

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7230

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES MARAMPAMPA, VAQUERÍA Y PUENTE ANTIBAMBA

Departamento Cusco
Provincia La Convención
Distrito Ocobamba



FEBRERO
2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES MARAMPAMPA VAQUERÍA Y PUENTE ANTIBAMBA

(Distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio Mendoza

Gael Araujo Huaman

Norma Sosa Senticala

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). *Evaluación de peligros geológicos en los sectores Marampampa, Vaquería y Puente Antibamba*. Distrito de Ocobamba, provincia La Convención y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7230, 29 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Accesibilidad	6
1.3.3. Clima	6
2. DEFINICIONES	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1. Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1. Grupo San José (Oim-Sj)	7
3.1.2. Formación Sandía (Os-s)	7
3.1.3. Depósito aluvial (Q-al)	7
3.1.4. Depósito coluvial (Q-cl)	8
3.1.5. Depósito proluvial (Q-pr)	9
3.1.6. Plutón Quilloc Mesapelada (PEc-quim-sgr)	9
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Pendientes del terreno	9
4.2. Unidades geomorfológicas	9
4.2.1. Unidad de montaña	9
4.2.2. Unidad de piedemonte	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	10
5.1. Peligros geológicos en las áreas evaluadas de las quebradas Piscantillo (A) y Pitipucyo (B)	10
5.1.1. Quebrada Piscantillo (A)	11
Deslizamiento del sector Marampampa	11
Flujo de detritos del sector Marampampa (Quebrada Piscantillo)	12
Deslizamiento del poblado Kelcaybamba	13
5.1.2. Quebrada Pitipucyo (B):	15
Deslizamiento del sector Vaquería	15
Flujo de detritos del sector Puente Antibamba	19
5.1.3. FACTORES CONDICIONANTES	20

5.1.4. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES.....	21
6. CONCLUSIONES.....	22
7. RECOMENDACIONES	23
8. BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXO 1: MAPAS	26

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa (deslizamientos y flujos), realizado en la quebrada Piscantillo sector Marampampa (A) y quebrada Pitipucyo, sectores Vaquería y puente Antibamba (B); de la jurisdicción distrital de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento 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, corresponden a rocas de origen metamórfico, las cuales se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas; además, en las zonas altas aflora el intrusivo de composición sienogranítica el cual se encuentra de poco a medianamente fracturados. Los depósitos recientes inconsolidados, como los aluviales, están conformados por bloques y gravas en matriz areno limosa, además de depósitos proluviales y coluviales, constituidos por bloques y gravas en matriz arcillo limosa, dispuestos en laderas.

Las geoformas y sus subunidades observadas, según su origen; de carácter degradacional, se conforman de montañas en rocas metamórficas; y geoformas de carácter depositacional y agradacional como los piedemontes, modeladas por vertientes aluvio – torrencial y depósitos de deslizamiento. Las pendientes del terreno en las zonas evaluadas, varían de fuertes (15° – 25°) a escarpadas (25° - 45°).

Entre los principales factores que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa, se atribuye la presencia de suelos inconsolidados y de fácil saturación como los depósitos aluviales, coluviales y proluviales, montañas con pendientes que varían de fuertes a escarpadas, la deforestación para cambiar el uso del suelo a uso agrícola, así como la falta de canales de evacuación de aguas pluviales.

Los peligros geológicos identificados en el sector Marampampa y Vaquería, son deslizamientos y flujos de detritos; y el sector Puente Antibamba, se presentan flujo de detritos; ambos sectores son de **Peligro Muy Alto** y como **Zonas Críticas**.

A fin de controlar y disminuir la reactivación de los deslizamientos, se recomienda restringir la ocupación de los terrenos con viviendas u otras infraestructuras; realizar zanjas de coronación, tipo espina de pescado impermeabilizados e impermeabilizar los drenajes ya existentes; rellenar y sellar las grietas, forestar y no cambiar el uso de los suelos a usos agrícolas; para los flujos de detritos en el sector Marampampa (río Piscantillo) y puente Antibamba se recomienda descolmatación continua y encausamiento, construcción de defensas ribereñas, así como prohibir y/o evitar la ocupación en zonas de terrazas o cercanas a estas; entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Ocobamba, según oficios N° 190-2021-A-MDO/LC; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en los sectores Vaquería (Lucmayoc - Buenos Aires 1), Puente Antibamba (Antibamba - Vaquería) y Marampampa (Pirhua - Marampampa) por encontrarse en peligro ante deslizamientos y flujos de detritos que afectaron viviendas áreas de cultivo y tramos carretero.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los geólogos David Prudencio, Gael Araujo y Norma Sosa, realizar dicha evaluación de peligros geológicos, llevados a cabo del 07 al 19 de octubre 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 (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 a consideración de la Municipalidad Distrital de Ocobamba y entidades encargadas en la gestión de riesgo de desastres, 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 que se presentan en los sectores Vaquería, Puente Antibamba y Marampampa.
- b) Determinar factores condicionantes y desencadenantes que puedan influir en la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer algunas medidas y acciones necesarias a fin de prevenir o reducir los riesgos presentes o la generación de nuevos.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el distrito de Ocobamba, se tienen:

- A) Boletín N° 74, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro geológico en la región Cusco” (Vílchez et al., 2020), en cuyo estudio se elaboraron mapas de susceptibilidad a movimientos en masa y susceptibilidad a inundación y erosión fluvial, a escala 1: 100 000, donde las zonas evaluadas presentan mayormente de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa (figura 1). Además, en la quebrada Pitipucyo, sector Puente Antibamba se identificó un punto crítico, con código de inventario N° 21 por peligros geológicos de tipo flujo de detritos, sobre la cual se recomienda realizar la limpieza y encausamiento de quebradas y colocar defensas ribereñas en sectores afectados con procesos de erosión fluvial.

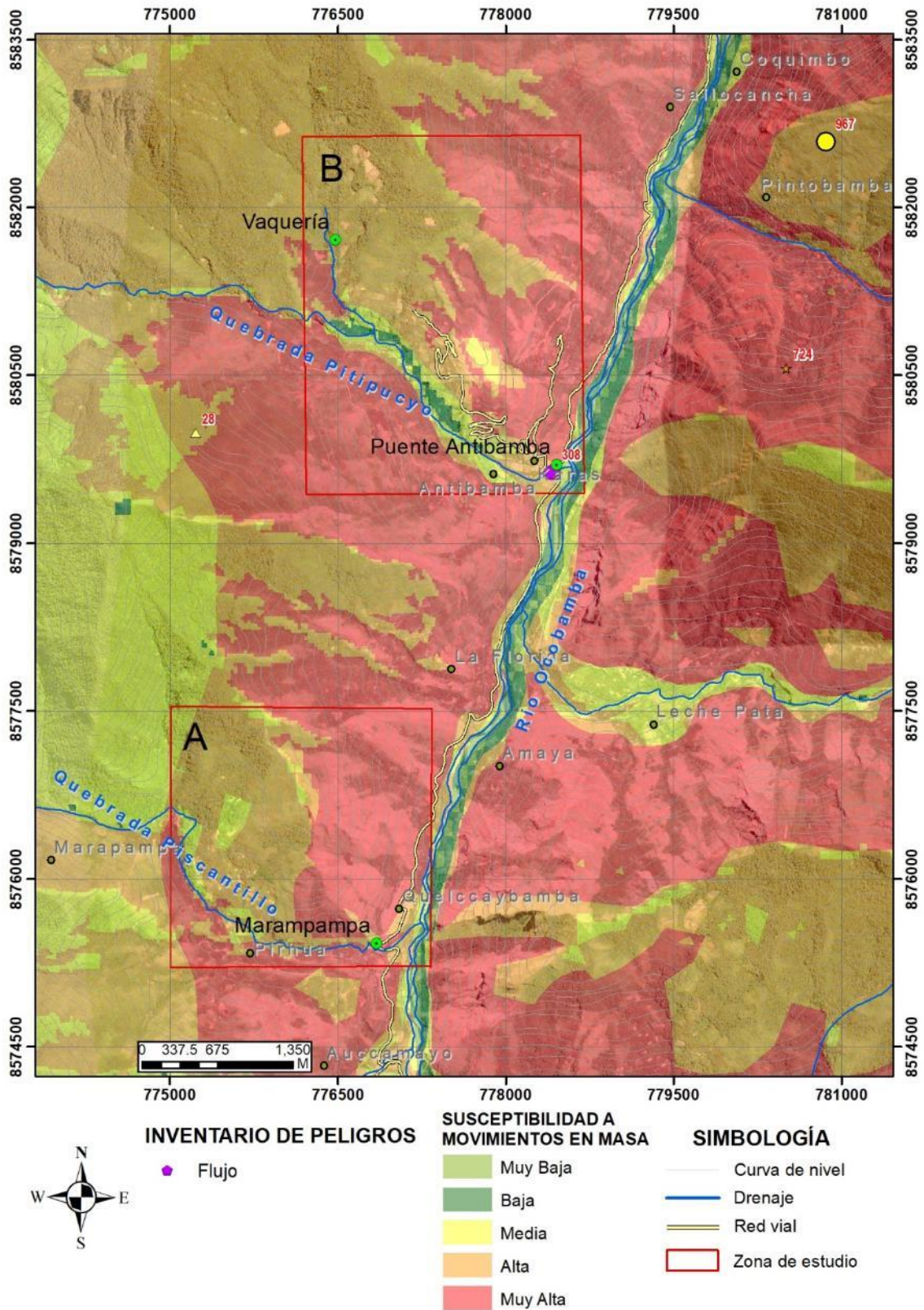


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de los sectores evaluados en el distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco.

