

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7114**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA VÍA DE ACCESO AL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE PISAC

Región Cusco  
Provincia Calca  
Distrito Pisac



# **Evaluación de peligros geológicos en la Vía de Acceso al Parque Arqueológico de Pisac**

**(Región Cusco, Provincia Calca, Distrito Pisac)**

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

*Equipo de investigación:*

*David Prudencio*

*Guisela Choquenaira*

## **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos en la Vía de Acceso al Parque Arqueológico de Pisac. Distrito de Pisac, provincia calca región Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7114, 30 p.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	3
1.3.1. UBICACIÓN.....	3
1.3.2. ACCESIBILIDAD .....	4
1.3.3. CLIMA .....	5
1.3.4. TECTÓNICA.....	5
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	5
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	5
2.1.1. FORMACIÓN ANANEA .....	7
2.1.2. GRUPO MITU.....	7
2.1.3. FORMACIÓN HUANCANÉ .....	7
2.1.4. FORMACIÓN PAUCARBAMBA .....	7
2.1.5. FORMACIÓN RUMICOLCA.....	7
2.1.6. DEPÓSITOS ALUVIALES.....	7
2.1.7. DEPÓSITOS COLUVIALES.....	7
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	8
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	8
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	8
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL .....	8
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL ....	8
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	12
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	12
<b>4.2. Derrumbes en la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac.</b> .....	14
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO .....	18
4.2.2. FACTORES CONDICIONANTES.....	21

4.2.3.	FACTORES DE ENCADENANTES .....	21
4.2.4.	DAÑOS O EFECTOS SECUNDARIO .....	21
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>22</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>23</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>24</b>
<b>ANEXO 1:</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>25</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector Vía de acceso al parque arqueológico Pisac, que pertenece a la jurisdicción de la municipalidad distrital de Pisac, provincia Calca, región Cusco. 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 geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen volcánicos-sedimentarios del Grupo Mitu (aglomerados y lavas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas), se presentan medianamente a muy fracturadas y moderadamente meteorizadas generando caídas cuando la pendiente aumenta, las rocas están cubiertas por depósitos cuaternarios coluviales. En estos últimos se identifican principalmente los deslizamientos.

Las Geoformas identificadas de acuerdo a su origen, corresponden a las tectónico-degradacional y erosional (montañas en rocas volcánica-sedimentaria) y Geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de Piedemonte (vertiente con depósitos de deslizamiento). Estas unidades geomorfológicas poseen características de pendientes del terreno que van de fuerte (15° - 25°) a abrupta (45° a 90°), aunada a las características litológicas muy fracturadas, se consideran los principales factores condicionantes de la geodinámica en el sector.

Los procesos identificados en la vía de acceso al parque arqueológico de Pisac corresponden a los denominados caídas de rocas (caídas y derrumbes), provenientes de evento de deslizamientos antiguos que han sufrido reactivaciones, ante la ejecución de la vía de acceso y la falta de mantenimiento de esta; de igual manera se identificaron zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas). Todos estos procesos impactan principalmente en el tramo evaluado, generando obstrucción y daños en infraestructura.

Se concluye que el área de estudio es considerada de **Muy Alto** peligro a la ocurrencia de derrumbes, que normalmente son desencadenados en la temporada de lluvias (noviembre a marzo) o ante alguna actividad por movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes para que las autoridades competentes pongan en práctica, como las geomallas ancladas y evitar cortar los taludes por ser susceptible a derrumbes.

## 1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la municipalidad distrital de Pisac, según Oficio N° 003-ODC-MDP-2020, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo (caída de rocas, derrumbes y deslizamiento), ocurridos en el presente año, que afectó la infraestructura vial de acceso al grupo arqueológico Intihuatana perteneciente al Parque Arqueológico Pisac.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a a los ingenieros Guisela Choquenaira y David Prudencio realizar la inspección técnica respectiva. El trabajo de campo se realizó el día 15 de octubre del presente año.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), 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 Pisac, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac, los cuales pueden comprometer el acceso y la seguridad de las personas que visitan la zona, así como las construcciones y viviendas ubicadas en la zona de influencia de estos eventos.
- b) Determinar el origen de los principales factores que condicionan y desencadenan a estos fenómenos en la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac.
- c) Presentar a las autoridades y población interesada un documento sustentando el peligro del sector, con recomendaciones pertinentes para realizar acciones de prevención, reducción y mitigación de los peligros geológicos identificados en la zona.

## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET a escala regional, que incluyen la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3, elaborado por INGEMMET (2003), presenta los mapas de áreas sujetas a deslizamientos y caídas de rocas, que comprometen y ponen en riesgo la infraestructura vial y población asentada en áreas de influencia. Los cortes de carretera de gran altura, aunado a las condiciones litológicas de intenso fracturamiento, presencia de agua y pendientes son favorables a estos eventos.
- B) Boletín N° 74, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Peligros geológicos en la región Cusco” (2020); Los peligros geológicos identificados en esta zona son de caída de rocas, derrumbes y procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas). El estudio también realiza un análisis de susceptibilidad por movimientos en masa, en la cual, la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac presenta alta y muy alta susceptibilidad, por presentar condiciones del terreno favorables a muy favorables para generar movimientos en masa como la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno.
- C) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Calca (27-s) (Sánchez, A., 2003); se describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía, rocas ígneas y geología estructural del área de dichos cuadrángulos.
- D) Boletín N° 65, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca” (Carlotto, V., et al, 1996), se describe la geología regional, lo cual sirve de base para el análisis de la zona evaluada

