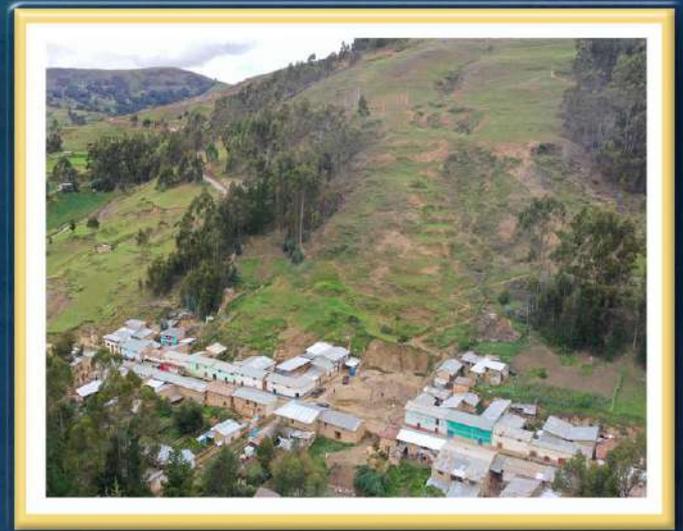


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7415

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO EL PORVENIR

Departamento Huánuco
Provincia Huamalíes
Distrito Llata



SETIEMBRE
2023

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO EL PORVENIR

Distrito Llata, provincia Huamalíes, departamento Huánuco

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

Equipo de investigación:

Lucio Medina Allcca

Ely Milder Ccorimanya Challco

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023) - *Evaluación de peligro geológico por deslizamientos en el centro poblado El Porvenir. Distrito Llata, provincia Huamalíes, departamento Huánuco.* Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7415, 34 p.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Población.....	8
1.3.3. Accesibilidad.....	8
1.3.4. Clima	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
3.1. Unidades litoestratigráficas	12
3.1.1. Complejo de Marañón (NP-cm-esq,gn).....	12
3.1.2. Depósito aluvial (Q-al)	13
3.1.3. Depósito coluvial (Q-cl).....	14
3.1.4. Depósito deluvial (Q-dl)	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Pendientes del terreno.....	14
4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas.....	15
4.2.1. Unidad de Montañas.....	16
4.2.2. Unidad de Piedemonte	17
4.2.3. Unidad de terraza	17
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	18
5.1. Peligro geológico por deslizamiento en el Sector 1	19
5.2. Peligro geológico por deslizamiento en el Sector 2	21
5.2.1. Factores condicionantes.....	25
5.2.2. Factores desencadenantes	25
6. CONCLUSIONES.....	26
7. RECOMENDACIONES.....	28
1. BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO 1: MAPAS.....	30

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligro geológico por deslizamiento realizado en el centro poblado El Porvenir del distrito de Llata, provincia Huamalíes, departamento Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El macizo rocoso en el área evaluada está conformado por esquistos del Complejo Marañón; superficialmente se presentan depósitos coluviales y deluviales producto de la actividad geodinámica superficial.

Geomorfológicamente, los deslizamientos se ubican al pie de una ladera de montaña modelada en roca metamórfica donde la pendiente varía principalmente entre 25° a 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpada; también, se presenta pendientes mayores a 45° relacionadas a escarpes de deslizamientos.

En el centro poblado El Porvenir, se identificaron deslizamientos rotacionales en proceso de reactivación distribuidos en dos sectores. En el sector 1, abarca un área de 2 426 m² podría afectar 3 viviendas y en el sector 2 con 10 059 m² podría afectar 5 viviendas; en ambos sectores las viviendas se encuentran construidas en el pie del deslizamiento; los eventos también podrían afectar postes de alumbrado público.

En general, las ocurrencias de deslizamientos en el centro poblado corresponden a la reactivación de antiguos movimientos en masa; además, están asociados al material inconsolidado compuesto por depósitos coluviales, la pendiente del terreno, entre otros; también, se atribuye como factor detonante las lluvias intensas y/o prolongadas registradas en la zona. Los reportes históricos de precipitación anual alcanzan valores que van desde 200 mm hasta 500 mm y en el fenómeno El Niño de 1997/1998 fue de 1200 mm a 1400 mm aproximadamente.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas en el presente informe, el área afectada por la reactivación de deslizamientos en el centro poblado El Porvenir se considera como **Zona Crítica y de Peligro Alto**. Las áreas afectadas por la reactivación del deslizamiento podrían aumentar sus dimensiones y afectar a los habitantes ubicados al pie del mismo.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada con la finalidad de minimizar los daños que se puedan generar.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de Huamalíes, oficio N° 143-2023-PCOEP-PGTGRD-PPDC/MPH-LL/A; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de los peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento que afecta a los pobladores del centro poblado El Porvenir.