- B) En el Boletín N°24, serie L, Geología del cuadrángulo de Quebrada honda (hojas 26-r1, 26-r2, 26-r3, 26-r4) realizado por Coba, L., Hurtado, C. & Ishpilco S. (2021) se describe a escala 1: 50 000, información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía. Además, la geología estructural muestra un pliegue anticlinal cercano a la quebrada Pitipucyo.
- C) El informe técnico N° A6630 “Deslizamiento de Ocobamba, realizado en el año 2013”. Se evalúa el deslizamiento de Kelcaybamba, capital del distrito, donde concluye que, el poblado fue afectado como resultado de la reactivación de un deslizamiento antiguo (Figura 2); este colapsó el borde de las terrazas aluvio- proluviales donde se asienta el poblado, por lo que es considerado como de Peligro Alto a la ocurrencia de nuevos deslizamientos ante la presencia de precipitaciones pluviales.

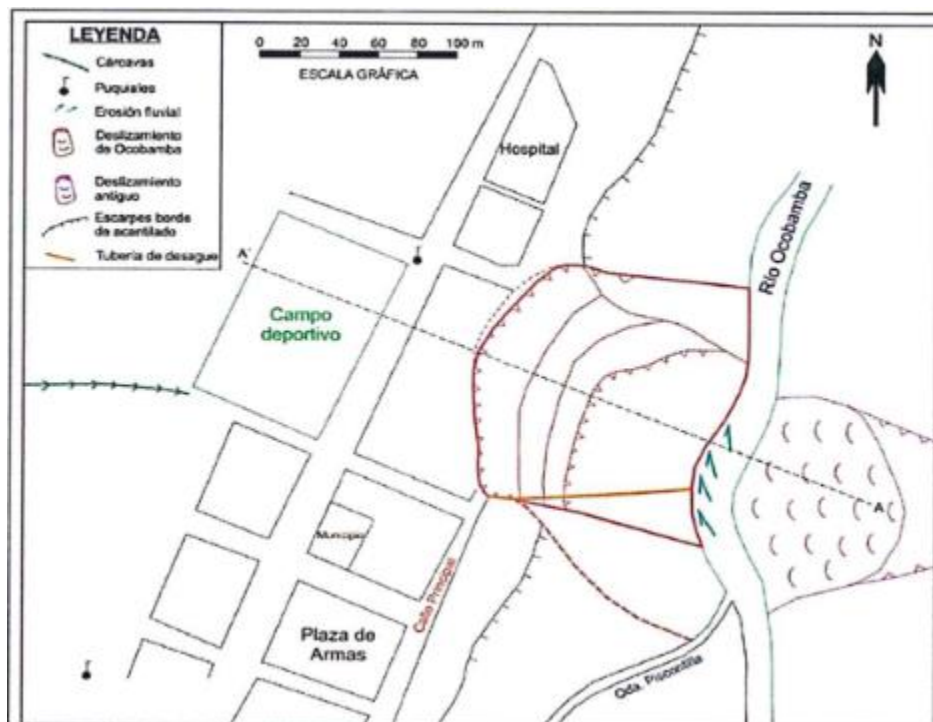


Figura 2: Croquis del deslizamiento, que afectó viviendas del poblado de Ocobamba (Kelcaybamba).

- D) El informe técnico N° A6971 “Evaluación geológica en el sector de Kelcaybamba-deslizamiento del año 2013”. Analiza los factores condicionantes del peligro como la morfología, calidad del sustrato rocoso, presencia de aguas subterráneas, entre otras. Concluye que la zona del deslizamiento se considera de **Peligro Alto** a la generación de nuevas reactivaciones.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los sectores de evaluación, se localizan en las quebradas Piscantillo (A) y Pitipucyo (B), las cuales confluyen por la margen izquierda al río Ocobamba. Además, en la quebrada Piscantillo (A) se encuentra la zona evaluada denominada Marampampa, ubicada en la margen izquierda de la quebrada Piscantillo, a 300 m al sur del centro poblado de Kelcaybamba (capital del distrito). En la quebrada Pitipucyo (B) se ubican dos zonas evaluadas denominadas Vaquería y Puente Antibamba, las cuales se encuentran hacia el norte de la capital del distrito, aproximadamente por carretera a 4.7 km. Políticamente

pertenecen al distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco (figura 3), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 S) siguientes (cuadro 1 y 2):

Cuadro 1. Coordenadas poligonales de la quebrada Piscantillo (A).

UTM - WGS84 - Zona 18s		
N°	NORTE	ESTE
A	775028	8577500
B	777352	8577500
C	775028	8575198
D	777352	8575198
Coordenada central		
F	775719	8576084

Cuadro 2. Coordenadas poligonales de la quebrada Pitipucyo (B).

UTM - WGS84 - Zona 18s		
N°	ESTE	NORTE
A	776180	8582621
B	778662	8582621
C	778662	8579438
D	776180	8579438
Coordenada central		
F	776598	8581658

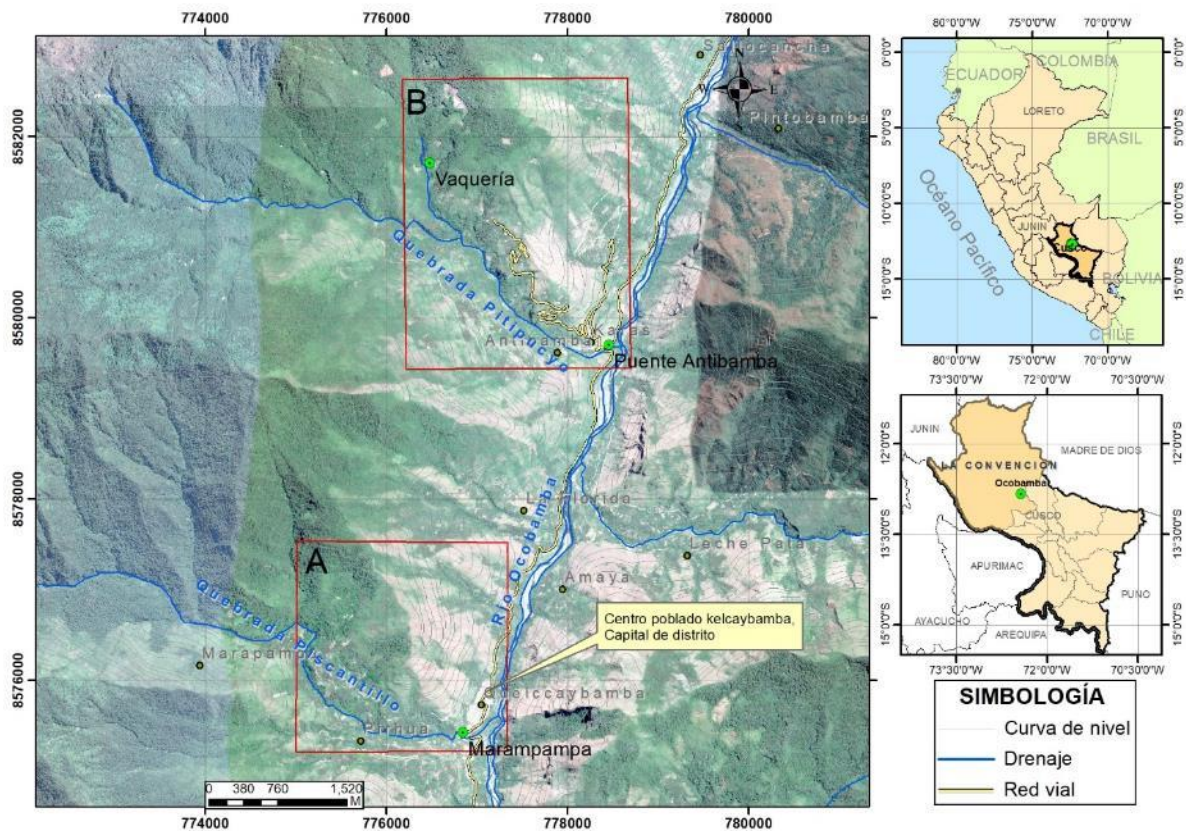


Figura 3. Ubicación de las zonas evaluadas en las quebradas Piscantillo (A) y Pitipucyo (B), distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso se hace por vía terrestre desde la ciudad del Cusco. Tomando como referencia al centro poblado de Kelcaybamba, para acceder a las zonas evaluadas, mediante la siguiente ruta (cuadro 3):

Cuadro 3. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cusco – Ollantaytambo	Asfaltada	60.6	1 h 32 min
Ollantaytambo – Kelcaybamba	Carretera	86.0	1 h 47 min
Kelcaybamba – Marampampa	Carretera	0.35	2 min
Kelcaybamba – Puente Antibamba	Carretera	4.7	10 min
Kelcaybamba - Vaquería	Carretera	9.8	25 min

1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), y detallando la información local, se puede observar que las zonas de evaluación poseen un clima lluvioso con invierno seco templado, con frecuencia de precipitación intensa en los meses de diciembre a marzo, cuyas lluvias acumuladas anuales son de 1200 mm a 1800 mm.