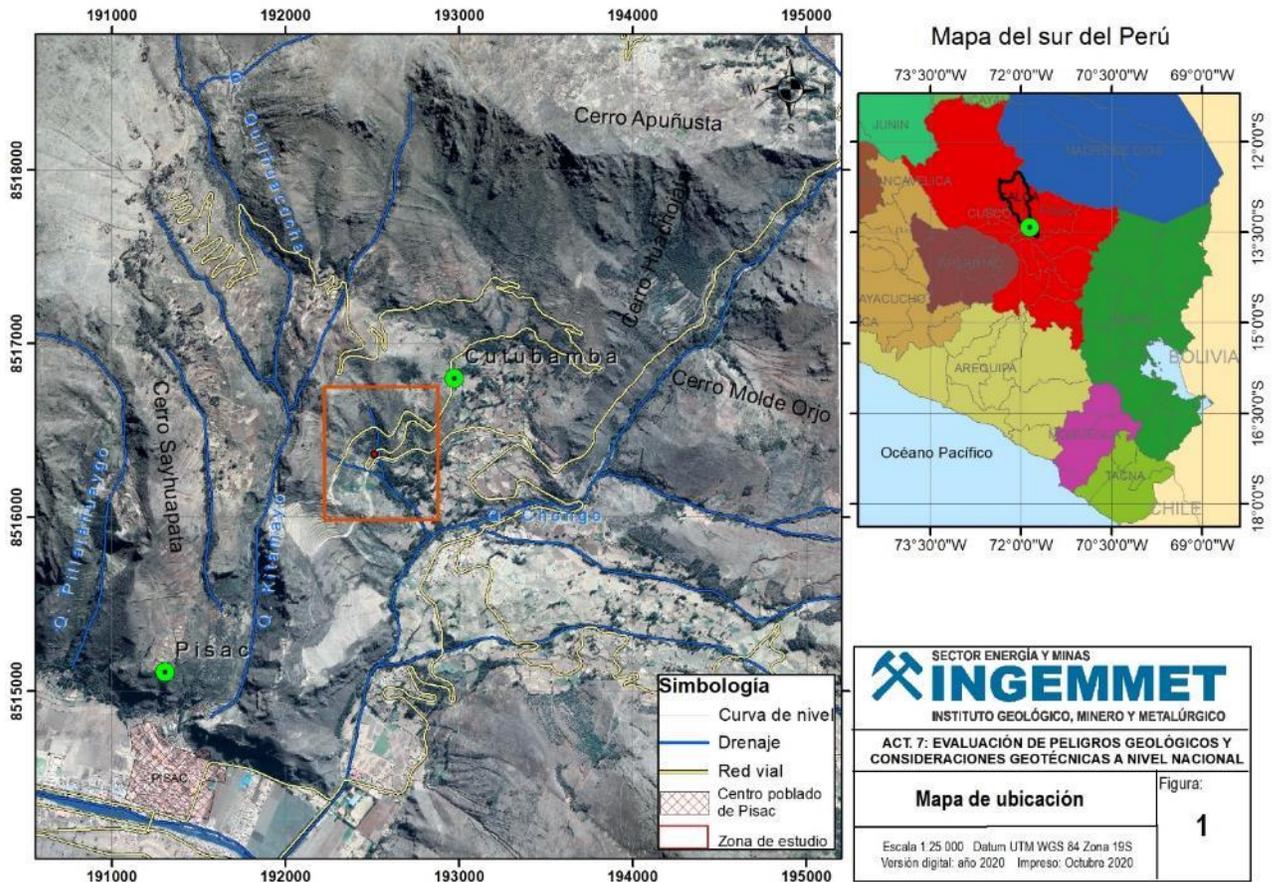
## 1.3. Aspectos generales

### 1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada se ubica en la margen derecha de la quebrada Chongo (Chaupihuayco), en la vía de acceso al Grupo Arqueológico Intihuatana del parque arqueológico Pisac, que pertenece al distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco (figura 1). Cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S):

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

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	192208	8516682	-13.401599	-71.84192
2	192865	8516682	-13.401667	-71.835859
3	192865	8515932	-13.40844	-71.835938
4	192208	8515932	-13.408372	-71.841999
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	192509	8516363	-13.404503	-71.839175



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la vía de acceso al centro Arqueológico de Pisac, distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco.

**1.3.2. ACCESIBILIDAD**

El acceso a la Vía del Parque Arqueológico de Intihuatana (Parque Arqueológico de Pisac) desde la ciudad de Cusco (OD Cusco- INGEMMET), se realiza por vía terrestre, a través de la siguiente ruta:

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

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco-Pisac	Asfaltada	34	50 min
Pisac – Vía de acceso al centro Arqueológico Pisac	Asfaltada	9	15 min

### 1.3.3. CLIMA

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), se presenta un clima de tipo frío, en los meses de diciembre a marzo, con frecuentes precipitaciones a heladas en los meses de junio a setiembre. De humedad relativa, calificada como húmeda, caracterizado por presentar lluvias acumuladas anuales promedio de 700 mm y temperaturas medias anuales de 12°C. Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

### 1.3.4. TECTÓNICA

De acuerdo a la geología de los cuadrángulos de Urubamba (27-r) y Calca (27-s) (Carlotto, et al, 1996) al NE del anticlinal de Vilcanota, se aprecian fallas inversas con dirección al SO, que dieron lugar a varios cabalgamientos, poniendo en contacto a la Formación Ananea sobre el Grupo Mitu y al Grupo Mitu sobre la Formación Huancané, que pasan junto de la zona de estudio, siendo el responsable de la mayoría de movimientos en masa de la zona y se prolonga hacia el SE.

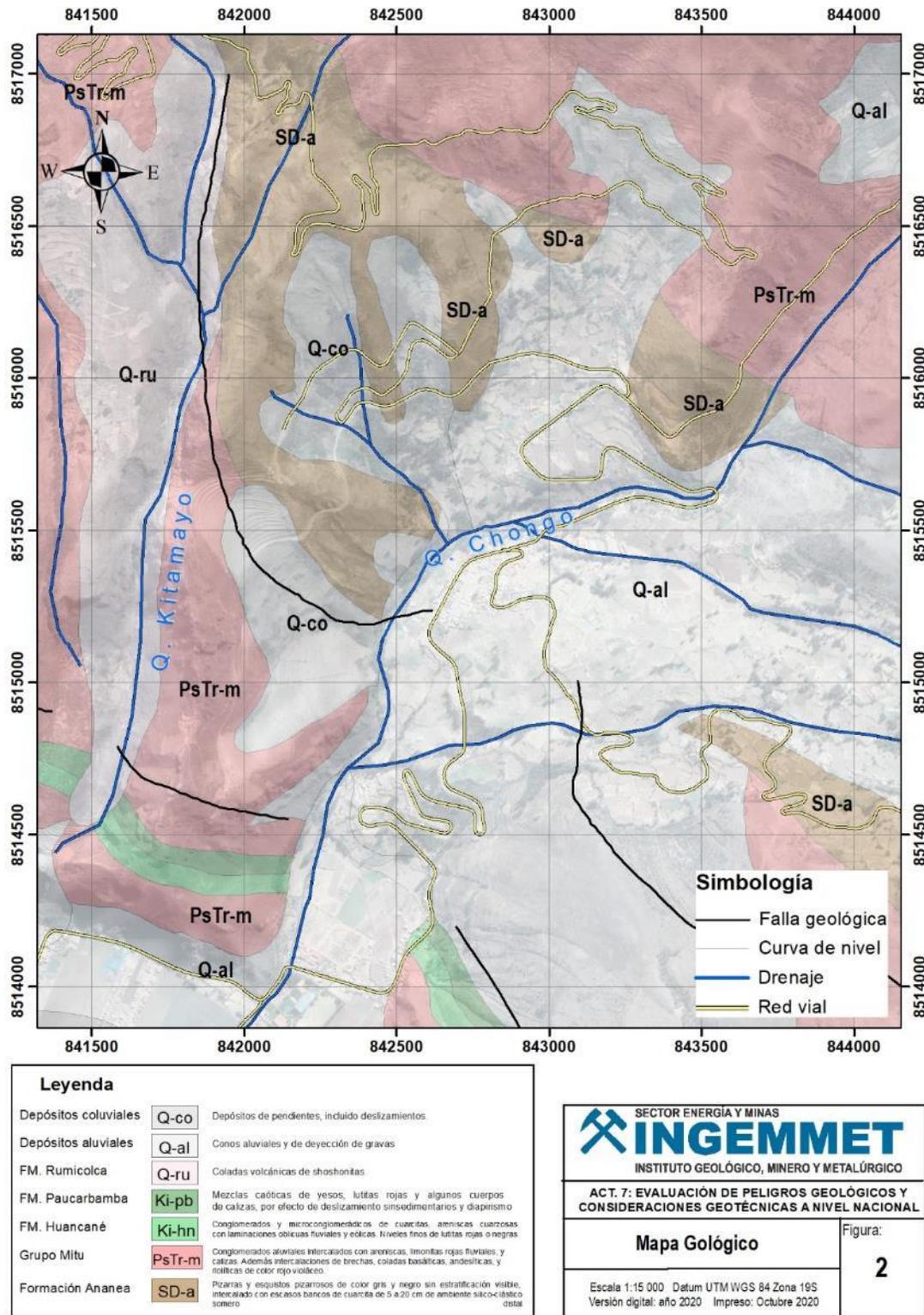
Se pueden distinguir dos sistemas de cabalgamientos NO-SE, relativamente significativo en la zona de estudio, por lo que las rocas en la zona se aprecian muy fracturadas y erosionadas, en ciertos casos sus direcciones están a favor de la ladera, siendo favorable a que ocurran eventos de movimientos en masa.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización de los cuadrángulos de Calca (27-s), (Sánchez y Zapata, 2003). La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac y alrededores son de origen sedimentario, conformado por depósitos desde el Paleozoico hasta la actualidad (figura 2). Localmente se han identificado depósitos coluviales.