El Ingemmet a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero Lucio Medina Allcca y la geóloga Ely Milder Ccorimanya Challco, para realizar la evaluación de los peligros geológicos in situ.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de la información existente en trabajos anteriores realizados por el Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron que permitan obtener Modelos Digitales del Elevación (DEM) y ortomosaicos para uso como base cartográfica de detalle), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se redactó el informe técnico.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Huamalíes y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastre, a fin de que sea un instrumento 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 ocurren en el centro poblado El Porvenir.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los eventos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico por deslizamientos identificados durante los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel regional, que involucra la zona de evaluación, se tiene:

- A) El Boletín N° 34 de la Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco, elaborado por Zavala & Vélchez (2006). El estudio contiene información básica sobre los peligros geológicos presentes en la región Huánuco y los factores que los condicionan para su ocurrencia. El área de evaluación es considerada **entre alta y muy alta** susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

B) Boletín N° 76 de la Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j” donde se describen los aspectos geológicos y estructurales a escala 1/100 000.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas específicas evaluadas pertenecen en el centro poblado El Porvenir del distrito de Llata, provincia Huamalíes, departamento Huánuco (figura 1). Las coordenadas centrales UTM (WGS84 – Zona 18 s) se muestra en el cuadro 1:

Tabla 1. Coordenadas del área de evaluación

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	295959.66	8940740.89	-9.577574°	-76.859097°
2	295959.66	8940318.22	-9.581395°	-76.859117°
3	295446.37	8940318.22	-9.581370°	-76.863793°
4	295446.37	8940740.89	-9.577549°	-76.863772°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Coordenada principal	295628.00	8940626.00	-9.578597°	-76.862123° °



Fotografía 1. Vista panorámica del sector de evaluación número 1 afectado por deslizamiento en el centro poblado El Porvenir
 Coordenadas UTM: 295779.49 / 8940595.99, Zona 18.

