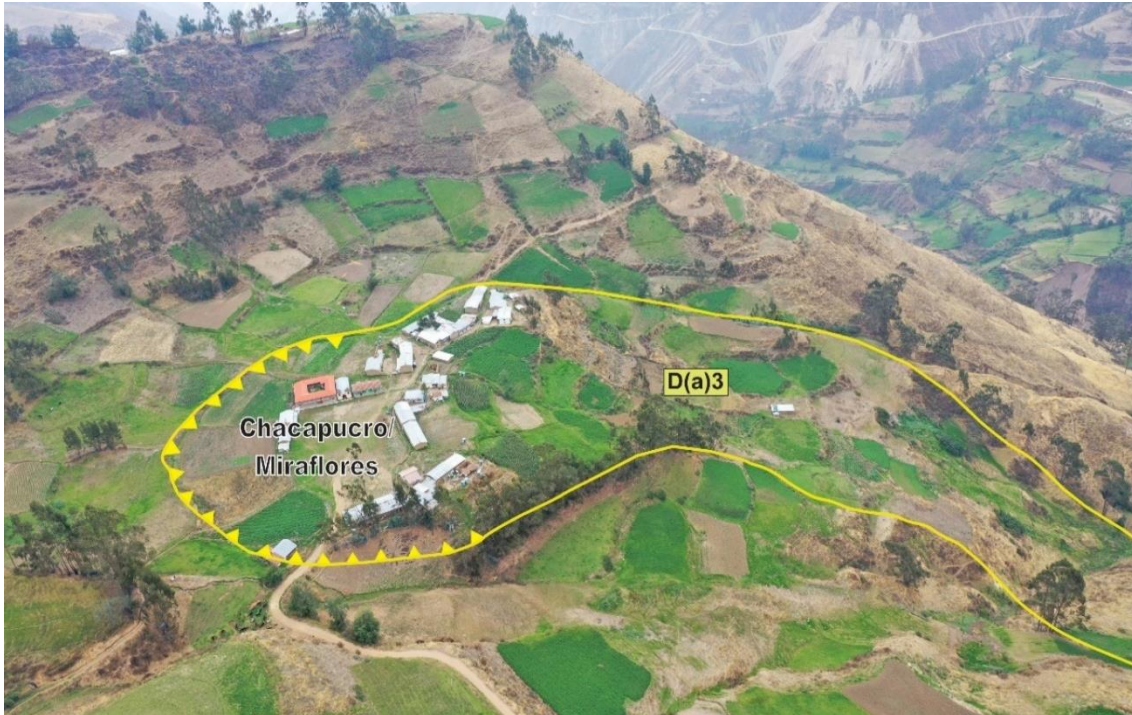


**Figura 20.** Vista con dirección noreste desde la plaza de Pichuta, donde se aprecia el deslizamiento de tipo rotacional próximos a la quebrada Colpa cucho.

Para el deslizamiento **D(a)3**, se ubica a 650 m al noroeste de Pichuta, donde se asientan los anexos de Chacapuquio/Miraflores, presenta una corona semicircular con una longitud de escarpa de 430 m, ubicada entre las coordenadas UTM N 8537167, E 441749, cota de 2999 m s.n.m (Figura 21). Se evidencian saltos de 0.75 m a 0.20 m. dentro del cuerpo de este deslizamiento se asientan 30 viviendas aproximadamente.

Se observó que la población está desarrollando cultivos muy próximos a las viviendas, con riego por inundación el cual aporta más en el proceso de saturación al suelo, que conlleva a la inestabilidad del terreno.

El deslizamiento **D(a)4**, se ubica a 350 m. al noreste de los anexos de Chacapuquio/Miraflores, presenta una corona elongada con una longitud de 207 m. ubicada entre las coordenadas UTM N 8537397, E 442108, con una cota de 2899 m s.n.m (Figura 22). Se evidencia saltos de 0.65 a 0.15 m. en algunas áreas del cuerpo del deslizamiento rotacional se desarrollan cultivos.



**Figura 21.** Vista con dirección noroeste de Pichuta, donde se aprecia un deslizamiento de tipo rotacional, donde se asientan los anexos de Chacapuquio/Miraflores.



**Figura 22.** Vista con dirección al norte de Pichuta, en la margen izquierda de río Huachos.

Así mismo se observó canales de riego, dentro del cuerpo de los deslizamientos; algunos de estos presentan revestimiento, pero en algunos puntos se observaron en mal estado y otros canales no presentan revestimiento lo cual estaría aportando a la saturación del suelo. (Figura 23), los mismos que en temporadas de lluvia están incrementan su capacidad.



**Figura 23.** Vista de canales de riego, se identificaron algunas con revestimiento y otras no cuentan con revestimiento.