**Figura 2.** Mapa geológico de la vía de acceso al centro Arqueológico de Pisac, distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco

#### 2.1.1. FORMACIÓN ANANEA

Esta unidad es la más antigua que aflora en la zona de estudio, litológicamente está conformado por pizarras y esquistos pizarrosos de color gris fuertemente fracturado por la presencia de fallas inversas en el sector y altamente meteorización; intercalado con bancos de cuarcita, igualmente fracturados. (Carlotto, et al, 2011).

#### 2.1.2. GRUPO MITU

Las unidades litoestratigráficas del Grupo Mitu afloran ampliamente a lo largo del anticlinal del Vilcanota. En el cuadrángulo de Calca, este grupo quedó indiferenciado. Está compuesta por aglomerados y lavas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas, se aprecia en los alrededores de la zona de estudio como bloques caídos (Sánchez y Zapata, 2003).

#### 2.1.3. FORMACIÓN HUANCANÉ

Esta formación reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu, afloran al sureste de la zona de estudio y tiene un espesor promedio de 80 m. Es una secuencia de cuarzoarenitas blanquecinas o rojizas con estratificación oblicua y sesgada, con intercalaciones de areniscas microconglomeráticas (Sánchez y Zapata, 2003).

#### 2.1.4. FORMACIÓN PAUCARBAMBA

Formación perteneciente al grupo Moho, reposa concordantemente sobre la Formación Huancané, afloran igualmente al sureste de la zona de estudio y tiene un espesor promedio de 80 m; litológicamente está compuesto por una intercalación de areniscas con estratificación flaser bedding y limoarcillitas rojas y a gris verdosa, es frecuente la intercalación de areniscas conglomeráticas lenticulares (Sánchez y Zapata, 2003).

#### 2.1.5. FORMACIÓN RUMICOLCA

Esta Formación aflora en la margen derecha de la quebrada kitamayo al norte de la ciudad de Pisac, conformada por un conjunto de cuerpos volcánicos de pequeñas dimensiones, este cuerpo marca una zona de fallas activas dejando a las rocas de las formaciones adyacentes muy fracturadas y altamente erosionada, estos cuerpos son descritos como coladas de lava y conos de escoria de contenido andesítico, sin embargo, por la geoquímica se clasifica como shoshonitas (Carlotto, et al, 1996).

#### 2.1.6. DEPÓSITOS ALUVIALES

Estos depósitos se ubican en la parte baja de la quebrada Chuapihuayco, adosado al río principal, son considerados conos aluviales y de deyección, conformados por grandes bloques de rocas transportadas, envueltos en matriz areno-arcillosa.

Sobre estas zonas se ubican las viviendas del sector, además del desarrollo agrícola

#### 2.1.7. DEPÓSITOS COLUVIALES

Estos depósitos se ubican en las laderas y llegan hasta el cambio repentino de pendiente, se suman a este grupo, los depósitos de deslizamientos y otros movimientos en masa ocurridos en el sector; se encuentran conformado por material inconsolidado de bloques y gravas dentro de una matriz limo- arcillosa.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

Los rangos de pendiente en la zona inspeccionada van de fuertes ( $15^\circ - 25^\circ$ ), a abruptas ( $> 45^\circ$ ); notándose con mayor representación las pendientes muy fuertes ( $25^\circ - 45^\circ$ ); asociadas a estas últimas, los peligros geológicos de caídas, derrumbes y reactivación de movimientos en masa, que predominan en el área evaluada (figura 3)

A lo largo de la quebrada Chaupihuayco se aprecian pendientes medias ( $5^\circ - 15^\circ$ ) y bajas ( $1^\circ - 5^\circ$ ) en menor cantidad.

#### 3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas, 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 (Vilchez, M., et al, 2019) (figura 4).

##### 3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Estas geoformas, son el resultado de procesos originados por la tectónica que presenta, sumado a un consiguiente proceso denudativo y erosional, afectando otras geoformas pre existentes por acumulación de materiales:

###### 3.2.1.1. Unidad de montañas

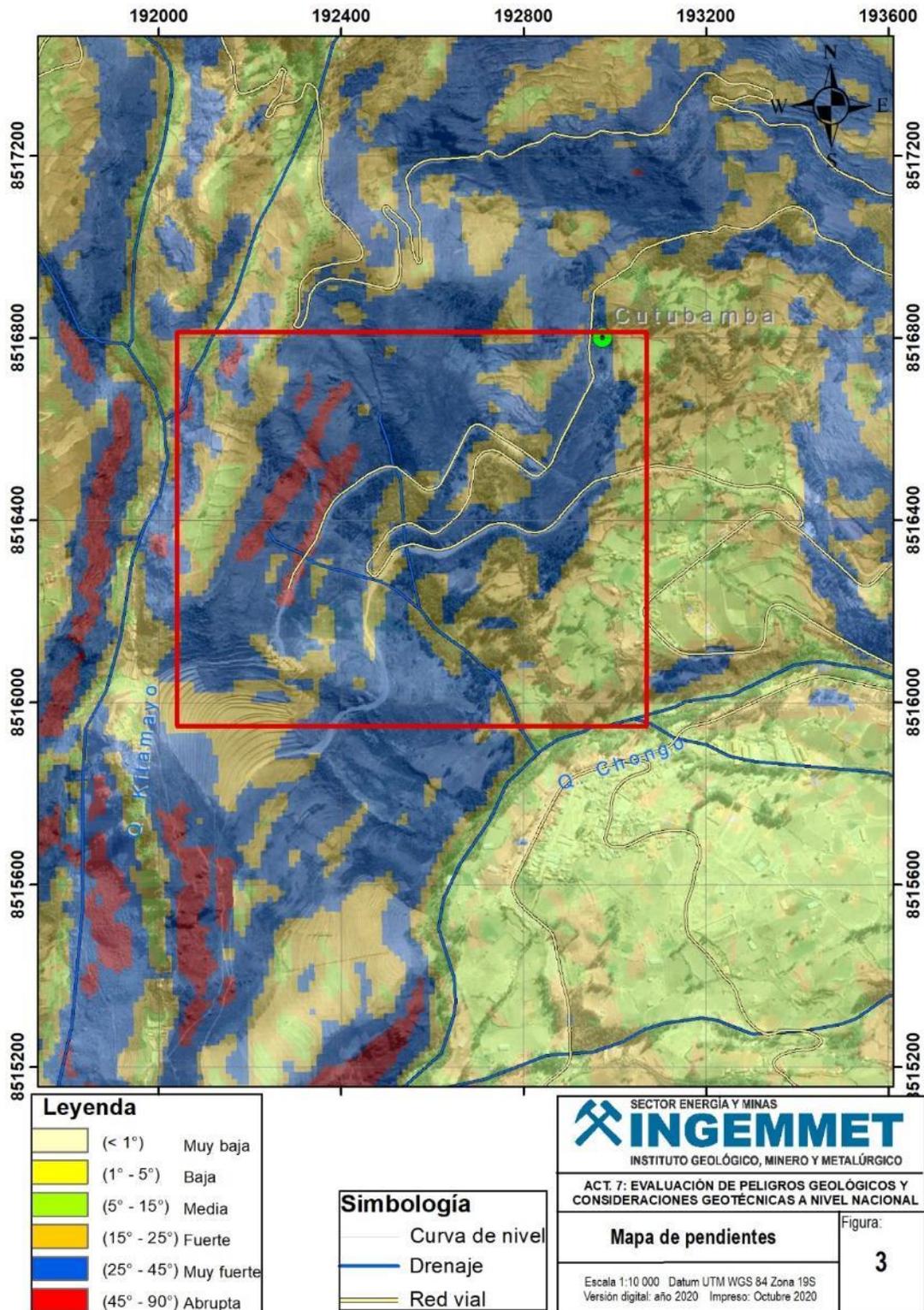
Se consideran dentro de Unidad de Montañas a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose las siguientes subunidades, según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual

**Subunidad de montañas en roca volcánica sedimentaria (RM-rvs):** Se considera dentro de esta subunidad a las rocas de la Grupo Mitu y de la Formación Rumicolca, compuestas por rocas sedimentarias con intercalaciones de brechas y coladas volcánicas; se localizan en las partes altas de la zona de estudio, generando material para los movimientos en masa, así como para la ocurrencia de procesos de erosión de laderas, pequeños flujos de detritos, deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas

**Subunidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs):** Dentro de esta subunidad se considera a las rocas de las Formaciones Paucarbamba y Huanané, compuestas por yesos, calizas, areniscas, yesos, conglomerados y microconglomerado de cuarcitas, emplazadas al sur de la zona de estudio.

##### 3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por formas de terreno nivelados hacia arriba, resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores:



**Figura 3.** Mapa de pendientes de la vía de acceso al centro Arqueológico de Pisac, distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco.

#### 3.2.2.1. **Unidad de piedemonte**

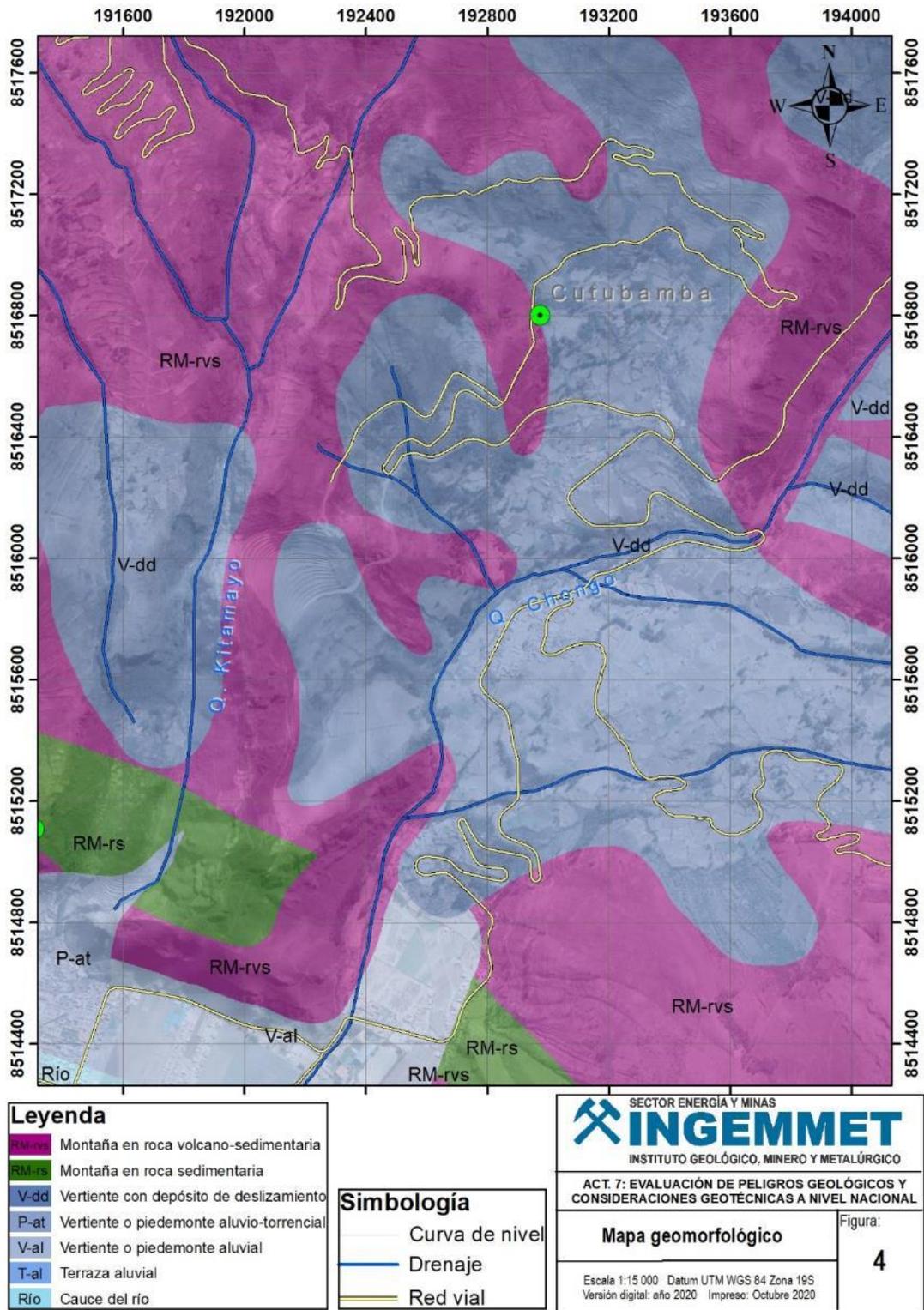
Forma de terreno que constituye la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predomina depósitos coluviales antiguos y recientes, relacionadas con el repentino cambio de pendiente.

**Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamiento (V-dd):** Corresponde a acumulaciones en ladera, su composición litológica es homogénea con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, originadas por procesos de movimientos en masa, que puede ser de tipo deslizamiento, avalanchas de rocas o movimientos complejos; Presenta morfología convexa y disposición circular a elongada de la zona de arranque.

Esta subunidad, conforma las laderas y alrededores de la zona de estudio; sobre la cuales normalmente se presentan reactivaciones de movimientos en masa de los materiales depositados, así como por nuevos aportes de material proveniente de la actividad retrogresiva de eventos activos.

**Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at):** Corresponde a planicies inclinadas y extendidas, ubicadas al pie de sistemas montañosos al sur de la zona de estudio, son acumulaciones de sedimentos acarreados por corrientes de agua, relacionados a lluvias ocasionales, extraordinarias y muy excepcionales que se presentan en el sector. Estos depósitos conforman terrenos de pendientes suaves a moderadas, donde se pueden generar flujos de detritos.

**Subunidad de vertiente o piedemonte aluvial (V-al):** se ubica al sur de la zona de estudio corresponde a planicies inclinadas y extendidas, ubicadas al pie de sistemas montañosos, son acumulaciones de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, pueden formar abanicos en las desembocaduras de los ríos. Estos depósitos presentan pendientes suaves a moderadas.



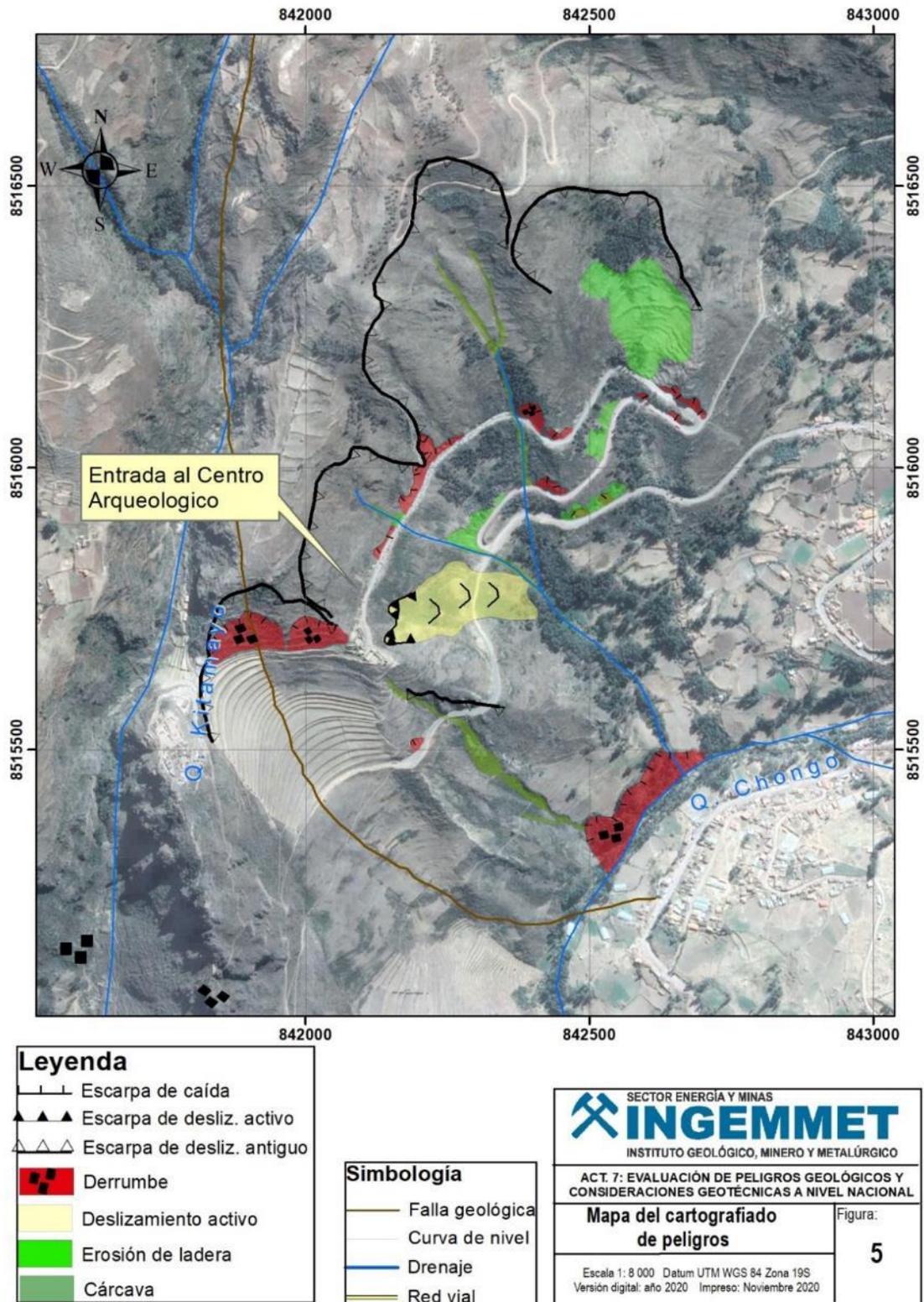
**Figura 4.** Mapa geomorfológico de la vía de acceso al centro Arqueológico de Pisac, distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco.

## **4. PELIGROS GEOLÓGICOS**

### **4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa**

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo reactivación de deslizamientos y caídas (derrumbes) (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Los movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad (figura 5).



**Figura 5.** cartografiado de peligros de la vía de acceso al centro Arqueológico de Pisac, distrito de Pisac, provincia de Calca, región Cusco.

#### **4.2. Derrumbes en la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac.**

Los principales eventos evaluados son dos derrumbes que los denominamos D1 y D2, localizados en la margen derecha de la quebrada Chaupihuayco, a una distancia de 130 m de la vía de acceso al centro arqueológico Pisac. Con las imágenes de satélites de alta resolución (Google Earth), se identifica que el proceso D1 tiene un área aproximada de 500 m<sup>2</sup> y el D2 3400 m<sup>2</sup>(incluyendo la zona de arranque y depósito); el material caído se deposita en la vía e interrumpe el acceso al centro arqueológico.