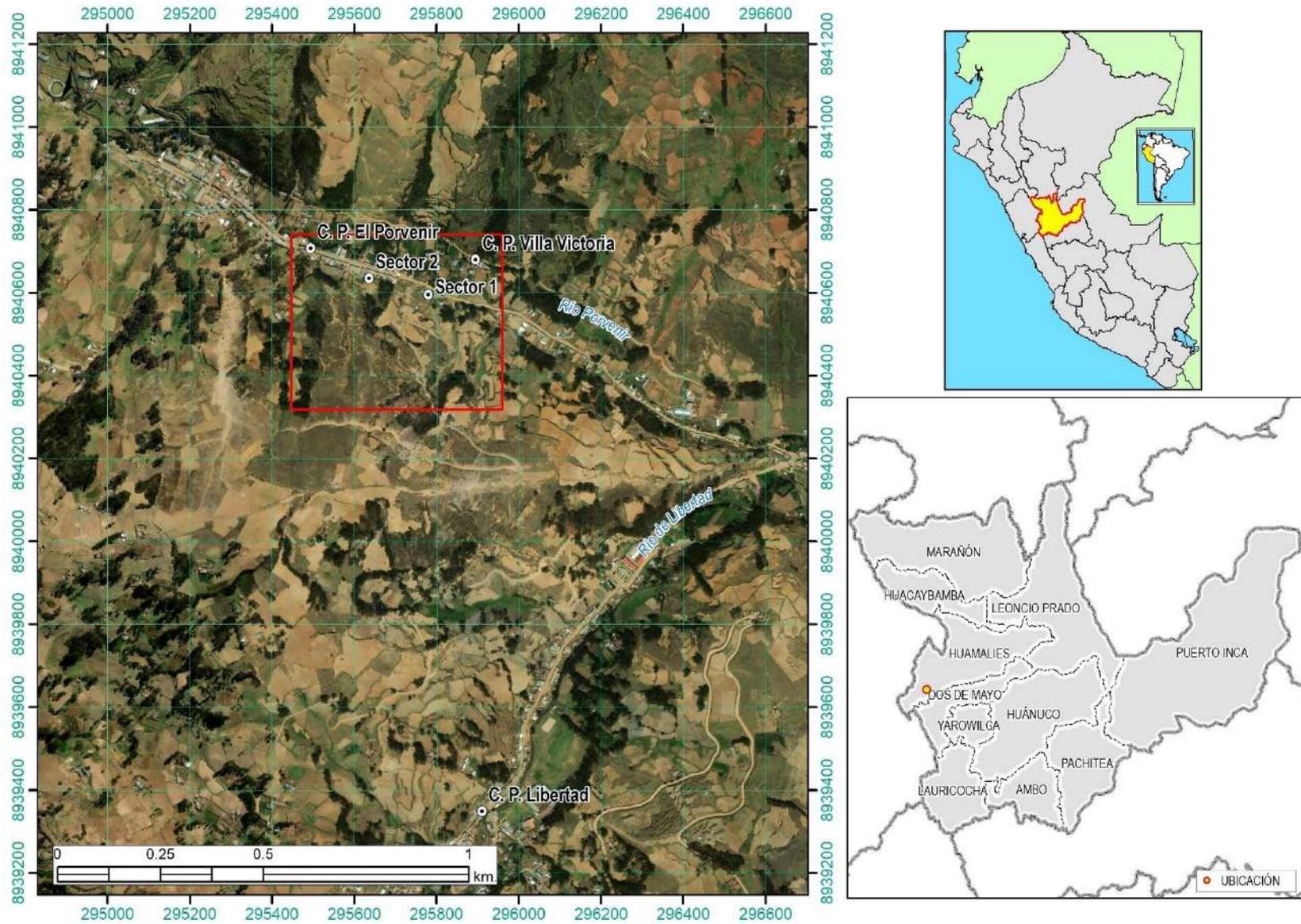


Figura 1. Ubicación del área evaluada delimitada en el encuadro rojo.



Fotografía 2. Vista panorámica del sector de evaluación número 2 afectado por deslizamiento en el centro poblado El Porvenir
 UTM: 295635.52 / 8940634.73, Zona 18.

1.3.2. Población

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la población censada del centro poblado El Porvenir fue de 361 habitantes distribuidos en un total de 161 viviendas particulares, de las cuales 117 se encuentran ocupadas y 44 desocupadas.

En el área evaluada 8 viviendas podrían ser afectadas por la reactivación de deslizamientos, 3 se ubican en el sector 1 y 5 en el sector 2.

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder a las áreas de los centros poblados evaluados, desde la ciudad de Lima, se sigue las rutas que se presentan en el cuadro 1:

Cuadro 1. Rutas y accesos

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranca	Asfaltada	206	4 horas
Barranca - Huallanca	Asfaltada	225	4 horas 30 min
Huallanca – La Unión - El Porvenir	Afirmada	90	3 hora 15 min

1.3.4. Clima

Tomando como referencia el Mapa de Clasificación Climática de Thornthwaite del Senamhi (2020), el área de evaluación y alrededores se encuentra dentro de una zona con un clima lluvioso, otoño e invierno seco, con ambiente frío.

En cuanto a la cantidad de lluvia, según los datos meteorológicos y pronóstico del tiempo extraídos de la estación de Senamhi más cercana a la zona de estudio (estación Jacas Grande, ubicada en el distrito Jacas Grande, provincia de Humalies), la precipitación

máxima registrada en el último periodo junio 2021- marzo 2023 fue de 18.4 mm (Figura 2). Además, las lluvias más intensas ocurrieron en los meses de diciembre a marzo.

De acuerdo con los mapas de precipitaciones elaborados por el Senamhi, en el área de evaluación la precipitación anual durante periodo lluvioso normal puede alcanzar valores desde los 200 mm hasta los 500 mm y en el fenómeno El Niño de 1997/1998 fue de 1200 mm a 1400 mm aproximadamente.

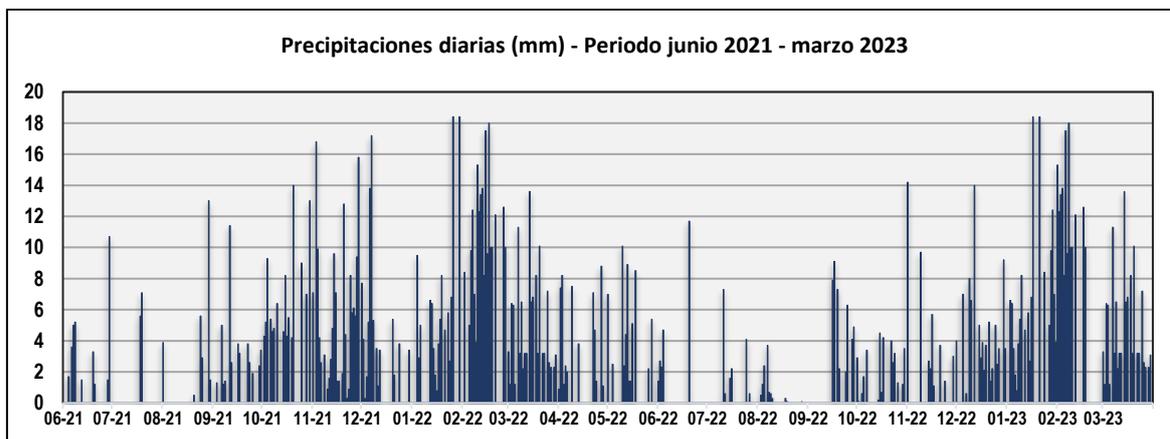


Figura 2. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del periodo junio 2021-marzo 2023. La figura permite analizar la frecuencia de las anomalías en las precipitaciones pluviales que inducen a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa.
 Fuente: Senamhi.

La temperatura en la zona oscila entre un máximo de 27.2 °C en verano y un mínimo de -2.2 °C en invierno (Figura 3); la humedad promedio alcanza un 74.04 % durante casi todo el año.