Además, se presentan friajes en los meses de junio a setiembre con humedad atmosférica relativa de inviernos secos, temperaturas máximas de 17°C a 23°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años, a partir de la cuales se formula “índices climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite

2. DEFINICIONES

Se describen algunas definiciones usadas en el informe:

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

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.

Deslizamientos: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

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

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

Formación geológica: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

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.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Reptación de suelos: Movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. Puede ser de tipo estacional, cuando se asocia al cambio climático o de humedad y verdadero cuando hay desplazamiento continuo.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se elabora teniendo como base la Geología del cuadrángulo de Quebrada Honda (hojas 26-r1, 26-r2, 26-r3, 26-r4) (Coba et al., 2021) a escala 1: 50 000, cuyo entorno geológico se compone de rocas intrusivas y metamórficas del Paleozoico, coberturados por depósitos Cuaternarios. Para su actualización y complementación se hizo uso de trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran son de origen intrusivo y metamórfico, conformado principalmente por el grupo San José y la formación Sandía, además, se tienen depósitos proluviales, coluviales y aluviales, que se han acumulado desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Anexo1: Mapa1).

3.1.1. Grupo San José (Oim-Sj)

Se observan en las zonas evaluadas de las quebradas Piscantillo y Pitipucyo, también se puede observar en zonas circundantes del río Ocobamba. Se encuentra conformada por una gruesa sucesión de pizarras en las que se presentan intercalaciones de areniscas finas cuarzosas, las cuales se aprecian plegadas y afectadas por la esquistosidad, por lo que se encuentra muy fracturada y altamente meteorizada, además, las inclinaciones de los estratos, favorecen a la infiltración de agua de lluvias hacia el subsuelo, por lo que es susceptible a deslizamientos.

3.1.2. Formación Sandía (Os-s)

Afloran en la margen derecha de la quebrada Piscantillo y en ambas márgenes de la parte alta del río Ocobamba. Está conformada por secuencia de cuarcitas, metareniscas, pizarras y lutitas en estratos delgados a medianos (Coba et al., 2021).

3.1.3. Depósito aluvial (Q-al)

Depósitos dispuestos en ambas márgenes del río Ocobamba y las quebradas Piscantillo y Pitipucyo en forma de terrazas, son depositados periódicamente por las crecidas del río,

se presentan medianamente consolidados y están compuestos por bloques y gravas redondeados a sub redondeados, envueltos en matriz areno limosa (fotografía 1).



Fotografía 1. Vista al sur, en el puente y la quebrada Piscantillo, se aprecia dos estratos generados por depósitos aluviales, conformados por bloques y gravas inmersos en matriz limo arenosa.

3.1.4. Depósito coluvial (Q-cl)

Depósitos dispuestos en laderas de montañas hasta la parte baja de las quebradas, ubicados en las zonas evaluadas, en la margen izquierda de la quebrada Piscantillo y Pitipucyo, son depósitos de deslizamientos y sus reactivaciones, presentan poca consolidación y están conformados por bloques y gravas subangulosos a angulosos envueltos en matriz arcillo limosa (fotografía 2).



Fotografía 2. Sector Vaquería, en la quebrada Chimocuyoc afluente de la quebrada Pitipucyo, se aprecia un depósito coluvial conformado por bloques y gravas en matriz arcillo limosa.

3.1.5. Depósito proluvial (Q-pr)

Se localiza en el centro poblado de Kelcaybamba y zonas circundantes, se aprecia en forma de conos deyeativos hacia el fondo del valle, son depósitos de mediana consolidación, está compuesto por fragmentos heterométricos de bloques y gravas en matriz arcillo limosa de formas angulosas a sub redondeadas.

3.1.6. Plutón Quilloc Mesapelada (PEc-quim-sgr)

Se encuentra en las partes altas de las quebradas Piscantillo y Antibamba, tiene forma elongada y orientación NO-SE, de acuerdo a los estudios petrográficos son intrusiones de cuarzomonzodiorita hasta Sienogranito de color gris claro (Coba et al., 2021), se apreciaron en los canales de las quebradas en forma de bloques sueltos de hasta 1.5 m, los que fueron trasladados por flujos antiguos.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El mapa de pendientes fue elaborado en base al modelo de elevación digital con resolución de 12.5 m (USGS), tomada del satélite Alos Palsar.

Las inclinaciones de los terrenos, varían entre fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) a escarpadas ($25^\circ - 45^\circ$), Notándose en la quebrada Piscantillo (A), los depósitos recientes generan pendientes fuertes ($15^\circ - 25^\circ$) en promedio presenta una pendiente de 19° , donde se asienta el poblado de Kelcaybamba y terrenos de cultivos. Para la quebrada Antibamba (B) la pendiente promedio de laderas es de 35° , y en el lecho de río de 8° . Todas estas pendientes variables, hacen que las zonas evaluadas sean susceptibles a movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 2).

4.2. Unidades geomorfológicas

La determinación y caracterización de las unidades geomorfológicas (Anexo 1: Mapa 3), se complementaron y actualizaron en base al mapa geomorfológico regional a escala 1:100 000 elaborado por Vílchez (2020).

Además, 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. Diferenciándose montañas y piedemontes.

4.2.1. Unidad de montaña

Representa alturas mayores a los 300 m desde la base hasta la cima, según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades:

Subunidad de montaña en rocas metamórfica (RC-rm): Relieve modelado en afloramientos rocosos del grupo San José y la formación Sandia, conformada por Pizarras, cuarcitas, metareniscas y lutitas.

Sus laderas presentan pendientes del terreno fuertes, en promedio de 19° en la quebrada Piscantillo y 35° en la quebrada Pitipucyo. Las montañas cubren todas las zonas de estudio, por lo que puede verse ampliamente en las dos áreas, con cimas subredondeadas a agudas.

Subunidad de montaña en rocas intrusiva (RC-ri): Relieve modelado sobre rocas intrusivas pérmicas denominadas Plutón Quilloc Mesapelada, presenta cimas subredondeadas y laderas con pendientes escarpadas a muy escarpadas.

Ubicado en la parte alta de las quebradas Piscantillo y Pitipucyo, al oeste de estas mismas. Se desarrolló afectadas por procesos denudativos, las cuales formaron las cabeceras de quebradas.

4.2.2. Unidad de piedemonte

Se consideran formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes relacionados a repentinos cambios de pendiente.

Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamiento (V-dd): Son depósitos inconsolidados que se encuentran cubriendo las bases de las laderas de los cerros.

Fueron generados por procesos de movimientos en masa mayormente deslizamientos, dando como resultado la acumulación de materiales superpuestos, conformados por fragmentos de pizarras y areniscas en forma de bloques y gravas en matriz arcillo limosas.

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial (P-at): Son depósitos inconsolidados, se encuentran ubicados en las bases de las quebradas, además, sobre estos se encuentra el poblado de Kelcaybamba.

Son el resultado de la acumulación de material movilizado por lluvias excepcionales a manera de flujos de detritos, están conformado por bloques y gravas redondeados con diámetros de hasta 30 cm, inmersos en matriz arcillo limosa.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento y flujos de detritos o huaicos (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de 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.

5.1. Peligros geológicos en las áreas evaluadas de las quebradas Piscantillo (A) y Pitipucyo (B)

Se identificaron procesos de deslizamientos y flujos de detritos (huaicos), los cuales ocurren con presencia de lluvias intensas y prolongadas (Anexo 1: Mapa 4 y 5).

El substrato rocoso que alberga a las zonas evaluadas, están caracterizadas por unidades geológicas del Grupo San José, conformadas por pizarras y areniscas finas, muy fracturada y altamente meteorizadas; cobeturdas por depósitos coluviales, proluviales y aluviales, que presentan mediana a poca consolidación.

Estos depósitos son producto de la descomposición y erosión del sustrato rocoso y acumulación de materiales acarreados por gravedad y aguas de escorrentía. Se encuentran adosados a las laderas y fondos de valles, además, están compuestos por arcillas, arenas, gravas y bloques de diferentes tamaños.

Las unidades y subunidades geomorfológicas que condicionan la erosión y remoción de suelos y rocas por efecto de gravedad y escorrentía superficial son: las montañas en roca sedimentaria, con pendientes del terreno que varían de fuertes (15° – 25°) a escarpadas (25° - 45°); además de vertientes aluvio torrencial con pendientes moderadas (5° - 15°), conformada por la acumulación de materiales movilizado por lluvias intensas y/o

excepcionales a manera de flujos de detritos; y vertiente con depósito de deslizamiento con pendiente moderadas ($5^\circ - 15^\circ$) a fuertes ($15^\circ - 25^\circ$), generados por deslizamientos.