De igual manera, mediante las imágenes, se puede decir que estos derrumbes son la reactivación de deslizamientos antiguos; los cuales, son condicionados principalmente por el corte de talud realizado para la construcción de la carretera; que, sumado a la falta de mantenimiento, con posibles y eventuales caídas de clastos y rocas, ante la presencia de cualquier inestabilidad que se de en el talud (figura 9 y 10).

En la parte alta de la vía, entre los derrumbes D1 y D2 se aprecia erosión superficial con un área de 400 m<sup>2</sup> aproximadamente, además, dentro del área erosionada se aprecia dos zanjas contiguas en material de concreto, estas por estar en mala condiciones y sin mantenimiento, no cumplen la función de drenar las aguas superficiales de la zona, por lo que generaron una cárcava, cuenta con 50 m de longitud y llega hasta la vía evaluada (figura 11,12).

En la parte baja de la vía se aprecia el cuerpo de un deslizamiento en estado latente, que es la reactivación de un deslizamiento antiguo. En el año 2013, este evento bloqueó la vía alterna de ingreso al centro Arqueológico Pisac, sus dimensiones son de 130 m de longitud de la superficie de rotura, con 120 m de longitud entre el escarpe y pie del deslizamiento y 95 m en la parte más ancha del deslizamiento. (figura 13 y 14).

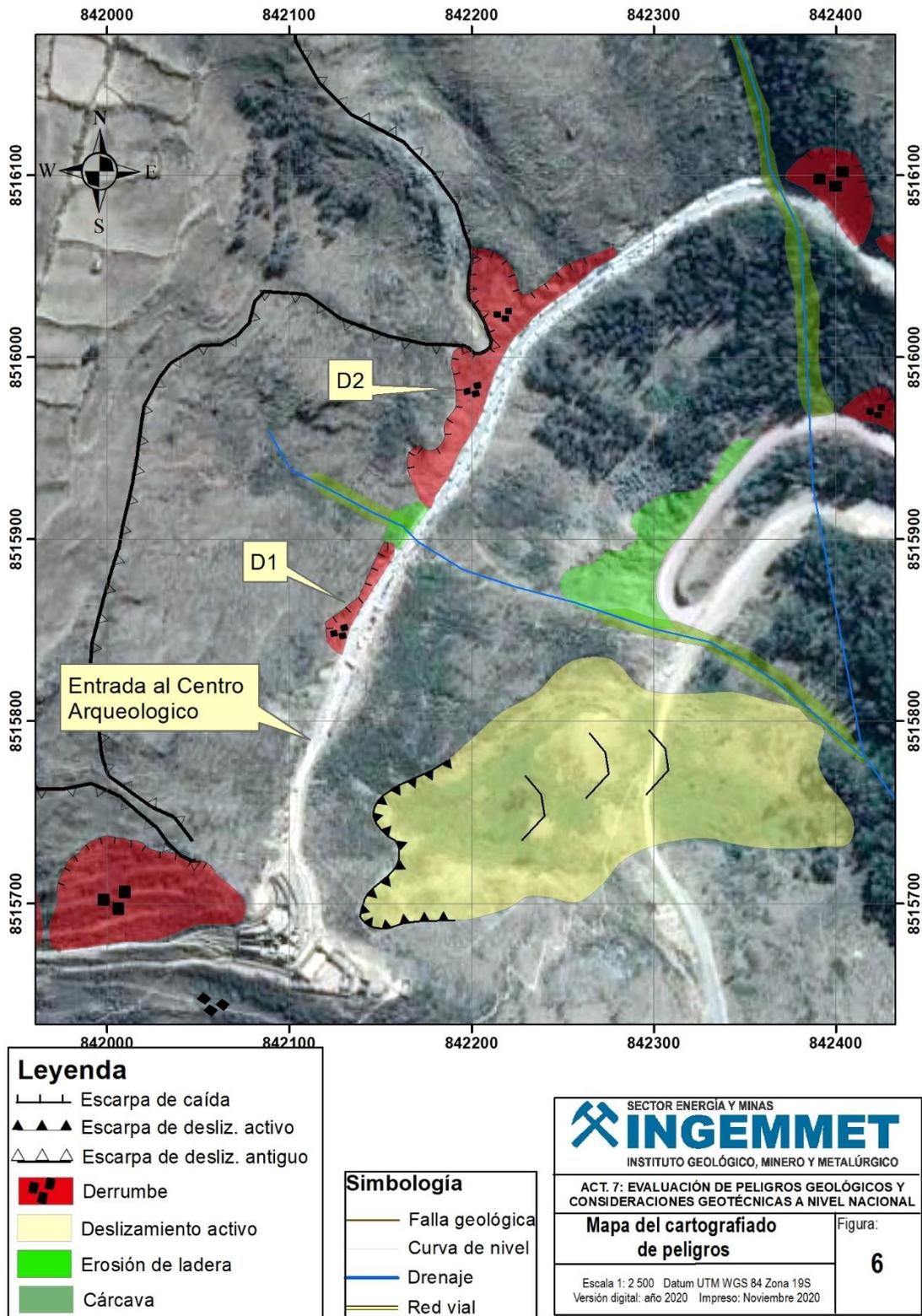
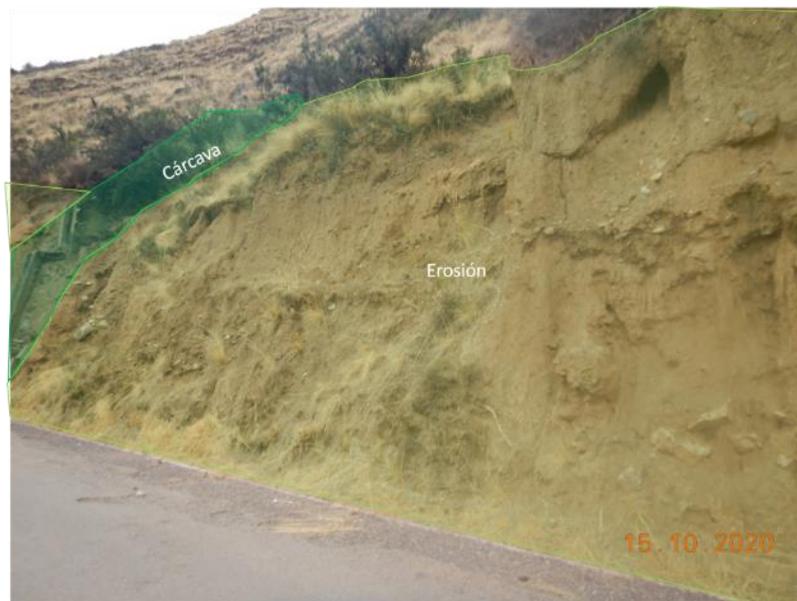


Figura 9. Cartografiado de peligros del sector evaluada.