#### 4.1.3. Factores condicionantes

Se detalla los principales factores que podrían condicionar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros, los cuales se detallan en la tabla 8, el cual se detalla a continuación:

**Tabla 8.** Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
<p><b>Litológico-estructural</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrato rocoso está compuesto de andesitas, color gris oscuras, con cristales de plagioclasa y cuarzo. Se encuentra moderadamente a altamente meteorizada, lo que permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas; medianamente fracturado con espaciamentos muy próximas entre sí (2 – 0.25 m) y aperturas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.</li> <li>• Suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), desarrolladas en la margen izquierda del río Huachos, compuestas principalmente por fragmentos líticos de rocas volcánicas, subangulosos a subredondeados con diámetros que varían entre 0.02 a 0.10 m envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas, producto de la meteorización de las rocas volcánicas y removidos por procesos de movimientos</li> </ul>

	en masa antiguos y la filtración de aguas provenientes de los diferentes ojos de agua que se presentan en el área de estudio.
<b>Geomorfológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El anexo Pichuta, se localizan en laderas de montañas en roca volcánica cuyos rangos de pendientes van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (&gt; 45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre lo que permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.</li> </ul>
<b>Hidrogeológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de ojos de aguas o puquiales, que indica la presencia de aguas subterráneas.</li> </ul>

#### 4.1.4. Factores desencadenantes

Se detalla los principales factores que podrían desencadenar la ocurrencia de peligros geológicos y otros peligros, los cuales se detallan en la tabla 9, el cual se detalla a continuación:

**Tabla 9.** Factores desencadenantes por movimientos en masa.

<b>FACTORES</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>Precipitaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril.</li> </ul>
<b>Sismos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva &amp; Meneses, 1984), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.</li> </ul>

#### 4.1.5. Factores Antrópicos

El factor antrópico se detalla en la tabla 10:

**Tabla 10.** Factores desencadenantes por movimientos en masa.

<b>FACTORES</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>Ocupación y actividad inadecuada del suelo por el hombre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canales de riego que atraviesan por la parte alta y media de los deslizamientos, algunos presentan revestimiento y otros no; lo que está aportando con la saturación de terreno.</li> <li>Riego desmedido del terreno (cultivos de papa, durazno, melocotón, alfalfa entre otros) cultivos que necesitan abundante agua.</li> <li>Reservorio sin revestimiento, capacidad insuficiente, que ayuda con la saturación del terreno.</li> </ul>

#### 4.1.6. Daños ocasionados por el deslizamiento de Pichuta

- Viviendas destruidas (4)
- Viviendas afectadas (14)
- Institución educativa primaria e inicial afectada.
- Local comunal destruido (1)
- Plataforma de la plazuela de Pichuta afectada
- Postes de tendido eléctrico (3)
- Terrenos de cultivo (100 ha aprox.)
- Vías de acceso a Pichuta 6 m.
- Canal de regadío destruido 15 m. (Figura 23)
- Canal de regadío afectado (60 m)
- Iglesia afectada



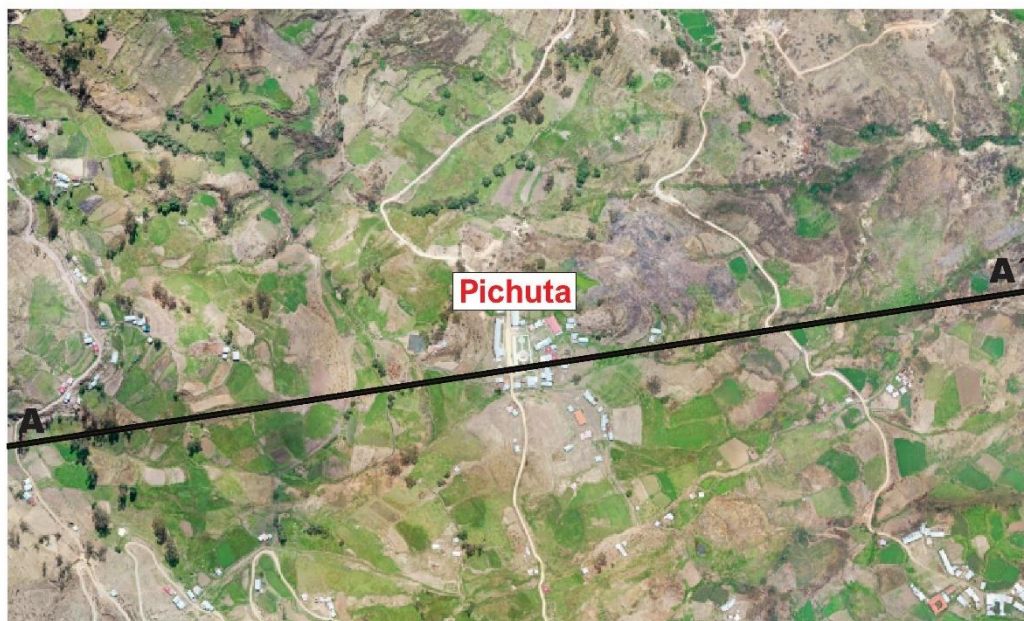
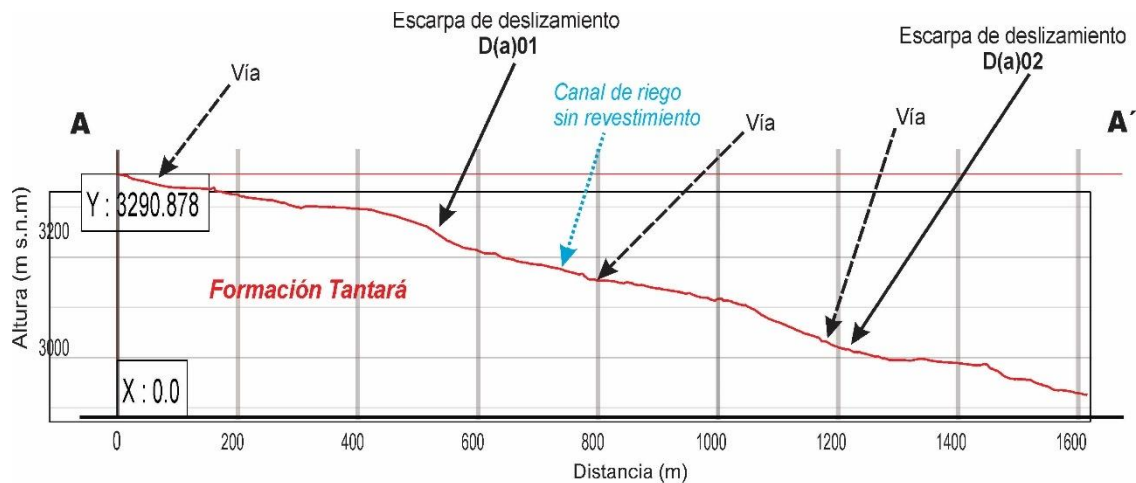
**Figura 24.** Vista de la imagen del 2009 donde se observa infraestructura afectada; presentaba grietas próximas a la ventana (Imagen extraída del informe técnico, Gómez, 2009, elaborado Ingemmet), imagen del 2023 infraestructura destruida, se evidencio grietas en las paredes y piso, actualmente la infraestructura es utilizada como depósito, el cual expone a las personas que ingresan a esa construcción.