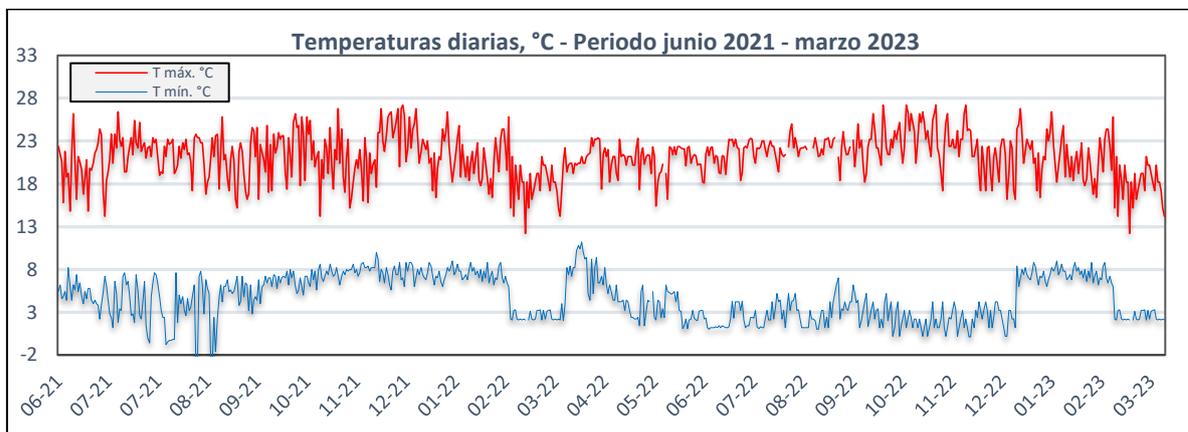


Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del periodo junio 2021- marzo 2023. La figura permite analizar a partir de datos históricos, la variedad, saltos extremos de temperatura, duración y regularidad (Fuente: Landviewer).

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la

identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Coluvial: Material originado por la acción de la gravedad.

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

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). 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).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contra-pendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

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

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

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

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

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: 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.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

Reptación de suelos: Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (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) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

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

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La información base para el análisis de los aspectos geológicos se obtuvo del boletín N° 76 elaborado por Cobbing *et al.* (1996) y del mapa geológico del cuadrángulo de La Unión, hoja 20-j elaborado por Cobbing & Sánchez (1996). Además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

El área evaluada está compuesta por rocas metamórficas Neoproterozoicas del Complejo Marañón, depósitos, aluvial, coluvial y deluvial (Mapa 1).

3.1.1. Complejo de Marañón (NP-cm-esq,gn)

Localmente en el área de estudio, el macizo rocoso está conformado por esquistos de colores verdosos y marrones con nivel de cuarzo en forma de vetas lenticulares (Fotografía 3). El macizo en su conjunto se observa muy deformado, fragmentado (Fotografía 4) y de estructura compleja; superficialmente se encuentra completamente meteorizado. Según Cobbing *et al.* (1996) los minerales más comunes son cuarzo, biotita, muscovita y clorita, anfíboles y feldespato potásico; también se observó granate cubierto por clorita.



Fotografía 3. Esquisto de colores verdosos y marrones con vetas lenticulares de cuarzo perteneciente al Complejo Marañón.
Coordenadas UTM: 295617.77 / 8940285.97, Zona 18.



Fotografía 4. Macizo triturado compuesto por esquistos del Complejo del Marañón.
Coordenadas UTM: 295751.95 / 8940597.86, Zona 18.

3.1.2. Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos acumulados en las márgenes del río Porvenir. Corresponden a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales por el transporte que sufrieron y su ubicación tienen selección de regular, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a terrazas aluviales, susceptibles a la erosión fluvial.

3.1.3. Depósito coluvial (Q-cl)

Corresponde al depósito producto de la meteorización mayormente física (deslizamientos), resultantes principalmente de la acción transportadora de la gravedad. Están formados por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como limo y arcilla principalmente. Su distribución es caótica (Fotografía 5).



Fotografía 5. Depósito coluvial formado por deslizamiento.
Coordenadas UTM: 295751.95 / 8940597.86, Zona 18.

3.1.4. Depósito deluvial (Q-dl)

Están conformados por capas de suelo fino compuesto principalmente por limos y arcillas con inclusiones de fragmentos de roca metamórfica. Se encuentran cubriendo una con pendiente moderada a fuerte; estos depósitos han sido formados por la escorrentía (pequeños chorros) pluvial sin cauce o ha sido transportada por torrentes de corto recorrido.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa.; Actúa como uno de los factores condicionantes y dinámicos en la generación de movimientos en masa.

El mapa de pendiente del terreno a nivel local (mapa 2) se elaboró en base a la información del modelo de elevación digital de 0.094 m de resolución generado a partir de imágenes captadas con dron Mavic 2 Pro. Además, se analizó a nivel macro con productos de libre disponibilidad de "ALOS PALSAR" con 12.5 m de resolución espacial (figura 5).