**Figura 10.** Se aprecia la zona de derrumbes D1 y D2, en medio las zonas de erosión y una cárcava que se está generando por la falta de mantenimiento de la zanja de drenaje que se ubica al medio.



**Figura 11.** Vista tomada en coordenadas UTM (GWS184-Zona 19s) E 192330; N 8516332. Se aprecia las zonas de erosión, la cárcava junto a una parte de la zanja de drenaje.



**Figura 12.** Vista tomada en coordenadas UTM (GWS184-Zona 19s) E 192308; N 8516305. Vista al sureste de la vía intihuatana zanja de drenaje en pésimas condiciones, debido al deslizamiento del año 2010 .



**Figura 13.** Se aprecia el cuerpo del deslizamiento latente que dañó la vía de entrada al Parque Arqueológico de Pisac.



**Figura 14.** En agosto del 2013 el cuerpo del deslizamiento dañó la vía alterna de entrada al Parque Arqueológico de Pisac. Fuente: Google Earth.

#### 4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

A lo largo del año se producen derrumbes en la ladera, recurrentemente en épocas de lluvias intensas (noviembre hasta marzo), lo cual trae consigo la caída de materiales a la vía mencionada. Estos depósitos están conformados por gravas, cantos y bloques de pizarras, esquistos, cuarcitas, y poco material fino de naturaleza limo-arcillosa.

A. Derrumbe D1 tiene las siguientes características y dimensiones (figura 15):

- Ancho promedio de la zona de arranque: 60 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 5 m
- Área del deslizamiento: 532 m<sup>2</sup>
- Efectos: Obstrucción de la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac y podría afectar a las personas que transitan por la zona al momento del evento.

B. Derrumbe D2 tiene las siguientes características y dimensiones (figura 16, 17):

- Ancho promedio de la zona de arranque: 140 m
- Forma de la superficie de rotura: irregular
- Diferencia de altura aproximada de la corona a la base del derrumbe: 35 m
- Área del deslizamiento: 3,400 m<sup>2</sup>
- Efectos: Obstrucciones de la vía de acceso al Parque Arqueológico Pisac y podría afectar a las personas que transitan por la zona al momento del evento. (foto 18).



**Figura 15.** Vista tomada en coordenadas UTM (GWS184-Zona 19s) E 192279; N 8516251. Se aprecia la altura de la zona de derrumbe D1, además la presencia de una falla que pasa por medio.



**Figura 16.** Vista tomada en coordenadas UTM (GWS184-Zona 19s) E 192353; N 8516367. Altura de la zona de derrumbe D2.



**Figura 17.** Se aprecia el ancho de la zona de derrumbe D2.



**Figura 18.** Caída de rocas, ocurrida el 8 de febrero del presente año (Choquenaira, G., 2020).

#### 4.2.2. FACTORES CONDICIONANTES

##### **Factor litológico-estructural**

- Factores litológicos de depósitos de rocas de la Formación Ananea que se encuentran fuertemente meteorizado y fracturado con presencia de infiltraciones, condicionan los derrumbes en la zona
- De acuerdo a la tectónica, todo el Valle del Vilcanota, conforman estructuras de anticlinal, y presenta falla inversa en el sector los cuales hacen que todas las rocas de la zona estén fracturadas y meteorizadas.

##### **Factor geomorfológico**

- Las pendientes de la zona van de fuertes a abruptas siendo las muy fuertes la que predominan en el sector.
- La geomorfología indica que la zona de estudio se encuentra en vertiente con depósitos de deslizamientos, circundada en la parte alta por montañas en roca volcánica sedimentarias, las cuales indican características de susceptibilidad a la generación de movimientos en masa

##### **Factores antrópicos**

- El factor antrópico, controlado por el corte de talud inadecuado, se encuentra afectando y generado los derrumbes, a lo cual se suma la falta de mantenimiento apropiado, dado el tipo de roca que se presenta.

#### 4.2.3. FACTORES DESENCADENANTES

- El factor desencadenante que normalmente genera los derrumbes son las precipitaciones pluviales periódicas y extremas que se dan en la zona evaluada, saturan y sobrecargan los taludes al punto de hacerlos caer.
- Los sismos pueden inducir o desencadenar a los derrumbes ya que generan energía en los taludes y sobre las rocas sueltas, más aún, que en cercanías de la zona de estudios se ubica la falla dextral neotectónica Cuyo Chico que es una principal fuente sísmica en el área de estudio (Benavente, et al, 2013)

#### 4.2.4. DAÑOS O EFECTOS SECUNDARIO

En toda la vía se generan continuamente derrumbes más aun en épocas de lluvias por lo que siempre se realizan trabajos de limpieza cuando se generan estos eventos, parte de la vía se encuentra dañada y agrietada, por lo cual necesita una capa nueva de asfalto.

Los canales y drenes instalados en el sector se encuentran en pésimas condiciones debido a falta de mantenimiento y los derrumbes en el sector.

Por otro lado, la interrupción de vía y cierres eventuales ante derrumbes, impide el paso peatonal y desarrollo del turismo en el parque arqueológico Pisac.

## 5. CONCLUSIONES

- a) En el área evaluada se lograron identificar dos derrumbes principales con peligro muy alto, localizados a la entrada al Parque Arqueológicos de Pisac; además, en medio de los derrumbes se identificó erosión de laderas y una cárcava que podrían originar nuevas caídas o derrumbes.
- b) Los derrumbes afectan la vía con bloqueos y pueden afectar a las personas que transitan concurrentemente por ser una zona turística. Estos eventos se pueden dar a lo largo del año, más aún en época de lluvias.
- c) De acuerdo a la litología y la tectónica, la zona evaluada es susceptible a que se generen derrumbes, condicionados por los estratos rocosos fracturados y meteorizados por tectonismo. Estos materiales se encuentran disponibles a caer y generar estos derrumbes.
- d) De acuerdo a la geomorfología la zona evaluada es susceptible a estos eventos de movimientos en masa y gravedad, debido a las características de pendientes muy fuertes que conforman las montañas en rocas volcano-sedimentarias y al material removido que conforman las vertientes de deslizamientos y otras depositaciones de movimientos en masa antiguos.
- e) La construcción de la vía y el corte de talud es un factor antrópico condicionante importante, ya que desestabiliza el talud, al cual no se le realiza un mantenimiento adecuado, así como la falta de conducción de los flujos de agua por canales, haciendo que infiltren agua al subsuelo.
- f) Los factores que pueden desencadenar estos eventos son las lluvias y los sismos que se presenten en el sector, como se puede apreciar, siendo muy comunes su ocurrencia en la época de lluvias

## 6. RECOMENDACIONES

- A) Realizar el mantenimiento periódico de la vía de acceso al parque arqueológico, a través del apoyo técnico, perfilando los taludes, mejorando los drenajes y evitando la erosión de la ladera.
- B) Realizar zanjas de coronación revestidas a los deslizamientos antiguos, así como a los derrumbes, para evitar la infiltración de las aguas de lluvia y la consiguiente erosión de sector.
- C) Instalar geomallas ancladas al talud en las zonas de los derrumbes para evitar las caídas de rocas.
- D) Evitar realizar cortes al talud en toda la zona evaluada, ya que se presenta muy susceptible a la generación de nuevos derrumbes y deslizamientos.
- E) Prohibir la tala de árboles, ya que es un medio de barrera ante caídas y derrumbes, además de estabilizar y fijar los suelos ante erosión.