#### 4.1.7. Análisis de perfil del deslizamiento

Tomando como base el levantamiento fotogramétrico con “dron” se generó el Modelo Digital de Terreno (MDT) y se elaboró un perfil transversal (Figura 25) con el objetivo de caracterizar la morfometría de los deslizamientos reactivados con dirección de desplazamiento NE - SW, el cual se describe a continuación:

El perfil A-A', corte con dirección SW-NE, muestran gráficamente el cuerpo de los deslizamientos de tipo rotacional, el cual tuvo como zona de inicio la parte alta de la ladera, para después emplazarse por el anexo Pichuta y alrededores (zona de recorrido), para finalmente depositarse en la parte baja de la ladera, con un espesor de 8 m. aproximadamente.

Además, se muestra la corona, y la superficie de arranque de los deslizamientos, cabe mencionar que los deslizamientos se depositaron sobre un depósito antiguo de avalancha de detritos.



**Figura 25.** Perfiles transversales A-A' con dirección SW - NE, sobre el modelo (MDT), se muestra el perfil de los deslizamientos reactivados en los últimos años, se muestra la zona de inicio, el recorrido de la masa y su depósito.

## 5. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- 1) En el área de estudio afloran rocas volcánicas, compuesto por andesitas color gris oscuras, con cristales de plagioclasa y cuarzo, los cuales destacan por su pronunciado fracturamiento. El macizo rocoso se encuentra moderada a altamente meteorizada, con espaciamentos muy próximas entre sí (2 – 0.25 m) y aberturas abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.
- 2) Se tienen montañas en roca volcánica, cuyas laderas tienen pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°). Este rango es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, lo que permite que el material suelto disponible se erosione y remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.
- 3) La ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa en el anexo Pichuta y alrededores, está condicionado por los siguientes factores:
  - Substrato rocoso compuesto de lavas andesíticas que se encuentran moderadamente a altamente meteorizadas; poco a medianamente fracturado, con espaciamentos muy próximas entre sí (2 – 0.25 m) y abiertas (1,0-4,0 mm), que llegan a formar esporádicamente bloques con diámetros hasta de 1 m.
  - Presencia de suelos inconsolidados, principalmente formados por depósitos coluvio-deluviales, proluviales y fluviales.
  - Laderas con pendientes que van desde moderado (5° a 15°) a muy escarpado (> 45°).
  - Importante saturación del terreno, debido a las precipitaciones y al riego por inundación.
- 4) El febrero del 2023 se reactivaron los deslizamientos en el anexo Pichuta. Estos fueron de tipo rotacional. El deslizamiento principal presentó una escarpa semicircular de 2190 m., el ancho varía entre 640 a 210 m., con saltos de 1 m, y con un desnivel entre escarpa y pie de 2190 m. Estos poseen un avance retrogresivo (por las grietas encontradas en la parte posterior del escarpe principal).
- 5) El factor desencadenante para la ocurrencia de movimientos en masa en el anexo de Pichuta y alrededores, corresponde a lluvias excepcionales como las registradas en los meses de marzo – abril 2023 (ejemplo, umbrales de 23.3 mm por día) y la actividad antrópica (canales de riego sin revestimiento) riego indiscriminado,
- 6) El evento está generando los siguientes daños: (4) viviendas destruidas, (14) viviendas afectadas, (2) instituciones educativas afectadas, (1) local comunal



destruido, (1) plataforma de la plazuela de Pichuta afectada, (3) postes de tendido eléctrico, (100 ha) terrenos de cultivo, (6 m) vía, (15 m) canal de regadío destruido, (60 m) canal de regadío afectado y 1 iglesia afectada.

