

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7206**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBE EN EL CERRO MORONTI

Departamento Puno  
Provincia Sandia  
Distrito Quiaca



DICIEMBRE  
2021

## **EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DERRUMBE EN EL CERRO MORONTI**

*(distrito de Quiaca, provincia Sandía, departamento de Puno)*

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

*Equipo de investigación:*

*Hugo Gómez Velásquez*

*Ely Ccorimanya Challco*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021) - *Evaluación de peligro geológico por derrumbe en el cerro Moronti. Distrito de Quiaca, provincia Sandía, departamento Puno*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7206, 30 p.

## INDICE

<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> .....	6
1.3.1. Ubicación .....	6
1.3.2. Accesibilidad.....	7
1.3.3. Clima.....	8
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	8
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	8
2.1.1. Formación Sandia miembro superior (Os-s/s).....	9
2.1.2. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd).....	9
2.1.3. Depósito aluvial (Q-al) .....	9
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	10
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	10
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	11
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	11
3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional .....	11
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	13
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	13
4.1.1. Deslizamiento en el cerro Moronti .....	14
4.1.2. Factores condicionantes .....	14
4.1.3. Factores desencadenantes.....	15
4.1.4. Daños ocasionados por el deslizamiento.....	15
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	17
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	17
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	19
<b>ANEXO 2: GLOSARIO</b> .....	24
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	25

## RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligro geológico por derrumbe ocurrido en el cerro Moronti y alrededores, ubicado en la jurisdicción del distrito Quiaca, provincia Sandia, departamento Puno. 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 (local, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas del área evaluada, está formado por metareniscas de grano fino a medio intercaladas con pizarras, los estratos se encuentran buzando contra la pendiente, muy fracturado y con meteorización de grado III, se sobreponen depósitos coluvio-deluviales formado por suelos no consolidados susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.

El relieve del área evaluada está formado por unidades de montañas modeladas en rocas metamórficas y unidades de piedemonte, como vertientes coluvio deluvial con pendiente que varía de muy fuerte a escarpado (26° a 52°).

El peligro geológico identificado en el área de evaluación corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento antiguo, que se encuentra en proceso de reactivación a manera de derrumbe. En la zona reactivada se ha formado una escarpa con una longitud de 298 m, por encima de la misma a una distancia de 86 m pendiente arriba, se ha identificado grietas con una apertura de 40 cm y salto vertical hasta de 1 m. El área inestable es de 47 700 m<sup>2</sup>.

Se consideran como factores condicionantes para la ocurrencia del deslizamiento: el estrato rocoso de mala calidad, también suelos no consolidados con presencia de grietas, pendiente muy fuerte a escarpado (26° a 52°) y su ubicación morfológica en ladera de montaña modelada en roca metamórfica.

Se evidencia que el principal factor desencadenante para la reactivación de deslizamiento es la presencia lluvias periódicas, que ocurren entre los meses de enero abril y/o lluvias extraordinarias; así como, presencia de aguas subterráneas que afloran por el sector, que contribuye a la saturación del suelo.

Por lo antes expuesto, el área donde el deslizamiento se encuentra en proceso de reactivación a manera de derrumbe, se considera **zona crítica** y de **Peligro Alto**, de continuar este proceso geodinámico puede afectar viviendas del centro poblado Sicaripampa ubicada aguas abajo del deslizamiento.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica, construir zanjas de coronación, drenar las aguas de escorrentía superficial y forestar la ladera con plantas nativa con apoyo técnico especializado.

## 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)”, de esta manera contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud del Gobierno Regional de Puno según oficio N°038-2021-GR-PUNO/P, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el cerro Moronti, sector Colcahuayco, comunidad Sicaripampa, distrito Quiaca, provincia Sandia, desencadenados por intensas lluvias que afectó infraestructura de carretera.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ingeniero Geólogo Dulio Gómez Velásquez y la Geóloga Ely Ccorimanya Chalco, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que se presentaron el día 24 de febrero del 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, cartografiado geológico-geomorfológico y toma de puntos de control con GPS y fotografías terrestres y aéreas; con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Puno y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el flanco este del cerro Moronti y sector Colcahuayco; eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y factor detonante que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el flanco este del cerro Moronti, sector Colcahuayco se tienen:

- A) Boletín N°77, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Puno” (Gómez & Pari, 2020) indican que la ocurrencia de peligros

geológicos con mayor frecuencia son los flujos de detritos (huaicos), caídas, deslizamientos, movimientos complejos y reptación, así como también peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos.

El mapa de susceptibilidad se elaboró utilizando el método de ponderación de factores, denominado también método heurístico, indirecto - cualitativo. De esta forma, se efectuó para la zona una estimación de la susceptibilidad a los movimientos en masa representada en cinco categorías: muy baja susceptibilidad, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad, este mapa fue elaborado a escala 1: 400 000 (Figura 1). Este estudio incluye la zona de evaluación que corresponde al flanco este del cerro Moronti ubicado en el distrito de Quiaca, se encuentra en un alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa como son: derrumbes, deslizamientos, caída de rocas y huaicos.

- B) Informe técnico – Primer reporte: “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Puno” (Gómez, 2014), realizó el inventariado, cartografía y base de datos de peligros geológicos; con el trabajo de cartografiado geomorfológico-geodinámico, detalla la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa y geohidrológicos, sobre mapas topográficos impresos a escala 1:50 000, que han sido ingresados al Sistema de Base de Datos Geocientífica (SISBDGEO), del mismo modo se identificaron y describieron 30 zonas críticas; siendo así considerado una zona crítica el Km6+400 carretera Miraflores - Quiaca 8404390 / 461802 en el distrito de Quiaca. El sector es susceptible a deslizamiento, derrumbes y huaico. Presenta substrato de mala calidad, laderas de pendiente fuerte y cobertura vegetal abundante. Se han realizado corte de talud para la construcción del tramo de carretera. El sector presenta lluvias intensas.
- C) (Jaimes et al., 2021). “Geología del cuadrángulo de Sandia hoja 29-III” elaborados a escala 1:50 000. Las unidades litoestratigráficas que aflora en la zona de estudio corresponde a la Formación Sandia miembro superior, compuesta por metareniscas de grano fino a medio, intercaladas con niveles de pizarras.

### 1.3. Aspectos generales

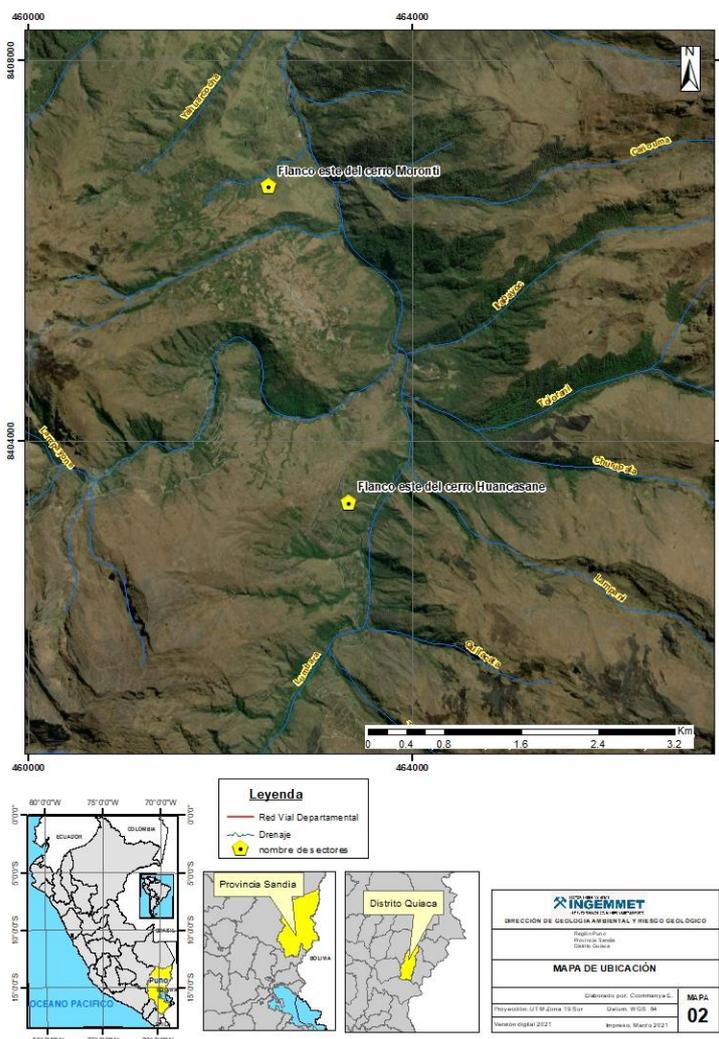
#### 1.3.1. Ubicación

El área evaluada que corresponde al flanco este del cerro Moronti, sector Colcahuayco, distrito de Quiaca, provincia Sandia, región Puno (Figura 2), entre las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S) siguientes:

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio en el flanco este del cerro Moronti, sector Colcahuayco.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	461867.92	8406850.69	-14.41°	-69.35°
2	462155.10	8406205.07	-14.42°	-69.35°
3	463098.71	8406621.81	-14.41°	-69.34°

4	462813.69	8407269.59	-14.41°	-69.34°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	462507.18	8406680.46	-14.41°	-69.35°



**Figura 2.** Mapa de ubicación de la zona de estudio.

**1.3.2. Accesibilidad**

El acceso a la zona de estudio fue por vía aérea desde Lima hasta la ciudad de Cusco; luego se continuó por vía terrestre hasta el poblado de Quiaca (ver cuadro 2):