A continuación, se describen los peligros geológicos evaluados en ambas quebradas evaluadas: Piscantillo (A) y Pitipucyo (B).

5.1.1. Quebrada Piscantillo (A)

En el área de estudio, se localizan y evalúan peligros geológicos de los sectores Marampampa, Quebrada Piscantillo y poblado de Kelcaybamba.

Deslizamiento del sector Marampampa

En la parte alta del sector Marampampa, el 8 de febrero del 2021 a consecuencia de las lluvias intensas, se registró la reactivación de un deslizamiento antiguo, que afectó 6 viviendas y áreas de cultivo, dejando como señales rajaduras en muros y agrietamientos del terreno.

Se identificó y registró un agrietamiento principal en el terreno, con dirección $N 260^\circ$, en las siguientes coordenadas UTM: 775668 E, 8575876 S (figura 7), poco apreciable por estar cubierto por vegetación, sin embargo, se observa que se proyecta a una vivienda donde los muros presentan rajaduras, de hasta 3 cm de ancho.



Figura 7. Vista del muro con rajadura de hasta 3 cm de ancho.

De igual modo, en las coordenadas UTM: 775921 E, 8575750 S, se observó un asentamiento del suelo de 5 cm de altura, parcialmente cubierto, la cual, proyectando con las imágenes satelitales, sería la margen izquierda del deslizamiento (figura 8).



Figura 8. Vista del asentamiento del suelo de 5 cm de altura en la vía Kelcaybamba - Marampampa.

Versión de representante de Defensa Civil, menciona que desde el 2012 el deslizamiento está en proceso de reactivación, por la generación de grietas y rajaduras en muros, que ocasionó trayendo consigo el colapso de una vivienda (fotografía 3).



Fotografía 3. Vivienda, afectada el año 2012 en coordenadas UTM: 775679 E, 8575863 S.

Flujo de detritos del sector Marampampa (Quebrada Piscantillo)

El flujo de detritos en el río Piscantillo del 8 febrero 2021, fue causado por la reactivación del deslizamiento de la parte alta del sector Marampampa, socavó la base izquierda del puente del mismo nombre que conecta la vía principal Ollantaytambo-Ocobamba (Kelcaybamba) (figura 9).



Figura 9. Margen izquierdo del río Piscantillo, la base del puente fue socavada.

Los materiales del flujo se conforman por bloques de hasta 1.2 m de diámetro y gravas, de formas sub redondeadas, en matriz de arena y limo, alcanzó una altura de 2 m desde la base del río (figura 10).

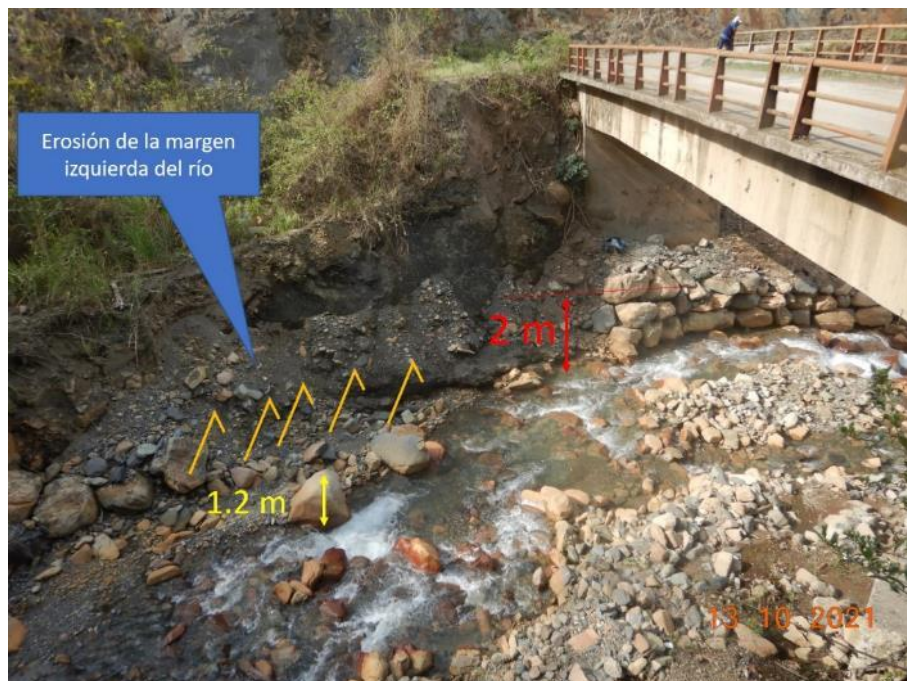


Figura 10. Flujo de detritos arrastro bloques de hasta 1.2 m de diámetro y alcanzo una altura de 2 m.

Deslizamiento del poblado Kelcaybamba

Además, el flujo del 8 de febrero 2021, arrastró materiales hasta llegar a obstruir parcialmente el cauce del río Ocobamba, cambiando el curso de este, lo afectó por socavamiento a los gaviones que se encontraban sosteniendo la base del deslizamiento del poblado de Kelcaybamba.

Cabe recalcar, que el deslizamiento en Kelcaybamaba, no cuenta con todas las medidas de contención o mitigación, a pesar que en anteriores informes como: “Informe técnico N° A6630 Deslizamiento de Ocobamba” e “Informe Técnico N° A6971 Evaluación geológica en el sector Kelcaybamba deslizamiento del año 2013” elaborados por Ingemmet el 2013 y 2019 respectivamente, donde se dan recomendaciones importantes a tomar en cuenta.

Además, se observan vertimientos de material de desmonte y desechos (basura) en el cuerpo del deslizamiento, el cual está propenso a reactivaciones (figura 11 y 12).



Figura 11. Estado actual del deslizamiento del poblado de Kelcaybamba, cubierto por material de desmonte y basura en coordenadas UTM: 777141 E, 8575804 S.



Figura 12. Deslizamiento del poblado de Kelcaybamba en el año 2013, imagen obtenida del Informe técnico N° A6630 Deslizamiento de Ocobamba (Ingemmet, 2013, p. 32).

5.1.2. Quebrada Pitipucyo (B):

En esta área de estudio, se localizan y evalúan peligros geológicos en los sectores Vaquería y Puente Antibamba.

Deslizamiento del sector Vaquería

Dentro del sector Vaquería se encuentra la quebrada Chimacuyo, en cuya margen izquierda, se presentan grietas tensionales de deslizamientos reactivados, suscitados en mayo del presente año, a consecuencia de las lluvias intensas registradas en el sector.

Este evento afectó 5 viviendas, de las cuales 2 fueron reubicadas; de igual modo afectó zonas de cultivo y camino peatonal del sector. En lo mencionado se apreció agrietamientos del terreno.

Se observó una grieta, por la margen izquierda de la reactivación de deslizamiento, coordenadas UTM: 776543 E, 8581657 S, con aperturas de 20 cm y longitud de 30 m aproximadamente, que afectó terrenos de cultivo (figura 13).



Figura 13. Vista de la grieta con 20 cm de apertura en área de cultivos.

Así mismo, junto a esta grieta se observó una escarpa de deslizamiento con salto de 1.9 m y longitud de 40 m, cuyos materiales movidos fueron bloques de hasta 50 cm de diámetro y gravas en matriz areno limoso (figura 14).