- 7) En el anexo Pichuta donde ocurrió la reactivación de deslizamientos se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto**, los alrededores se consideran como **peligro Moderado**. Para el anexo Pichuta se recomienda reubicación de viviendas, a lugares que no muestran problemas de movimientos en masa que le puedan afectar.

## 6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

### Anexo Pichuta

- 1) **Implementar el reasentamiento (reubicación) de las viviendas destruidas y afectadas por los deslizamientos.**
- 2) Prohibir la construcción de nuevas viviendas u otra infraestructura, en el área de ocurrencia de los deslizamientos activos.
- 3) Implementar un sistema de drenaje, a fin de evacuar el agua acumulada en los bofedales y en el sub suelo, con la finalidad que el deslizamiento no siga incrementado su actividad y afecte viviendas, vías de comunicación y cultivos. Trabajo que tiene que ser realizado por especialistas, de no tomarse las medidas correctivas, es probable que las viviendas asentadas en el cuerpo del deslizamiento sean afectadas por futuras reactivaciones.
- 4) Reforestar el área con plantas nativas con el fin de mitigar los deslizamientos, para evitar afectaciones en viviendas, vías de comunicación, terrenos de cultivos entre otras infraestructuras., trabajo que tiene que ser realizado por especialistas.
- 5) Implementar el revestimiento de todos los canales de agua utilizados para la actividad agrícola. Los mismos deben tener limpieza y mantenimiento anual mínimamente, para evitar obstrucciones y fugas.
- 6) Restringir el acceso de personas y animales a la zona de los deslizamientos activos, señalar con letreros de prevención.
- 7) Evitar el riego por inundación, con el objetivo de evitar la saturación de suelo
- 8) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), en las temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales, para informar a la población involucrada, para que puedan evacuar las zonas que resulten afectadas.
- 9) Realizar la “Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales (EVAR)”, en la zona afectada y aledaña, así como también en las zonas propuesta para la reubicación.

### Para los alrededores

- 1) Implementar un sistema de drenaje, a fin de evacuar el agua acumulada en los bofedales y en el sub suelo, con la finalidad que el deslizamiento no siga incrementado su actividad y afecte viviendas, vías de comunicación y cultivos. Trabajo que tiene que ser realizado por especialistas, de no tomarse las medidas

correctivas, es probable que las viviendas asentadas en el cuerpo del deslizamiento sean afectadas por futuras reactivaciones.

- 2) Reforestar el área con plantas nativas con el fin de mitigar los deslizamientos, para evitar afectaciones en viviendas, vías de comunicación, terrenos de cultivos entre otras infraestructuras., trabajo que tiene que ser realizado por especialistas.
- 3) Evitar el riego por inundación, con el objetivo de evitar la saturación de suelo.
- 4) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), en las temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales, para informar a la población involucrada, para que puedan evacuar las zonas que resulten afectadas.
- 5) Realizar la “Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales (EVAR)”, en la zona afectada y aledaña, así como también en las zonas propuesta para la reubicación.