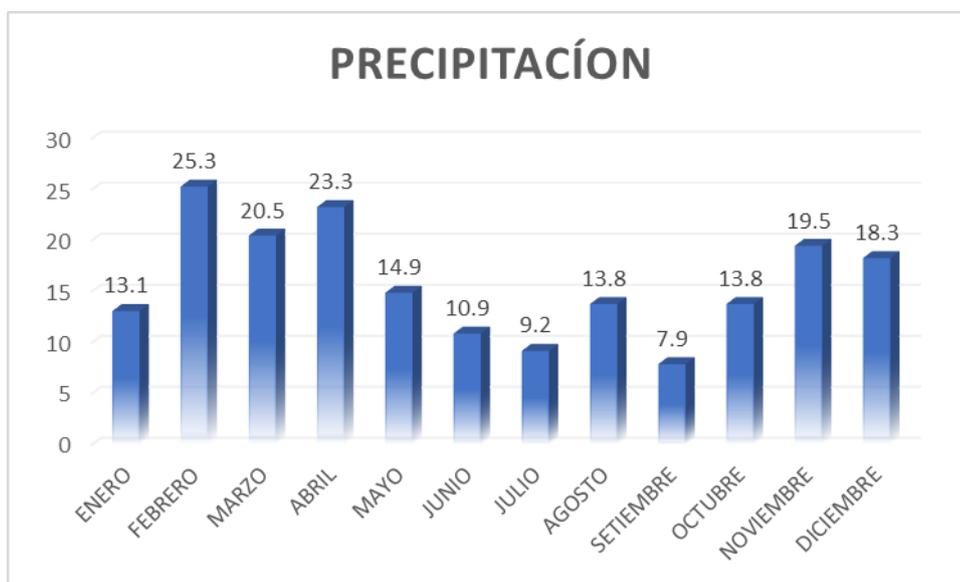
**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Cusco	Aérea	1102.1	1:20 horas
Cusco – San Gabán	Asfaltada	372.7	8 horas
San Gabán - Sandia	Asfaltada	270	6 horas
Sandia - Quiaca	Afirmada	21.7	3 horas

### 1.3.3. Clima

El clima en el distrito de Quiaca cuenta con un clima tropical, con gran precipitación que en promedio máximo por día tiene 25.3 mm en el mes de febrero. Quiaca presenta precipitaciones en verano y en invierno el clima es seco. Los meses con menor presencia de lluvias son de junio a setiembre, cabe mencionar que los datos de precipitación fueron tomados de la estación pluviométrica Cuyo Cuyo con latitud 14°29'19.83", longitud 69°33'00.13" y altitud 3619. ver figura 3 (SENAMHI-Oficina de Estadística).

Por otro lado, según la clasificación climática de Thornthwaite, las zonas de estudio y alrededores se encuentra influenciada dentro del clima Lluvioso húmedo con otoño e invierno secos, con temperatura semifrígido presentando temperaturas máximas de 16.4°C y mínimas de hasta 0.2°C.



**Figura 3:** Precipitaciones diarias promedio, distribuidas a lo largo de la estación Cuyo Cuyo, Fuente: SENAMHI.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del sector se elaboró teniendo como base la geología del cuadrángulo de Sandia hoja 29-III elaborados a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 2021), donde se tienen principalmente afloramientos de la Formación Sandia y depósitos Cuaternarios. La cartografía se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo (Figura 4).

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona inspeccionada y los alrededores son de origen metamórfico, la Formación Sandia; además, existen depósitos recientes conformados materiales coluvio-deluvial y aluvial.

### 2.1.1. Formación Sandia miembro superior (Os-s/s).

En el flanco este del cerro Moronti del sector Colcahuayco, está constituida por metareniscas de grano fino a medio, intercaladas con niveles de pizarras, el substrato contra la pendiente con buzamiento de 65° SO; además, los afloramientos de esta formación son observables en los cortes de talud realizados para la construcción de carreteras, mientras que en las laderas se encuentran cubiertos por vegetación densa, típica de la zona. También, se aprecia que las rocas están muy fracturadas, con grado de meteorización III, se considera geotécnicamente roca de mala calidad; asimismo, se encuentran cubiertas por depósitos coluvio-deluviales.

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

Agrupación de depósitos de origen gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente a los afloramientos de la Formación Sandia miembro superior.

En la zona de estudio, los depósitos coluviales se originaron por eventos de deslizamientos antiguos y pequeños derrumbes. Está conformado por materiales gruesos de naturaleza heterogénea y heterométrica, bloques subredondeados a subangulosos provenientes de la Formación Sandia, inmersa en una matriz de materiales finos como limo y arcilla. Su distribución es caótica y constituyen depósitos de piedemonte (Fotografía 1).



**Fotografía 1.** Depósito coluvial, fotografía tomada con vista hacia el escarpe del derrumbe, ubicado en el sector flanco este del cerro Moronti.

### 2.1.3. Depósito aluvial (Q-al)

Estos depósitos han sido reconocidos a lo largo del río Sandia compuesto principalmente de arenas y gravas en matriz limoarenosa. Formando en ambas

márgenes del río Quiaca y por sectores pequeñas terrazas. Este depósito es más visible en el piso de valle en el sector Sicari Pampa (Fotografía 2).



**Fotografía 2.** Imagen tomada con dirección noreste, se observa el fondo de valle conformada por depósito aluvial, con vista al sector Sicari pampa.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter deposicional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En la figura 5, se presenta el mapa de pendientes para el sector flanco este del cerro Moronti, elaborado en base a la información del modelo de elevación digital Alos Palsar de 10 m de resolución), donde se presentan con mayor predominio laderas con pendientes muy fuertes ( $25^\circ - 45^\circ$ ) y zonas con pendientes muy escarpados ( $> 45^\circ$ ).

Específicamente el derrumbe ocurrido en el sector flanco este del cerro Moronti se desencadena en ladera de pendientes que varían de  $26^\circ$  a  $52^\circ$ , lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en las laderas.

## 3.2. Unidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de las unidades geomorfológicas, se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (geformas de carácter tectónico degradacional y erosional o geformas de carácter depositacional y agradacional); individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose montañas, piedemontes y planicies.

Asimismo, para la delimitación de las subunidades geomorfológicas (figuras 8), se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales); sin embargo, se dio énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes, sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas e imágenes satelitales.

### 3.2.1. Geformas 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

Se considera dentro de esta unidad a las geformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza. Se encuentran conformadas por alineamientos alargados constituidos principalmente de rocas metamórficas. Dentro de esta unidad se tiene la siguiente subunidad.

#### **Sub-Unidad de ladera de montaña en roca metamórfica (LM-rm)**

Corresponde a relieve moldeado sobre roca metamórfica de la Formación Sandia miembro superior; debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de la ladera de las montañas varían principalmente de 26° a 52° considerado como pendiente muy fuerte a muy escarpado. En esta subunidad ocurren principalmente los procesos de movimientos en masa identificados en la zona de estudio como derrumbes. (Figura 6).

### 3.2.2. Geformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas del terreno resultado de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geformas anteriores. Se tienen las siguientes unidades y subunidades:

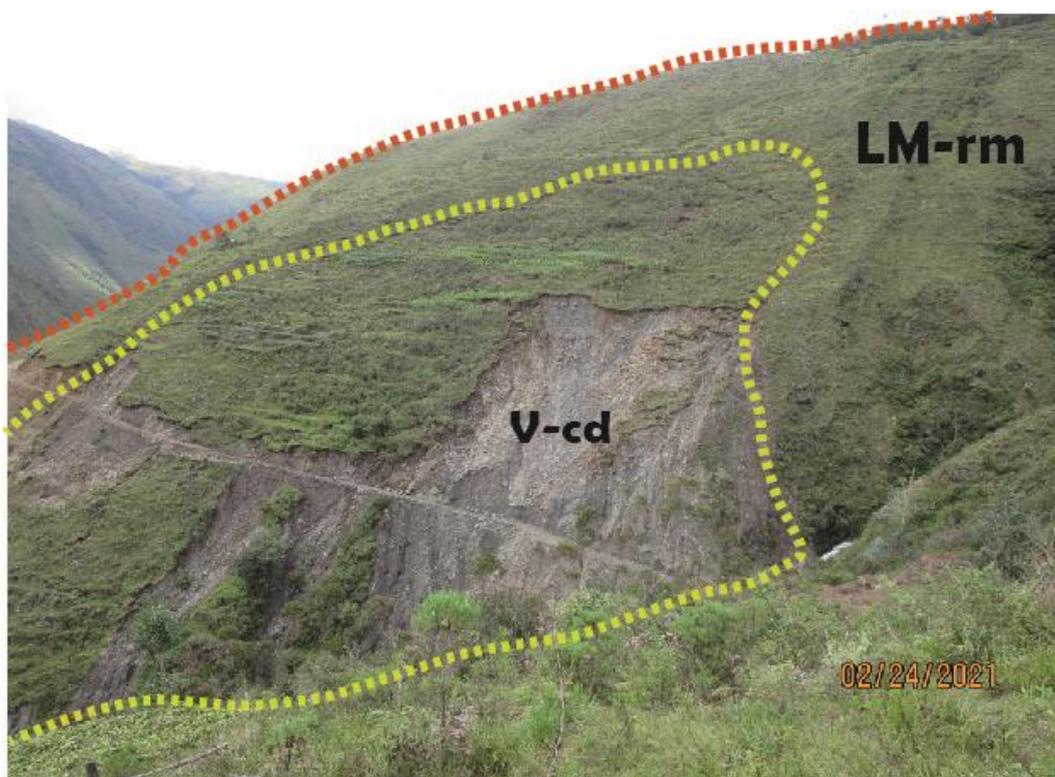
#### 3.2.2.1. Unidad de piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituidos por bloques, cantos, limos, arcillas poco consolidadas, estos generalmente se encuentran en las laderas y piedemontañas.