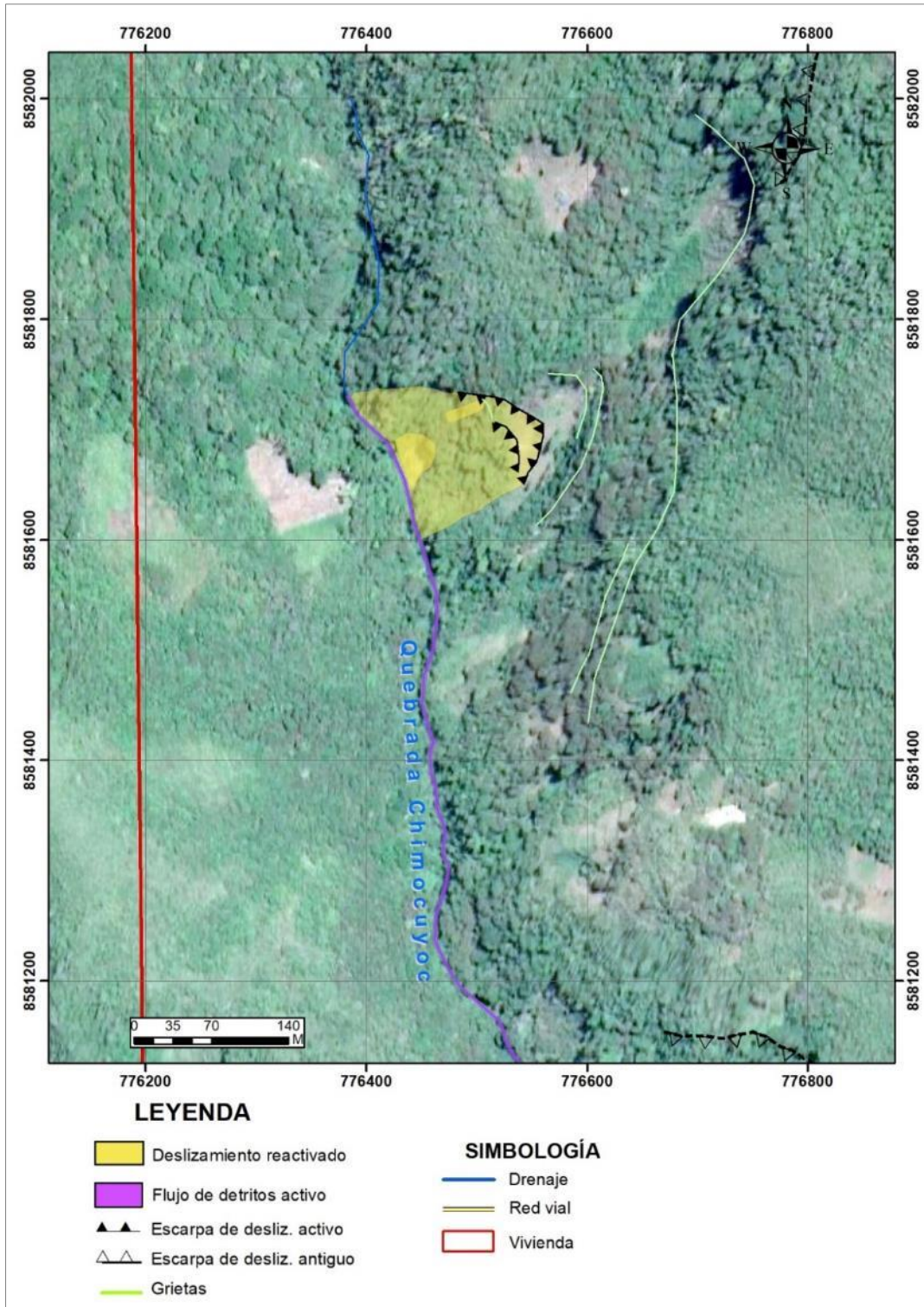


Figura 14. Vista de escarpa de deslizamiento con salto de 1.9 m.

También, en coordenadas UTM: 776507 E, 8581708 S, se apreció un deslizamiento (reactivación) con escarpa de 1.6 m, ancho de 12 m, la longitud de la cabeza al pie del deslizamiento es de 32 m; el cuerpo está compuesto de gravas de hasta 25 cm de diámetro en matriz areno limoso. Dentro del deslizamiento se observó filtraciones de agua (fotografía 15, 16 y 17).



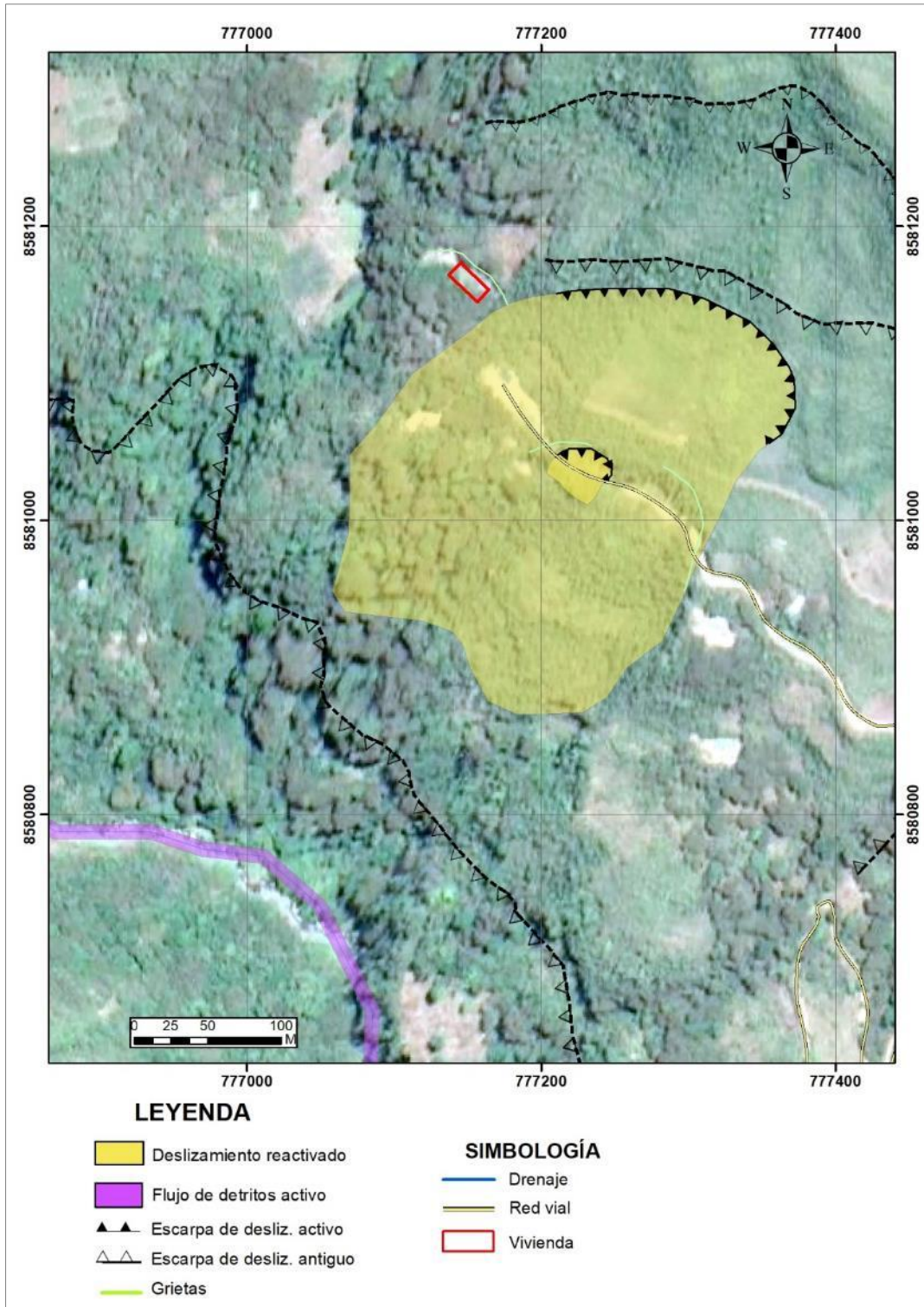
Figuras 15 y 16. Vista del deslizamiento con longitud de 12 m, que afectó el camino peatonal del sector.



Fotografía 17. Vista de la reactivación de los deslizamientos.

En coordenada UTM: 777110 E, 8581180 S, se aprecia una vivienda con muros rajados a causa de las grietas tensionales. De acuerdo al análisis de imágenes satelitales la reactivación se prolonga hasta la coordenada UTM: 777310 E, 8580968 S.

Dentro de esta reactivación, en coordenadas UTM: 777211 E, 8581044 S, se presenta otro deslizamiento con escarpa de 1.5 m y 35 m de ancho, que afectó la carretera que comunica con este sector. Además, junto al deslizamiento, en la plataforma de la carretera, se aprecia una grieta con apertura de 15 cm y asentamiento de 70 cm (fotografía 18 y 19).



Fotografía 18. Vista de los deslizamientos que afectan a una vivienda con rajaduras en sus muros y con asentamientos de la carretera.



Fotografía 19. Vista de la margen derecha del deslizamiento, donde se aprecia el asentamiento de la carretera en 70 cm.

Además, mencionan que, desde el mes de mayo 2021 se generan grietas, apreciadas hasta el día de la inspección en campo, evidenciándose como asentamientos en todas las áreas evaluadas.

Flujo de detritos del sector Puente Antibamba

Los deslizamientos de la quebrada Chimacuyo, son transportados hasta el río Antibamba, los cuales generan obstrucciones y se desencadenan en forma de flujos de detritos constantes y cíclicos como los del 2010, 2012 y febrero del 2021.

Estos eventos hasta el día de la evaluación afectaron 200 m del tramo vial Kelcaybamba – San Lorenzo, los estribos de puente Antibamba de 40m de longitud, un puente peatonal, un pozo séptico, gaviones, áreas de cultivo y 17 viviendas ubicadas en cercanías de la confluencia del río Antibamba con el Ocobamba (fotografía 20).



Fotografía 20. Vista de los puentes que fueron afectados por eventos de flujos antiguos.

El último evento de febrero del 2021, alcanzó una altura de 2 m desde la base del río, y trasladó bloques de hasta 1 m de diámetro y gravas en matriz arenosa limosa (fotografía 21).



Fotografía 21. Vista del flujo del 8 de febrero del presente año que alcanzó una altura de 2 m con bloques de hasta 1 m de diámetro.

El día de la inspección (octubre 2021) a seis meses del evento, se encuentran realizando trabajos de mantenimiento del puente, limpieza del cauce y construcción de diques en las orillas (fotografía 22).



Fotografía 22. Vista de los trabajos que vienen realizando en la base del puente Antibamba, en la parte socavada del puente y en las riberas con diques.