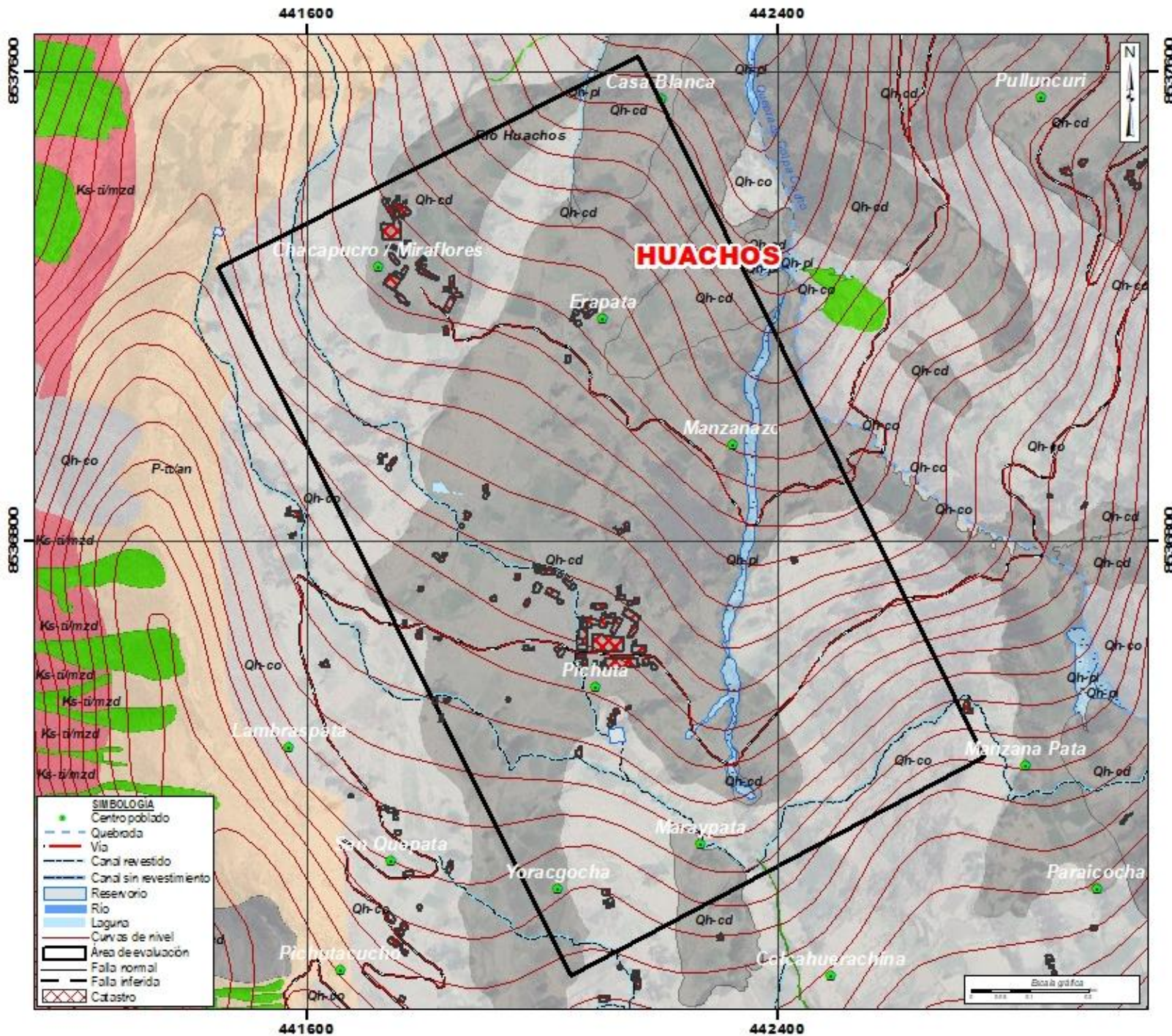
  
Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA  
Especialista en Peligros  
Geológicos  
INGEMMET

  
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Gómez, H., Medina, L. (2009) Inspección técnica de peligros geológicos en los sectores de Huachos y Anexo Pichuta. Distrito de Huachos, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica. Instituto Geológica Minero y Metalúrgico.
- Martínez, W., Cervantes, J. (2003), Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tantará (27-I), Instituto Geológica Minero y Metalúrgico, 26 p.
- Salazar, H., Landa, C. (1993), Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Conayca, Chincha, Tantará y Castrovirreyna, Hojas 26-j, 26-k, 26-i, 26-m, 27-k, 27-i y 27-m. Boletín N°44, Instituto Geológica Minero y Metalúrgico, 110 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. (Consulta: Junio 2021). Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm).
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 “diseño sismoresistente” del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020) – Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2185020/Climas%20del%20Per%C3%BA%3A%20Mapa%20de%20Clasificaci%C3%B3n%20Clim%C3%A1tica.pdf>
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

## **ANEXO 1: MAPAS**



**LEYENDA**

Era	Sistema	Unidades litostratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
		Qh-co Depósito coluvial
		Qh-pl Depósito proluvial
Paleogeno	P-tt/an	Formación Tantará
	Psa/tt/bx/an	Formación Sacsaquero
	Ks-tt/mzd	Super Unidad Tiabaya

**SIMBOLOGÍA**

	Centro poblado
	Quebrada
	Via
	Canal revestido
	Canal sin revestimiento
	Reservorio
	Rio
	Laguna
	Curvas de nivel
	Área de evaluación
	Falla normal
	Falla inferida
	Catastro