**Sub Unidad de Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd):** Agrupa depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado

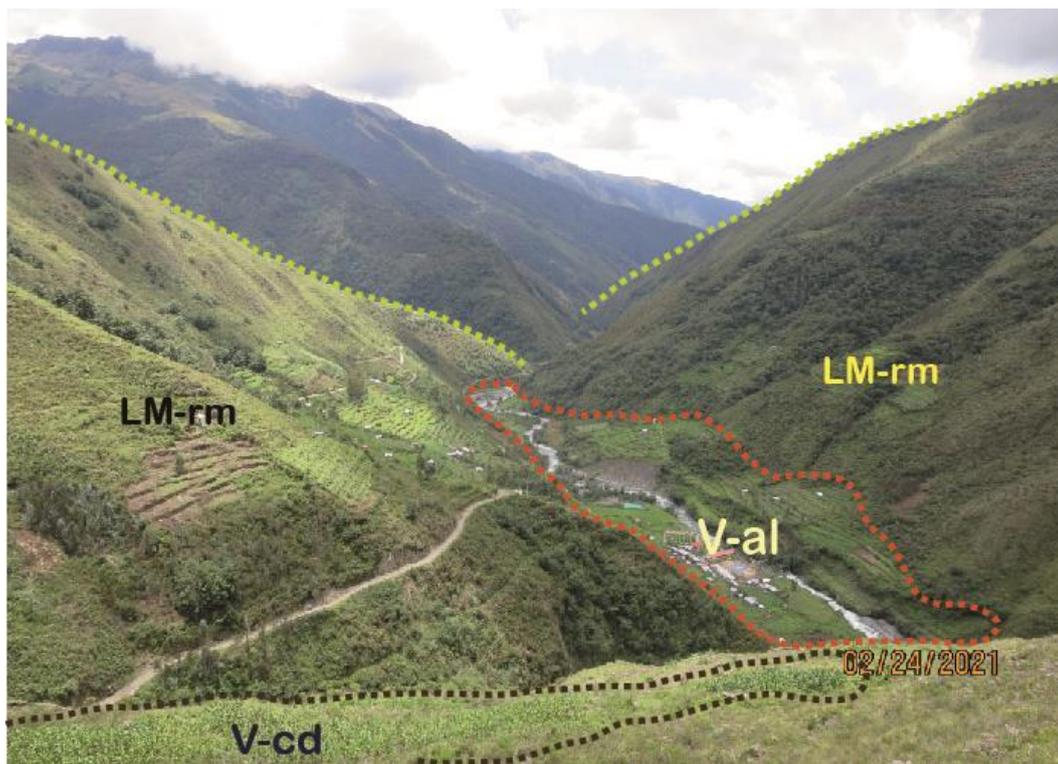
en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos metamórficos de la Formación Sandia miembro superior (Figura 7).

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



**Figura 6.** Imagen tomada con dirección sur, se observa las subunidades enmarcadas como ladera de montaña en roca metamórfica y vertiente coluvio-deluvial en el flanco este del cerro Moronti.

**Sub Unidad de Vertiente o piedemonte aluvial (V-al):** Subunidad geomorfológica caracterizada por presentar relieve con sectores ondulados, constituida por acumulación de material aluvial sin consolidación, sus pendientes corresponden de pendientes llanos ( $< 1^{\circ}$ ) a inclinación moderada ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ). (figura 7).



**Figura 7.** Imagen tomada con dirección norte, se observa las subunidades enmarcadas como ladera de montaña en roca metamórfica, vertiente aluvial y vertiente coluvio-deluvial con vistas al sector Sicari pampa.

## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el área evaluada corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento y derrumbes. Estos procesos son resultado de la actividad geodinámica (procesos exógenos y endógenos) como el modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos procesos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos eventos tienen como causas o condicionantes a factores intrínsecos como la morfología del terreno, pendiente, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial y/o subterráneo y la cobertura vegetal. Los “desencadenantes” o “detonante” de estos eventos son las intensas precipitaciones pluviales y la sismicidad (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007).

### 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

El área de estudio presenta una geodinámica muy activa en ambas márgenes del río Quiaca, representada por deslizamientos antiguos y reactivados, derrumbes, depósitos de flujo de detritos antiguos y recientes, así como erosión de laderas (cárcavas) (**figura 8**). Luego de la evaluación a detalle del área, esta se considera de susceptibilidad moderada a alta ocurrencia de movimientos en masa. La ocurrencia de estos procesos geológicos se desarrolla por la presencia de suelos no consolidado en el talud superior de la carretera afirmada Quiaca-Sicaripampa, formado por depósitos

de deslizamientos antiguos, así como también la actividad antropogénica (construcción de carretera).

#### **4.1.1. Deslizamiento en el cerro Moronti**

Por las lluvias intensas ocurridas en Quiaca, el 04 de enero del 2021, se generó un derrumbe, que afectó la carretera que comunica el poblado de Quiaca con los sectores Sicaripampa, Chichihuaya y Huertapata.

Según los pobladores, este evento viene desarrollando desde el año 2018, donde se presentaron derrumbes en el talud superior de la carretera afirmada Quiaca – Sicaripampa, así como presencia de grietas en la ladera del flanco noreste del cerro Moronti.

Según lo observado en campo el sector está formado por depósitos de deslizamiento antiguo que forman una superficie ondulada. La reactivación es a manera de derrumbe, que afecta terrenos de cultivo, pastoreo y carretera afirmada. A continuación, se describe las características del evento:

Deslizamiento antiguo:

- Longitud del escarpe principal 239 m
- Longitud inclinada del escarpe principal al pie del deslizamiento 225 m
- Distancia vertical del escarpe al pie 160m

Derrumbe:

- Escarpe del derrumbe 298 m.
- Salto vertical 3m.
- Longitud inclinada de la superficie de despegue 82m.
- Longitud inclinada de la superficie de acumulación y /o depositación de la masa desplazada 83m.
- Se observa grietas de tracción a 86 m por encima del escarpe principal del derrumbe, se observa que presente salto hasta de 1m y longitud que varia de 22m a 88m abierto con apertura de 2cm hasta 40 cm.

#### **4.1.2. Factores condicionantes**

Factor litológico-estructural

- Substrato rocoso compuesto por metareniscas de grano fino a medio con niveles de pizarras muy fracturada y con grado de meteorización III donde menos de la mitad de la roca esta descompuesta y/o desintegrada a suelo (presencia de fallas geológicas en el área), los cuales condicionan la inestabilidad en las laderas.

- Los suelos no consolidados (depósitos coluvio – deluviales), adosados a las laderas del cerro Moronti, gruesos de naturaleza heterogénea y heterométrica, bloques subredondeados a subangulosos que varían de 0.3 a 1.5m de diámetro provenientes de la Formación Sandia más angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 2 a 5 cm de diámetro, en una matriz arcillo – limosa. Materiales inestables de fácil erosión y remoción con precipitaciones pluviales intensas.

#### Factor geomorfológico

- Unidades de montaña modeladas en rocas sedimentarias, con laderas de pendientes muy fuertes (25°) a escarpado (45°); esto permite que el material (rocas trituradas y suelos) se erosione y movilice pendiente abajo por efecto de la gravedad (deslizamientos y derrumbes) y acción de las aguas de escorrentía.

#### Factor antropogénico

- Ocupación inadecuada del suelo como terrenos de cultivos y pastoreo en zonas vulnerables (sobre la cabecera del deslizamiento).
- Corte de talud y trazo de carretera sobre el pie del deslizamiento (depósitos no consolidados)

#### **4.1.3. Factores desencadenantes**

Intensas precipitaciones pluviales: la precipitación máxima registrada en el periodo 2020-2021, de aproximadamente 25.3 mm; así como de lluvias estacionales.

#### **4.1.4. Daños ocasionados por el deslizamiento**

Afectó 220 m de carretera afirmada que comunica el poblado de Quiaca con los sectores Sicaripampa, Chichihuaya y Huertapata, también afectó 4.77 hectáreas de terrenos de cultivo y pastoreo.