5.1.3. FACTORES CONDICIONANTES

Factor litológico-estructural

- El sustrato rocoso, conformado por pizarras y areniscas finas del grupo San José se presenta muy fracturada y altamente meteorizadas, aunado a las inclinaciones de los estratos que favorecen a la infiltración de agua de lluvias hacia el subsuelo, generando mayor susceptibilidad a deslizamientos.
- Presencia de depósitos aluviales, coluviales y proluviales, que se muestran inconsolidados, porosos de fácil saturación, las cuales dan poca resistencia a cualquier esfuerzo.

Factor geomorfológico

- Relieves montañosos, con laderas que varían de fuerte ($15^\circ - 25^\circ$) a escarpada ($25^\circ - 45^\circ$), facilitando los movimientos del suelo.

Factor antrópico

- La deforestación realizada para cambiar el uso de suelo a usos agrícola, con cultivos de café, cacao, palta y cítricos. Hacen que los suelos pierdan compactación y resistencia.
- Falta de limpieza y mantenimiento de los canales de evacuación de aguas.

5.1.4. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES

- Presencia de lluvias intensas, prolongadas o excepcionales, que ocurren entre los meses de diciembre a marzo, Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi, 2022), en la estación meteorológica Quebrada Yanatile (la más cercana a la zona evaluada). El 07 de febrero del 2021 se presentó una de las precipitaciones pluviales más altas del mes, con un registro de 35.6 mm acumulados del día, esto acelerará la saturación de los suelos, al punto de generar reptaciones y desbordes en las zonas aledañas a los canales de evacuación.

6. CONCLUSIONES

- A. Los sectores Marampampa, Vaquería y Puente Antibamba, se encuentran sobre depósitos aluviales, coluviales y proluviales, con poca consolidación, compuestos por gravas y bloques de formas redondeadas hasta angulosas, inmersos en matriz limo arenosa.
- B. Las geoformas observadas en las áreas de estudio, según su origen degradacional, corresponden a montañas en rocas metamórficas; así como de carácter depositacional y agradacional, como vertientes aluvio – torrencial y depósito de deslizamiento, terreno con pendientes que varían de moderadas ($5^{\circ} - 15^{\circ}$) a fuertes ($15^{\circ} - 25^{\circ}$).
- C. Los deslizamientos reactivados y los flujos de detritos en el sector Marampampa, son considerados de **Peligro Muy Alto**, con altas probabilidades de ocurrencia de nuevas reactivaciones, sujetos a la presencia de lluvias intensas, prolongadas y/o excepcionales.
- D. Deslizamientos reactivados en la quebrada Chimocuyo del sector Vaquería, son considerados de **Peligro Muy Alto**, sujeto a reactivaciones debido a lluvias intensas, prolongadas y/o excepcionales.
- E. El sector Puente Antibamba (quebrada Pitipucyo), puede ser afectado por flujo de detritos, por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del se considera de **Peligro Muy Alto** por flujos de detritos, que pueden ser desencadenados por lluvias intensas, prolongadas y/o excepcionales sumado a deslizamientos que obstruyan el cauce del río.

7. RECOMENDACIONES

Para los deslizamientos

- a) En los sectores Marampampa y Vaquería, evitar la ocupación con viviendas o alguna otra infraestructura en zonas deslizadas y con grietas.
- b) Realizar zanjas de coronación y drenaje en forma de espina de pescado impermeabilizados para reducir la cantidad de agua que infiltra en épocas de lluvia.
- c) Impermeabilizar los drenajes dentro de los deslizamientos y sus alrededores.
- d) Rellenar y sellar las grietas para evitar la infiltración de aguas en época de lluvias, que favorece a la saturación de los materiales, acelerando el colapso de los deslizamientos.
- e) Reforestar las zonas de uso agrícola para compactar los suelos y así evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo.
- f) Evitar cambiar el uso del suelo a agrícola, como también las quemas de la vegetación, ya que estas acciones afectan a la sobresaturación de los suelos.
- g) Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos los poblados ubicados en el deslizamiento y áreas circundantes.

Para los Flujos

- a) Descolmatar continuamente y encausar las quebradas Piscantillo y Pitipucyo, respetando el cauce natural
- b) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear los huaicos que se generan en las quebradas. En la implementación se debe tener en cuenta la instalación de sensores, sistemas de comunicación, alarmas, entre otros, con el objetivo de tener avisos oportunos ante la ocurrencia de huaicos, para que la población pueda tomar las precauciones y salvaguardar sus vidas.
- c) Realizar monitoreo visual y constante en las quebradas Piscantillo y Pitipucyo ante el posible represamiento por la ocurrencia de derrumbes o deslizamientos, que pueden ser originados por precipitaciones pluviales intensas o excepcionales.
- d) Construir defensas ribereñas en las márgenes de los ríos Piscantillo y Antibamba (quebrada Pitipucyo), al menos en zonas que se puedan generar deslizamientos y erosión.
- e) Prohibir y evitar la ocupación de viviendas y construcción de infraestructura en zonas de terrazas o cercanas a las quebradas Piscantillo y Pitipucyo.
- f) Las medidas propuestas deben ser implementadas por profesionales idóneos en el tema, de lo contrario estos eventos podrían continuar con actividad.

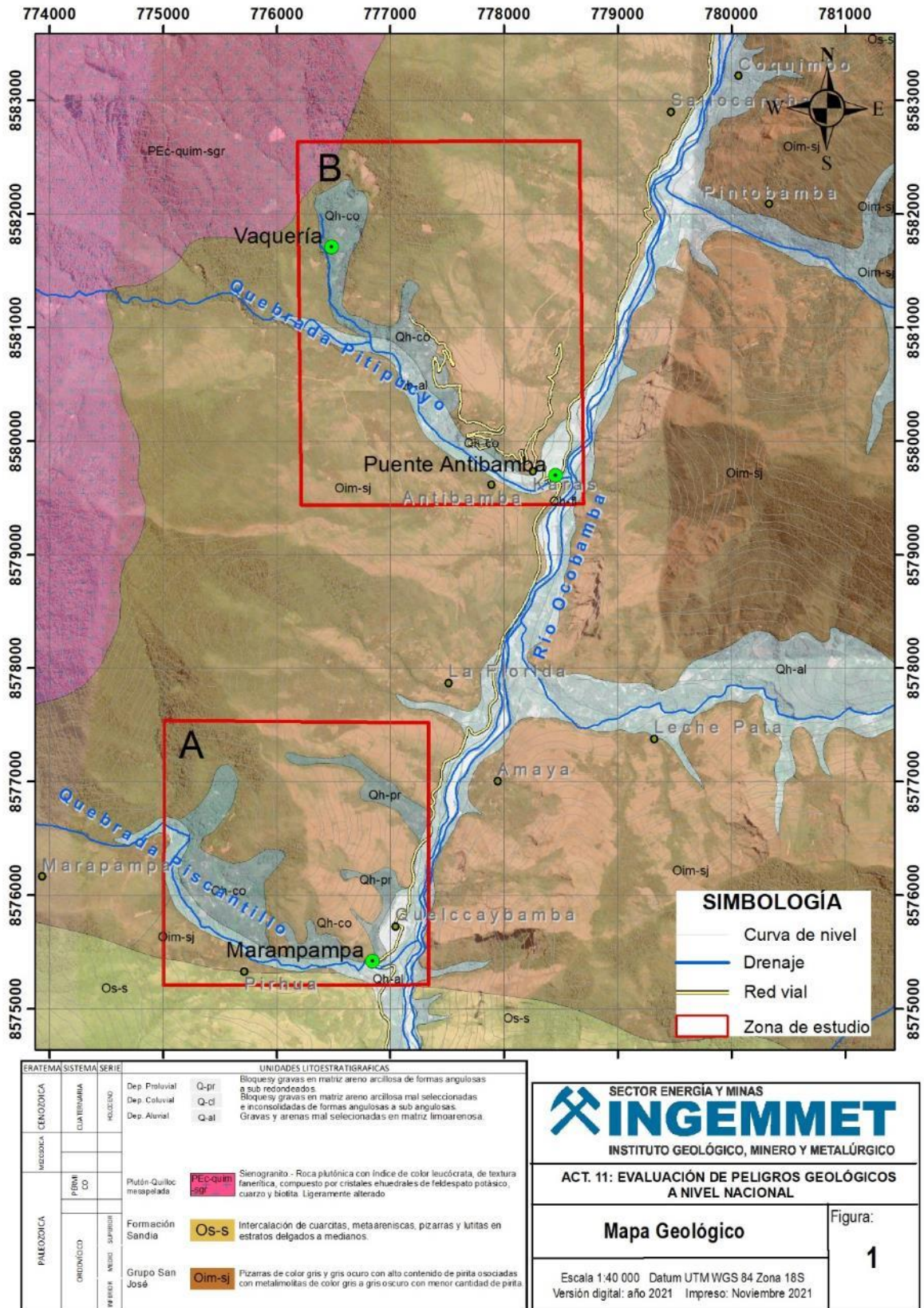

Norma Luz Sosa Senticala
Especialista en peligros geológicos
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