Para la caracterización de la pendiente del terreno se consideró 6 rangos: 0°-1°: terrenos llanos, con pendiente muy baja); 1°a 5°: terrenos inclinados on pendiente suave; 5°a 15°: pendiente moderada; 15°a 25°: pendiente fuerte; 25°a 45°: pendiente muy fuerte a escarpada; mayor a 45°: terreno **como** muy escarpado. A nivel general, la pendiente del terreno en la zona varía principalmente de 25° a 45°, caracterizado como muy fuerte a escarpado (Figura 4); también, se tiene pendientes entre 5° a 15° en sectores dispersos.

En el mapa 2, en algunos sectores, principalmente en el rango de pendiente entre 25° a mayores de 45° presenta distorsión de los colores debido principalmente a la presencia de árboles y viviendas.

A nivel local, en los sectores donde ocurren deslizamientos; la pendiente del terreno varía entre 25° a 45° y mayores a 45°. Las pendientes del terreno mayores a 45° están relacionadas principalmente a escarpas o arranque de deslizamientos, lugares afectados por erosión de ladera y cortes de ladera (Mapa 2).

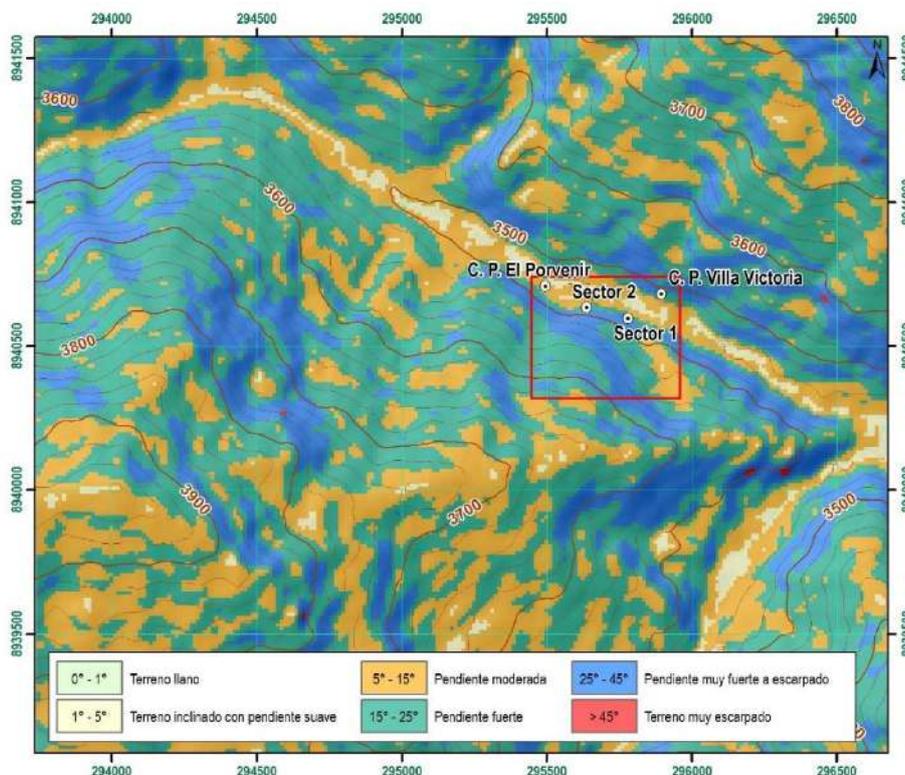


Figura 4. Modelo de la pendiente del terreno generada a partir de imágenes satelitales "ALOS PALSAR" con 12.5 m de resolución espacial.

4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas

La formación de las unidades geomorfológicas en la zona de evaluación está relacionada con el levantamiento de los Andes, así como con los procesos hidrometeorológicos relacionadas a abundantes precipitaciones pluviales (erosión fluvial y pluvial) y movimientos en masa (deslizamientos, flujos, derrumbes y caída de rocas); en su formación también influye la actividad antrópica.

La caracterización de las subunidades geomorfológicas, se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose la montaña y las vertientes con depósitos superficiales.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales) dando 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 captadas por dron e imágenes satelitales de alta resolución.

En el área de evaluación se han diferenciado las siguientes unidades y subunidades geomorfológicas:

4.2.1. Unidad de Montañas

Consiste en geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (Figura 5).