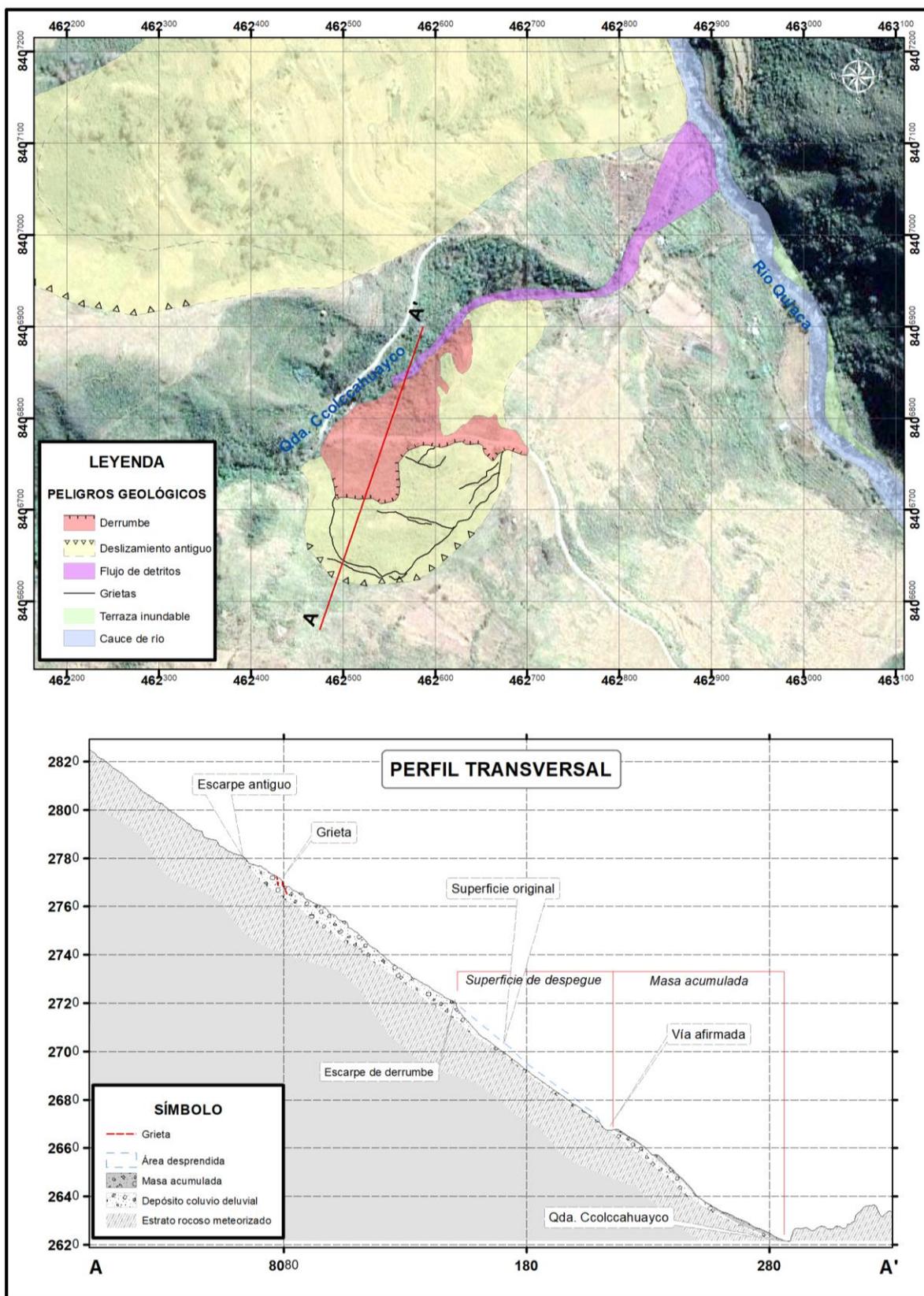


Figura 8. Cartografía de peligros geológicos, así como perfil transversal del peligro ocurrido en el cerro Moronti.

## 5. CONCLUSIONES

1. La reactivación del deslizamiento a manera de derrumbe ocurrido el 4 de enero en el flanco noreste del cerro Moronti, margen derecha de la quebrada Colcahuayco, es un deslizamiento antiguo con un área de 2.5 km<sup>2</sup>, presenta grietas a 86 m de distancia por encima del escarpe del derrumbe podría considerarse que presenta un avance retrogresivo. El evento geodinámico afectó 220 m de carretera afirmada que une el poblado de Quiaca con los sectores Sicaripampa, Chichihuaya y Huertapata, así como 4.77 hectáreas de terrenos de cultivo y pastoreo.
2. El derrumbe ocurrido en el cerro Moronti se desarrolla en depósito coluvio-deluvial compuestos por fragmentos gruesos de naturaleza heterogénea y heterométrica, bloques subredondeados a subangulosos de 2 a 5 cm de diámetro en una matriz arcillo-limosa; los fragmentos provienen del afloramiento de rocas de la Formación Sandía conformado por metareniscas de grano fino a medio con niveles de pizarras muy fracturada y con grado de meteorización III. Muy susceptibles o favorables para la generación de movimientos en masa.
3. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el sector, es considerado como **zona crítica y de peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Drenar las aguas subterráneas que surgen en la zona hacia un cauce principal y así evitar la saturación de los suelos.
2. Construir zanjas de coronación en la cabecera del escarpe para derivar las aguas de escorrentía superficial a un cauce principal.
3. Monitorear visualmente en cada periodo de lluvias para identificar la evolución de la masa inestable del deslizamiento.
4. Prohibir la construcción de caminos de herradura, canales de riego u otra actividad antrópica dentro y en los alrededores del cuerpo inestable de la ladera.
5. Restringir el acceso de las personas a la zona del deslizamiento, señalar con letreros preventivos.
6. Forestar la zona con plantas nativas con apoyo técnico especializado en manejo de control de laderas.

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

  
ING. HUGO DULIO GOMEZ VELASQUEZ  
Especialista en Peligros Geológicos  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

## BIBLIOGRAFIA

Gómez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas.

Jaimes, F. & Trelles, G. (2021) - Geología de los cuadrángulos de Sandía (hojas 29y1, 29y2, 29y3, 29y4) y San Ignacio (hoja 29z4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 7, 68 p., 5 mapas.

Gomez, Hugo (2014) – Primer reporte de Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Puno, Informe técnico, INGEMMET, Dirección de geología Ambiental y Riesgo.

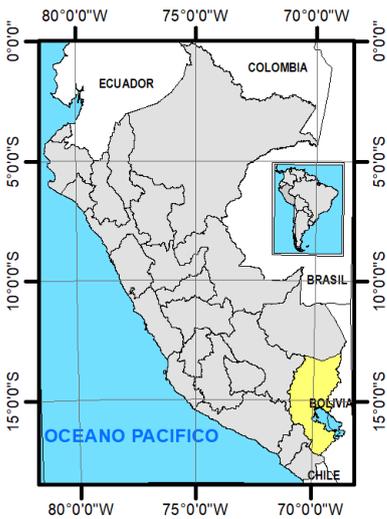
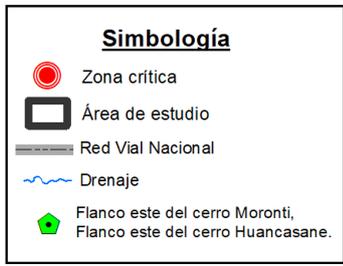
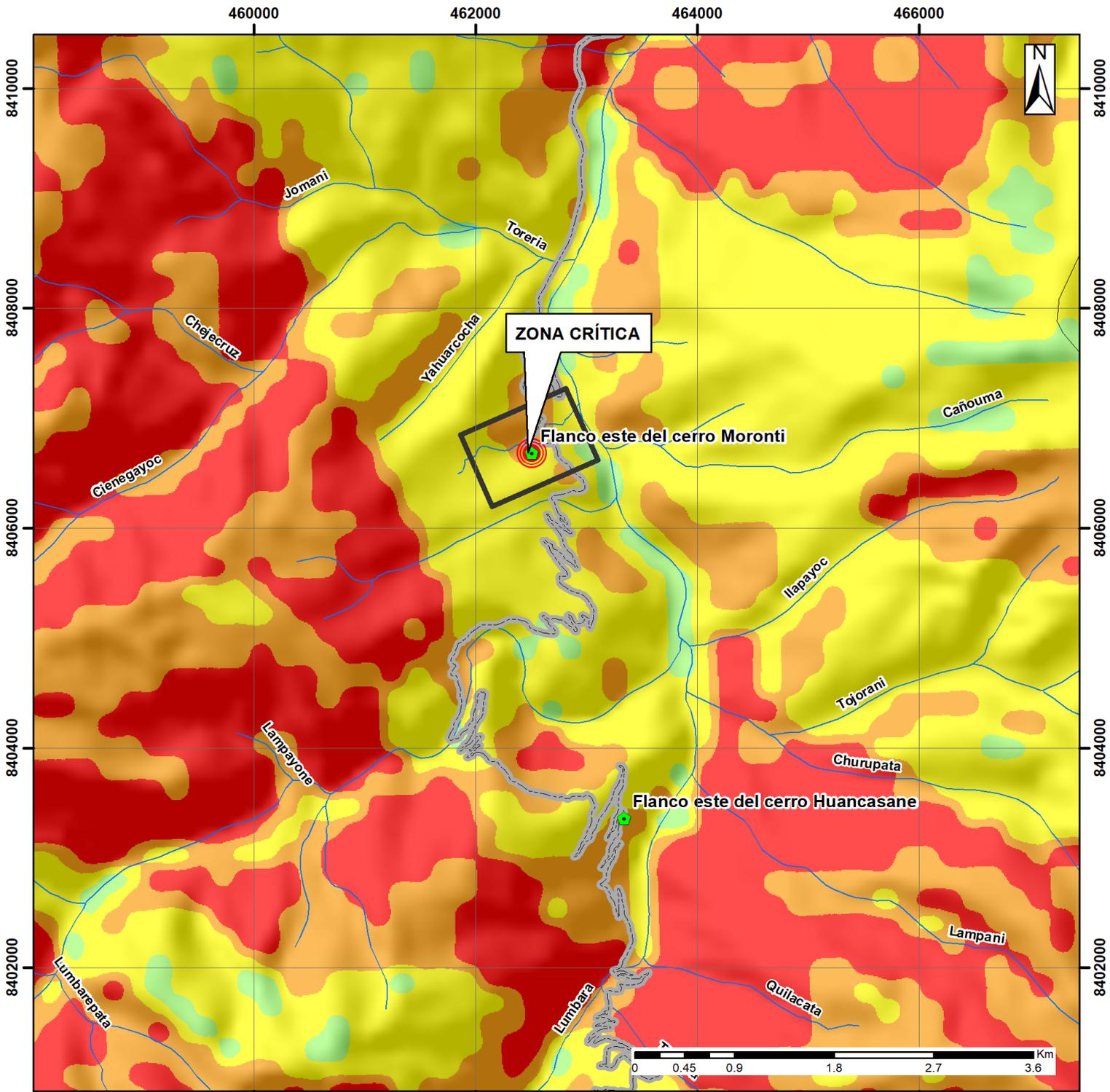
Sanchez, 2002 –

Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

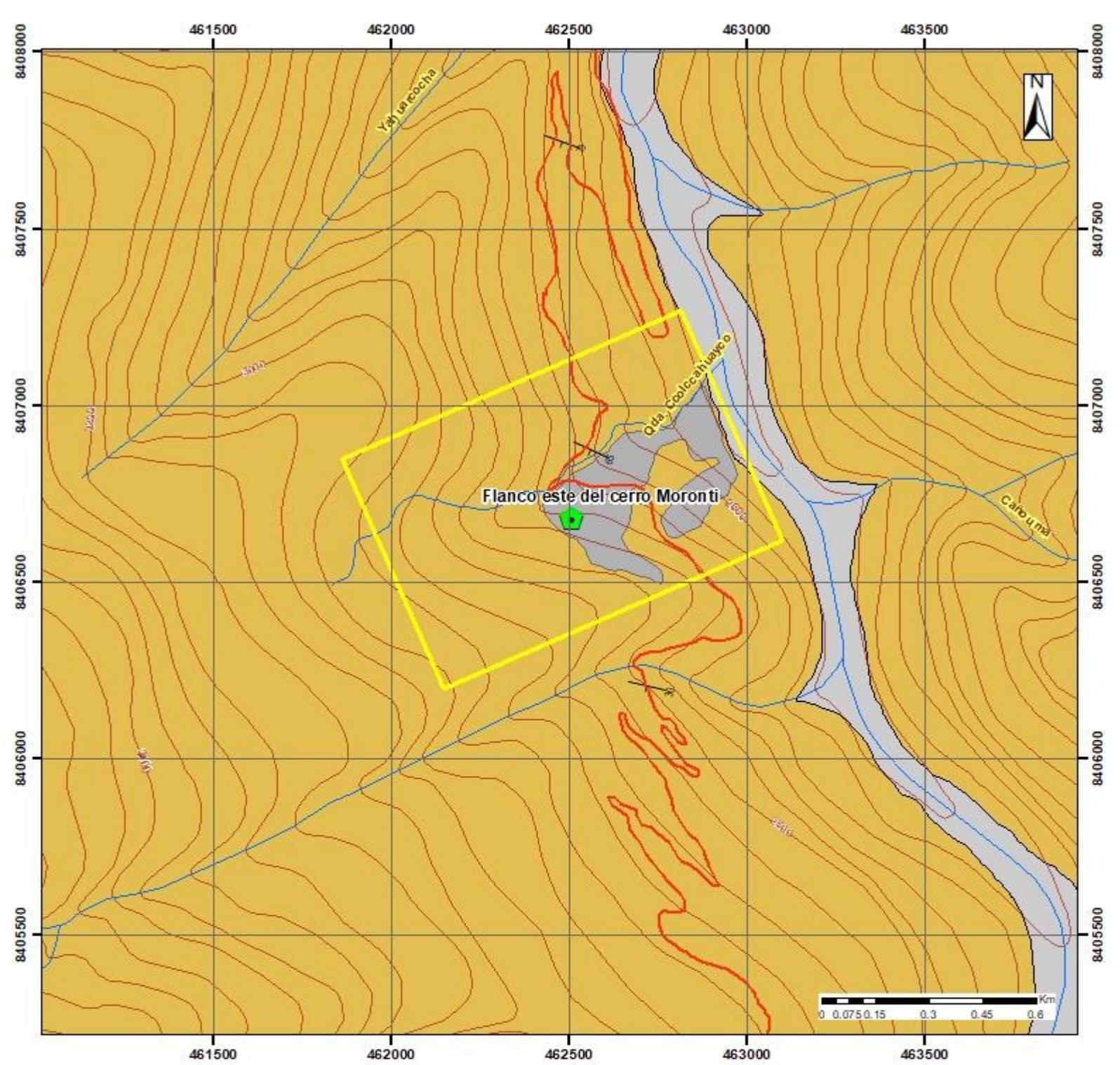
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>

Sánchez, R.; Mayorga, R.; Urrego, L & Vargas, G. (2002) – Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. En: Simposio Latinoamericano de Control de Erosión, 1, Bucaramanga, 2002. Memorias. Bucaramanga: CDMB, 8 p. (consulta: 02 junio 2017). Disponible en: <[http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES\\_RIESGOS/ModelopronosticoFRM.pdf](http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES_RIESGOS/ModelopronosticoFRM.pdf)>

## ANEXO 1: MAPAS



<p style="font-size: small; margin: 0;">SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p> <p style="font-weight: bold; margin: 0;">DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</p> <p style="font-size: x-small; margin: 0;">Región Puno Provincia Sandia Distrito Quiaca</p>	
<b>MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA</b>	
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84
Versión digital 2021	Impreso: Mayo 2021
<b>MAPA</b> <b>01</b>	



PALEOZOICO	CENOZOICO	ORDOVICICO	CUATERNARIO	CARABAYA	GRUPO	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA
					Q-cd	Depósito coluvio-deluvial
					Q-al	Depósito aluvial
					Os-s/s	Formación Sandía miembro superior

Leyenda	
	Buzamiento
	Curvas de nivel
	Red Vial Departamental
	Drenaje
	Centro poblado
	Zona de estudio

**INGEMMET**  
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA Y MINERÍA

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Puno  
Provincia Sandía  
Distrito Quíaca

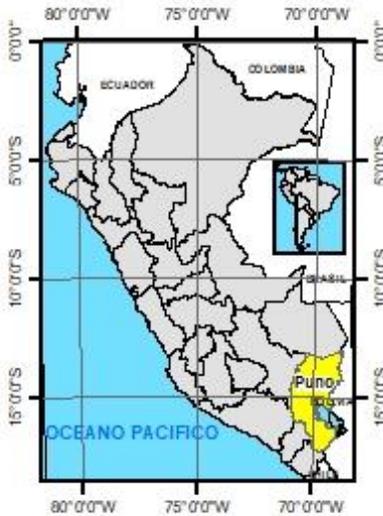
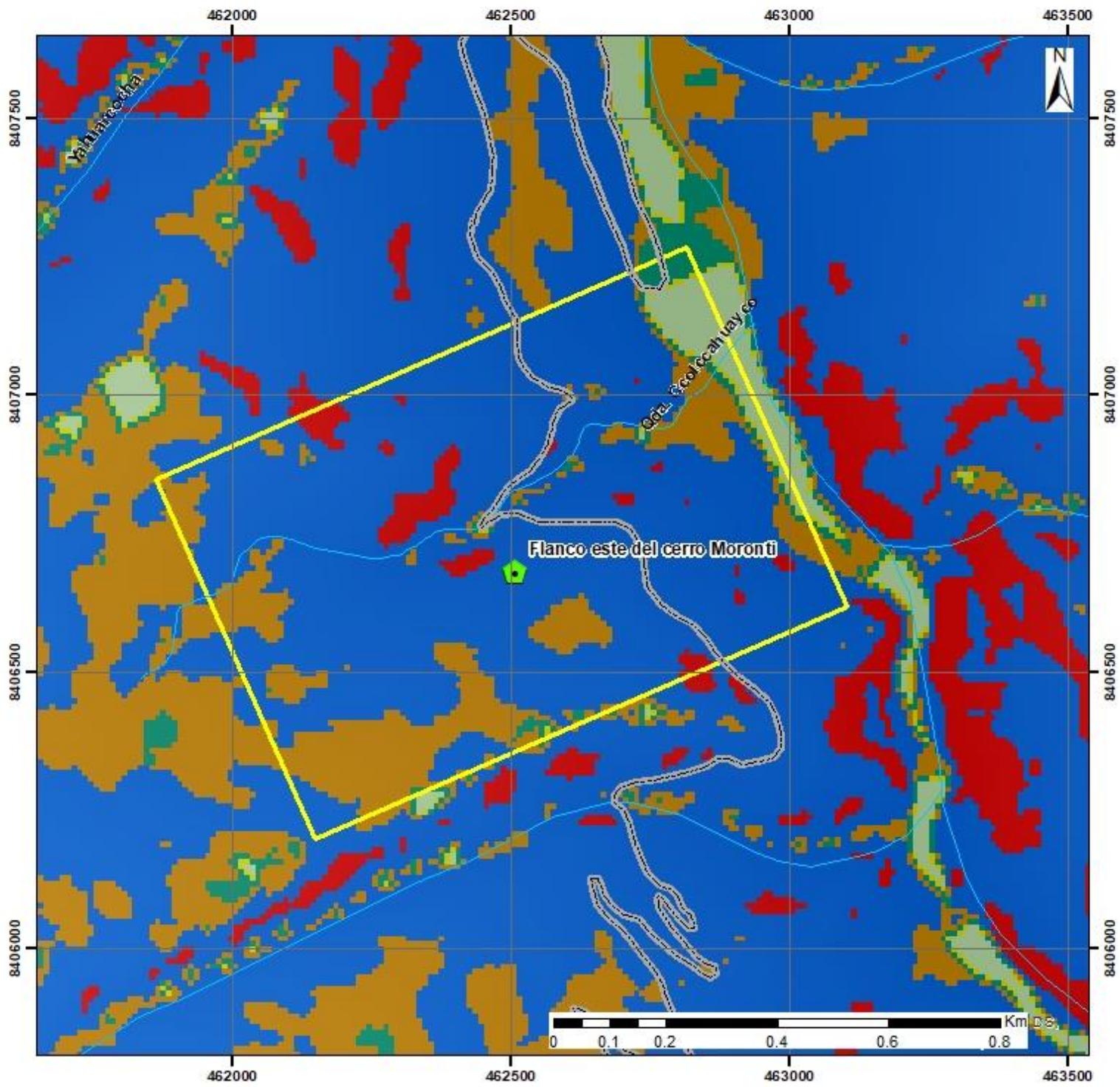
**MAPA GEOLÓGICO QUIACA**

