

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7175**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE MUÑAPATA

Departamento Pasco  
Provincia Pasco  
Distrito Tielacayán



SETIEMBRE  
2021

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE MUÑAPATA**

*(Distrito de Ticslacayán, provincia y departamento Pasco)*

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

*Equipo de investigación:*

*Angel Gonzalo Luna Guillen*

*Ely Ccorimanya Challco*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Muñapata. Distrito de Ticslacayán, provincia y departamento Pasco. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7175, 50 p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	5
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	5
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	7
1.3.1. Ubicación .....	7
1.3.2. Accesibilidad.....	8
1.3.3. Clima .....	8
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	10
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	10
2.1.1. Formación Chulec (Ki-chu) .....	10
2.1.2. Formación Pariatambo (ki-pt) .....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3. Formación Jumasha (Ks-ju).....	11
2.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd) .....	12
2.1.5. Depósito aluvial (Qh-al) .....	12
2.1.6. Depósitos antrópicos de relave (re).....	12
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	15
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	15
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	15
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	15
3.2.3. Geoformas particulares .....	17
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Muñapata</b> .....	20
4.1.1. Derrumbes .....	21
4.1.2. Deslizamiento Muñapata .....	27
4.1.3. Reptación de suelos.....	29
4.1.4. Caída de rocas.....	30
4.1.5. Análisis de perfiles transversales del área de evaluación.....	31
4.1.6. Factores condicionantes.....	32
4.1.7. Factores desencadenantes.....	33
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	34
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	35
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	36
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	37
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	44

## RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el sector de Muñapata, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Ticlacayán, provincia y departamento de Pasco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que aforan en la zona evaluada, corresponden a rocas de origen sedimentario de las formaciones Jumasha, Pariatambo y Chulec, conformados por la intercalación de calizas, areniscas y lutitas, que se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas; estas unidades se hallan parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales compuestos por gravas, cantos y bloques (diámetros que varían de 0.5 a 3 m), inmersos en matriz limo-arcillosa poco consolidada a suelta; además, se observan depósitos de relaves ubicados al pie de la ladera.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (montañas modeladas en rocas sedimentarias) y de carácter depositacional y agradacional principalmente formados por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos (vertiente coluvio-deluvial); también, se presenta geoformas relacionadas a relaves mineros. La pendiente promedio de la ladera es de 35°, predominando mayores a 45° en la parte alta.

En el sector de Muñapata se identificaron, derrumbes (03), un deslizamiento en proceso de reactivación, un área con reptación de suelos, así como escarpas de arranques de caída de rocas.

El 26 de abril del 2021, en el sector denominado Muñapata, en la ladera oeste del cerro Condorhuain y margen derecha del río Huallaga, se activaron tres zonas con derrumbes a causa de las lluvias intensas y prolongadas. Los eventos, afectaron 90 m de la trocha carrozable que conecta Malauchaca y Muñapata con sus zonas agrícolas; también, produjeron daños y obstrucciones en la zanja de coronación de la relavera Malauchaca, sin afectar su estabilidad. En el mismo sector, se han identificado 1.7 ha afectadas por la reptación de suelos, evidenciado por escarpas y agrietamientos del terreno, lo que se evidencia en la cobertura vegetal. Además, se identificó la existencia de un deslizamiento reactivado en un área de 0.6 ha, cuyo escarpe principal presenta un salto de 6 m; en el cuerpo de la masa deslizante se observan grietas longitudinales de hasta 25 m. Ambos eventos afectan 1.7 ha agrícolas de Muñapata.

La parte alta de la ladera oeste del cerro Condorhuain de pendiente muy escarpada (>45°) está conformada por afloramientos rocosos altamente fracturados, esto favorece el desprendimiento de bloques y su posterior caída, que puede llegar a afectar tierras de cultivo, la vía de acceso principal al sector Muñapata y las viviendas de los sectores Muñapata y Malauchaca. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que se presentan en el sector de Muñapata, se le considera de **Peligro Alto**, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, reptación y derrumbes, que pueden ser desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas, así como por movimientos sísmicos.

Se recomienda implementar un sistema de drenaje para captar los excesos de agua y desviarlo a los cauces naturales, construir muros de contención que protejan la vía vecinal de acceso a Muñapata, entre otros. La implementación de las recomendaciones propuestas, deben ser realizadas por profesionales especializados en medidas estructurales ante fenómenos de origen natural.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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 N° 0128-2021-ALCALDIA-MDT-PASCO de la Municipalidad Distrital de Ticslacayán; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Muñapata de la comunidad de San Antonio de Malauchaca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los geólogos Angel Gonzalo Luna Guillen y Ely Ccorimanya Challco, para realizar la evaluación de peligros geológicos, realizando los trabajos de campo el 20 y 21 de mayo de 2021.

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, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron con el fin de observar mejor el alcance del evento), 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 Ticslacayán y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector Muñapata, perteneciente a la comunidad de San Antonio de Malauchaca; eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, medios de vida y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

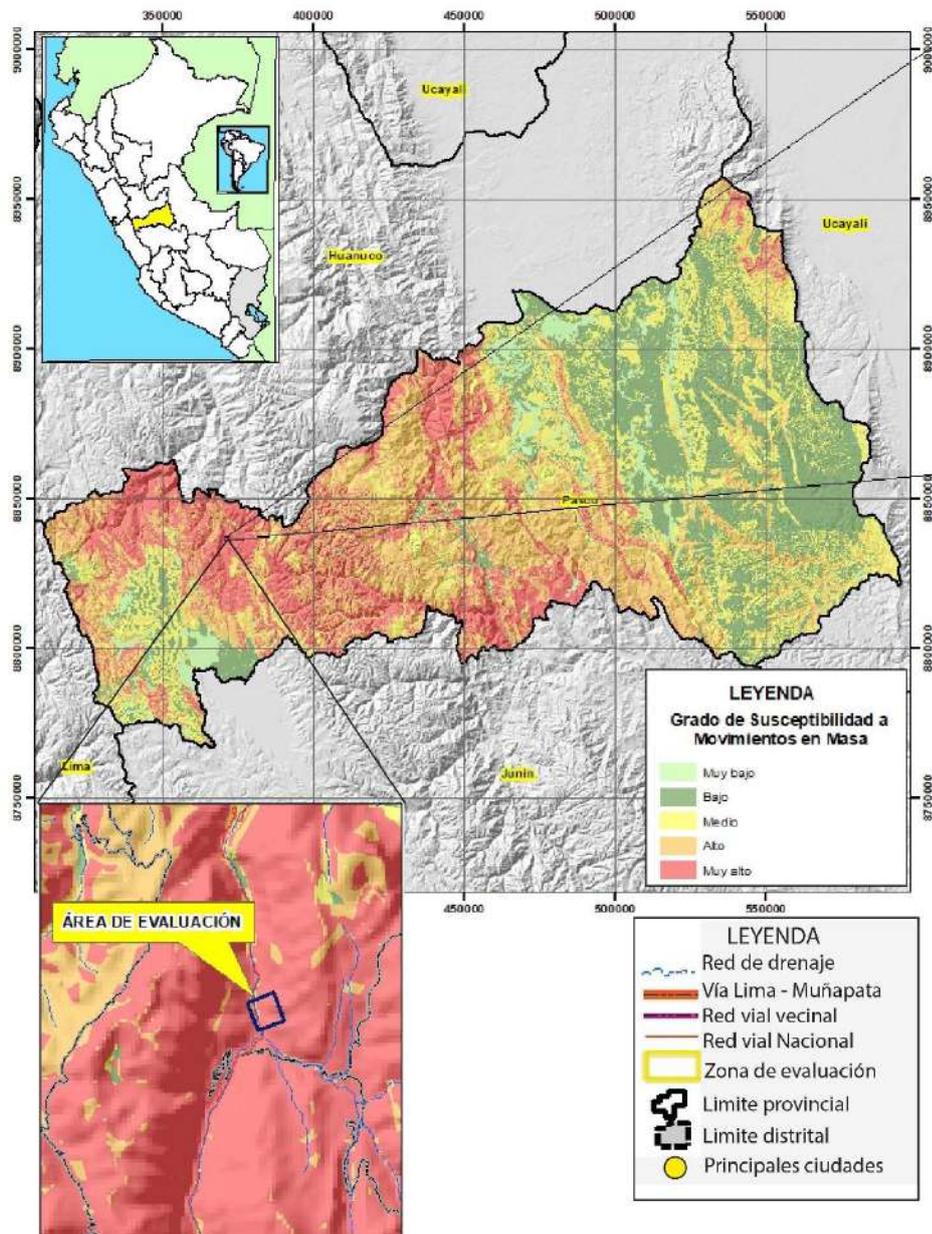
### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional para el sector de Muñapata se tienen:

- A) Boletín N°73, Serie C: Geodinámica e ingeniería Geológica, “Peligro Geológico en la Región Pasco” elaborado por Luque et al. (2020); donde incluye el inventario de los peligros geológicos por movimientos en masa, las zonas críticas y caracteriza la susceptibilidad a los movimientos en masa, en la región Pasco. este trabajo, categoriza las áreas donde se encuentra asentada la comunidad de San Antonio de Malauchaca

y sector Muñapata con un grado de susceptibilidad “muy alta” a movimientos en masa, con predominancia a la ocurrencia derrumbes y deslizamientos (figura 1).

- B) Boletín N° 144, Serie A: Carta Geológica Nacional, denominado “Geología del cuadrángulo de Pasco – hoja 22-k”; elaborado por Rodríguez et al. (2011); incluye el mapa de unidades litoestratigráficas a escala 1: 50 000 en la región Pasco, así como la descripción litológica, geomorfológica y petromineralógica, de las principales formaciones geológicas en el cuadrángulo 22-k. En este trabajo se muestra que en el sector Muñapata se presentan las formaciones Jumasha, Pariatambo y Chulec, que en general son unidades de origen sedimentario Cretácico, conformado por la intercalación de calizas grises, areniscas y lutitas rojas, que se distribuyen con dirección suroeste-noroeste.



**Figura 1.** Susceptibilidad a movimientos en masa (escala base 1:200 000).

**Fuente:** Luque et al., 2020.

### 1.3. Aspectos generales

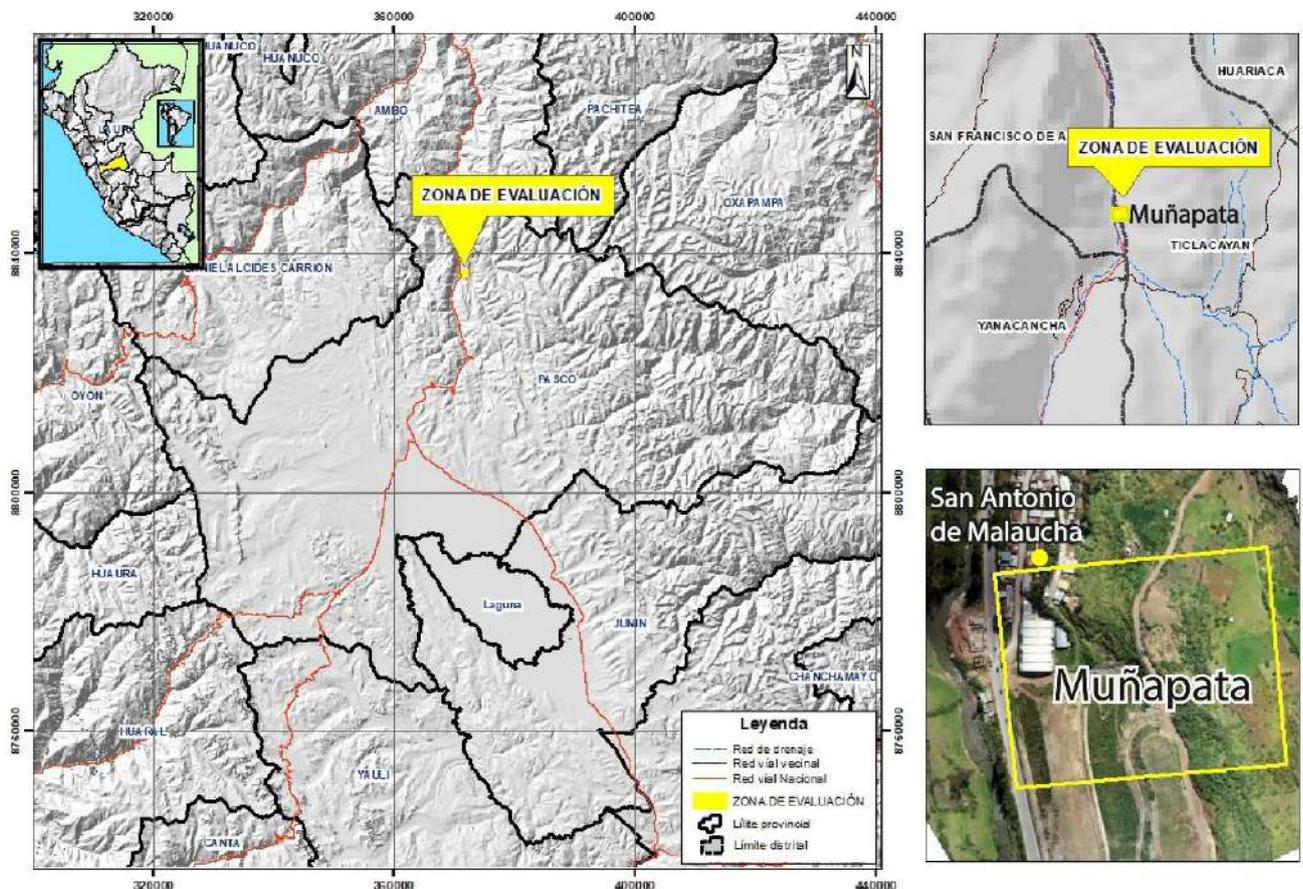
#### 1.3.1. Ubicación

El sector de Muñapata, pertenece a la comunidad de San Antonio de Malauchaca; además, se encuentran ubicado entre la margen izquierda del río Huallaga y la ladera oeste del cerro Condorhuain; políticamente pertenece al distrito de Ticlacayán, provincia y departamento de Pasco. (figura 2).

El área de evaluación se localiza en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18s) siguientes: (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio en el sector Muñapata

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Oeste	Norte	Latitud	Longitud
1	370898	8836256	10°31'31.36"S	76°10'47.47" W
2	371485	8836486	10°31'23.95"S	76°10'28.13"W
3	371209	8837245	10°30'59.21"S	76°10'37.12"W
4	370623	8837008	10°31'6.85"S	76°10'56.42"W
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	370955	8836892	10°31'10.67"	76°10'45.52"W



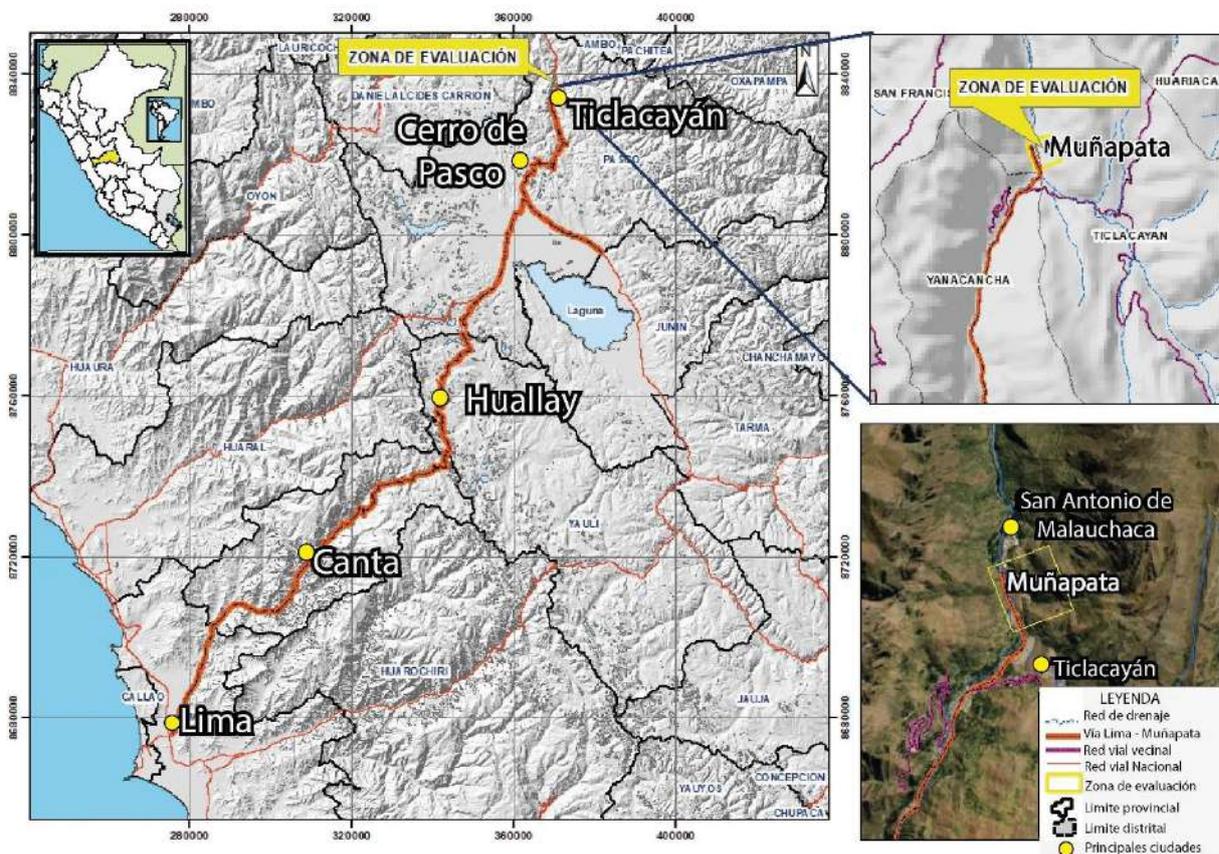
**Figura 2.** Ubicación del sector Muñapata

### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso al sector de Muñapata, por vía terrestre desde la ciudad de Lima (Ingemmet), se realizó mediante la siguiente ruta (cuadro 2 y figura 3):