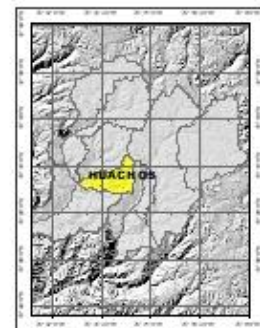
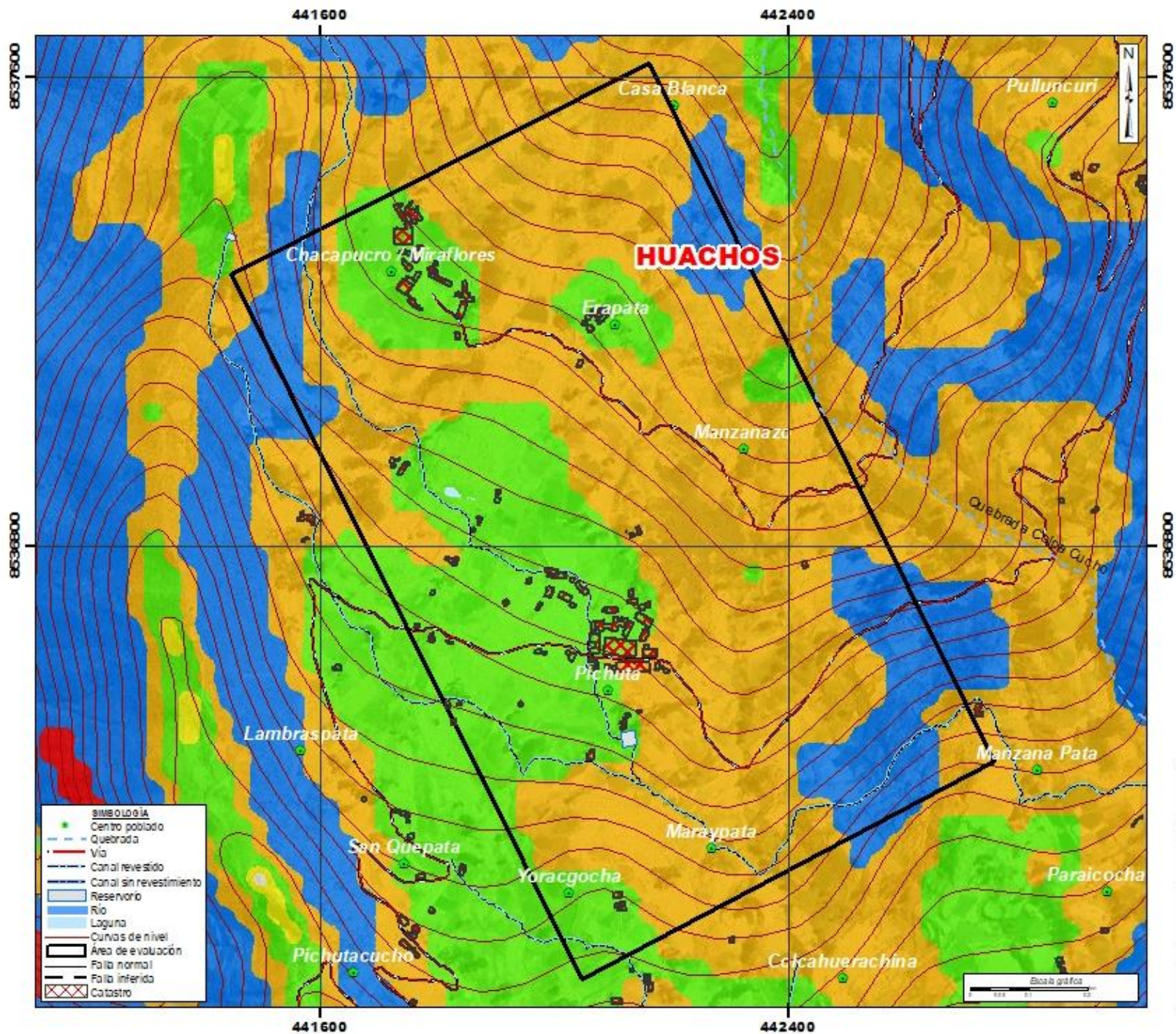
**INGEMMET**  
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA, MINERÍA Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA  
PROVINCIA: CASTROVIRREYNA  
DISTRITO: HUACHOS

**GEOLÓGIA DEL ANEXO  
PICHUTA Y ALREDEDORES**

Escala: 1/8000	Elaborado por: Sosa, N.	<b>MAPA 01</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84		
Versión digital 2024 Impreso: Febrero, 2024		