Escala: 1/15000 Mapa geológico mapeado a escala 1/50000

Proyección: UTM Zona 19 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2021 Impreso: Mayo 2021

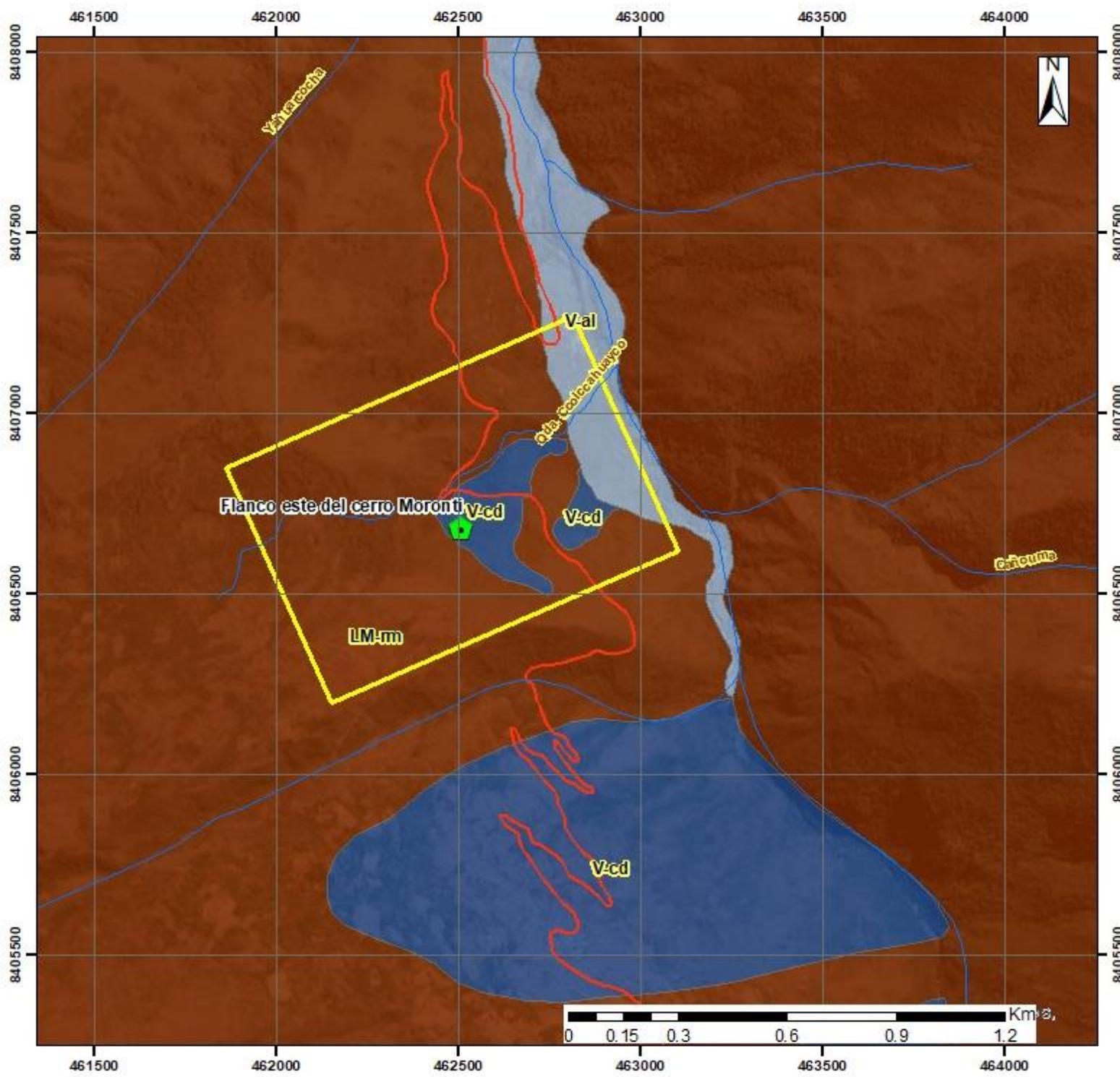
<b>MAPA</b>
<b>03</b>



RANGO DE PENDIENTES	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:#d9ead3;"></span>	0°-1° Llano
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:#ffff00;"></span>	1° - 5° Inclinación suave
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:#c6e0b4;"></span>	5°-15° Moderado
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:#f4cccc;"></span>	15-25° Fuerte
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:#a6c9ec;"></span>	25°-45° Muy fuerte
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:#d9534f;"></span>	> 45° Muy escarpado

Leyenda	
	Red Vial Nacional
	Centro poblado
	Zona de estudio
	Drainaje

 <b>DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO</b>	
Región Puno Provincia Sandia Distrito Quiaca	
<b>MAPA DE PENDIENTES QUIACA</b>	
Escala: 1/10000	Elaborado por: Coompanya E.
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84
Versión digital 2021	Impreso: Mayo 2021



CÓDIGO	UNIDADES GEOMORFOLÓGICA
LM - rm	Ladera de montaña en roca metamórfica
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
T - al	Terraza aluvial

Leyenda	
	Red Vial Departamental
	Drenaje
	Centro poblado
	Zona de estudio



**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

Región Puno  
Provincia Sandia  
Centro Quiaca

### MAPA GEOMORFOLÓGICO QUIACA

Escala: 1/15000		<b>MAPA 05</b>
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2021		Impreso: Mayo 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)

**PELIGROS GEOLÓGICOS / AMENAZAS GEOLÓGICAS:** Procesos o fenómenos naturales terrestres, que pueden causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Incluyen procesos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, tales como terremotos, tsunamis, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas; así como procesos externos (exógenos) tales como movimientos en masa, deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos, deslizamientos marinos y subsidencias. Las amenazas geológicas pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada en su origen y efecto (EIRD/ONU2004).

**SUSCEPTIBILIDAD:** Es el grado de propensión que tiene una zona a que en ella se genere o resulte afectada por movimientos en masa debido a sus condiciones intrínsecas, las cuales pueden ser geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, las condiciones de drenaje superficial y subsuperficial, la cobertura del terreno y la trayectoria de la masa en movimiento (INGEOMINAS, 2001).

**MOVIMIENTOS EN MASA:** fenómeno de remoción en masa, movimiento de ladera, movimiento de vertiente. Movimiento ladera abajo de una amasa de roca, de detrito o de tierra debido a la fuerza de gravedad. (PMA-GCA, 2007).

**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. En la clasificación de Varnes (1978), se diferencian los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material; es decir, en dos tipos: traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y/o en cuña.

**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.

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

**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.

## ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

En este anexo, se dan algunas propuestas de solución para el proceso geodinámico que afecta el área de estudio, con la finalidad de evitar la generación de nuevas ocurrencias y minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, procesos de erosión de ladera, entre otros.

### A) MEDIDAS PREVENTIVAS PARA DESLIZAMIENTOS, DERRUMBES Y CAIDAS DE ROCAS

**TRATAMIENTO DE TALUDES CON ESCALONAMIENTO.** Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud. Retiene las caídas de fragmentos de roca –indeseables en todos los casos– y si se coloca en ellos zanjas de drenaje, entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales (figura 9). Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.