**Cuadro 2.** Rutas y accesos al sector Muñapata

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima-Canta	Carretera asfaltada	105	2 h 30 minutos
Canta - Huallay	Carretera asfaltada/trocha carrozable	120	3 h
Huallay - Ticlacayán	Carretera asfaltada	82	1 h 36 minutos
Ticlacayán – Comunidad San Antonio de Malauchaca-Sector Muñapata	Carretera asfaltada/trocha carrozable	1.5	10 minutos



**Figura 3.** Accesibilidad al sector de Muñapata desde la ciudad de Lima.

### 1.3.3. Clima

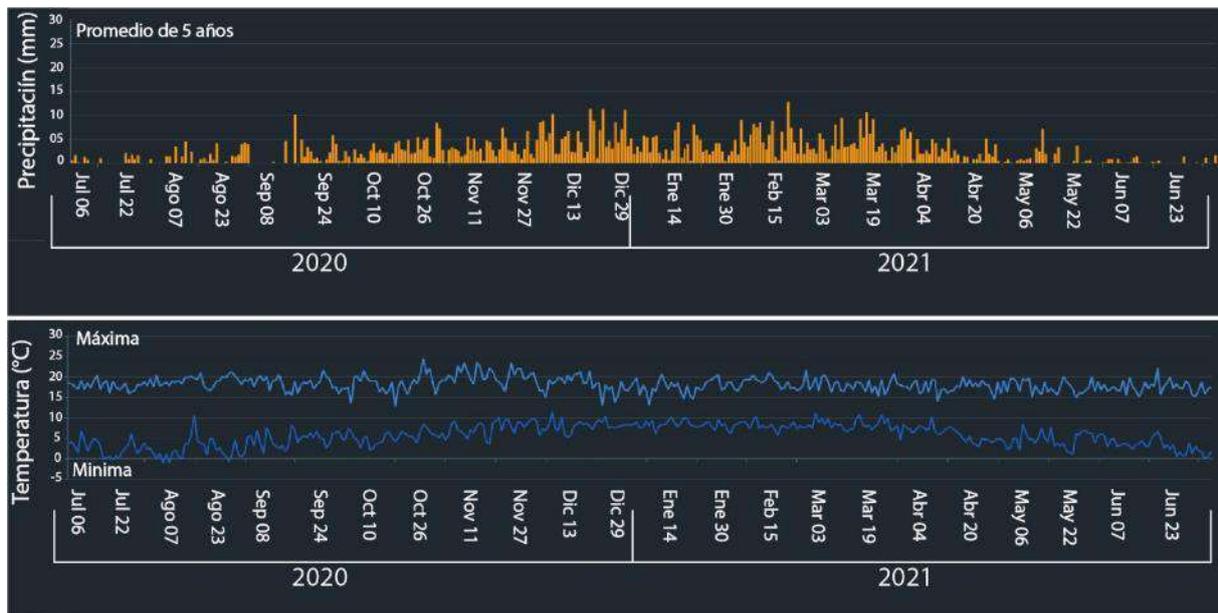
En general, el clima en la región Pasco es muy diverso y se ve influenciado por la geografía y relieve con espacios geográficos de diferencias muy marcadas que influyen en su variación. A mayor altitud el clima es frígido, muy seco, con fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche, y con presencia de heladas, hielo y granizo; en zonas de menor altitud el clima es más cálido (Luque et al.,2020).

De acuerdo a la clasificación climática del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi,2020), elaborado con la información meteorológica de aproximadamente veinte años (1965-1984), con la cual formularon los “índices climáticos” y el trazado de las zonas de acuerdo a la clasificación de climas de Thornthwaite; el sector Muñapata se encuentra en una zona de clima lluvioso semifrígido, este tipo climático es característico de la región andina, se extiende entre los 3500 y 6000 m s.n.m.; en esta zona se presentan precipitaciones anuales promedio de 700 mm. y temperaturas medias anuales de 7°C, Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con helados moderadas.

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, en el sector de Muñapata, y de acuerdo a la fuente de 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 raster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 20.9 mm en el mes de octubre del 2020, Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de noviembre a abril.

Las temperaturas anuales registradas entre el 2020 y 2021, oscilaron entre máximos de 24.9°C en verano y mínimos de -0.9 °C en invierno.

La figura 5, muestra las precipitaciones diarias en mm y temperaturas mínimas y máximas en Muñapata, este gráfico permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales en un promedio de 5 años, identificando las de mayor intensidad, que pueden representar factores desencadenantes de movimientos en masa



**Figura 4.** Precipitaciones y temperaturas diarias en mm, distribuidas a lo largo del último periodo 2020-2021 en el sector Muñapata. Fuente: <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/7250174>.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al mapa geológico del cuadrángulo de Cerro de Pasco, cuadrante I, hoja 22k, elaborado por Rodríguez et al., (2011) a escala 1/50 000. En la zona, afloran rocas sedimentarias del Cretácico Superior e Inferior representado por las formaciones Jumasha, Pariatambo y Chulec, así como depósitos Cuaternarios de origen coluvio-deluvial, estos se describen a continuación.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

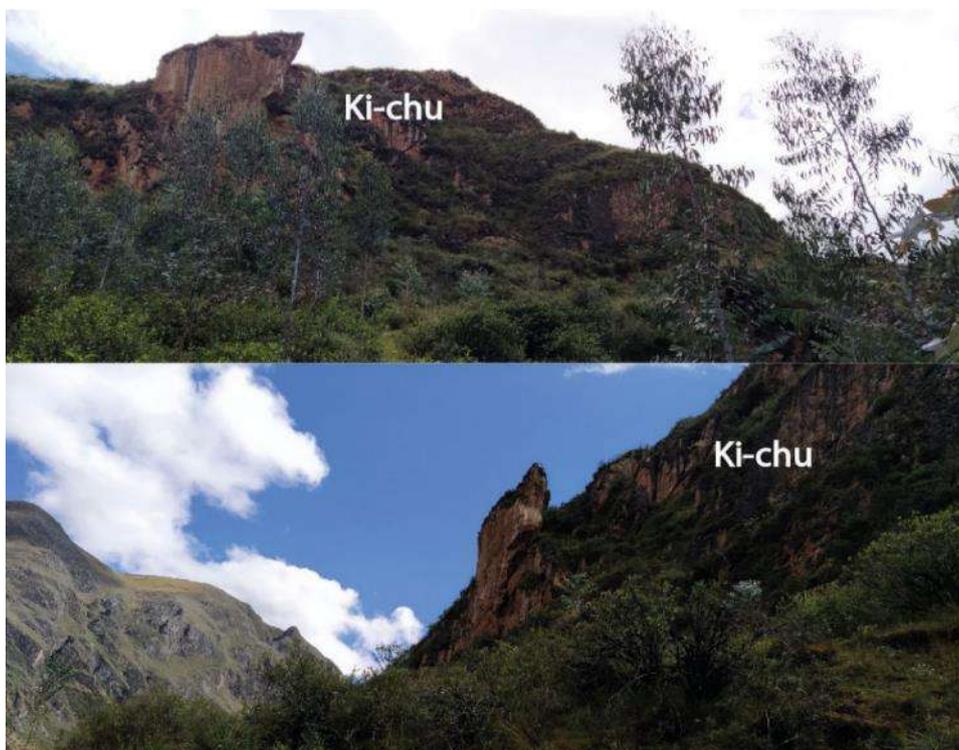
Las unidades litoestratigráficas que afloran en el sector de Muñapata y alrededores, son de origen sedimentario correspondientes a las formaciones Chulec (Ki-chu), Formación Pariatambo (Ki-pt) y Formación Jumasha (Ki-ju), los cuales en general se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados.

Estas unidades se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos coluvio-deluviales poco consolidados a sueltos (Ver Mapa 1).

#### 2.1.1. Formación Chulec (Ki-chu)

La litología está compuesta principalmente por Calizas y dolomitas de color gris, también presentan esporádicas intercalaciones de lutitas negras (Rodríguez et al., 2011).

En el área de inspección, la Formación Chulec se observa en la margen derecha del río Huallaga, sobreyace a secuencias de areniscas y lutitas de la Formación Pariatambo, conformando la montaña modelada en roca sedimentaria, denominada localmente cerro Condorhuain, donde a partir de la cota 3500 m s.n.m, afloran calizas grises muy fracturadas (Ki-chu) observándose que la dirección y buzamiento de la familia de fracturas predominante es N 340°, 80° SO (figura 5), lo que favorece el desprendimiento de bloques en la ladera.

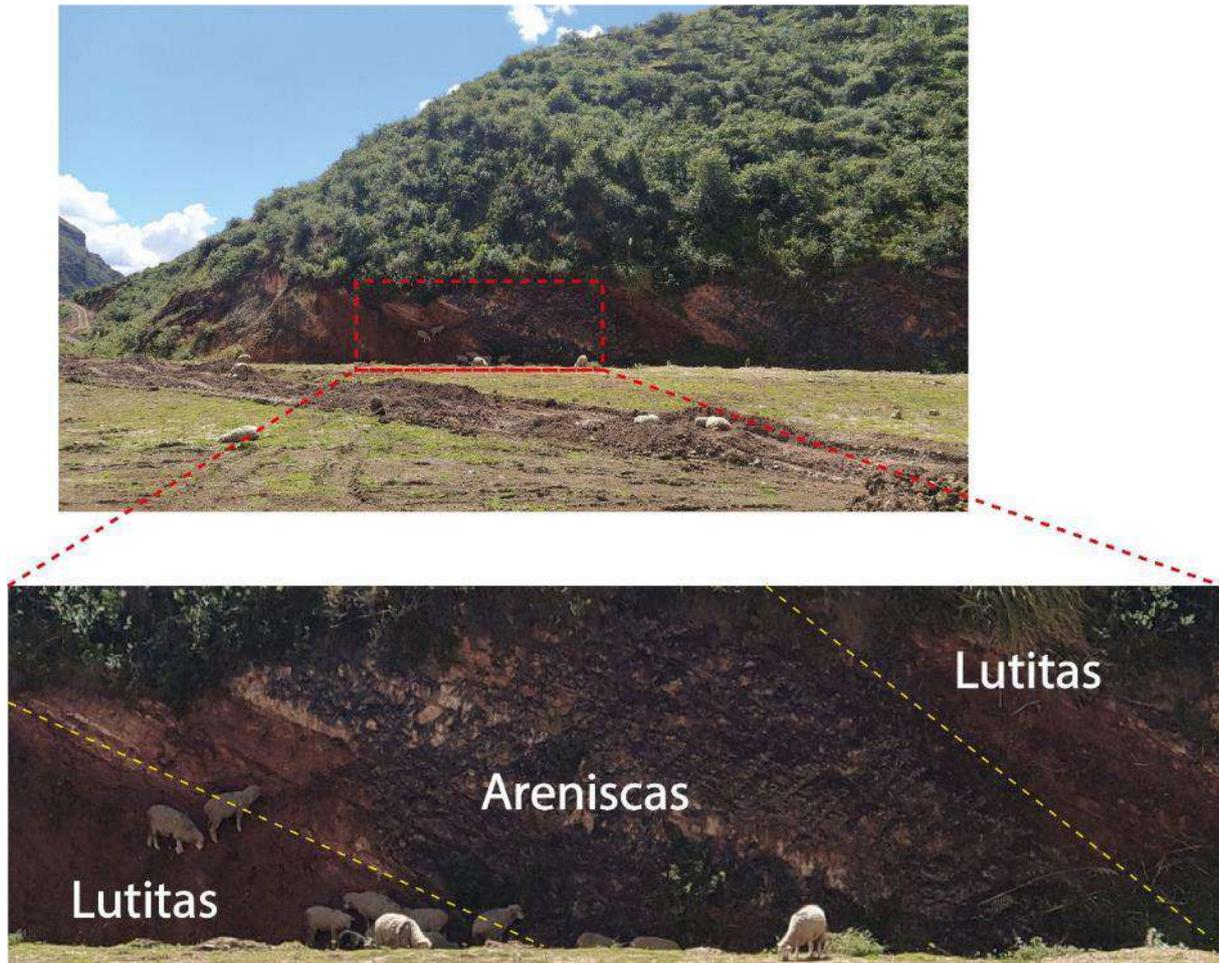


**Figura 5.** Calizas de la Formación Chulec (Ki-chu), que conforman parte de la ladera oeste de cerro Condorhuain, en el sector Muñapata.

### 2.1.2. Formación Pariatambo (ki-pt)

La Formación Pariatambo, es una secuencia compuesta de lutitas y areniscas rojas con intercalaciones de lavas basálticas y conglomerados, esta secuencia puede llegar a medir 50 m de espesor, sobreyace a la Formación Jumasha e infrayace a la Formación Chulec (Rodríguez et al.,2011).

Localmente, se han observado intercalaciones de areniscas muy fracturadas a fragmentadas, con lutitas deleznales, altamente meteorizadas; de rumbo: N320, y buzamiento: 50° NO. (figura 6).



**Figura 6.** Se observan areniscas rojizas y lutitas de la Formación Pariatambo (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370840 E, 8836638 S, a 3400 m s.n.m).

### 2.1.3. Formación Jumasha (Ks-ju)

En general la Formación Jumasha, está conformada de 3 secuencias, la parte inferior tiene calizas grises en estratos delgados a medianos; la parte media está compuesta por calizas en estratos gruesos de 8 m de espesor. Finalmente, la parte superior está compuesto por calizas en estratos delgados tabulares intercalados con delgados estratos de limoarcillitas grises (Rodríguez et al.,2011).

Localmente, se han observado calizas muy fracturadas y medianamente meteorizadas, con estratos de 2 m de ancho, infrayacentes a areniscas y lutitas de la Formación Pariatambo (figura 7).



**Figura 7.** Calizas de la Formación Jumasha. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370837 E, 8837000 S, a 3350 m s.n.m.)

#### 2.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos formados por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), estos se encuentran entreverados y no es posible diferenciarlos uno de otro (Vílchez et al., 2019).

Localmente, estos depósitos están adosados a la ladera oeste del cerro Condorhuain; conformados por gravillas, gravas y bloques heterométricos de areniscas y lutitas, con diámetros que varían de 0.2 cm a 3 m (figura 8 y 9), envueltos en matriz arcillosa poco saturada; el depósito en general se encuentra medianamente consolidado a suelto y es susceptible a presentar derrumbes.

#### 2.1.5. Depósito aluvial (Qh-al)

Son depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos aluviales y fluviales. Litológicamente compuestos por gravas, arenas y limos, donde los clastos son subredondeados a redondeados.

Localmente estos depósitos se observan en las márgenes del río Huallaga, formando terrazas de pendientes bajas, están conformados por gravas redondeadas de areniscas y calizas envueltos en una matriz areno-limosa, en general estos depósitos se encuentran poco consolidados (figura 10).

#### 2.1.6. Depósitos antrópicos de relave (re)

Este depósito corresponde a la cancha de relaves N°1, de Malauchaca, de la compañía minera Atacocha,

Son depósitos generados por el hombre mediante procesos de transformación industrial minera, conformados por la acumulación de residuos de mineral molido, rocas y partículas finas, como resultado de haber extraído minerales en un proceso de flotación, geométricamente se disponen en 3 niveles de terrazas con un canal de coronación de aproximadamente 500 m. (figura 10 y 11).



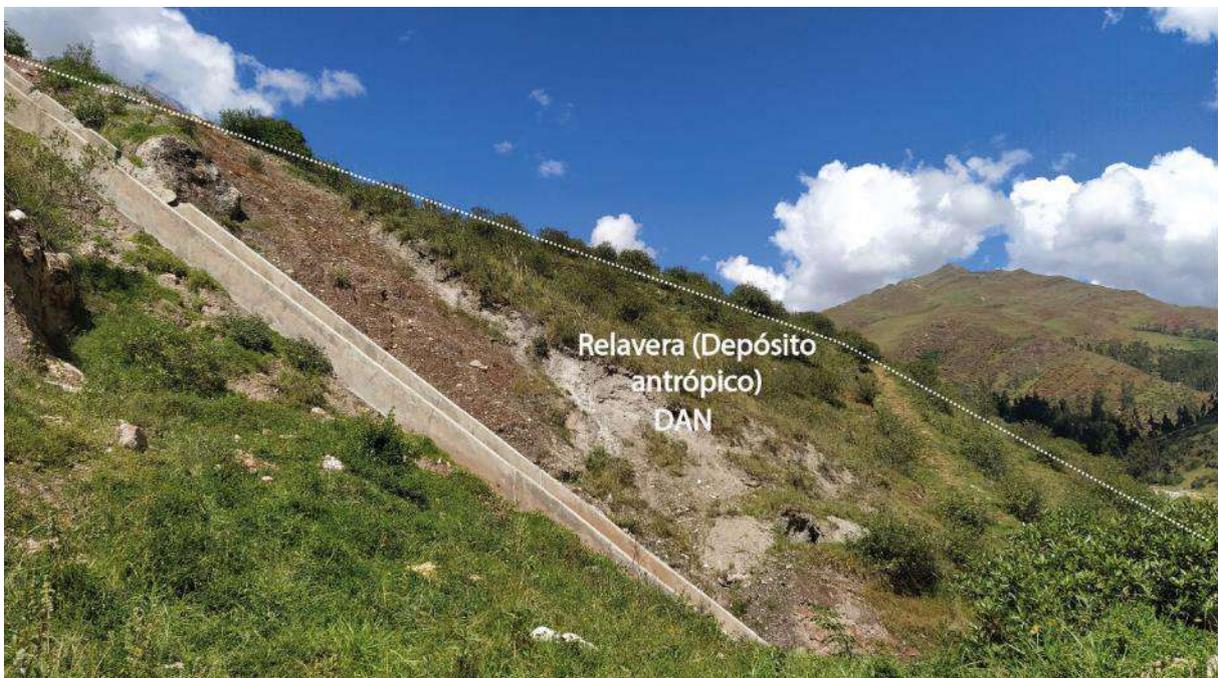
**Figura 8.** Ladera con depósito coluvio-deluvial, de derrumbes antiguos ubicado encima del coliseo deportivo de San Antonio de Malauchaca. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370902 E, 8 8836903 S, a 3370 m s.n.m.)



**Figura 9.** Ladera con depósito coluvio-deluvial, de derrumbes recientes (26 de abril del 2021) y antiguos ubicados en el sector Muñapata, (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370902 E, 8 8836903 S, a 3370 m s.n.m.)