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

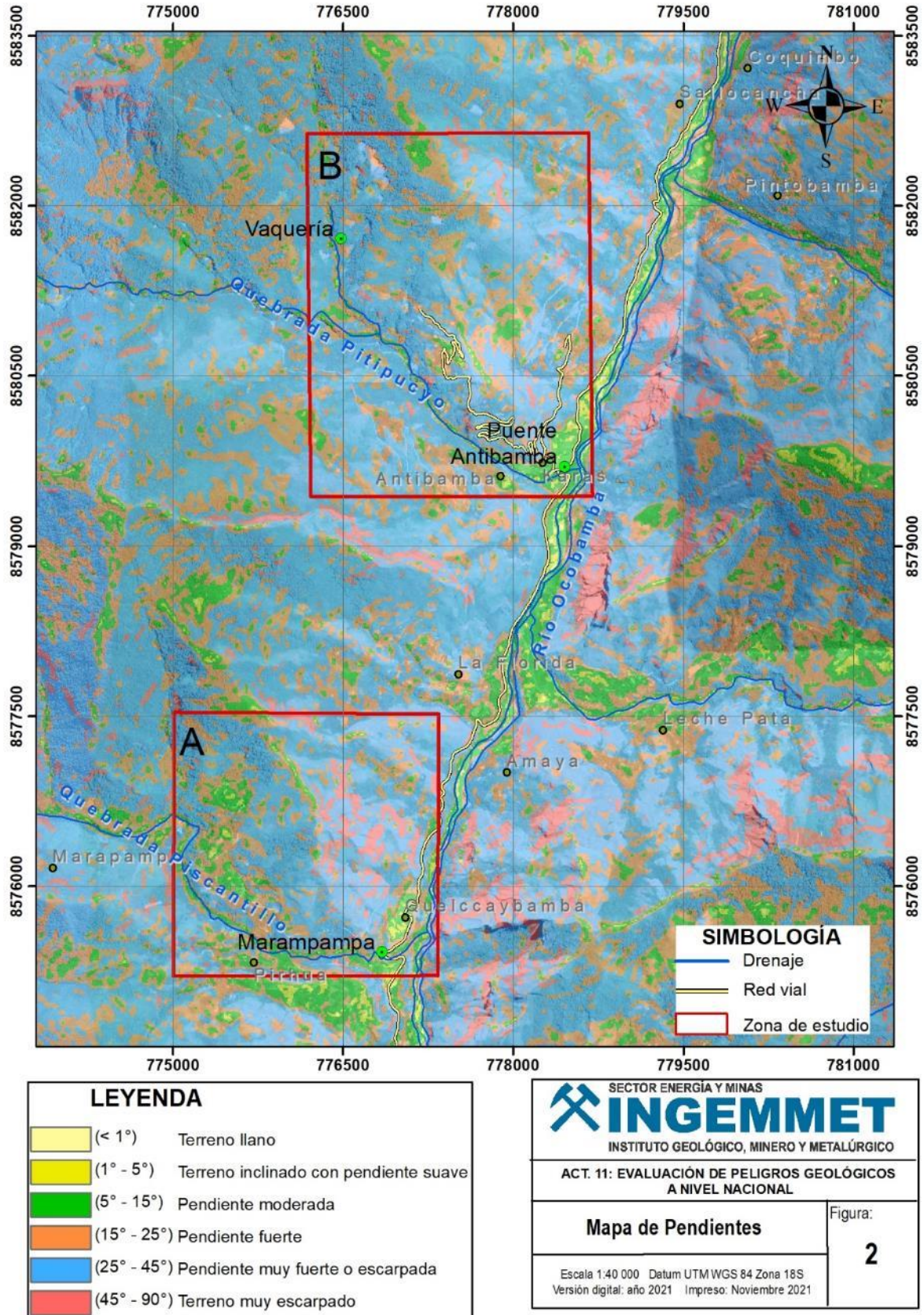
8. BIBLIOGRAFÍA

- 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, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico (2013). Deslizamiento de Ocobamba. Distrito de Ocobamba, provincia La Convenci3n y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe T3cnico A6630, 32 p.
- Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico. Direcci3n de Geolog3a Ambiental y Riesgo Geol3gico (2019). Evaluaci3n geol3gica en el sector de Kelcaybamba - deslizamiento del a3o 2013. Distrito de Ocobamba, provincia La Convenci3n y departamento Cusco. Lima: INGEMMET, Informe T3cnico A6971, 26 p
- Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico (2003) - Estudio de riesgos geol3gicos del Per3, Franja N3 3. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 28, 373 p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/262>
- Coba, L.; Hurtado, C. & Ishpilco S. (2021) - Geolog3a del cuadr3ngulo de Quebrada Honda (hojas 26r1, 26r2, 26r3, 26r4). INGEMMET, Bolet3n, Serie L: Actualizaci3n Carta Geol3gica Nacional (Escala 1:50 000), 24, 49p, 4 mapas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/80>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la regi3n andina: una gu3a para la evaluaci3n de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, 432 p., Publicaci3n Geol3gica Multinacional, 4.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Valencia, M.; Chero, D. & Ch3vez, C. (2021) - Geolog3a del cuadr3ngulo de San Francisco (hojas 26o1, 26o2, 26o3, 26o4). INGEMMET, Bolet3n, Serie L: Actualizaci3n Carta Geol3gica Nacional (Escala 1:50 000), 20, 97 p, 4 mapas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3140>
- V3lchez, M. & Sosa, N. (2015) – Zonas cr3ticas por peligros geol3gicos en la regi3n Cusco. Informe t3cnico geolog3a ambiental. INGEMMET, 100 p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2026>
- V3lchez, M.; Sosa, N. Pari, W. & Pe3a, F. (2020) - Peligro geol3gico en la regi3n Cusco. INGEMMET. Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 74, 155 p.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564#files>

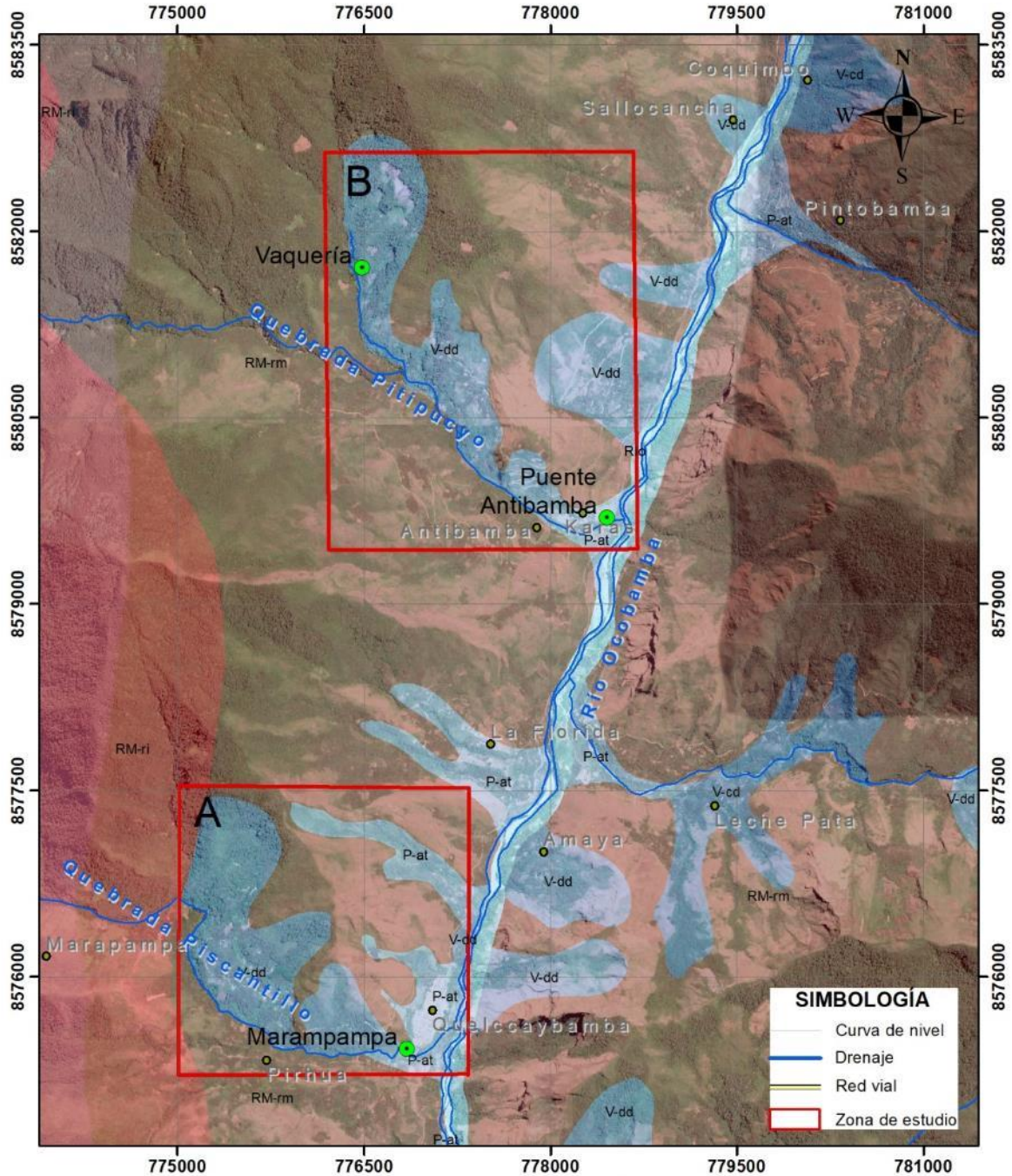
ANEXO 1: MAPAS



Mapa 1. Mapa geológico de las zonas de Evaluación, en el distrito de Ocobamba, provincia La Convención, departamento Cusco.