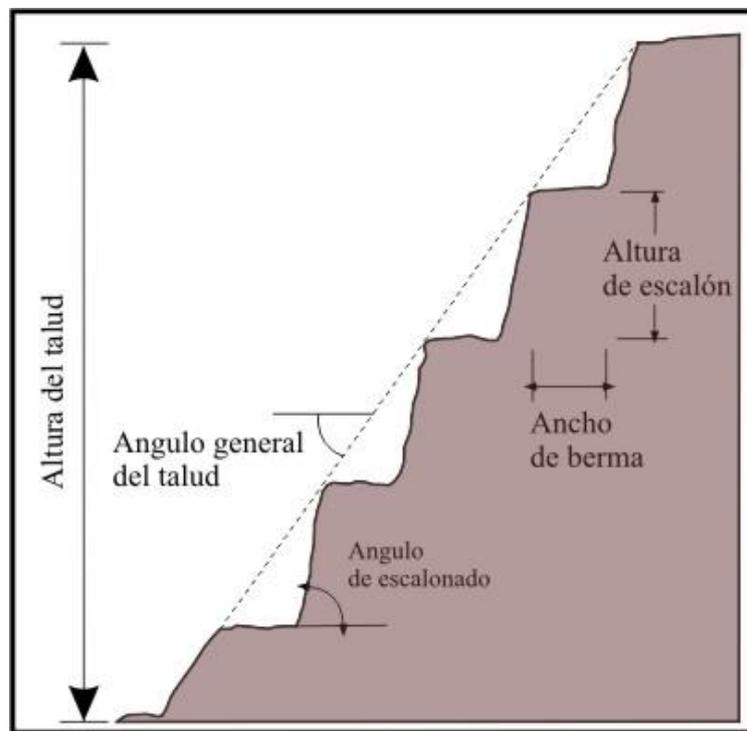


Figura 9 Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de Ingemmet 2000)

**CORRECCIÓN POR DRENAJE** Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total y, por tanto, las fuerzas desestabilizadoras. Las medidas de drenaje son de dos tipos:

**Drenaje superficial.** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (figura 10).

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

que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

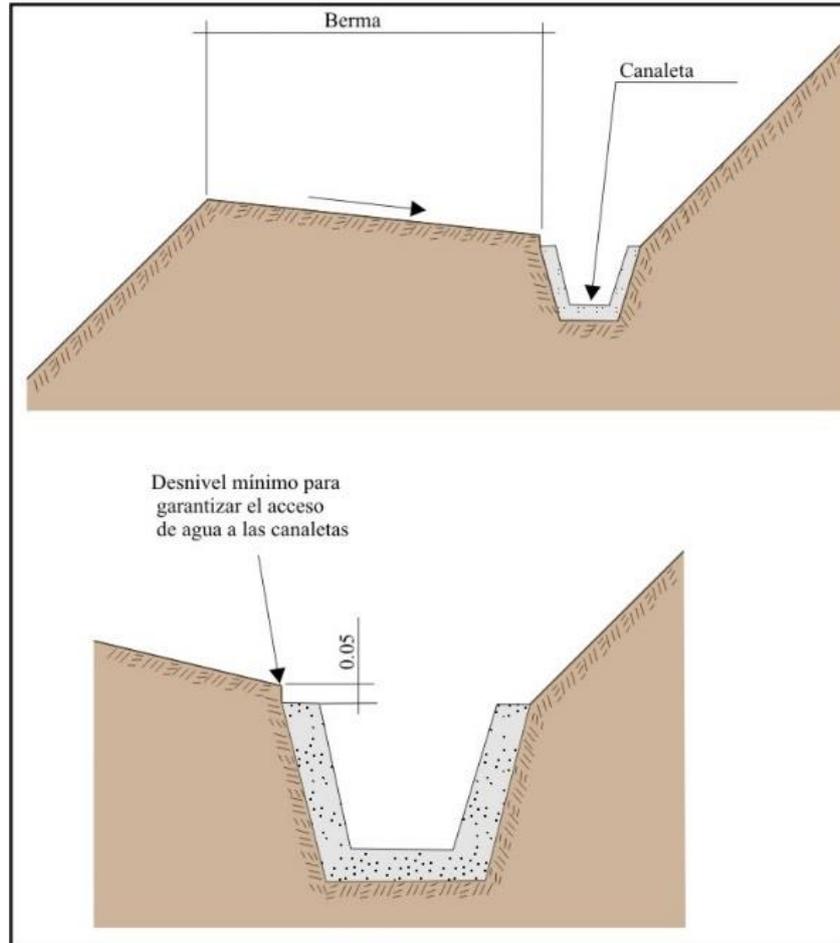


Figura 10 Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de Ingemmet, 2000)

**Drenaje profundo.** La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (figura 11).

Se clasifican en los siguientes grupos:

**1 Drenes horizontales.** Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (figuras 11 y 12).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla
- El drenaje se realiza por gravedad
- Requieren poco mantenimiento
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

**2 Galerías de drenaje.** Ubicadas generalmente paralelas al talud y a bastante profundidad. Son galerías excavadas en el terreno a una distancia considerable de la superficie. Constituyen un sistema bastante efectivo pero muy caro, por lo que su uso solo es recomendable en situaciones críticas y en taludes de gran altura. Para aumentar su ratio de acción y la efectividad del sistema de drenaje es necesario instalar drenes perforados desde galería (figuras 13 y 14)

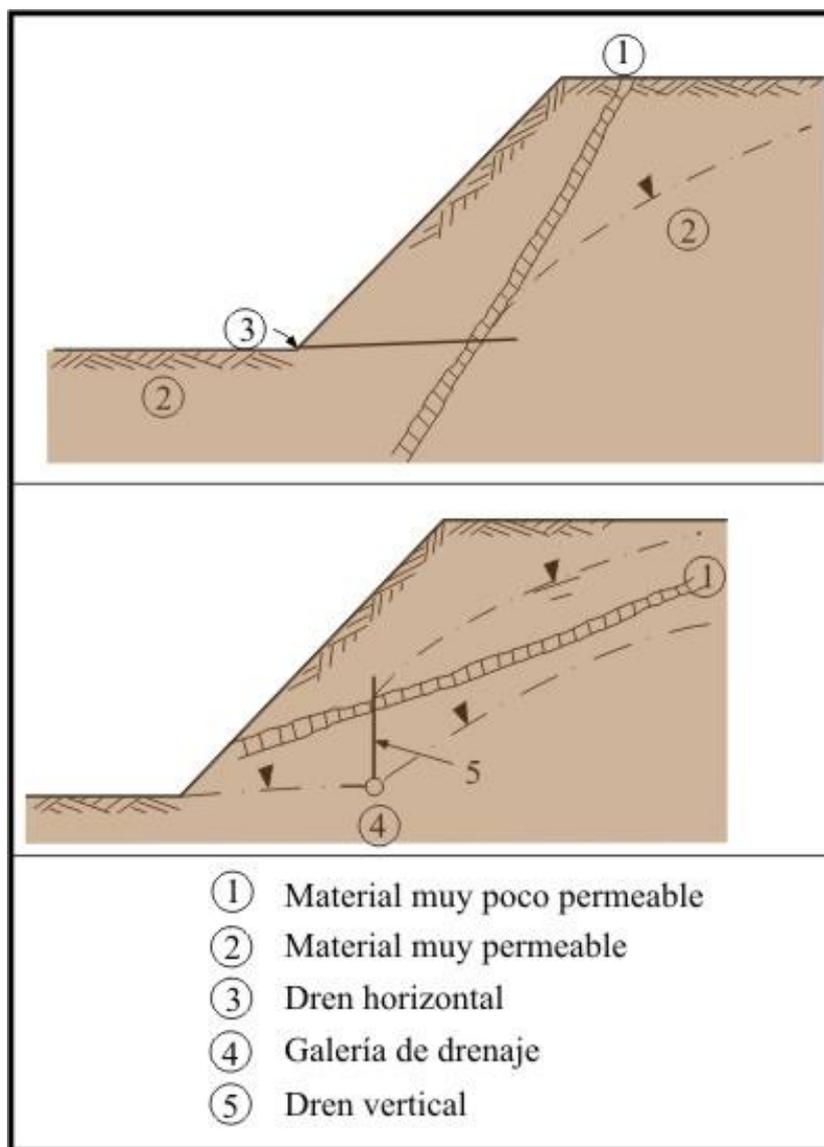


Figura 11 Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos

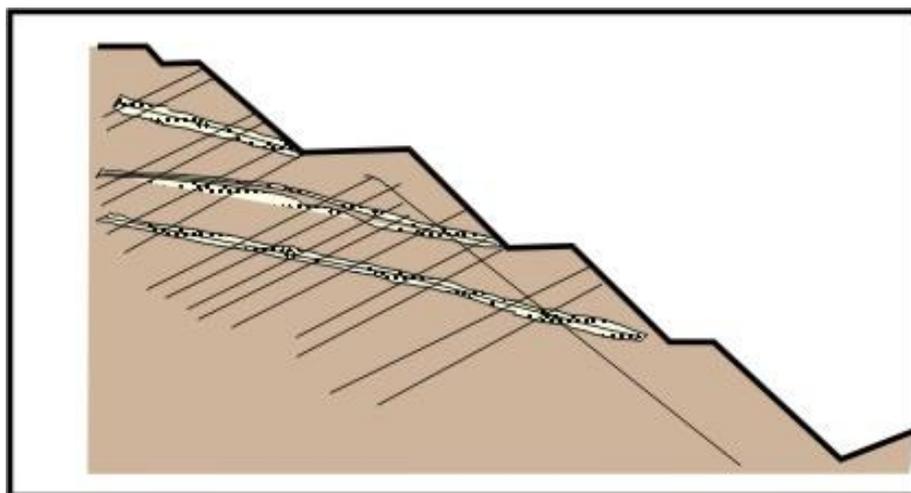


Figura 12 Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (López García, 1984)