**Figura 10.** Vista área de depósitos aluviales (Qh-al) en la margen izquierda, y el depósito antrópico (relavera) en la margen derecha del río Huallaga, a lado de la comunidad campesina de San Antonio de Malauchaca (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370902 E, 8836903 S, a 3370 m s.n.m.)



**Figura 11.** Banqueta media del depósito de relaves ubicados debajo del sector Muñapata a lado de la comunidad campesina de San Antonio de Malauchaca (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370902 E, 8 8836903 S, a 3370 m s.n.m.)

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de los mismos.

El sector Muñapata, se ubica en la ladera oeste del cerro Condorhuain, margen derecha del río Huallaga, sobre una ladera de pendiente promedio de 30°.

La parte baja de la ladera, está conformado por depósitos de relaves, en un talud banquetado con un ángulo promedio de 35°, las plataformas de cada banqueta tienen pendientes suaves (1° a 5°).

En la parte media de la ladera, sobre la última plataforma de relave, se observan vertientes coluviales y coluvio-deluviales de pendiente moderada a fuerte (10°-25°); donde se desarrollan las actividades agrícolas de Muñapata.

La parte alta de la ladera pertenece a una montaña de roca sedimentaria (cerro Condorhuain), con vertientes de pendiente escarpada a muy escarpada (>45°), ver mapa 2.

#### 3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

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

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

##### 3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia la siguiente subunidad:

**Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs):** relieve modelado en afloramientos sedimentarios de las Formaciones Jumasha, Chulec y Pariatambo, conformadas por intercalaciones de areniscas, lutitas y calizas (mapa 3).

Las montañas cubren gran parte de la zona de estudio, cuyas laderas de pendientes escarpadas a muy escarpadas de 35° a 80°, poseen cimas subredondeadas.

Los afloramientos rocosos que conforman esta subunidad, tienen fracturas preferentes de dirección suroeste – noroeste, que han favorecido procesos de caída de rocas en el sector Muñapata.

##### 3.2.2. 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 que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

#### 3.2.2.1. Subunidad de vertiente con depósito coluvio - deluvial (V-cd)

Son vertientes formadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, que por su complicada interestratificación hacen muy difícil dividir uno del otro (Vílchez et al., 2019).

Se encuentra adosado a la ladera oeste del cerro Condorhuain (figura 12), presenta pendiente de 5° a 25° y están conformados por depósitos detríticos inconsolidados.

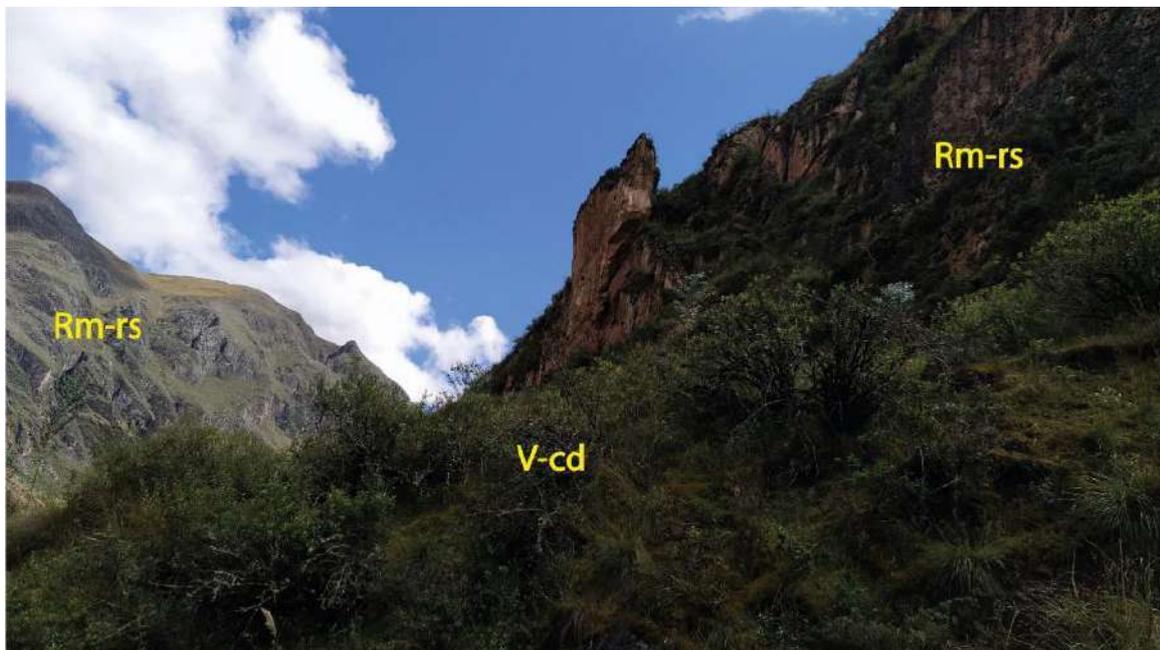
#### 3.2.2.2. Subunidad de vertiente con depósito coluvial (V-c)

Esta unidad se observa entre las plataformas de relave y la vertiente coluvio-deluvial (figuras 15 y 16), presenta pendientes escarpadas a muy escarpadas, en promedio 65°, conformado por bloques angulosos de aproximadamente 3 m.

#### 3.2.2.3. Subunidad de Terraza aluvial (T-al)

Subunidad que corresponde a los niveles más antiguos de terrazas aluviales localizadas a cierta distancia y por encima del curso actual de los ríos. Geodinámicamente, esta subunidad se encuentra asociada a procesos de erosión fluvial, cuando el río recupera cursos fluviales antiguos (Vílchez et al., 2019).

Esta subunidad, se observa en ambas márgenes del río Huallaga, tiene una altura de 3 m, aproximadamente, su pendiente es suave (1°-5°). Está conformado por depósitos de gravas redondeadas a subredondeadas envueltas en una matriz limo-arenosa y sobre ella se desarrollan actividades antrópicas, como agricultura y expansión urbana.



**Figura 12.** Montañas en roca sedimentaria modeladas en calizas de la Formación Chulec, visto desde la ladera de la margen derecha del río Huallaga (Sector Muñapata).

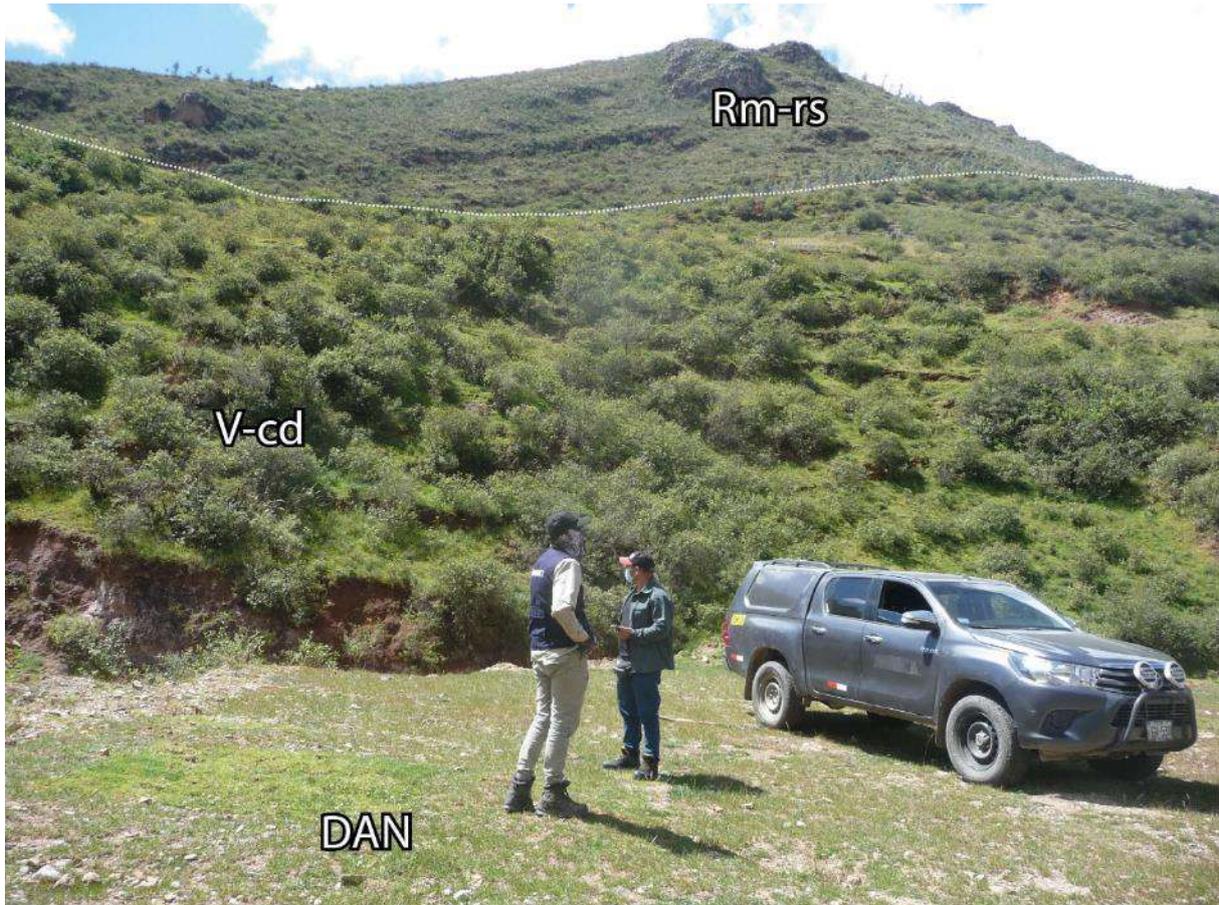


**Figura 13.** Vertiente coluvio-deluvial, donde se realizan labores agrícolas en el sector Muñapata, margen derecha del río Huallaga, en la margen izquierda se observan montañas en roca sedimentaria y en la parte baja a la comunidad de San Antonio de Malauchaca.

### 3.2.3. Geoformas particulares

#### 3.2.3.1. Depósito antrópicos de relaves (DAN)

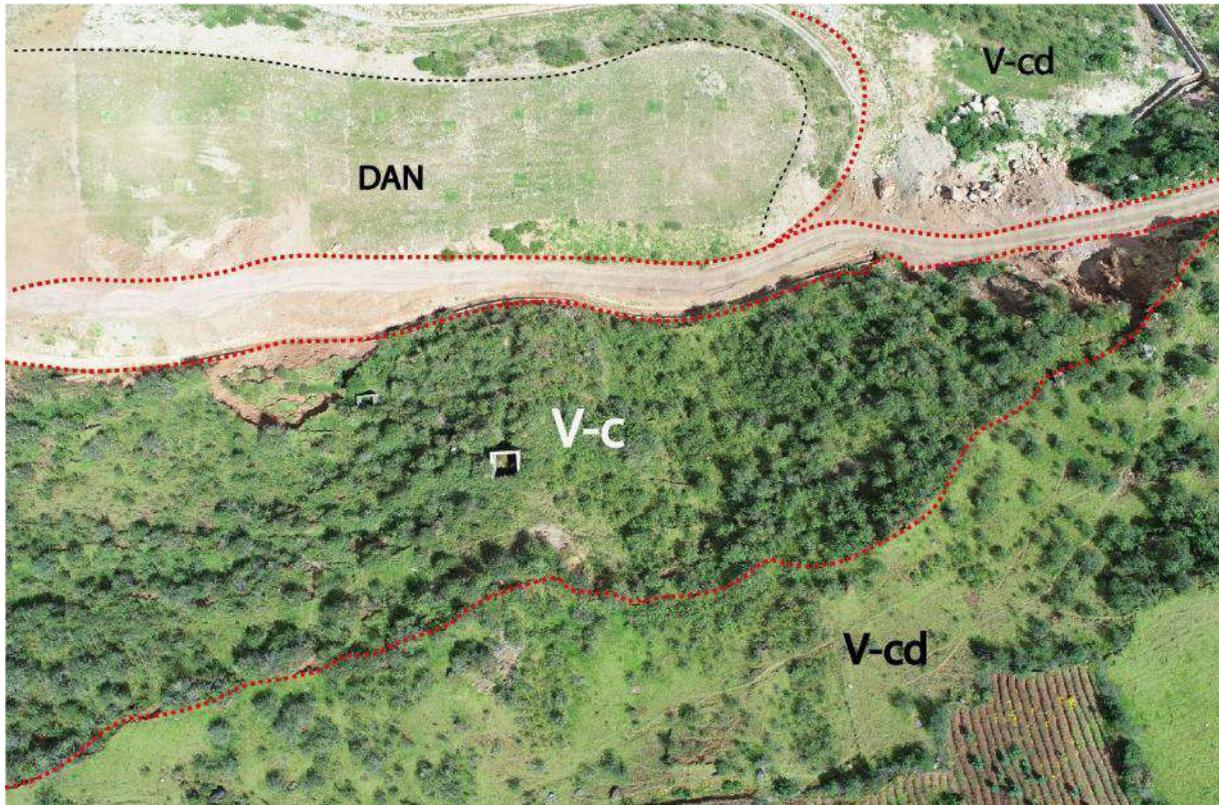
Esta subunidad geomorfológica de naturaleza antrópica, es el resultado de la acumulación de material residual de procesos mineros, se ubica en la parte baja de la ladera oeste del cerro Condorhuain, geométricamente se dispone en un talud banquetado de 37 m de alto, con 3 niveles o banquetas, cuyas plataformas tienen pendientes suaves, en general el talud presenta un ángulo de 35°, zanjadas de coronación y transversales, así como revestimiento vegetal que favorece su estabilidad. (figuras 16 y 17).



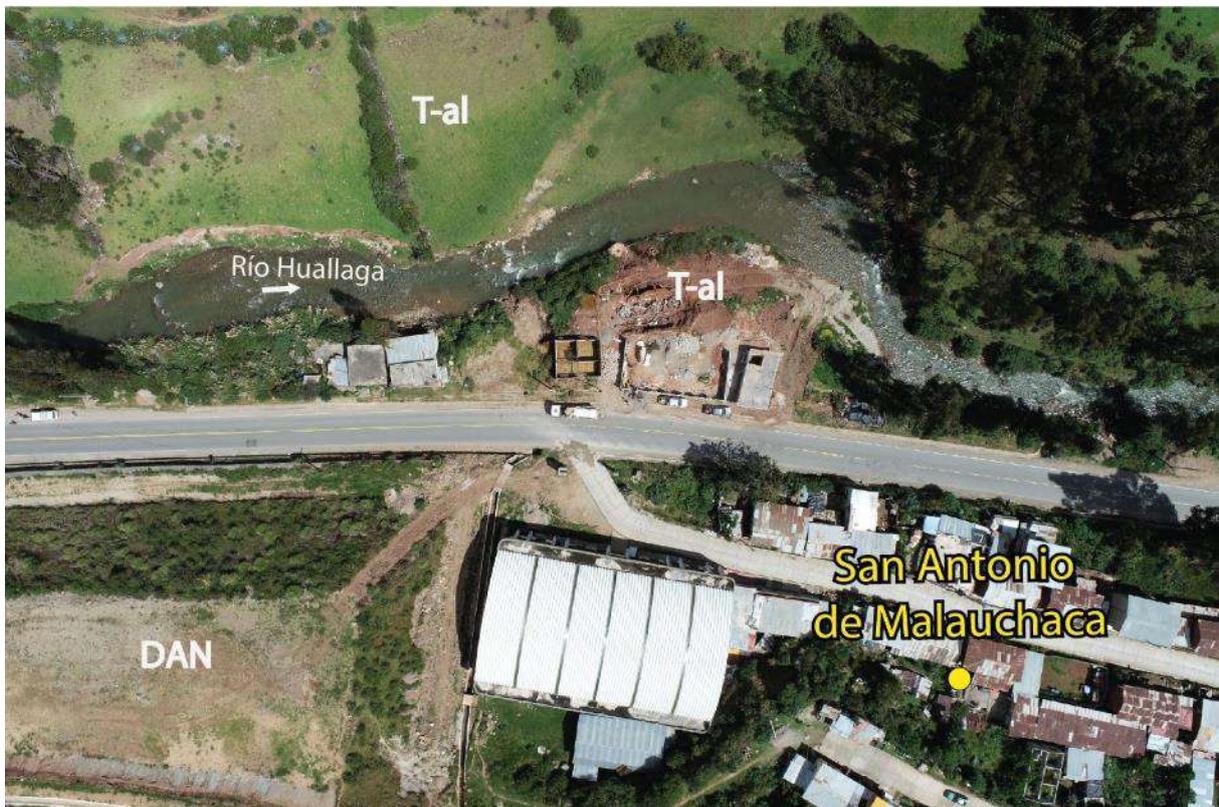
**Figura 14.** Vertiente coluvio-deluvial (V-cd) adosada a la ladera inferior de montañas en roca sedimentaria (Rm-rs), y sobre depósitos antrópicos de relave (DAN) en el sector Muñapata.



**Figura 15.** Vertiente coluvial (V-c) adosada a la ladera inferior de montañas en roca sedimentaria (Rm-rs), y sobre depósitos antrópicos de relave (DAN) en el sector Muñapata.



**Figura 16.** Vertiente coluvial (V-c), entre los depósitos antrópicos de relave (DAN) y la vertiente coluvio-deluvial (V-cd), adosada a la ladera inferior de montañas en roca sedimentaria (Rm-rs) en el sector Muñapata.