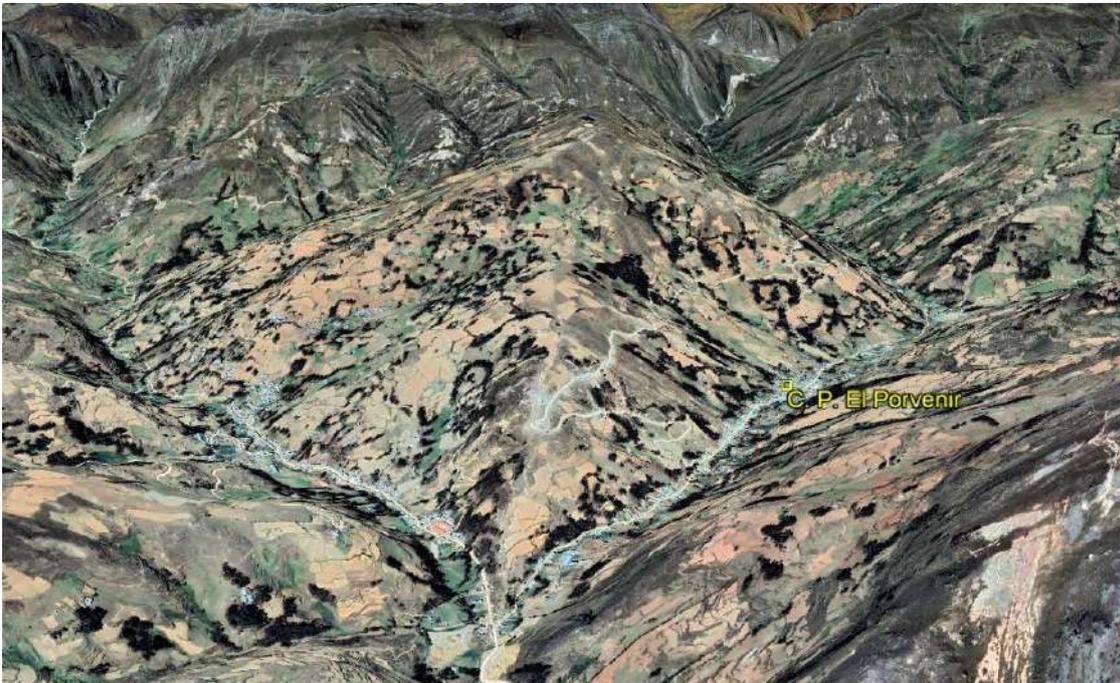


Figura 5. Vista satelital de las geoformas de la unidad de montaña en la zona de evaluación
Fuente: Google Earth Pro

En el área de evaluación de acuerdo a su morfología y origen se identificó la siguiente subunidad (mapa 4):

Subunidad de montañas en rocas metamórficas (M-rm):

El área de evaluación geomorfológicamente se ubica al pie de una ladera de montaña modelada sobre rocas metamórficas conformado por esquistos del Complejo Marañón.

La pendiente del terreno en la ladera, desde la cima de la montaña hasta el piedemonte varía principalmente en el rango de 25° a 45° con escasos sectores dispersos entre 5° a 25°.

4.2.2. Unidad de Piedemonte

Se identificó las siguientes subunidades:

Piedemonte coluvial (P-cd)

Subunidad formada por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento. Presenta morfología escalonada con pendiente mayor a 45°.

Piedemonte deluvial (P-dl)

Está formado por la acción de la escorrentía superficial en laderas con pendiente moderada a fuerte (5° a 25°).

4.2.3. Unidad de terraza

Se identificó la siguiente subunidad:

Terraza aluvial (T-a)

Corresponde a porciones de terreno alargadas a ligeramente inclinadas con pendiente del terreno entre 1° a 5° y altura relativamente marcada menor a 2 m. Se encuentra en los márgenes del cauce río Porvenir. Esta subunidad es susceptible a inundación y erosión fluvial.



Figura 6. Vista panorámica del área de evaluación donde se muestra las subunidades geomorfológicas conformadas por Montaña modelada en roca metamórfica (M-rm), Piedemonte coluvial (P-c) y Piedemonte deluvial (P-d).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Se ha identificado deslizamientos que se presentan en dos sectores (Figuras 2 y Mapa 4) del área evaluada.



Figura 7. Ubicación de los sectores donde se presentan deslizamientos activos que pueden afectar viviendas.

5.1. Peligro geológico por deslizamiento en el Sector 1

El deslizamiento evaluado en el Sector 1 del centro poblado El Porvenir presenta una superficie de rotura rotacional con formas de escarpas múltiples, irregulares y semicirculares; además, el avance se considera retrogresivo. Abarca un área estimada de 2 426 m² (0.24 ha), sin considerar los movimientos en masa antiguos que lo rodean.

El evento se considera reactivado y posee las siguientes dimensiones:

- 80 m de longitud de escarpa principal, 1 m de salto vertical (Figura 6)
- 26 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento
- 0.70 m de desplazamiento horizontal, entre 38 y 46 m de longitud horizontal del eje principal
- 60 m de ancho promedio del deslizamiento.

Además, el evento es parte de la reactivación de deslizamientos antiguos (Figura 8 y Fotografía 7). En el cuerpo del deslizamiento se observa agrietamientos aberturas entre 3 cm a 5 cm que manifiesta la reactivación del deslizamiento.

La masa del deslizamiento podría afectar directamente 3 viviendas construidas en el pie del deslizamiento (Fotografía 8).