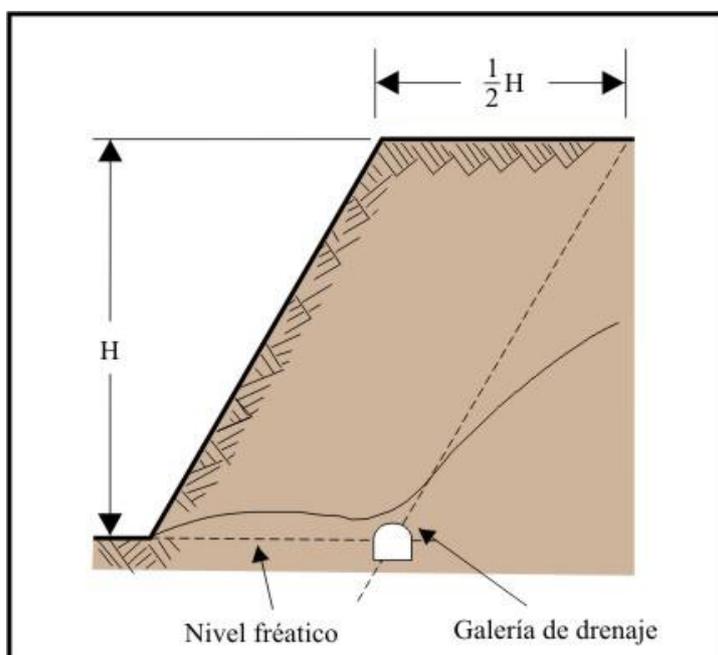


Figura 13 Posición óptima de una galería de drenaje (Hoek y Bray, 1997)

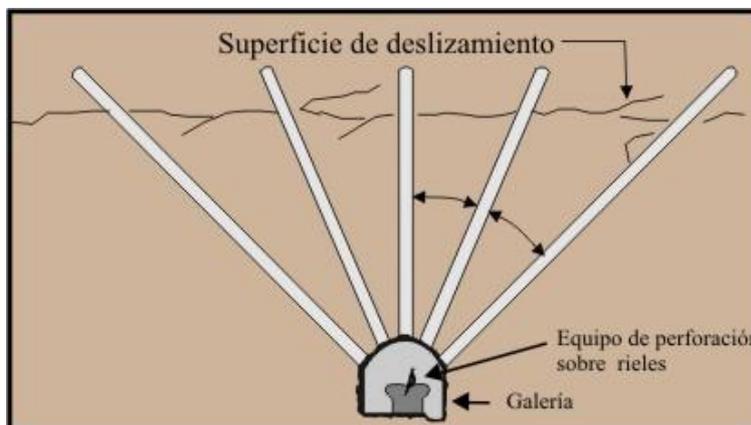


Figura 14 Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (Canmet, 1997).

Dentro de sus ventajas se cuentan las siguientes:

- Mayor capacidad drenante debido a su gran sección transversal.
- Apropriadas para operaciones a largo plazo, dado que el drenaje se realiza por gravedad.
- Sirven para determinar la cantidad del terreno.
- No afectan a la superficie del terreno.
- Apropriadas para zonas de climas fríos debido a que se ubican a gran profundidad.

**3 Zanjas con relleno drenante.** Dispuestas en la superficie del talud o al pie de él. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie de este y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (figura 15).

Puede ser de dos tipos:

**Zanjas de talud:** Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (figura 16).

**Zanjas horizontales:** Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este. Son útiles los drenes en forma de espina de pescado (figura 17).

Estos combinan una zanja drenante, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas deben tener buena vigilancia.

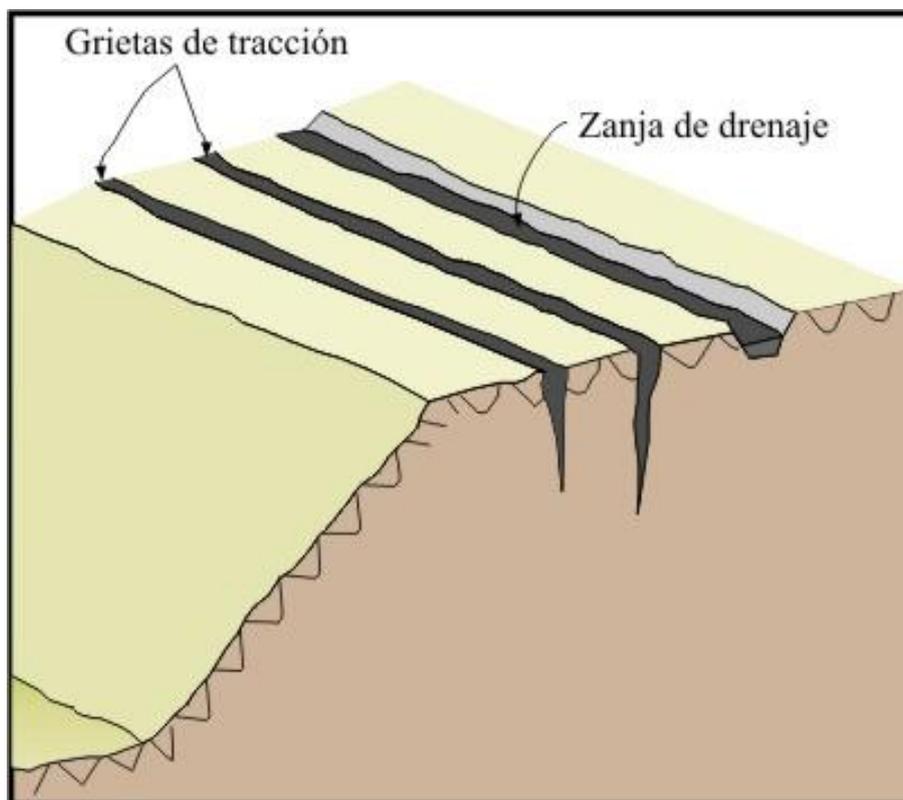


Figura 15 Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de Ingemmet, 2000)

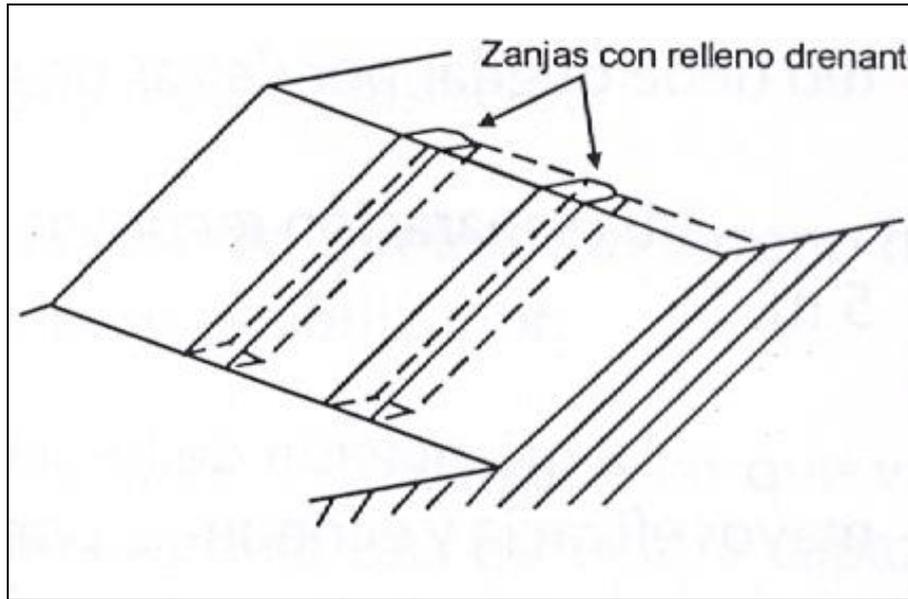


Figura 16 Zanjas de talud (tomado de Ingemmet, 2000)

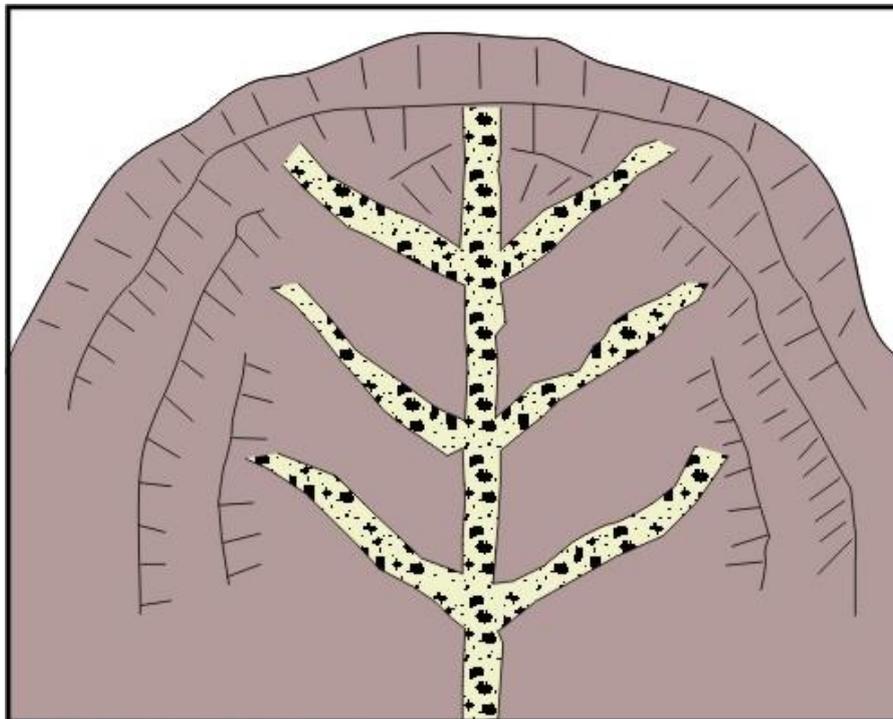


Figura 17 Drenaje tipo espina de pescado (tomado de Ingemmet, 2000)