**Figura 17.** Fotografía aérea, que muestra las terrazas aluviales (T-al) en ambas márgenes del río Huallaga.

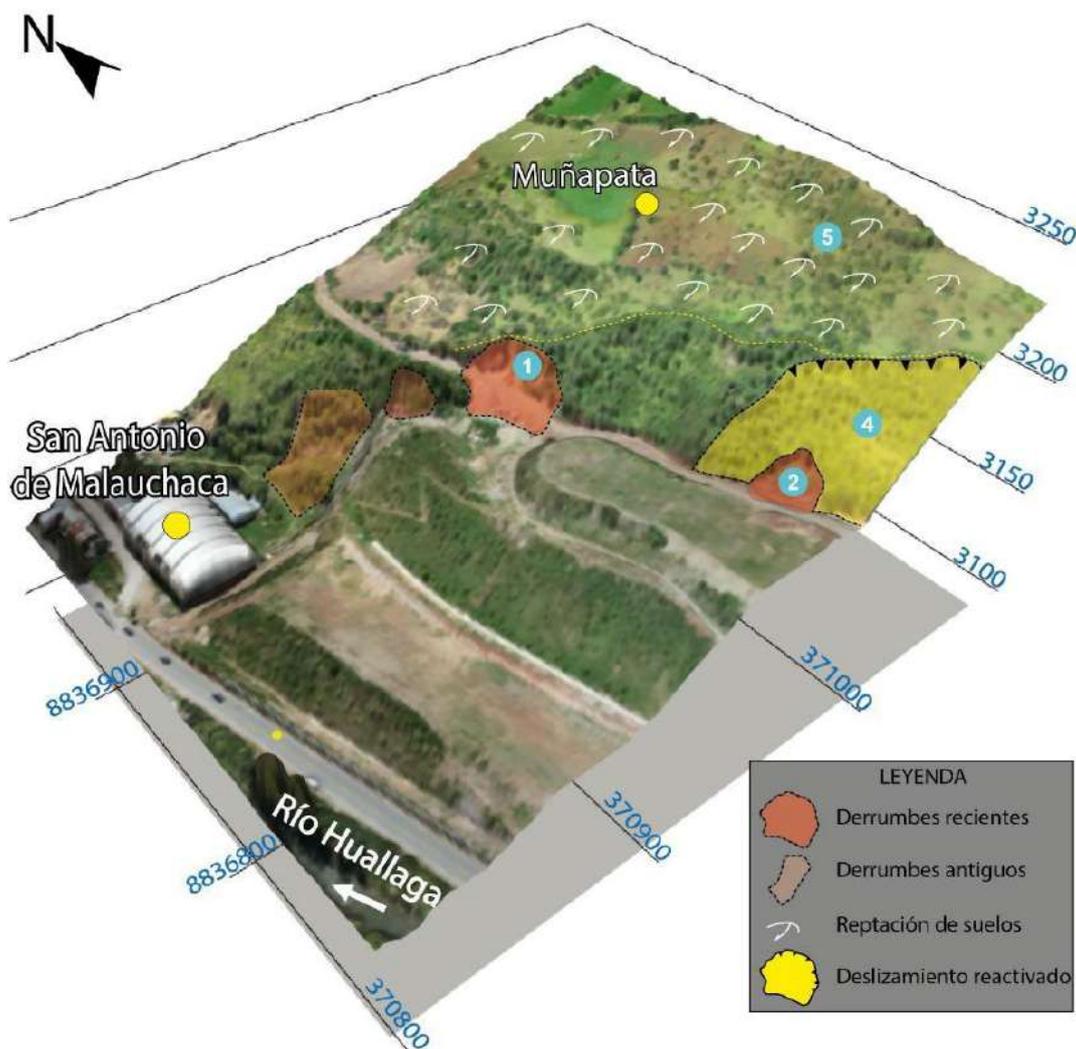
## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caídas, deslizamientos, y reptación.

La caracterización de los peligros geológicos en el sector Muñapata, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos. Posteriormente esta información se corrigió en gabinete con datos de campo como puntos GPS, medidas con distanciómetro, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas con dron.

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

En el sector de Muñapata, se han identificado movimientos en masa (03 derrumbes, 01 reactivación de deslizamiento y 01 área de reptación de suelos), que se desarrollan sobre depósitos coluvio-deluviales poco consolidados a sueltos que cubren rocas sedimentarias de la Formación Pariatambo (secuencia de areniscas y lodolitas poco competentes); también, se han identificado zonas de caída de rocas que se dan en la Formación Chulec, aflorantes en la parte alta de la ladera oeste del cerro Condorhuain.



**Figura 18.** Esquema 3D, georreferenciado de los derrumbes (1) y (2), la reactivación de un deslizamiento (4), y áreas de reptación (5) en la ladera del sector Muñapata (margen derecha del río Huallaga).

Los peligros geológicos identificados en el sector de Muñapata se describen a continuación:

#### 4.1.1. Derrumbes

El 26 de abril del 2021, ocurrieron 03 derrumbes en la ladera oeste del cerro Condorhuain, que afectó un total de 90 m de la vía vecinal (trocha carrozable) del sector Muñapata, dichos derrumbes ocurrieron sobre vertientes de depósitos coluvio-deluviales no consolidados, con pendientes aproximadas de 35°, estos eventos fueron desencadenados por las precipitaciones prolongadas del mes de abril, y coadyuvadas por excavaciones en el pie de la vertiente coluvio-deluvial, realizado como parte de los trabajos para el ensanchamiento de la vía vecinal que conecta a Malauchaca y Muñapata con sus zonas agrícolas.

Las características generales de los 03 derrumbes, se describen a continuación:

##### Derrumbe 1.

El derrumbe 1, se ubica en las coordenadas, UTM zona 18s; Datum, WGS 84: 370947 E; 8836863 S, presenta una altura de 20 m, la longitud de su zona de arranque es de 55 m, la distancia entre la zona de arranque y el pie del derrumbe es de 28 m, este evento afectó 35 m de la vía vecinal de Muñapata, la cual quedo temporalmente bloqueada, actualmente se ha removido el material caído y habilitado nuevamente la vía, para el tránsito peatonal de los comuneros.

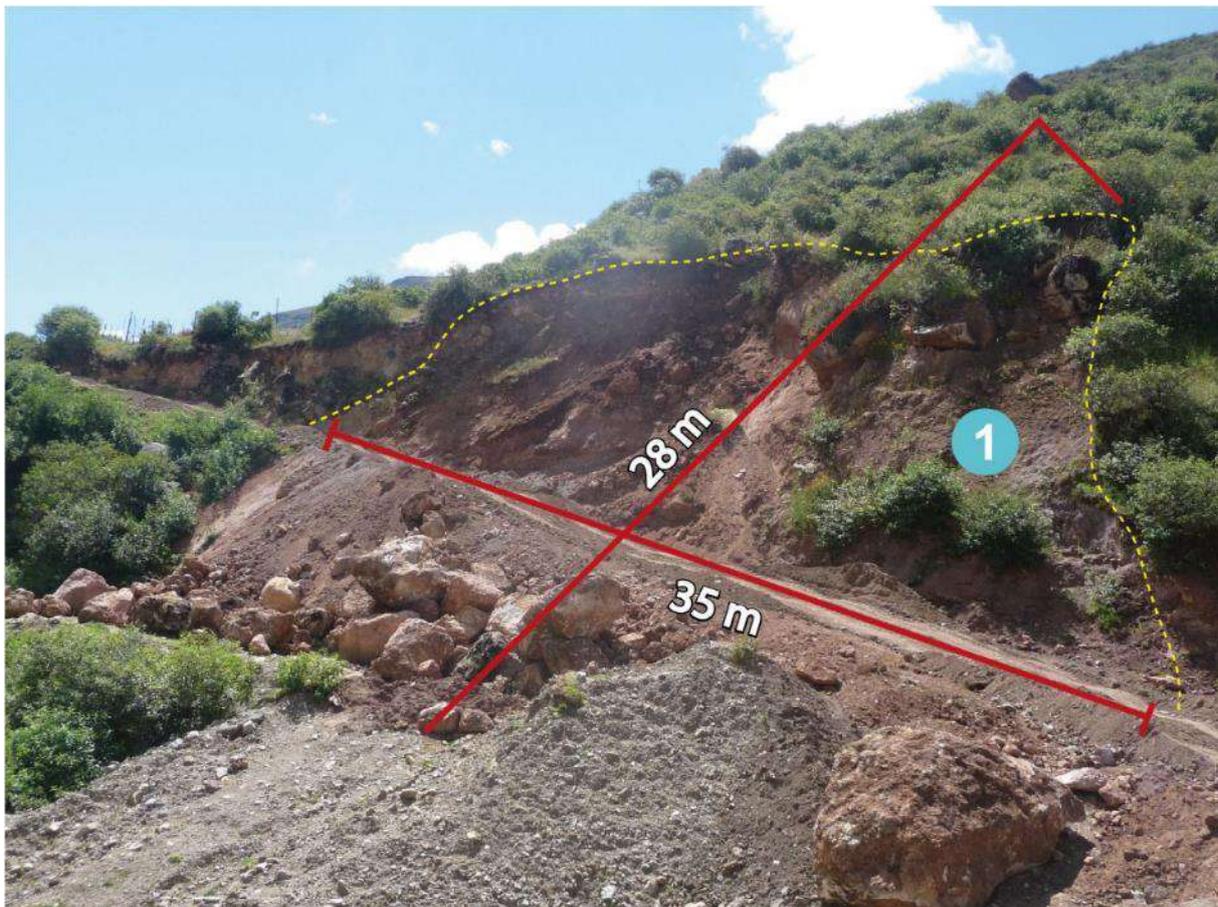
En la parte posterior a la zona de arranque se generaron escarpamientos, así como agrietamientos transversales y longitudinales continuos de 50 cm de apertura en promedio, ello indica el avance retrogresivo del derrumbe (figuras 19 al 21).

Especificaciones generales del derrumbe 1 son:

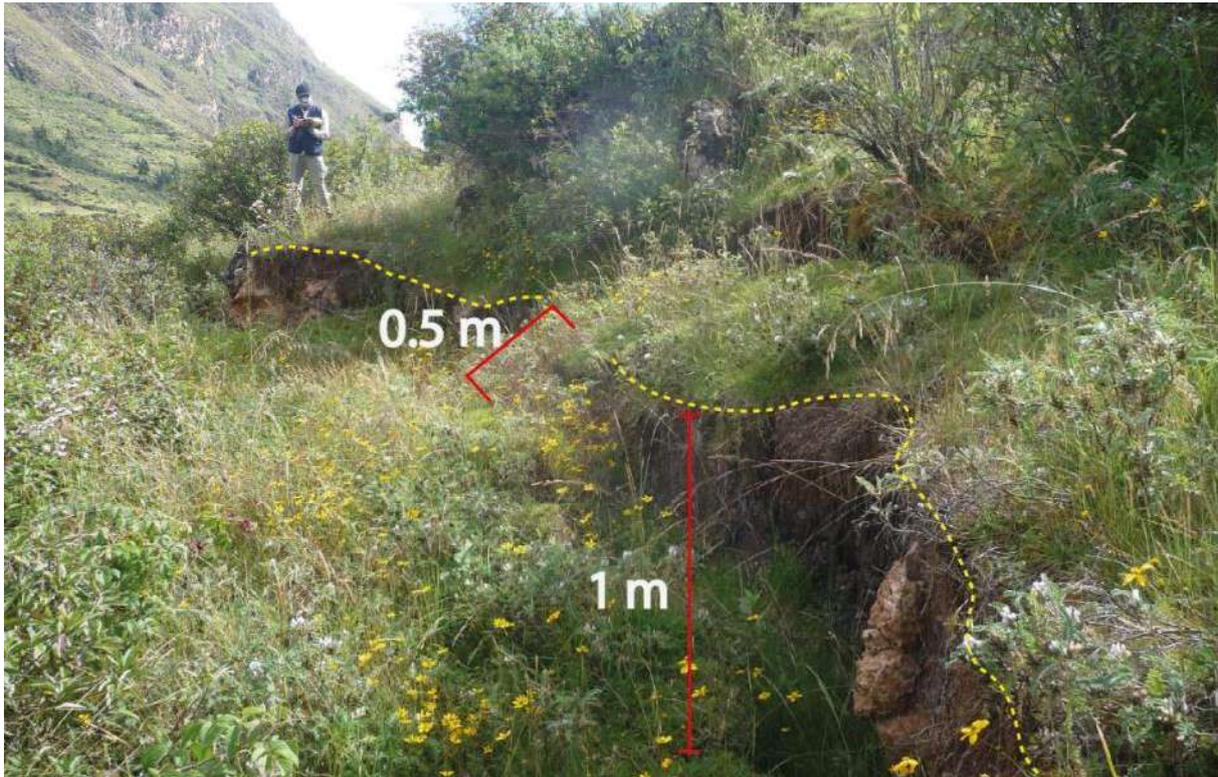
- Ancho promedio de la zona de arranque: 25 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular – elongada.
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque a la base del derrumbe: 20 m.
- Dirección (azimut) del movimiento: N 225°.
- Área del derrumbe (considerando la zona de arranque y el depósito): 340 m<sup>2</sup>.
- Presencia de material colgado por detrás de la zona de arranque del derrumbe que forma una cornisa inestable con bloques de 2.5 m aproximadamente.



**Figura 19.** Altura entre la zona de arranque y la vía vecinal del sector Muñapata, para el derrumbe 01. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370947 E, 8836863 S).



**Figura 20.** Dimensiones para el derrumbe 01. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370947 E, 8836863S).



**Figura 21.** Agrietamientos y saltos de escarpes detrás de la zona de arranque del derrumbe 01.  
 (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370947 E, 8836863 S)

Los derrumbes 1 y 2 se encuentran dentro del cuerpo de un deslizamiento antiguo en proceso de reactivación.

#### Derrumbe 2.

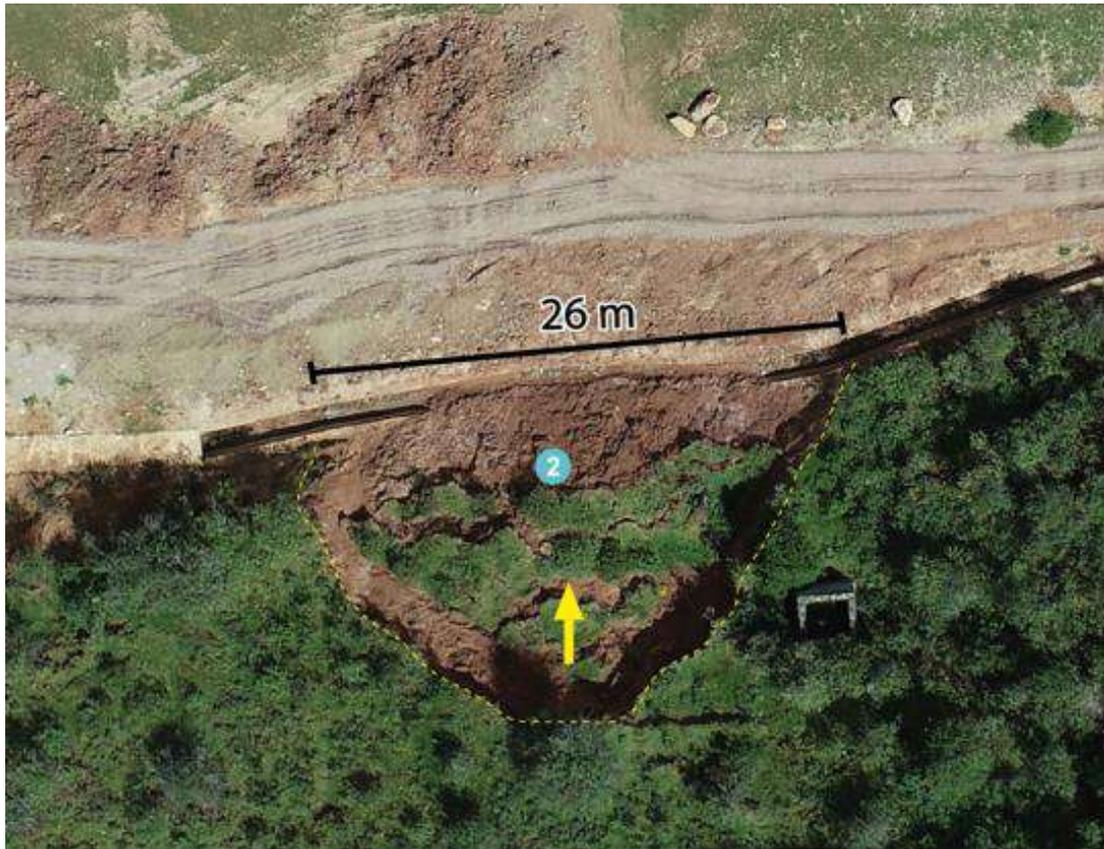
El derrumbe 2, se ubica en las coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84:370996 E; 8836708 S, presenta una altura de 14 m, la longitud de su zona de arranque es de 25 m aproximadamente, la distancia horizontal entre la zona de arranque y el pie del derrumbe es de 12 m.

Este derrumbe afectó 26 m de la vía vecinal de Muñapata y la zanja de coronación de la relavera Malauchaca (figura 22).

Al igual que en el derrumbe 01, en la parte posterior a la zona de arranque se generaron agrietamientos transversales y longitudinales continuos de 30 cm de apertura en promedio, ello indica el avance retrogresivo del derrumbe y la posible formación de un plano de deslizamiento mayor (figuras 19 al 21).