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



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

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C.; Delgado, F.; Taibe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 55, 245 p.

Carlotto, V., Cardénas, J. y Carlier, G. (2011) - Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 138, 258p., 6 mapas.

Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R. & Vallenás V. (1996). - Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima.

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.

Choquenaira Guisela (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el río Kitamayo. Distrito de Pisac, provincia Calca y región Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7062, 26 p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM

SENAMHI. (1988). Mapa de clasificación climática del Perú. Método de Thornthwaite. Eds. SENAMHI Perú, 50pp.

Vílchez, M. & Sosa, N. (2013) Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Cusco, Informe Técnico Geología Ambiental – INGEMMET. Informe Preliminar.

Vílchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 202 p, 9 mapas.

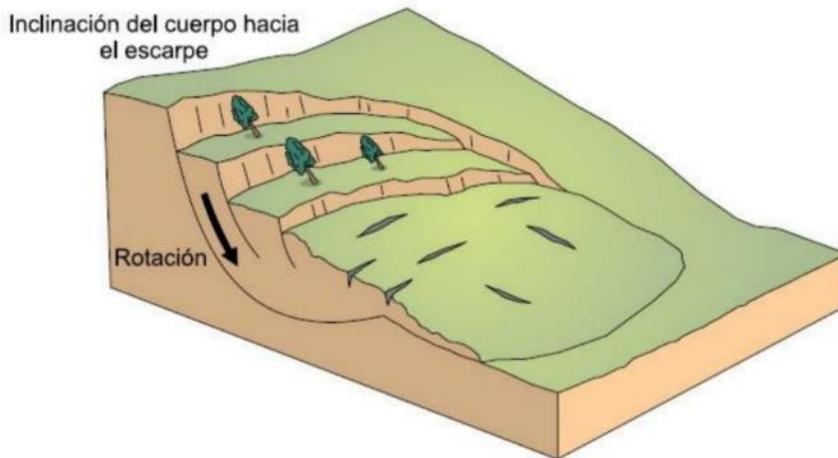
## ANEXO 1: GLOSARIO

A continuación, se explican algunos conceptos de los eventos de movimientos en masa que se presenta en la zona de estudio, tomando como base la terminología de “Movimientos en Masa en la Región Andina”, preparado por el grupo Proyecto Multinacional Andino (PMA: GCA, 2007), donde se describen los eventos ya mencionados.

### Deslizamiento

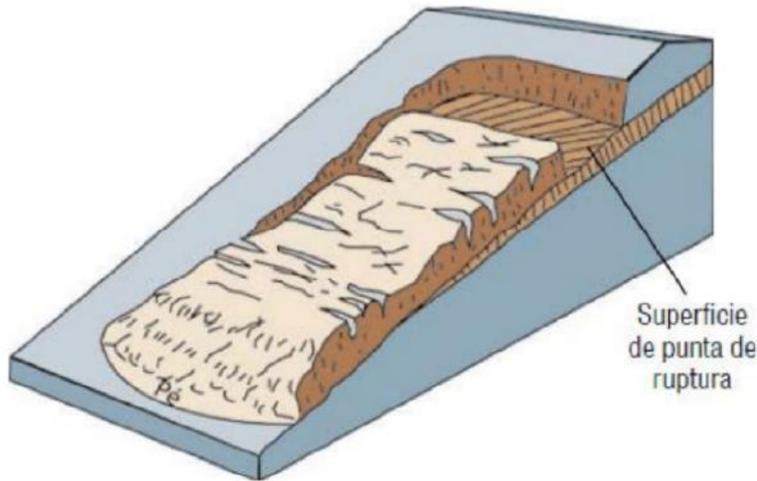
Un deslizamiento es un movimiento de una masa desprendida del sustrato o de suelo ladera abajo, normalmente ocurre a lo largo de una superficie de falla o de una zona delgada donde ocurre una deformación cortante.

Es rotacional si el movimiento lo hace en una superficie de falla curva y cóncava (figura 19), su forma se caracteriza por tener escarpe principal profundo y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal, la deformación interna de la masa desplazada es usualmente poca, debido al mecanismo rotacional que es auto-deslizante (PMA: GCA, 2007).



**Figura 19.** Esquema de un deslizamiento rotacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

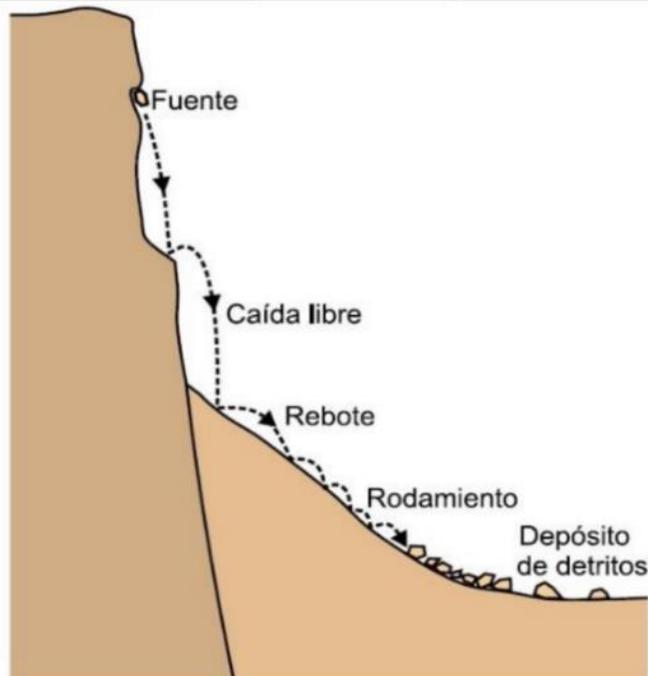
Es traslacional si el movimiento se da a lo largo de una superficie de falla plana (figura 20) estos movimientos suelen ser más superficiales y su desplazamiento discurre a lo largo de la discontinuidad (PMA: GCA, 2007).



**Figura 20.** Esquema de un deslizamiento traslacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

### Caída de rocas

Son movimientos en masa en el cual uno o varios bloques de roca se desprenden de una ladera sin que a lo largo de la superficie ocurra desplazamiento cortante, el material cae desplazándose principalmente realizando rodamientos (figura 21) en las zonas con pendiente escarpada este movimiento es rápido y a veces extremadamente rápido (PMA, 2007), además cuando las caídas no tienen una superficie regular de arranque como una sola unidad, se le denomina derrumbes.



**Figura 21.** Esquema de caída de detritos en zona de pendientes pronunciadas.