Características visuales del área reactivada:

A continuación, se detalla las características más relevantes del evento principal ubicado en el "Sector 1":

- | | |
|---|--------------------------------|
| - Estado de actividad: | reactivado |
| - Superficie de rotura inferida: | rotacional |
| - Forma de la escarpa: | irregular |
| - Estilo de la escarpa: | múltiples |
| - Longitud de la escarpa principal: | 80 m |
| - Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: | 26 m |
| - Salto principal o desplazamiento vertical (DV): | menor a 1m |
| - Desplazamiento horizontal (DH) estimado: | 0.70 m |
| - Longitud horizontal del eje principal del evento: | entre 38 y 46 m |
| - Ancho promedio de evento: | 60 m |
| - Área de deslizamiento reactivado: | 2 426 m ² (0.24 ha) |
| - El avance de la reactivación de deslizamiento: | retrogresivo. |



Figura 8. Delimitación de los deslizamientos activos (DAC) y antiguos (DAN) del Sector 1 sobre ortomosaico generado a partir de fotografías tomadas con dron.



Fotografía 6. Escarpas escalonadas de deslizamiento en el Sector 1 con desplazamiento vertical hasta de 1m.

Coordenadas UTM: 295748.00 / 8940592.00, Zona 18.



Fotografía 7. Vista de escarpas escalonadas de deslizamientos antiguos en el Sector 1 con desplazamiento vertical hasta de 1m.
Coordenadas UTM: 295761.00 / 8940564.00, Zona 18.



Fotografía 8. Vista de 3 viviendas ubicadas en el pie del deslizamiento del Sector 1 que podría verse afectado.
Coordenadas UTM: 295748.00 / 8940592.00, Zona 18.

5.2. Peligro geológico por deslizamiento en el Sector 2

El deslizamiento identificado en el Sector 2, registra superficie de rotura rotacional con escarpas múltiples y formas irregulares a semicirculares; su avance se muestra retrogresivo. Abarca un área estimada de 10 059 m² (0.11 ha), sin considerar los movimientos en masa antiguos que lo rodean; el evento se cataloga como reactivado y

presenta las siguientes dimensiones: 60 m de longitud en la escarpa principal, menor 0.10 m de salto o desplazamiento vertical, 20 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento, menor a 0.20 m de desplazamiento horizontal, entre 20 a 23 m de longitud horizontal del eje principal, entre 20 a 50 m de ancho promedio (Figuras 9).

Además, se observa agrietamientos poco visibles en la masa del cuerpo del deslizamiento (Figura 10).

El deslizamiento podría afectar 5 viviendas construidas en el pie del deslizamiento (Fotografía 7 y Figura 11); también podría afectar postes de alumbrado público.

Características visuales del área reactivada:

A continuación, se detalla las características más relevantes del evento principal ubicado en el "Sector 2":

- | | |
|---|--------------------------------|
| - Estado de actividad: | reactivado |
| - Superficie de rotura inferida: | rotacional |
| - Forma de la escarpa: | irregular |
| - Estilo de la escarpa: | múltiples |
| - Longitud de la escarpa principal: | 60 m |
| - Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: | 20 m |
| - Salto principal o desplazamiento vertical (DV): | menor a 0.10 m |
| - Desplazamiento horizontal (DH) estimado: | menor 0.20 m |
| - Longitud horizontal del eje principal del evento: | entre 20 y 23 m |
| - Ancho promedio de evento: | entre 20 a 50 m |
| - Área de deslizamiento reactivado: | 1 059 m ² (0.11 ha) |
| - El avance de la reactivación de deslizamiento: | retrogresivo |



Figura 9. Delimitación de los deslizamientos activos (DAC) y antiguos (DAN) del Sector 2 sobre ortomosaico generado a partir de fotografías tomadas con dron.



Figura 10. Muestras de grietas en la masa del deslizamiento en el Sector 2



Fotografía 9. Masa del deslizamiento en el talud superior de las viviendas.
Coordenadas UTM: 295627.00 / 8940626.00, Zona 18.



Figura 11. Las flechas señalan las escarpas de la reactivación del deslizamiento antiguo y dirección de movimiento que podría afectar 5 viviendas.



Fotografía 10. Vista panorámica de las posibles viviendas a ser afectadas por el deslizamiento en el Sector 2.
Coordenadas UTM: 295627.00 / 8940626.00, Zona 18.

5.2.1. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

Depósito coluvial perteneciente a movimientos en masa antiguos ubicado sobre un macizo rocoso muy fragmentado conformado por rocas metamórficas esquistosas superficie completamente meteorizada con presencia de surgencias de agua. Que son de fácil erosión.

Este tipo de depósito permite la filtración y retención del agua, lo que aumenta el peso de la masa inestable.