Especificaciones generales del derrumbe 2 son:

- Ancho promedio de la zona de arranque: 20 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular – elongada
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque a la base del derrumbe: 14 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 260°
- Área del derrumbe (considerando la zona de arranque y el depósito): 237 m<sup>2</sup> •



**Figura 22.** Vista área del derrumbe 02, ahora comportándose como una zona de deslizamiento.  
(Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84:370996 E, 8836708S)



**Figura 23.** Altura del derrumbe 02, ahora comportándose como una zona de deslizamiento.  
(Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84:370996 E, 8836708S)

### Derrumbe 3.

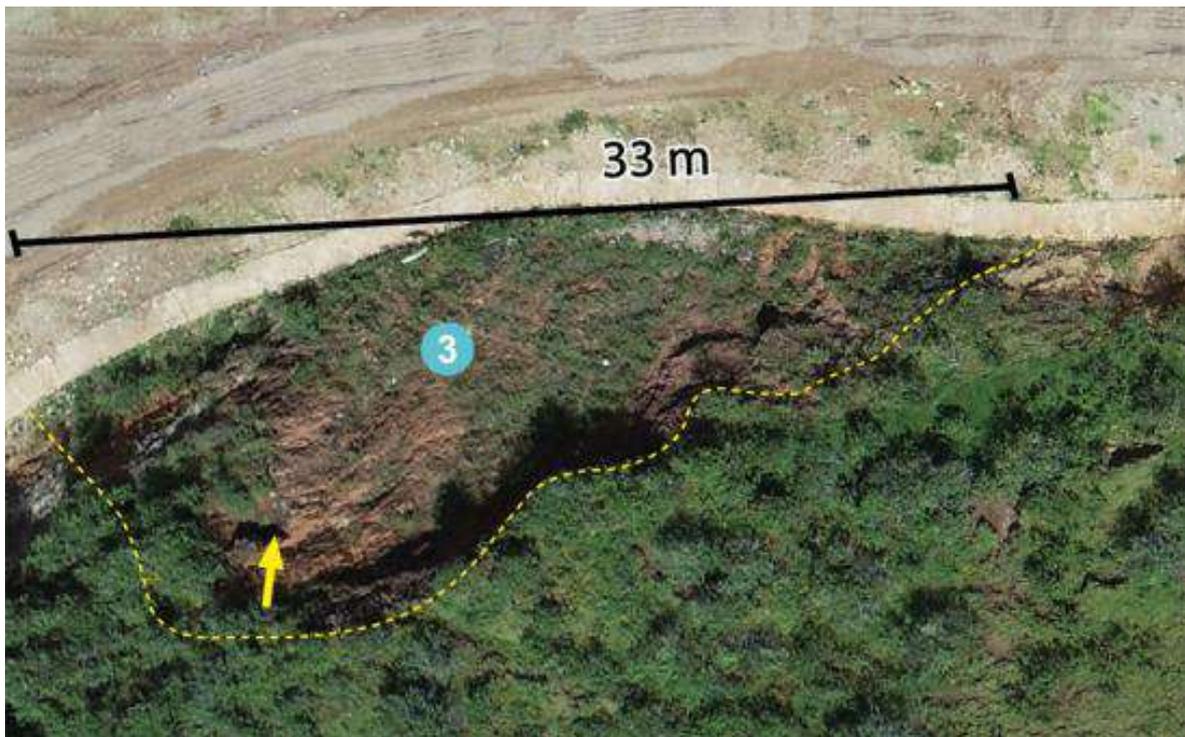
El derrumbe 3 se ubica en las coordenadas, UTM zona 18s; Datum, WGS 84: 371027 E; 8836817 S, presenta una altura de 16 m, la longitud de su zona de arranque es de 44 m, y la distancia entre la zona de arranque y el pie del derrumbe es de 16 m (figuras 24 y 25).

Este derrumbe afectó 33 m de la vía vecinal de Muñapata y la zanja de coronación de la relavera Malauchaca.

Al igual que en el derrumbe 01 y 02, se observaron grietas en la parte posterior a la zona de arranque, lo que señala su comportamiento retrogresivo.

Las características generales de este derrumbe son:

- Ancho promedio de la zona de arranque: 29 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular – elongada
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque a la base del derrumbe: 16 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 265°
- Área del derrumbe (considerando la zona de arranque y el depósito): 341 m<sup>2</sup> •

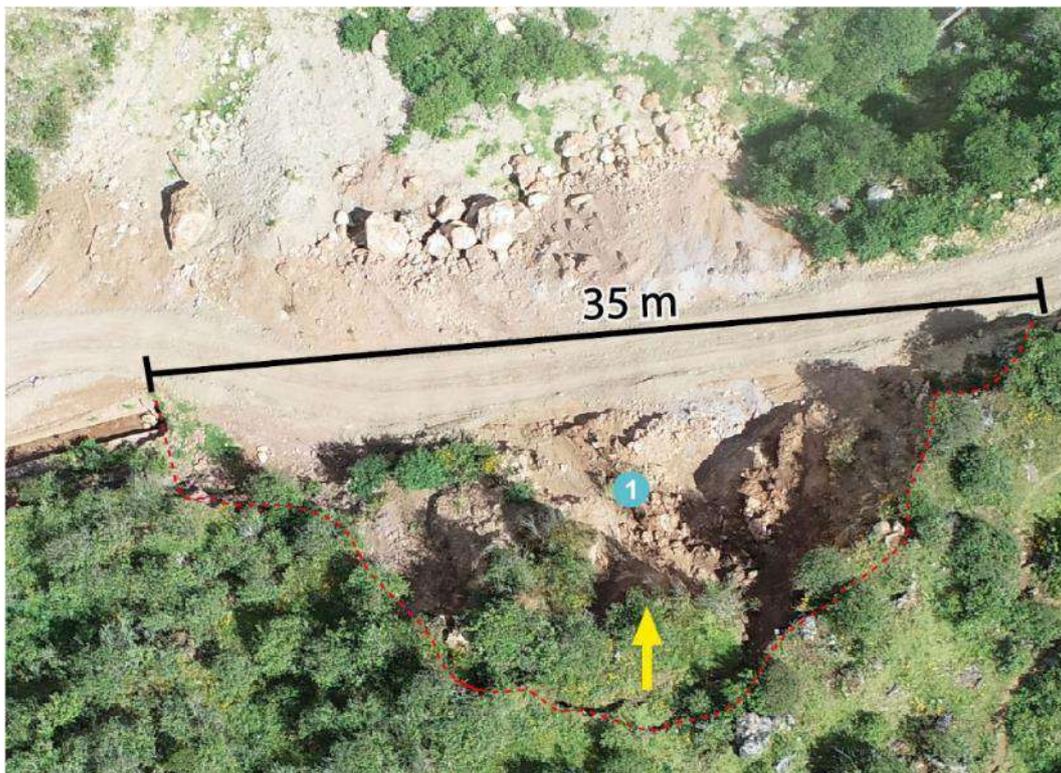


**Figura 24.** Vista área del derrumbe 03. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371027 E, 8836817 S)



**Figura 25.** Altura del derrumbe 03. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371027 E, 8836817 S)

El mayor daño ocasionado por los derrumbes en el sector Muñapata, fue la obstrucción de 35 m, en la zona de derrumbe 01, de la vía vecinal que conecta Malauchaca y Muñapata con sus zonas de agricultura (figura 26)



**Figura 26.** Muestra el tramo de vía vecinal obstruido por el derrumbe 01, en el sector de Muñapata (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370947 E, 8836863S)

#### 4.1.2. Deslizamiento Muñapata

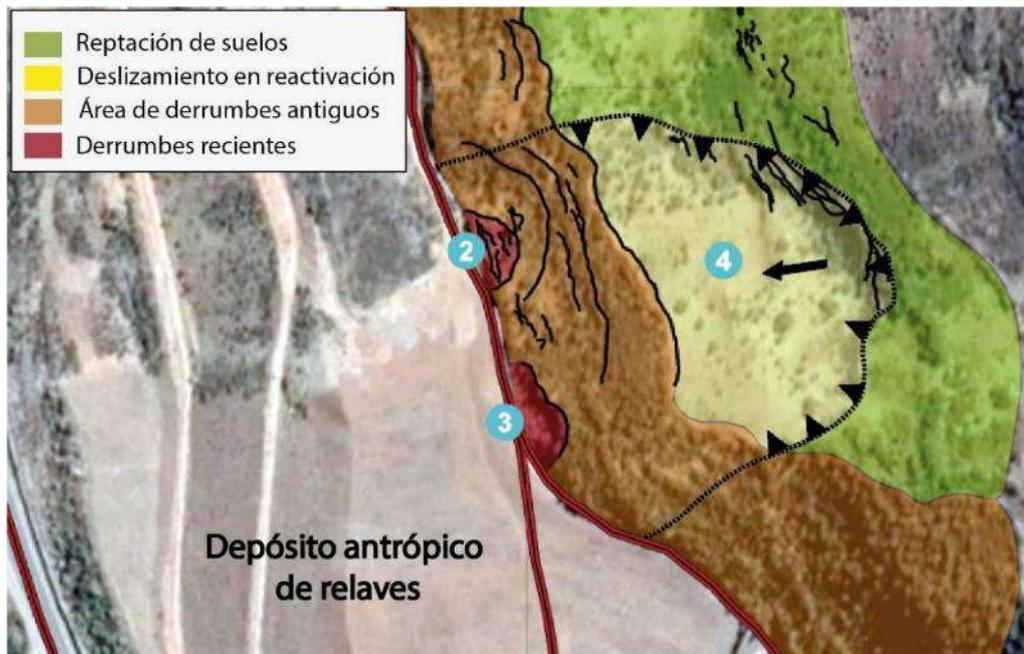
En el sector Muñapata, entre la margen derecha del río Huallaga y en la ladera oeste del cerro Condorhuain, se ha identificado depósito de deslizamiento, cuyas características topográficas y morfología (ladera cóncavo-convexa) sugieren la existencia de un deslizamiento rotacional antiguo en procesos de reactivación con las siguientes características (figura 28):

- Escarpe longitudinal elongado e irregular.
- Salto de escarpe vertical: 6 m
- Ancho aproximado del escarpe principal. 90 m
- Altura entre el escarpe principal y la vía vecinal: 62 m
- Área del deslizamiento: 6030 m<sup>2</sup>

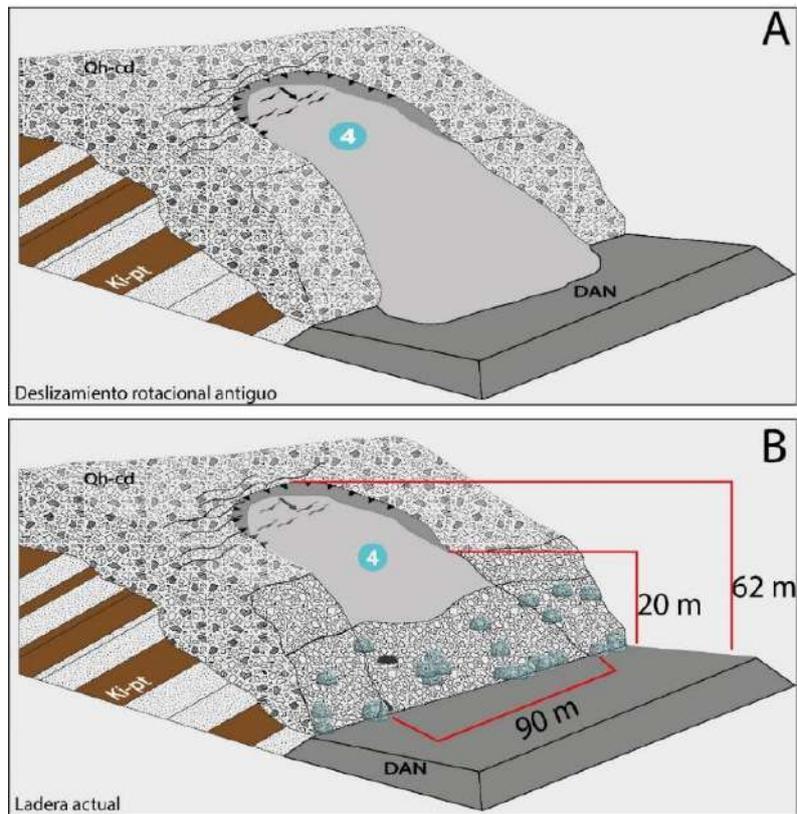
Además, posterior al escarpe principal y en el cuerpo del deslizamiento, se observan grietas longitudinales de hasta 25 m y saltos de 2 m (figura 29).

La figura 28 A, ilustra el deslizamiento ocurrido en primera instancia, mientras que la figura B, ilustra la geometría actual del deslizamiento en proceso de reactivación.

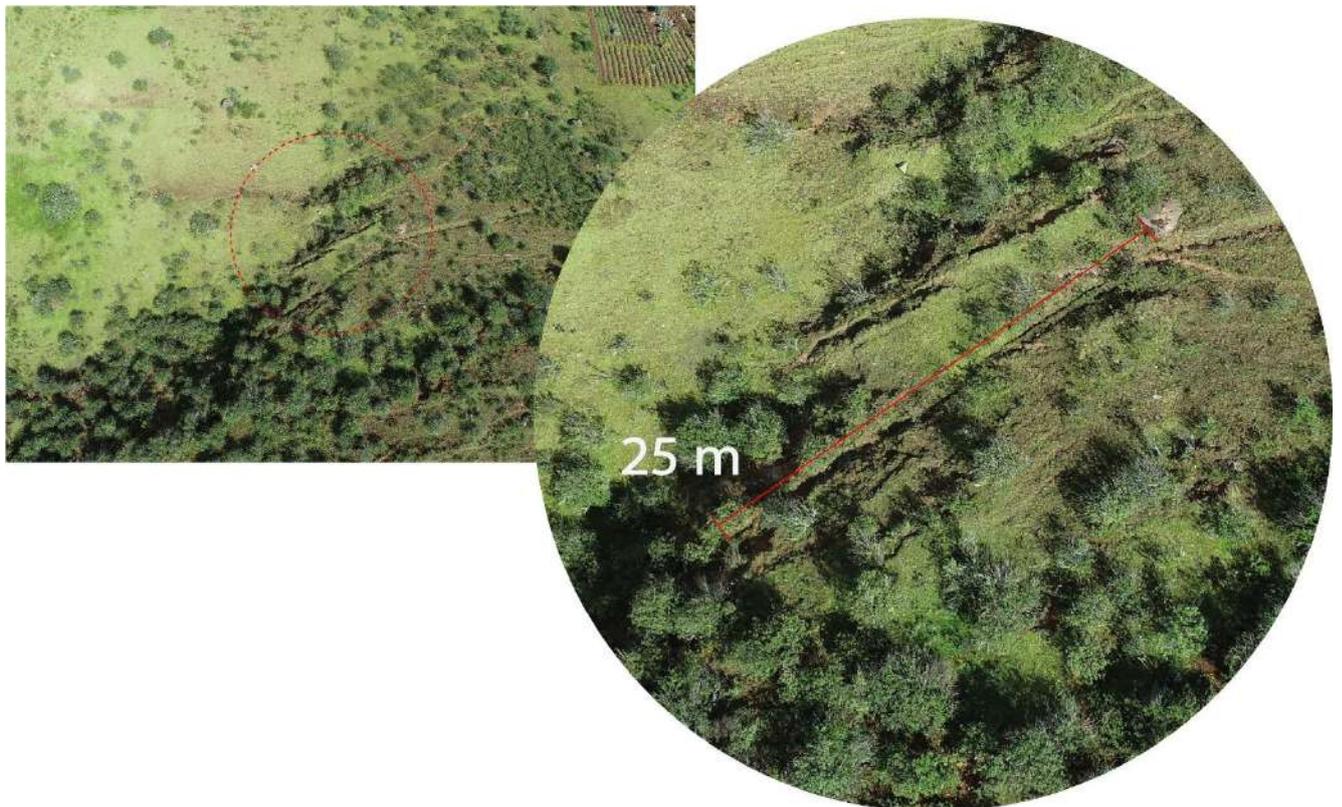
Las lluvias prolongadas y extremas, pueden incidir en el aumento de los vectores de movimiento, provocando que la masa deslizante obstruya 90 m de la vía local de Muñapata, de igual manera la zanja de coronación de la relavera Malauchaca quedaría seriamente comprometida.



**Figura 27.** Deslizamiento en proceso de reactivación en el sector Muñapata. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84:371019 E, 8836743S)



**Figura 28.** Esquema grafico del deslizamiento identificado, A) muestra el evento principal, y B) muestra la configuración actual de la ladera y el proceso de reactivación.



**Figura 29.** Vista área de agrietamientos en el cuerpo de la masa deslizante en el sector Muñapata. (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371098 E, 8836747 S)

#### 4.1.3. Reptación de suelos.

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacionaria, cuando se asocia a cambios meteorológicos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

La reptación de suelos en el sector de Muñapata, se presenta en depósitos coluvio-deluviales de matriz limo arcillosa, sobre los cuales se realizan actividades agrícolas, y se evidencia por el desgarre de la cobertura vegetal, escarpamientos menores a 30 cm y ondulaciones en el terreno (figuras 30 y 31).

Se estima un área de 1.7 ha con procesos de reptación, condicionados por el inadecuado manejo de las aguas de riego y la infiltración de aguas pluviales en los suelos; se debe tener en cuenta que la reptación de suelos, puede preceder a movimientos más rápidos como deslizamientos, si no se toman las medidas correctivas necesarias.



**Figura 30.** Se observan suelos escarpados en la ladera de terrenos de cultivo del sector Muñapata (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371048 E, 8836837S)



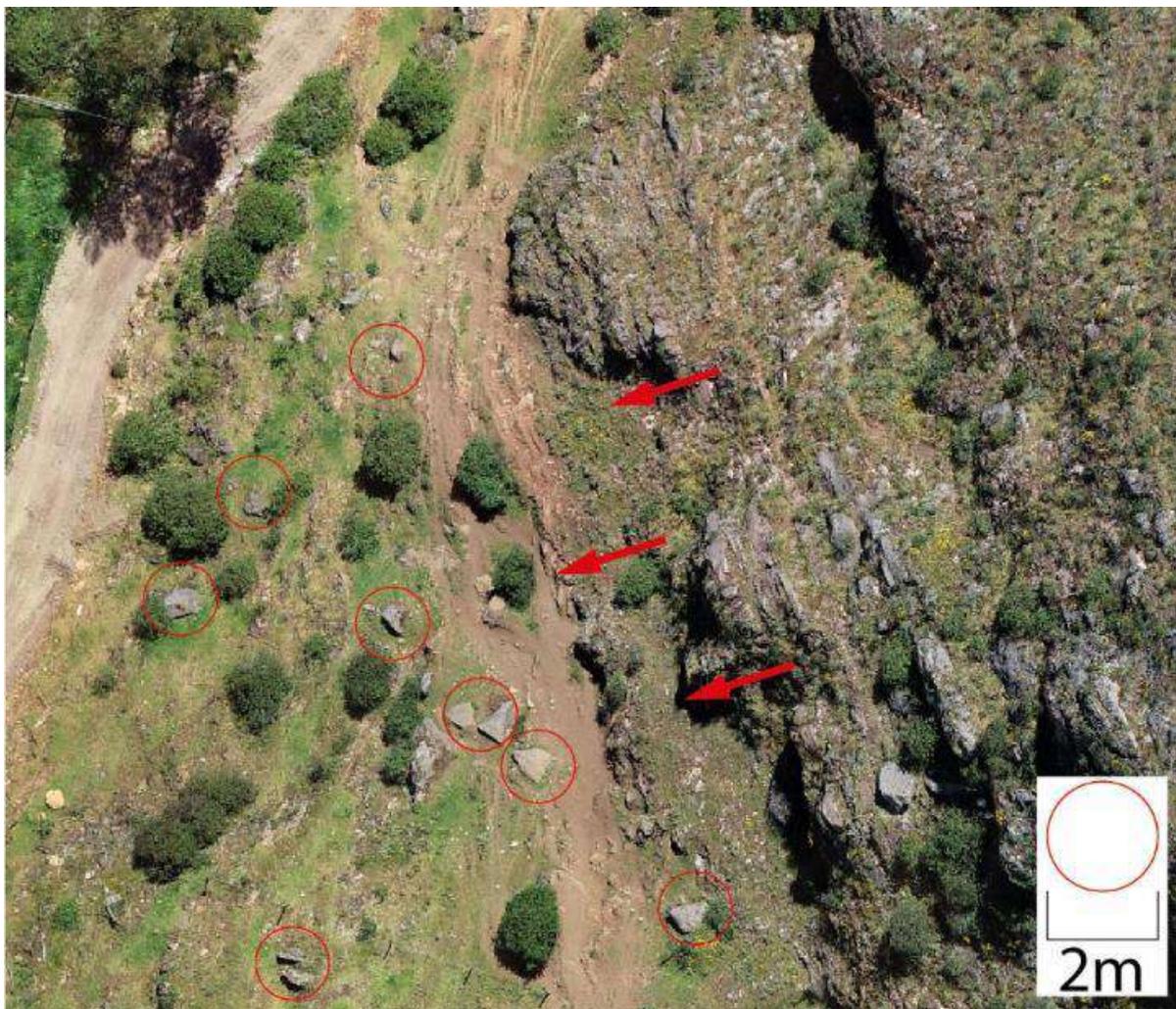
**Figura 31.** Saltos menores a 30 cm, en el sector Muñapata y desgarre de la cobertura vegetal (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371048 E, 8836837S)

#### 4.1.4. Caída de rocas

La caída de rocas es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978)

En los terrenos agrícolas del sector Muñapata se observa la presencia de bloques de roca calcárea con diámetros de 1 a 3 m, estos provienen del desprendimiento de rocas, del afloramiento altamente fracturado de las calizas de la Formación Chulec, ubicados en la parte alta de la ladera, los cuales han caído por gravedad.