**RANGOS DE PENDIENTE**

0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	Terreno muy escarpado

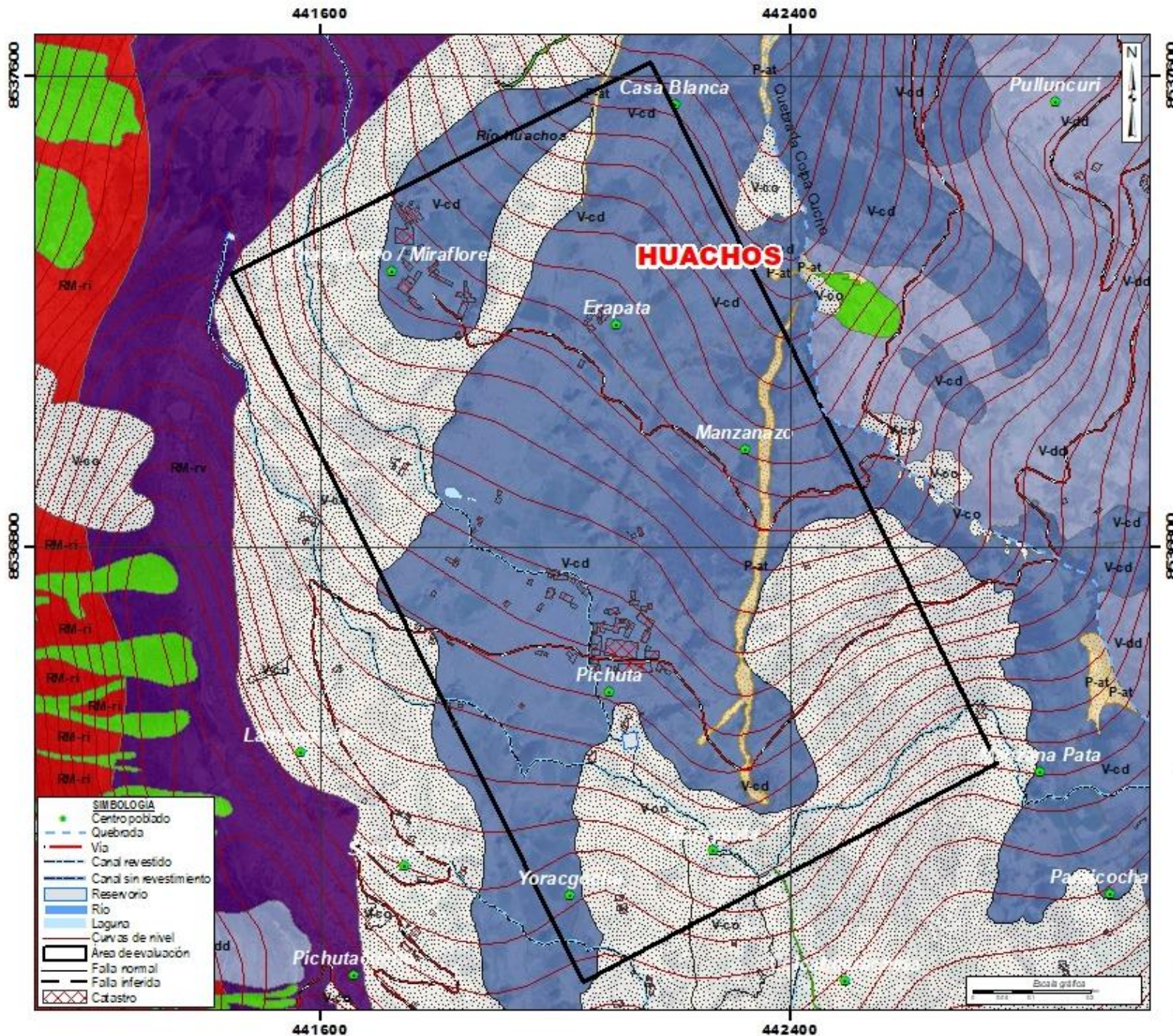
**INGEMMET**  
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA, MINERÍA Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: HUANCÁVELICA  
 PROVINCIA: CASTROVIRREYNA  
 DISTRITO: HUACHOS

**PENDIENTES DEL ANEXO PICHUTA Y ALREDEDORES**

Escala: 1/8,000      Elaborado por: Sosa, N.      MAPA 02  
 Proyección: UTM Zona 18 Sur      Datum: WGS 84  
 Versión digital 2024      Impreso: Febrero, 2024



LEYENDA	
Código	Unidades geomorfológicas
RM-rv	Montaña en roca volcánica
RM-ri	Montaña en roca intrusiva
V-cd	Vertiente coluio-deluvial
V-dd	Vertiente con depositos de deslizamiento
V-co	Vertiente coluial
P-at	Vertiente aluvio-torrencial

SIMBOLOGIA	
	Centro poblado
	Quebrada
	Via
	Canal revestido
	Canal sin revestimiento
	Reservorio
	Rio
	Laguna
	Curvas de nivel
	Área de evaluación
	Falla normal
	Falla inferida
	Catastro