Mapa 2. Mapa de pendientes de las quebrada Piscantillo y Antibamba, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.



LEYENDA

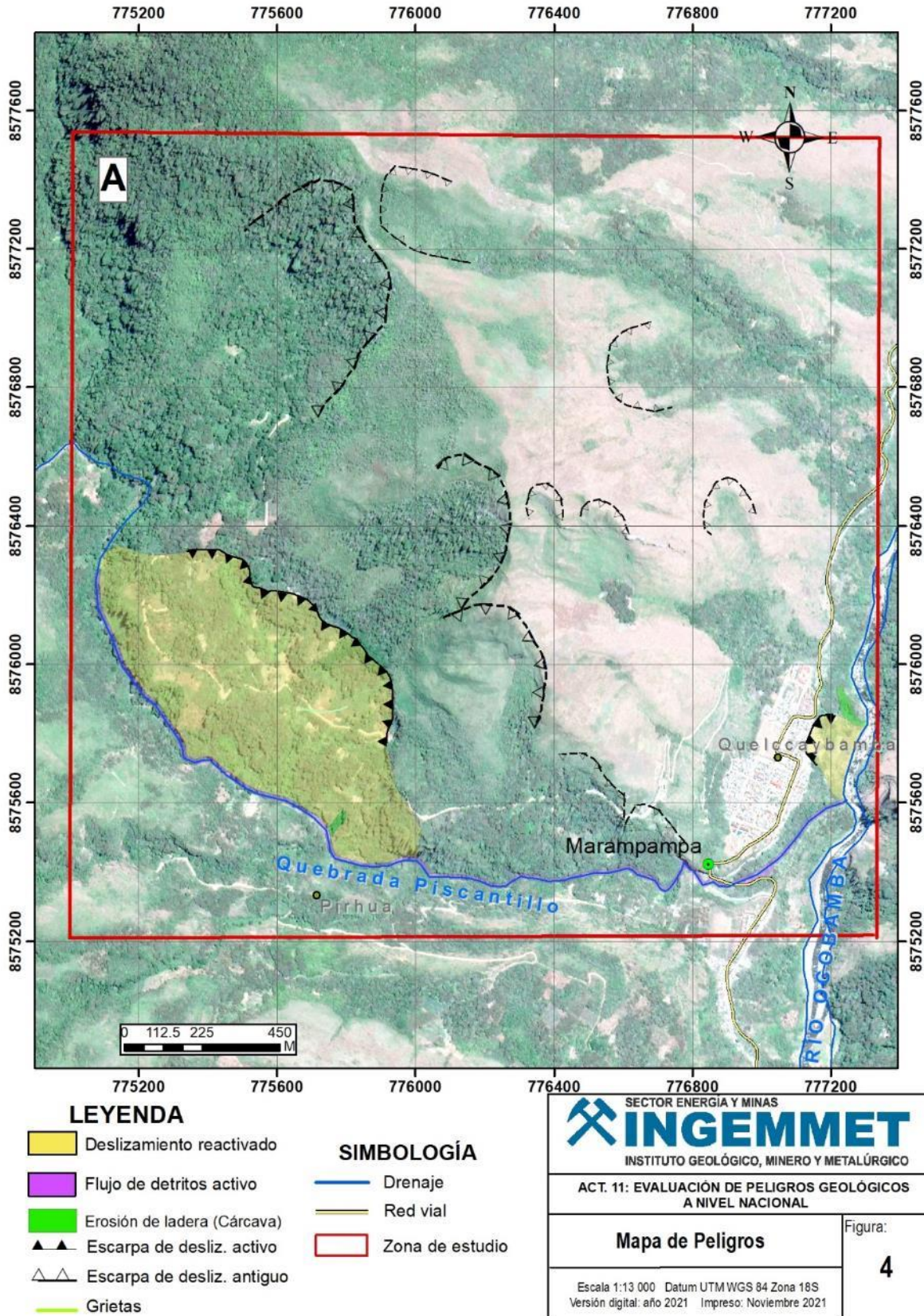
- RM-rm Montaña en roca metamórfica
- RM-ri Montaña en roca intrusiva
- V-dd Vertiente con depósito de deslizamiento
- P-at Vertiente o piedemonte aluvio torrencial

SIMBOLOGÍA

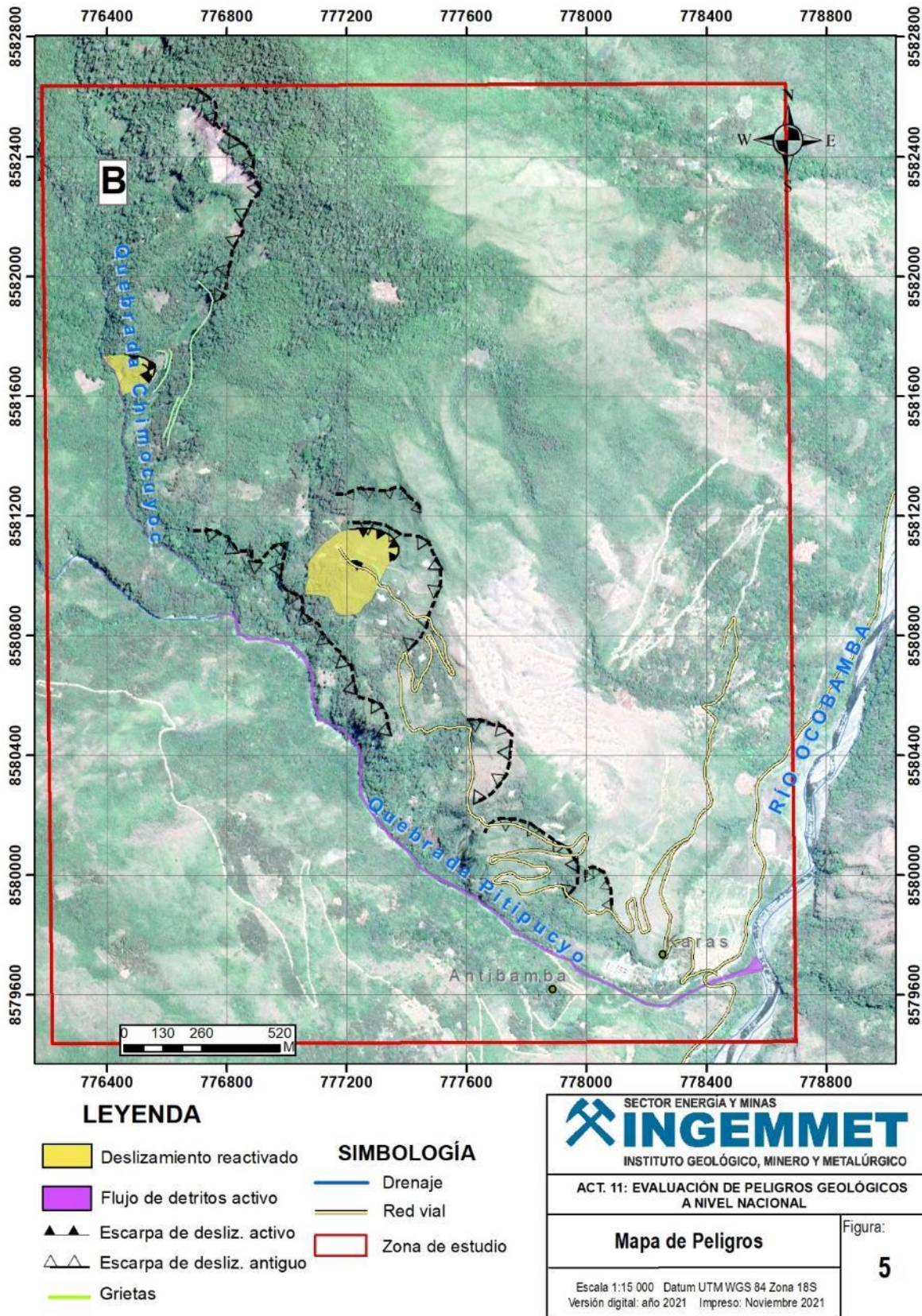
- Curva de nivel
- Drenaje
- Red vial
- Zona de estudio

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
Mapa Geomorfológico	Figura: 3
Escala 1:40 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2021 Impreso: Noviembre 2021	

Mapa 3. Mapa geomorfológico de las quebrada Piscantillo y Antibamba, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.



Mapa 4. Mapa de la quebrada Piscantillo, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.



Mapa 5. Mapa de peligros de la quebrada Pitipucyo, del distrito de Ocobamba, provincia de La Convención, departamento Cusco.