Cabe resaltar que, en la parte alta de la ladera, se observan bloques de rocas suspendidos, susceptibles a colapsar en caso de movimientos sísmicos, la caída de estos compromete la seguridad física de las personas, viviendas y medios de vida en los sectores Muñapata y Malauchaca.



**Figura 32** Se observa bloques caídos desde la ladera oeste del cerro Condorhuain en el sector de Muñapata (Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371020 E, 8837049 S)

#### 4.1.5. Análisis de perfiles transversales del área de evaluación

Se realizó una sección transversal de dirección SO-NE, desde el cauce del río Huallaga hasta parte alta de la ladera oeste del cerro Condorhuain, para poder interpretar de mejor manera los factores intrínsecos que han condicionado la ocurrencia de movimientos en masa en el sector de Muñapata.

En el perfil (figura 33), podemos observar que los depósitos cuaternarios (coluvio-deluviales y antrópicos de relaves), se encuentran cubriendo rocas sedimentarias de las formaciones Jumasha, Pariatambo y Chulec.

La parte alta de la ladera, presenta pendientes escarpadas de 48°, en esta se observan calizas altamente fracturadas de la Formación Chulec, con buzamiento de 80° en contra de la pendiente, estas características han hecho a este sector susceptible al desprendimiento de bloques de roca de hasta 3 m.

La parte media de la ladera, presenta pendientes moderadas a fuertes de 20°, aquí se observan rocas areniscas y lutitas de la formación Pariatambo, cubiertos por depósitos coluvio-deluviales, donde se presentan procesos de reptación, deslizamientos y derrumbes.

Finalmente, la parte baja de la ladera está conformado por depósitos de relave, conformados en un talud con un Angulo aproximado de 35°, dispuesto en 3 terrazas o banquetas de plataformas con pendientes suaves (1°-5°).

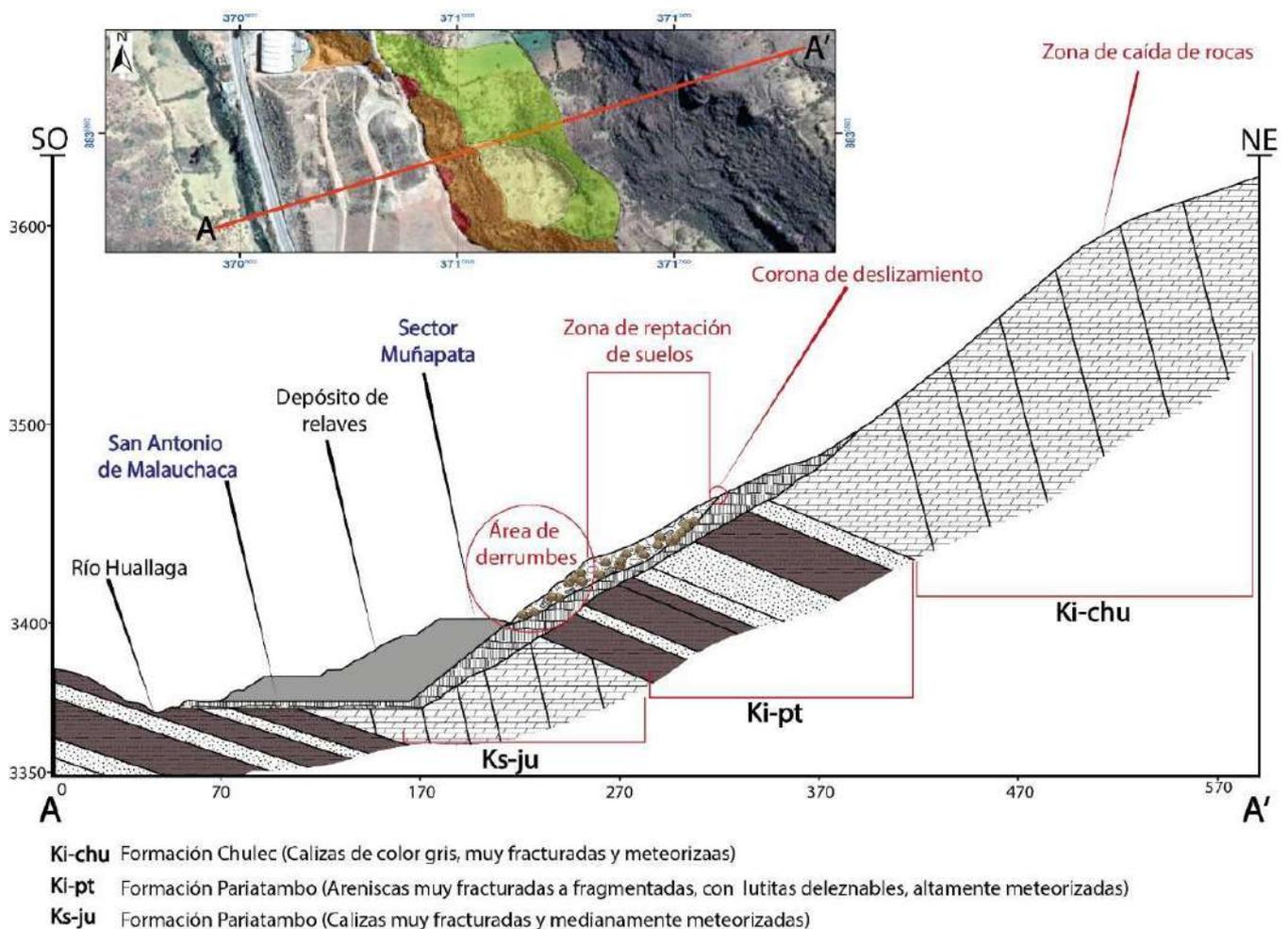


Figura 33 perfil interpretativo de dirección SO-NE, en el sector de Muñapata.

#### 4.1.6. Factores condicionantes

##### Factor litológico

- El substrato en la parte alta de la ladera oeste del cerro Condorhuain, está compuesto por calizas con alto grado de fracturamiento y moderada meteorización que favorece el desprendimiento de bloques y su caída por gravedad.
- El substrato rocoso de la parte media y baja de la ladera, está conformado por areniscas y lodolitas altamente meteorizadas de fácil erosión, las cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, propiciando la inestabilidad de la ladera.
- Los suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales), adosados a las laderas del cerro Condorhuain, están compuestos principalmente por materiales inconsolidados de gravas, cantos y bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 a 3 m, inmersos en una matriz limo-arcillosa poco saturada, son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas

##### Factor geomorfológico

- Las pendientes de la ladera oeste del cerro Condorhuain, varían de moderadas a muy escarpadas, esto favorece el movimiento ladera abajo de masas inestables (depósitos inconsolidados y bloques de rocas sueltos)

##### Factor hidrológico

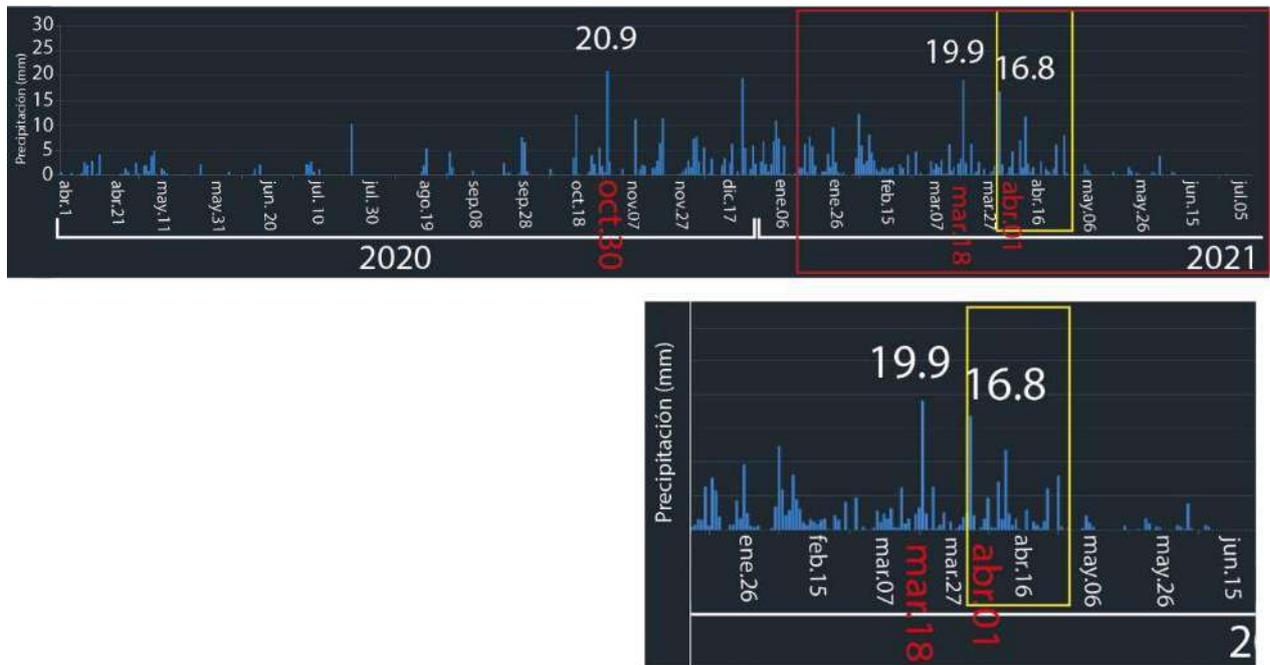
- Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas en el sector Muñapata, provenientes de lluvias, incrementan la presión intersticial de poros, favoreciendo la inestabilidad de la ladera.

##### Factor antrópico

- Métodos inapropiados para el riego de cultivos, favorecen la excedencia de agua necesaria, provocando la saturación de los suelos y posterior desplazamiento (reptación).
- Los cortes de talud para la construcción y ensanchamiento de la vía vecinal que conecta a Malauchaca y Muñapata con sus áreas agrícolas, provocan la reducción del ángulo de fricción interna de los depósitos inconsolidados, favoreciendo la inestabilidad del talud.
- Las excavaciones en el pie de la vertiente coluvio-deluvial en Muñapata, para realizar las obras de mantenimiento en las zanjas de coronación de la relavera Malauchaca, han favorecido la inestabilidad de la ladera...

#### 4.1.7. Factores desencadenantes

- El factor desencadenante para la ocurrencia de los derrumbes, la posterior reactivación del deslizamiento y el incremento en los vectores de movimiento de la reptación de suelos se atribuye a las precipitaciones prolongadas en los meses de marzo y abril del 2021, donde los picos máximos de precipitación diaria alcanzados fueron el 18 de marzo con 19.9 mm y el 01 de abril con 16.8 mm (figura 34).



**Figura 34** precipitaciones registradas por el servicio meteorológico satelital de aWhere (<https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7337354>), durante los periodos de abril 2020 y junio 2021, en el sector Muñapata

## 5. CONCLUSIONES

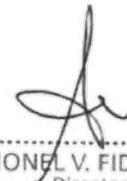
1. Geológicamente, el sector Muñapata se encuentra sobre depósitos coluvio-deluviales y relaves, que cubren parcialmente las areniscas y lutitas de la Formación Pariatambo, así como calizas de la Formación Chulec, ambas presentan alto grado de fracturamiento y meteorización; originan suelos compuestos de cantos y gravas calcáreos heterogéneos envueltos en matriz limo-arcillosa, fácilmente erosionable.
2. Geomorfológicamente, Muñapata se sitúa sobre vertiente coluvio-deluvial, adosada a la ladera de montaña modelada en roca sedimentaria del cerro Condorhuain. La pendiente promedio de la ladera es de 30° y se considera una pendiente muy fuerte o escarpada, la parte baja y media de la ladera varía de 10° a 25°, mientras que en la parte alta se presentan pendientes >45°.
3. El 26 de abril del 2021, en el sector Muñapata ocurrieron 03 derrumbes, que afectaron la vía vecinal entre Muñapata y sus áreas agrícolas, en total de 90 m.
4. En la parte alta de la vertiente, se identificó un deslizamiento en proceso de reactivación, la escarpa presenta una longitud de 90 m con salto de 6 m. En el pie se apreció la ocurrencia de derrumbes (2 y 3). En el cuerpo de la masa deslizante se observan grietas de hasta 25 m de longitud con aperturas de hasta 1 m.
5. Los procesos de reptación se encuentran en la parte alta del deslizamiento, ocupan un área de 1.7 ha, el terreno se encuentra saturado con pendiente moderada (25°). Este proceso afectó terrenos agrícolas.
6. La parte alta de la ladera oeste del cerro Condorhuain presenta pendientes muy escarpadas y rocas altamente fracturadas, lo que favorece su desprendimiento. Este proceso afecta a los sectores de Muñapata y Malauchaca.
7. Actualmente la relavera Malauchaca, presenta condiciones favorables de estabilidad debido a la presencia de zanjas de coronación y revestimiento vegetal.
8. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector Muñapata es considerado de **peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, reptación y derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas, así por sismos.

## 6. RECOMENDACIONES

1. En el sector Muñapata, donde se encuentran los depósitos coluvio-deluviales, se debe modificar la geometría del talud, se deben realizar banquetas, (para ello se deben realizar estudios de suelos y conocer el ángulo de reposo adecuado). La altura y el número de banquetas deben ser determinados por especialistas en el tema (ver anexo 3, figura 36).
2. Construir muros de contención y/o sostenimiento, estos pueden ser de concreto, acero o gaviones (según especificaciones técnicas de estudios previos, realizados por especialistas), con la finalidad de aumentar la resistencia al corte del talud, donde se presentan derrumbes y deslizamientos en el sector Muñapata (ver anexo 3, figuras 35 y 36).
3. Construir zanjas de coronación revestidas e impermeabilizadas en la parte alta donde se evidencia la reptación de suelos, así como una red de drenajes que deriven el exceso de aguas a cauces naturales (ver anexo 3, figura 35).
4. Para evitar la infiltración de las aguas de escorrentía superficial, sellar con arcilla las grietas tensionales de mayor longitud, que se presentan en el cuerpo de la masa deslizante, ubicado en las siguientes coordenadas UTM: zona 18s; Datum WGS 84:371082 E; 8836757 S.
5. Implementar riego tecnificado en el sector Muñapata y prohibir el riego por gravedad.
6. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos la comunidad San Antonio de Malauchaca y el sector Muñapata
7. Forestar la ladera con vegetación autóctona.
8. Continuar con los trabajos de mantenimiento periódico de las zanjas de coronación de la relavera Malauchaca, evitando la sobreexcavación en las laderas del talud de Muñapata.
9. Todas las medidas correctivas estructurales, deben ser planificadas y elaboradas por especialistas.