**INGEMMET**  
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA, MINERÍA Y METALURGIA

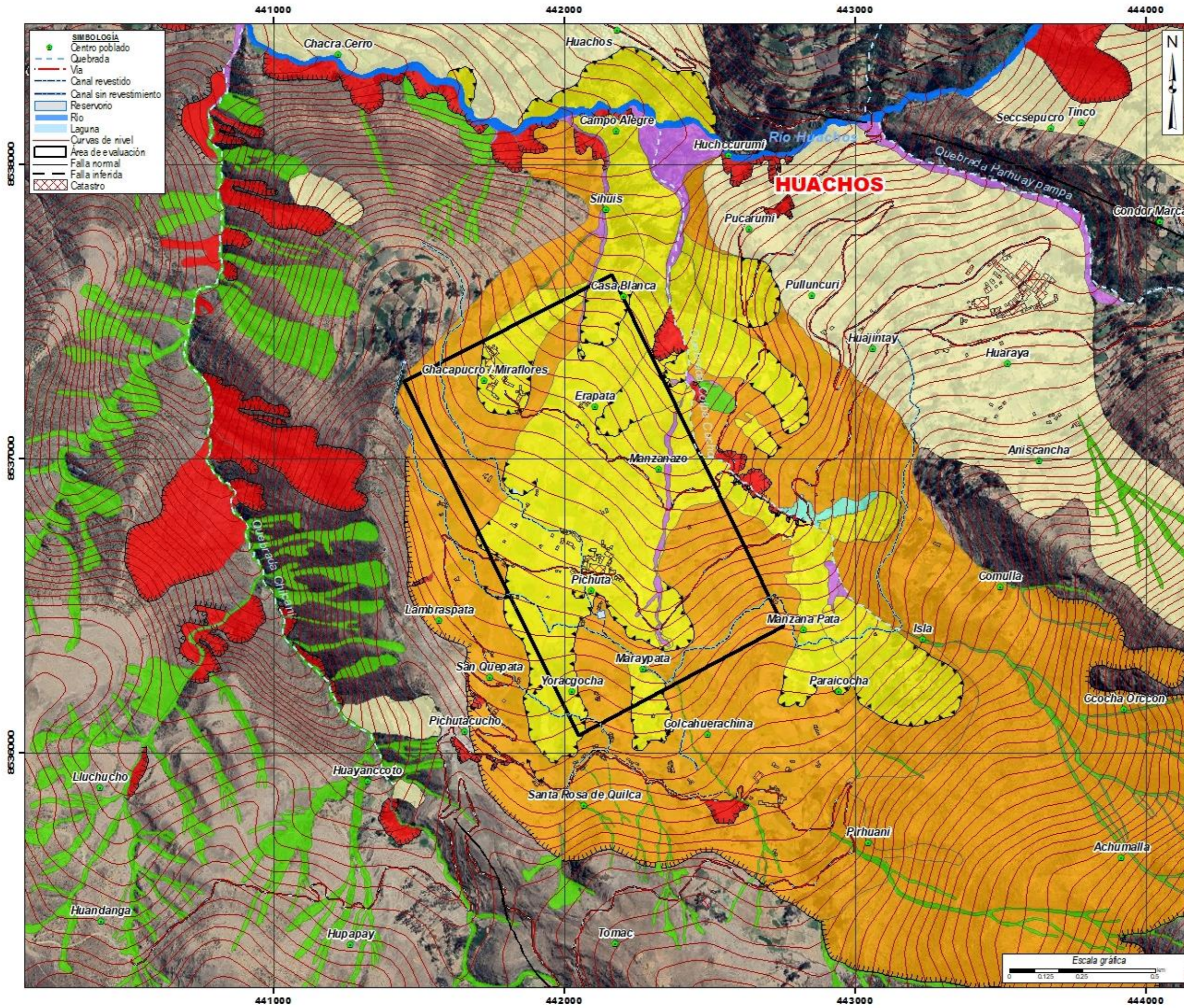
DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO: HUANCAYELICA  
PROVINCIA: CASTROVIRREYNA  
DISTRITO: HUACHOS

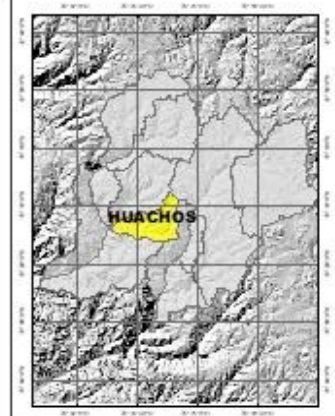
**GEOMORFOLOGÍA DEL ANEXO PICHUTA Y ALREDEDORES**

Escala: 1/12,000	Elaborado por: Sosa, N.	<b>MAPA</b> <b>03</b>
Proyección: UTM Zona 18 S ur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Febrero, 2024	





- SIMBOLOGÍA**
- Centro poblado
  - - - Quebrada
  - - - Via
  - - - Canal revestido
  - - - Canal sin revestimiento
  - Reservorio
  - Río
  - Laguna
  - Curvas de nivel
  - Área de evaluación
  - Falla normal
  - Falla inferida
  - ▨ Catastro



- SIMBOLOGÍA**
- Avalancha de detritos
  - Derrumbe
  - Deslizamiento
  - Deslizamiento antiguo
  - Erosión de ladera
  - Flujo
  - Movimiento complejo (D-F)
- Trama**
- Escarpa de derrumbe
  - Escarpa de deslizamiento activo
  - Escarpa de deslizamiento antiguo

**INGEMMET**  
 INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA, MINERÍA Y METALURGIA

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO  
 DEPARTAMENTO: HUANCABELICA  
 PROVINCIA: CASTROVIRREYNA  
 DISTRITO: HUACHOS

**CARTOGRAFÍA DE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ANEXO PICHUTA Y ALREDEDORES**

Escala: 1/12,000      Elaborado por: Sosa, N.      MAPA 04  
 Proyección: UTM Zona 18 Sur      Datum: WGS 84  
 Versión digital 2024      Impreso: Febrero, 2024