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

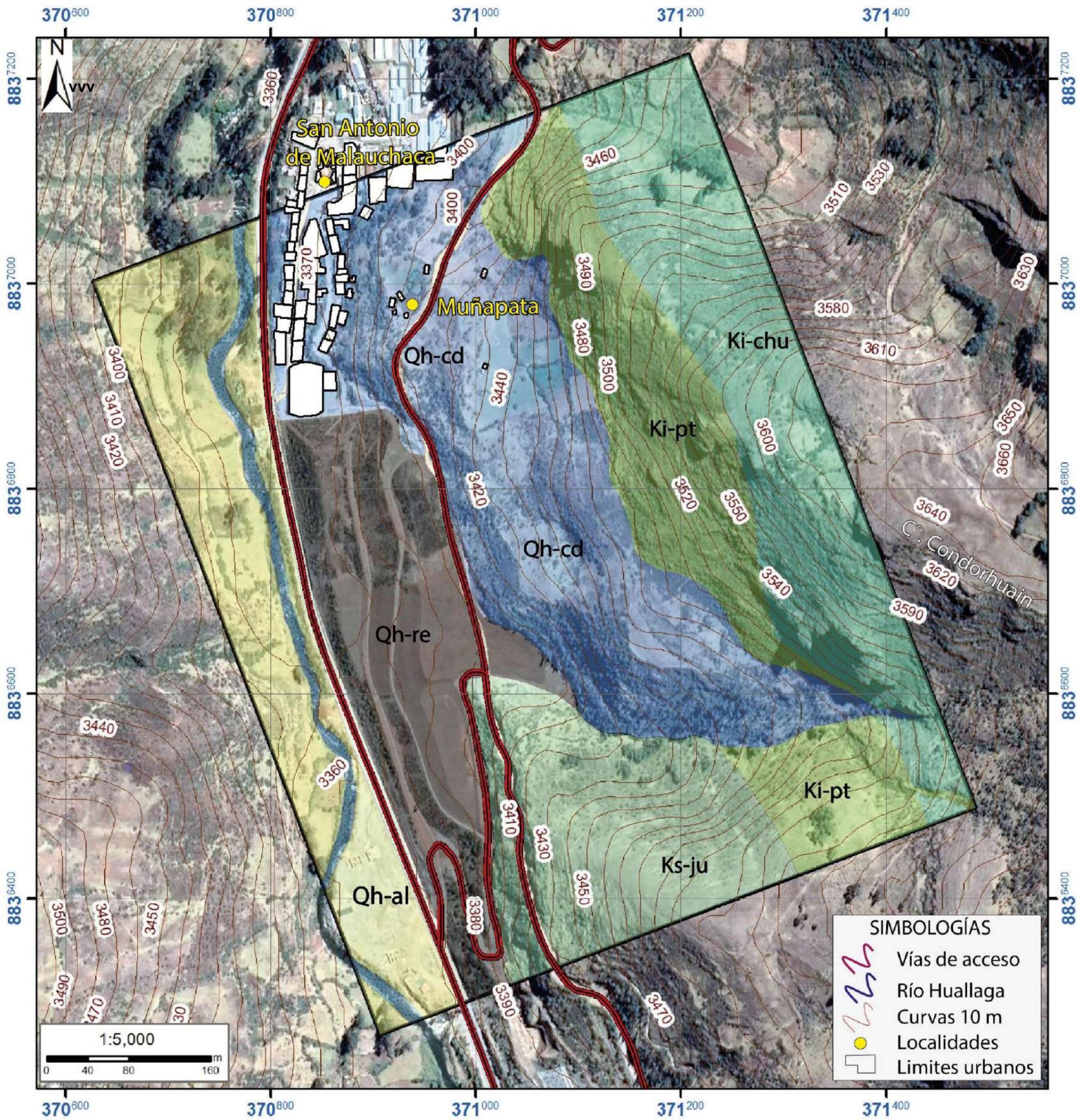


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Köppen, W. (2010). (Clasificación de climas según temperatura, precipitación y ciclo estacional.). Petermanns Geogr. Mitt., 64, 193-203, 243-248
- Luque, G., Rosado, M., Pari, W., Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Pasco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 73, 202 p, 9 mapas.
- Luque, G. & Rosado, M. (2013) – Zonas críticas por peligros geológicos en región Pasco. INGEMMET, Informe técnico, 61 p.  
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2014>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Rodríguez R. & Cueva E. (2011) – Geología del Cuadrángulo de Cerro de Pasco – hoja 22k - 1:100 000 INGEMMET, 169 p.  
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2149>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) “Servicio de Consulta de data meteorológica en línea” SENAMHI. =  
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.
- Vílchez, M. & Ochoa, M. (2014) – Zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica. Informe técnico Geología Ambiental. Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico, 55 p <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2016>.
- 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**



**SIMBOLOGÍAS**

- Vías de acceso
- Río Huallaga
- Curvas 10 m
- Localidades
- Limites urbanos

LEYENDA		
Edad	Leyenda	Unidad Litoestratigráfica
Cuaternario		Qh-re Depósito antropogénico
		Qh-cd Depósito coluvio-deluvial
		Qh-al Depósito aluvial
Cretácico		Ks-ju Formación Jumasha
		Ki-pt Formación Pariatambo
		Ki-chu Formación Chulec

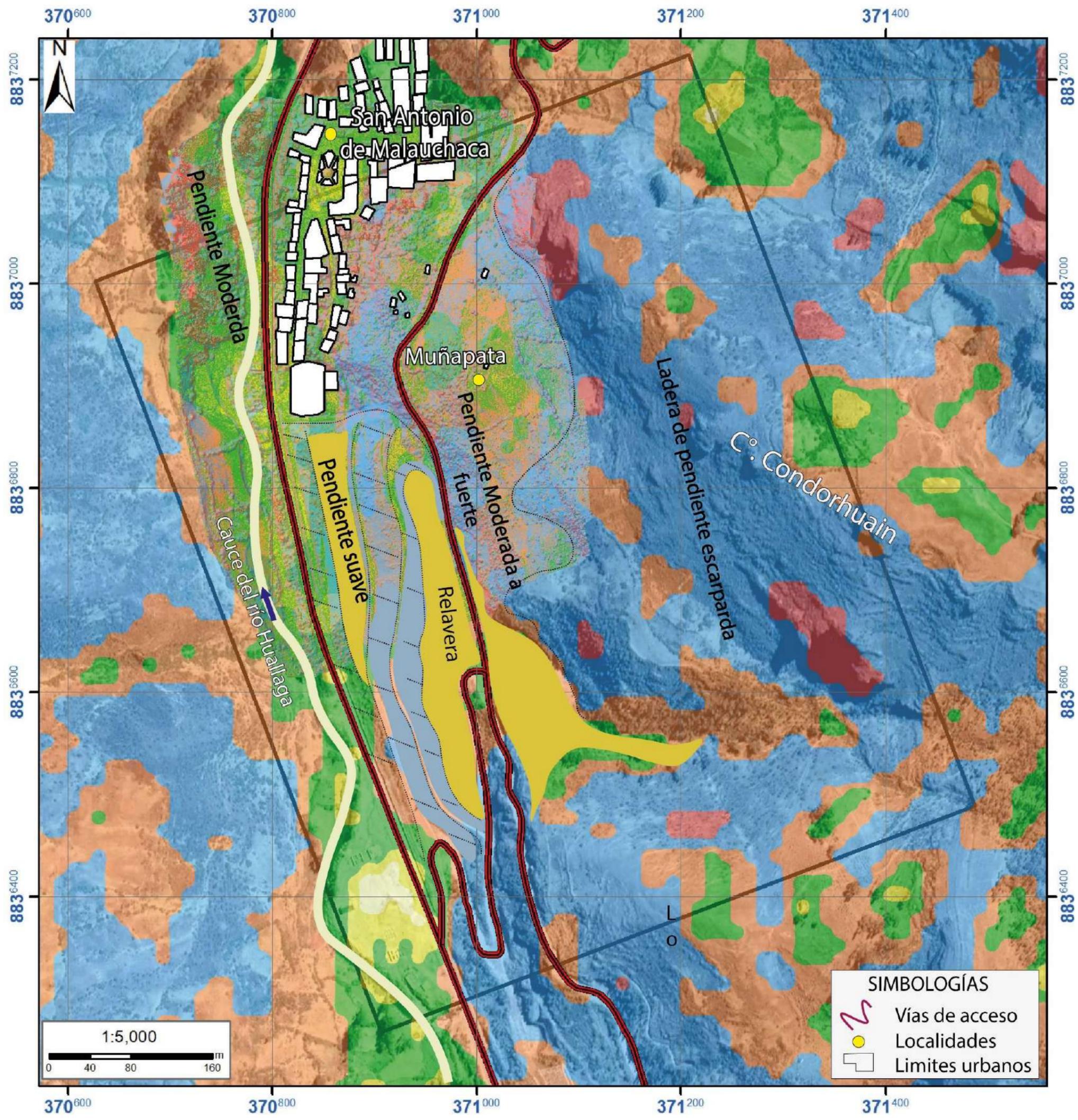
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN PASCO  
 PROVINCIA PASCO  
 DISTRITO TICLACAYÁN

**MAPA GEOLÓGICO**  
**SECTOR MUÑAPATA**

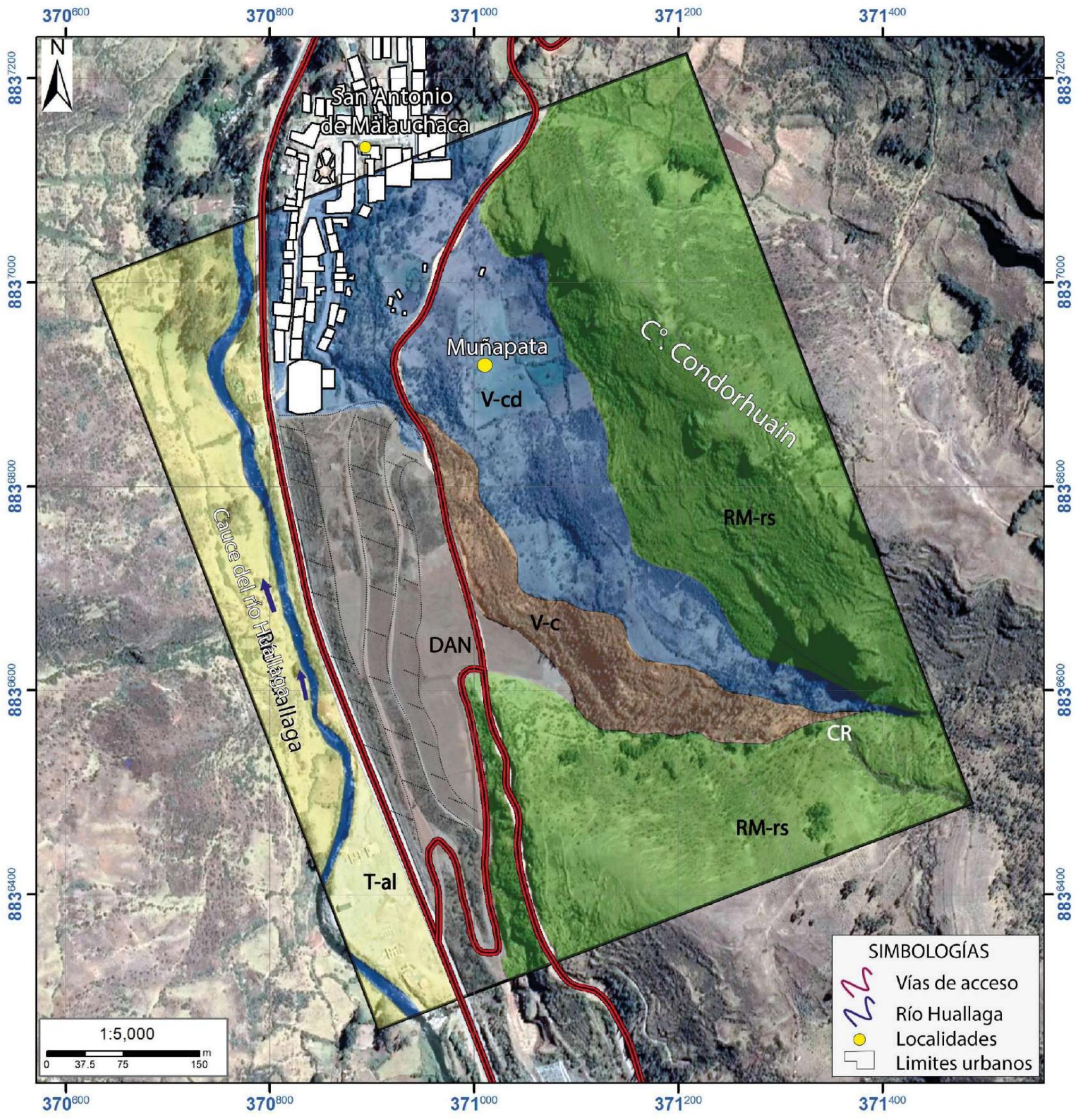
Escala: 1/5 000 A3 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2021	Elaborado por: G.Luna Datum: WGS 84 Impreso: 2021	<b>MAPA</b> <b>01</b>
---	---	--------------------------



Leyenda	
Rango	Superficie Topográfica
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

  
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN PASCO  
 PROVINCIA PASCO  
 DISTRITO TICLACAYAN  
**MAPA DE PENDIENTES**  
**SECTOR MUÑAPATA**

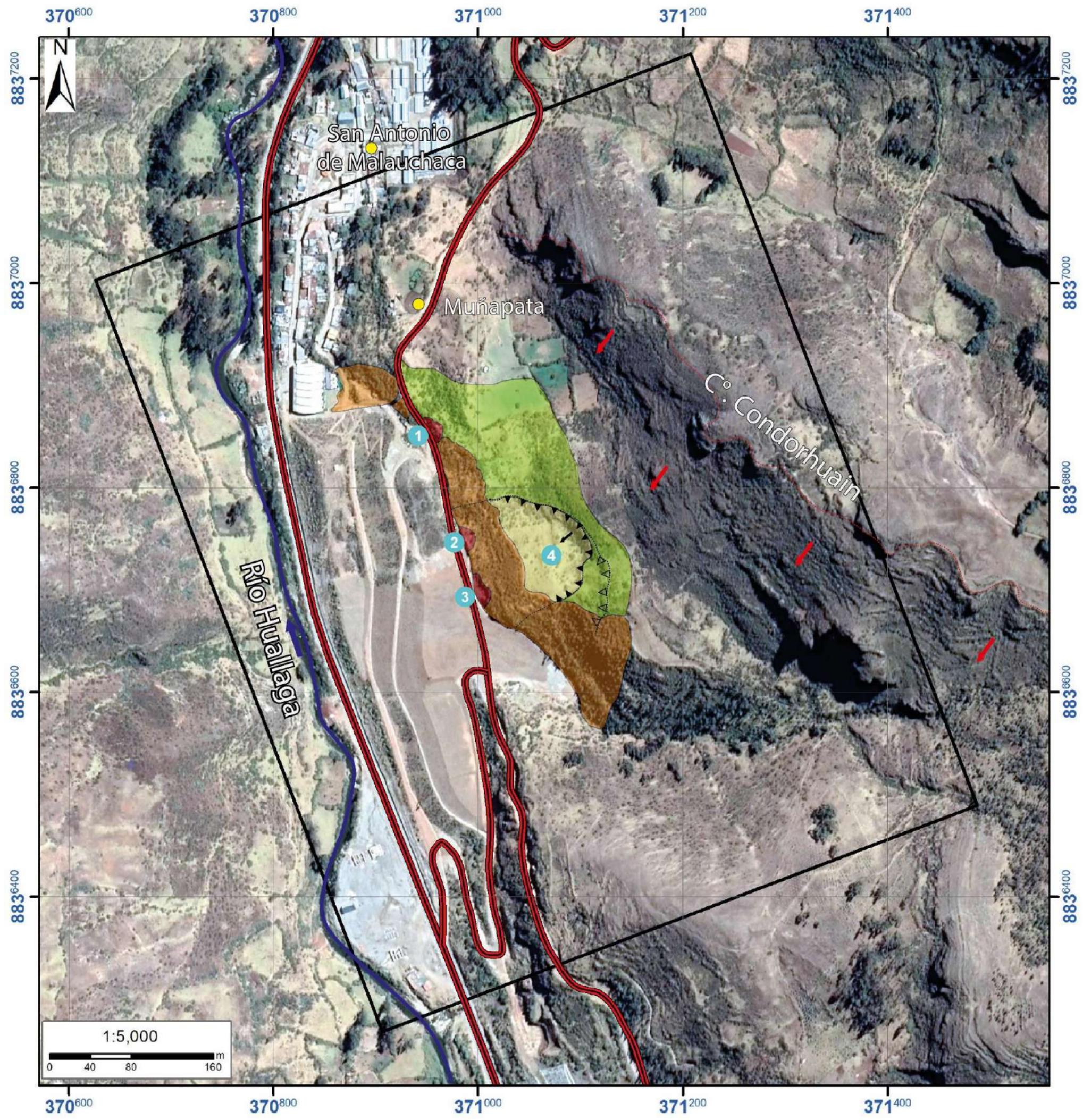
Escala: 1/5 000 A3	Elaborado por: G.Luna	<b>MAPA</b> <b>02</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	



LEYENDA		
COLOR	COD	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA
	RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
	T-al	Terraza aluvial
	V-cd	Vertiente coluvio-deluvial
	V-c	Vertiente coluvial de detritos
	DAN	Depósito antropico de relaves
	CR	Cárcavas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO  
**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**  
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN PASCO  
 PROVINCIA PASCO  
 DISTRITO TICLACAYÁN  
**MAPA GEOMORFOLÓGICO**  
**SECTOR MUÑAPATA**

Escala: 1/5 000 A3	Elaborado por: G.Luna	<b>MAPA</b> <b>03</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	



**SIMBOLOGÍAS**

	Vías de acceso
	Río Huallaga
	Localidades

**LEYENDA**

Movimientos en masa	Caída		Derrumbe reciente
	Deslizamiento		Derrumbe antiguo
	Reptación de suelos		Rotacional reactivado
			Reptación estacionaria
			Escarpe de caída de rocas
			Dirección de caída de rocas
			Corona de deslizamiento antiguo

**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL  
 REGIÓN PASCO  
 PROVINCIA PASCO  
 DISTRITO TICLACAYÁN

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS  
 SECTOR MUÑAPATA**

Escala: 1/5 000 A3	Elaborado por: G.Luna	<b>MAPA 04</b>
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: 2021	

## ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)

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

**CAÍDA:** La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s.

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

**DESLIZAMIENTO:** Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud" (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

**DERRUMBE:** Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (figura 8). 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.

**ESCARPE:** 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.

**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.

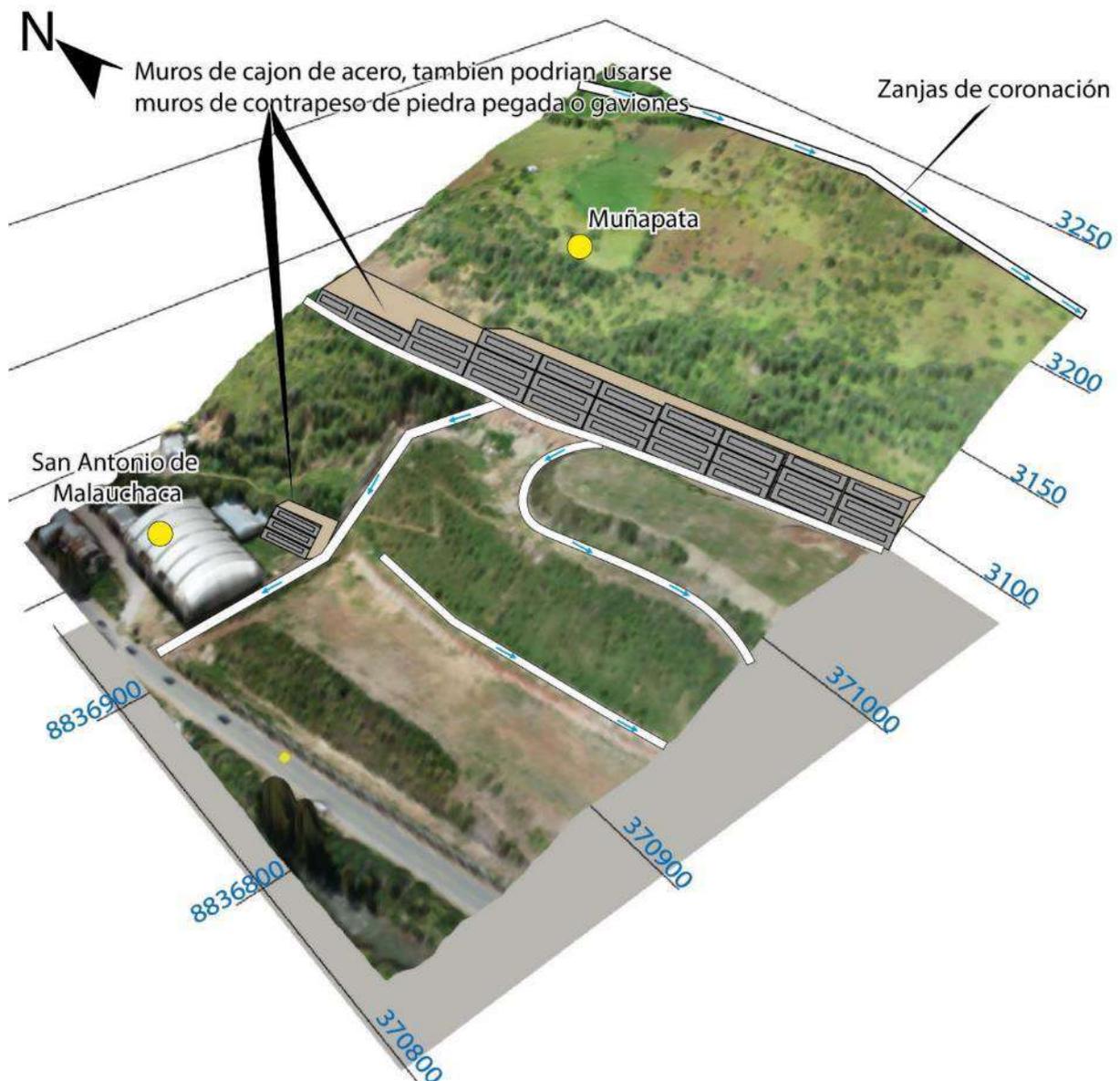
**METEORIZACIÓN:** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

**REPTACIÓN:** Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional cuando se asocia a cambios climáticos, o

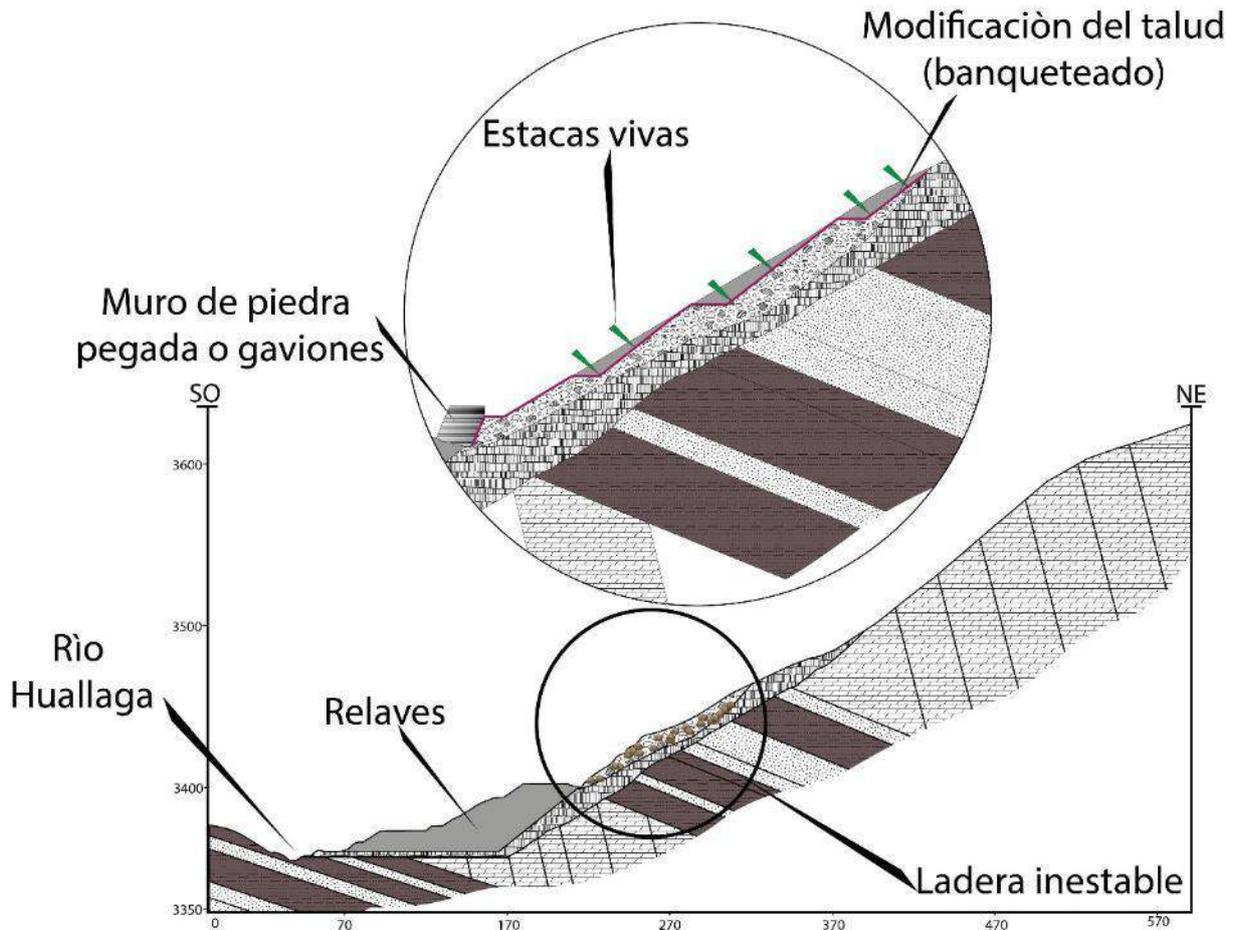
de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

### ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Dentro de las principales medidas de prevención y mitigación para los peligros por movimientos en masa identificados en el sector Muñapata, comprenden la implementación de drenes impermeabilizados que deriven las aguas excedentes a cauces naturales, así como la construcción de muros de contención (piedra, gaviones o acero u cualquier otro, recomendado por especialistas), previa modificación del talud mediante técnicas de terracedo (banquetado del talud), en donde se pueden implementar bioingeniería (estacas vivas) en las caras de las banquetas para favorecer su estabilidad. El esquema gráfico referencial de estas recomendaciones que deben ser planificadas y supervisada por especialistas se presentan en las figuras 35 y 36.



**Figura 35** Esquema gráfico referencial de obras a implementar para reducir los efectos de movimientos en masa en el sector Muñapata.



**Figura 36** Esquema gráfico referencial de obras a implementar para reducir los efectos de movimientos en masa en el sector Muñapata, representado en perfil.

Las descripciones teóricas de los métodos sugeridos se presentan a continuación:

#### A. Corrección por drenaje

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas (cuadro 3). Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El drenaje y el subdrenaje generalmente son poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de los movimientos

Los sistemas más comunes para el control del agua son:

- Zanjas de coronación o canales colectores drenaje superficial).
- Subdrenes de zanja o subdrenes interceptores. •
- Subdrenes horizontales o de penetración

Tipos de obra de drenaje superficial

- a) **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.
- b) **Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c) **Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d) **Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e) **Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.
- f) **Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g) **Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h) **Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua.

**Cuadro N° 3:** Ventajas y desventajas del uso de diferentes métodos de corrección por drenaje.

Fuente: Suárez, 1996.

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas	Muy costosos y complejos de construir
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente

No se recomienda en problemas de taludes, la utilización de conducciones en tubería por la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, con lo cual se generan problemas de infiltración masiva concentrada.

**Subdrenaje:** Las técnicas de drenaje subterráneo o subdrenaje son uno de los métodos más efectivos para la estabilización de los deslizamientos. El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poros o impedir que éstas aumenten (figuras 37 y 38). A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor. El diseño de los sistemas de subdrenaje es complejo debido a que la mayoría de los taludes no son homogéneos desde el punto de vista del drenaje subterráneo y es muy difícil aplicar principios sencillos en el diseño de obras de subdrenaje. El movimiento de las aguas en los taludes por lo general, es irregular y complejo.

Elementos para tener en cuenta en el análisis de los sistemas de subdrenaje:

- Falta de continuidad de los mantos o sectores permeables.
- Cantidad de agua recolectada.
- Poco efecto del subdrenaje en el factor de seguridad.
- Poco efecto del subdrenaje cuando el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie de falla.
- Asentamientos en las áreas circunvecinas como efecto del subdrenaje.

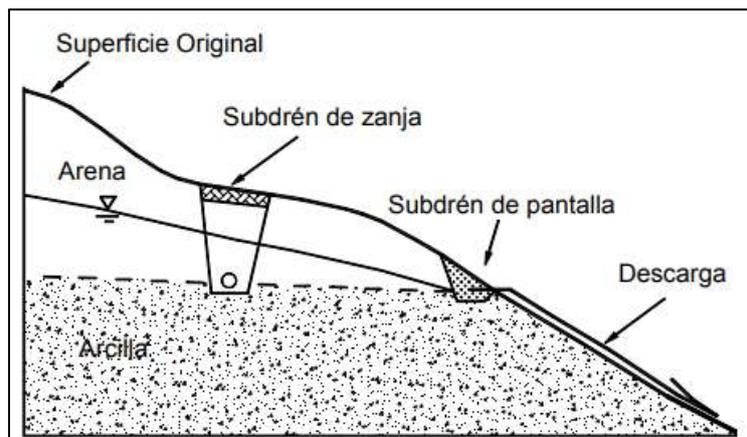


Figura 37. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

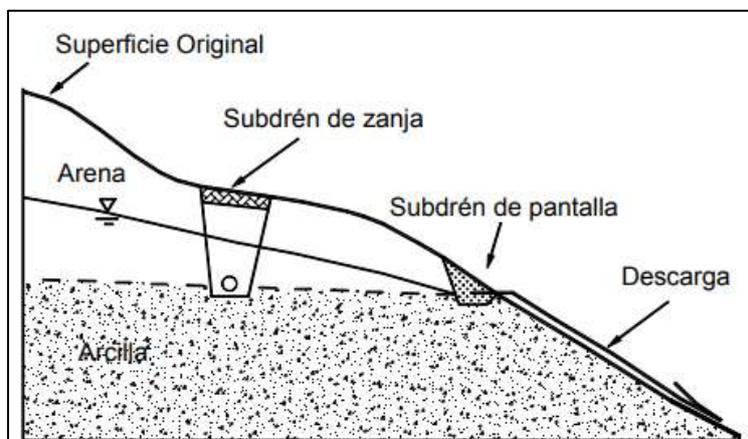


Figura 38. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).

## B. Corrección por elementos resistentes

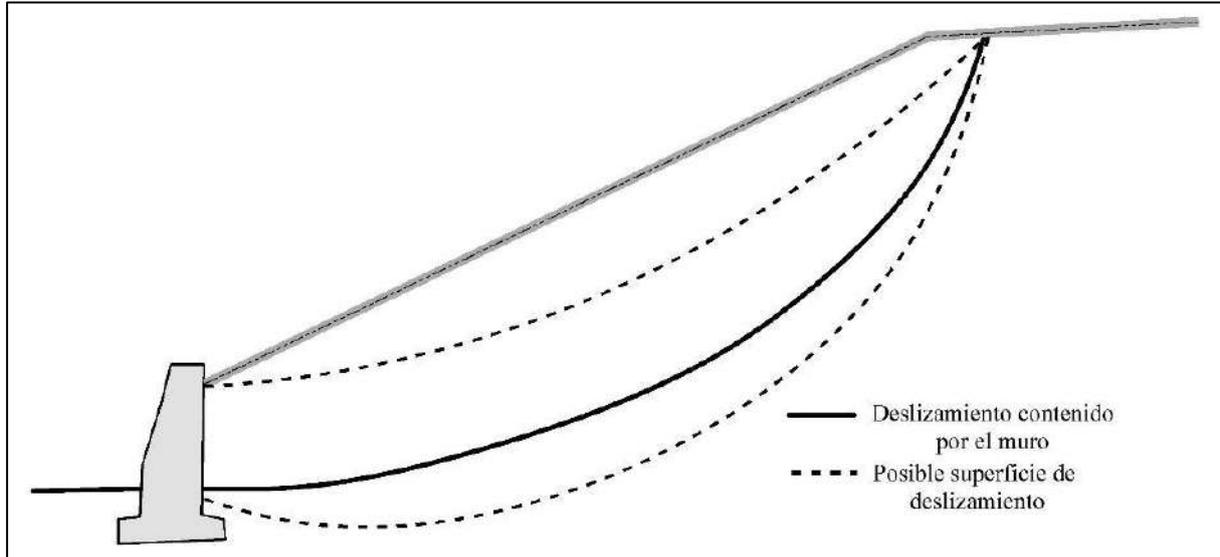
**MUROS RÍGIDOS** Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse (cuadro 4). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

**Cuadro N° 4:** Ventajas y desventajas del uso de muros de contención. Fuente: Suárez, 1996.

Muro	Ventajas	Desventajas
<b>Reforzado</b>	Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho 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 poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo
<b>Concreto simple</b>	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para mejorar su apariencia exterior	Se requiere una muy buena fundación y no permiten deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente, son poco económicos para alturas mayores de tres metros.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado.	Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloques de roca.
<b>Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo</b>	Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado	Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño
<b>Mampostería o bloques de roca pegados con concreto</b>	Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos	Se requiere muy buena fundación. Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos.

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 39), tiene por finalidad aumentar la resistencia al corte mediante sistemas más frecuentes como: anclajes formados por cables o barras de acero que se anclan en zonas estables del macizo; trabajan a tracción y proporcionan una fuerza contraria al movimiento y un incremento de las tensiones normales sobre la superficie de rotura.

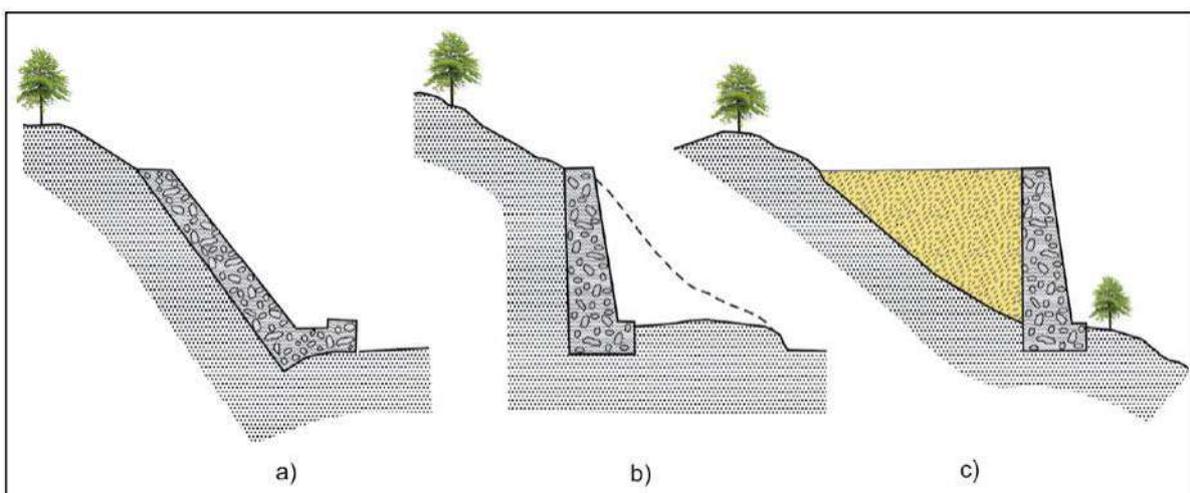
Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos. Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.



**Figura 39.** Contención de un deslizamiento mediante un muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (figura 40): a) muros de revestimiento que consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador,.; b) los muros de contención generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro y c) Muros de sostenimiento, los cuales se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente )

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

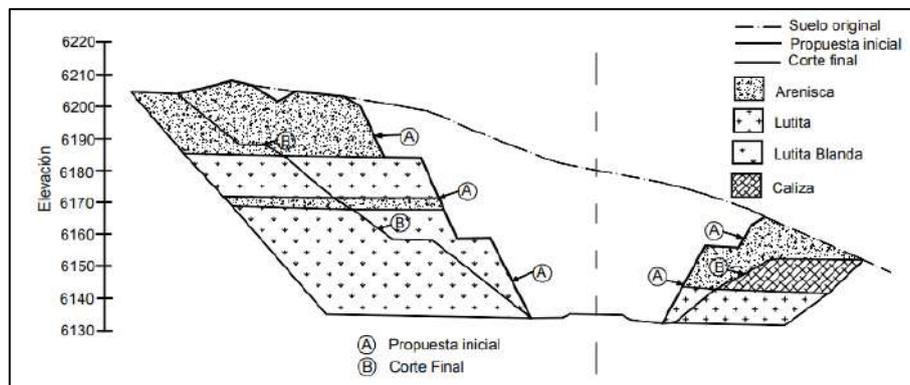


**Figura 40.** Tipo de muros: a) muro de revestimiento, b) muro de contención, c) muro de sostenimiento (Jiménez, 1976).

### C. Corrección por modificación de la geometría del talud

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

Al disminuir la pendiente del talud, se disminuyen las fuerzas actuantes y adicionalmente el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo aumentándose en esta forma el factor de seguridad. El abatimiento se puede lograr por corte o por relleno (figura 41). Al disminuir la pendiente del talud debe analizarse si al bajar la pendiente no se está facilitando la activación o reactivación de fallas profundas. En todos los casos es conveniente la realización de análisis de estabilidad para determinar los efectos reales de la disminución de la pendiente



**Figura 41.** Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (González, 2002).