Factor geomorfológico

Ladera de montaña modelada en roca metamórfica afectada por procesos geodinámicos superficiales visibles como deslizamientos inactivos latentes que rodea el deslizamiento reactivado

Pendiente del terreno que varía principalmente entre 25° y 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpada. Permite que la masa inestable de la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor antropogénico

Cortes de talud realizados para construcción de viviendas, deforestación y presencia de tierras de cultivos. Que origina inestabilidad en el terreno.

5.2.2. Factores desencadenantes

De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones (Fotografía 11) de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión. A esto ha influido el mal sistema de riego existente en la zona.



Fotografía 11. Muestra de las filtraciones de agua acumulada en la zona evaluada.
Coordenadas UTM: 215585.23 / 9141240.75, Zona 18.

6. CONCLUSIONES

1. El deslizamiento se encuentra sobre el macizo rocoso conformado por secuencias metamórficas del Complejo Maraón (esquistos con niveles de cuarzo en forma de vetas lenticulares). Además, el macizo se encuentra cubierto por depósitos coluviales originados por movimientos en masa.
2. El deslizamiento se ubica al pie de la ladera de la montaña modelada en roca metamórfica donde la pendiente varía principalmente entre 25° a 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpada; también, se presenta pendientes mayores a 45° relacionadas a escarpa de deslizamientos.
3. El peligro geológico que afecta al centro poblado El Porvenir son los deslizamientos distribuidos en dos sectores; los mismo que se encuentra en proceso de reactivación.
4. El deslizamiento ubicado en el Sector 1 presenta superficie de rotura rotacional con formas de escarpas múltiples, irregulares y semicircular. Sin considerar los movimientos en masa antiguos que lo rodea, abarca aproximadamente 2 426 m² (0.24 ha). El evento se considera reactivado con 80 de longitud de escarpa principal, 1 m de salto vertical, 26 m de desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento, 0.70 m de desplazamiento horizontal, entre 38 y 46 m de longitud horizontal del eje principal, 60 m de ancho promedio del deslizamiento.
5. El deslizamiento del Sector 2, registra superficie de rotura rotacional con escarpas múltiples y formas irregular a semicircular afectando un área estimada de 10 059 m² (0.11 ha), sin considerar los movimientos en masa antiguos circundantes. El evento se cataloga como reactivado y presenta una escarpa principal con 60 m, con salto o desplazamiento vertical menor 0.10 m, el desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 20 m, con desplazamiento horizontal menor a 0.20 m, la longitud horizontal del eje principal es 20 a 23 m, con ancho promedio entre 20 a 50 m.
6. Los deslizamientos en el Sector 1 podría afectar 3 viviendas y en el Sector 2 podría afectar 5 viviendas; en ambos casos las viviendas se encuentran construidas en el pie del deslizamiento; los eventos podrían afectar también postes de alumbrado público.
7. Los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento, corresponden a: presencia de depósito coluvial proveniente de movimientos en masa antiguo ubicado sobre macizo rocoso muy fragmentado conformado por rocas metamórficas esquistosas y con superficie completamente meteorizadas; b: Ladera de montaña modelada en roca metamórfica con pendiente que varía principalmente entre 25° y 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpada; c: cortes de talud realizados para la construcción de vivienda, deforestación y presencia de tierras de cultivos.
8. De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión.

9. Los deslizamientos que se encuentran en proceso de reactivación en los sectores 1 y 2, se considera **zona crítica y de Peligro Alto**; además, podrían aumentar el volumen a causa de lluvias excepcionales y/o prolongadas como los que ocurren durante los fenómenos El Niño.

7. RECOMENDACIONES

1. Reubicar todas las viviendas asentadas al pie de los deslizamientos en proceso de reactivación (Sectores 1 y 2). Además, se debe prohibir la expansión urbana en las áreas donde se identificaron deslizamientos antiguos.
2. Reforestar con plantas nativas y con asesoramiento especializado los lugares afectados por deslizamientos antiguos y activos.
3. Captar las aguas de escorrentía y derivar hasta el cauce principal.
4. Monitoreo visual periódico para ver la evolución del deslizamiento.



LUCIO MEDINA ALLCCA
Ingeniero Geólogo
CIP N° 101456



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

1. BIBLIOGRAFÍA

Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/199>

Datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del Servicio aWhere, Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7843428>

Directorio Nacional de Centros Poblados, Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

Zavala, B., & Vilchez, M., (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; N° 34. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/278>

Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, C. & Marín, D. (2021) Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional. Lima. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Senamhi.

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Gómez, W., Carhuamaca, A. & Macharé, J. (Inédito) Mapa geológico del cuadrángulo de Pataz, hoja 16-h-2. Disponible en Geocatmin

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>.

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

ANEXO 1: MAPAS



Simbología

	Canal
	Torrentera
	Río Porvenir
	Vías de acceso
	Curvas nivel índice
	Curvas nivel intermedia
	Viviendas
	Área de evaluación

Leyenda

	Q-dl. Depósito deluvial
	Q-cl. Depósito coluvial
	Q-al. Depósito aluvial
	NP-cm-esq.gn. Complejo del Marañón

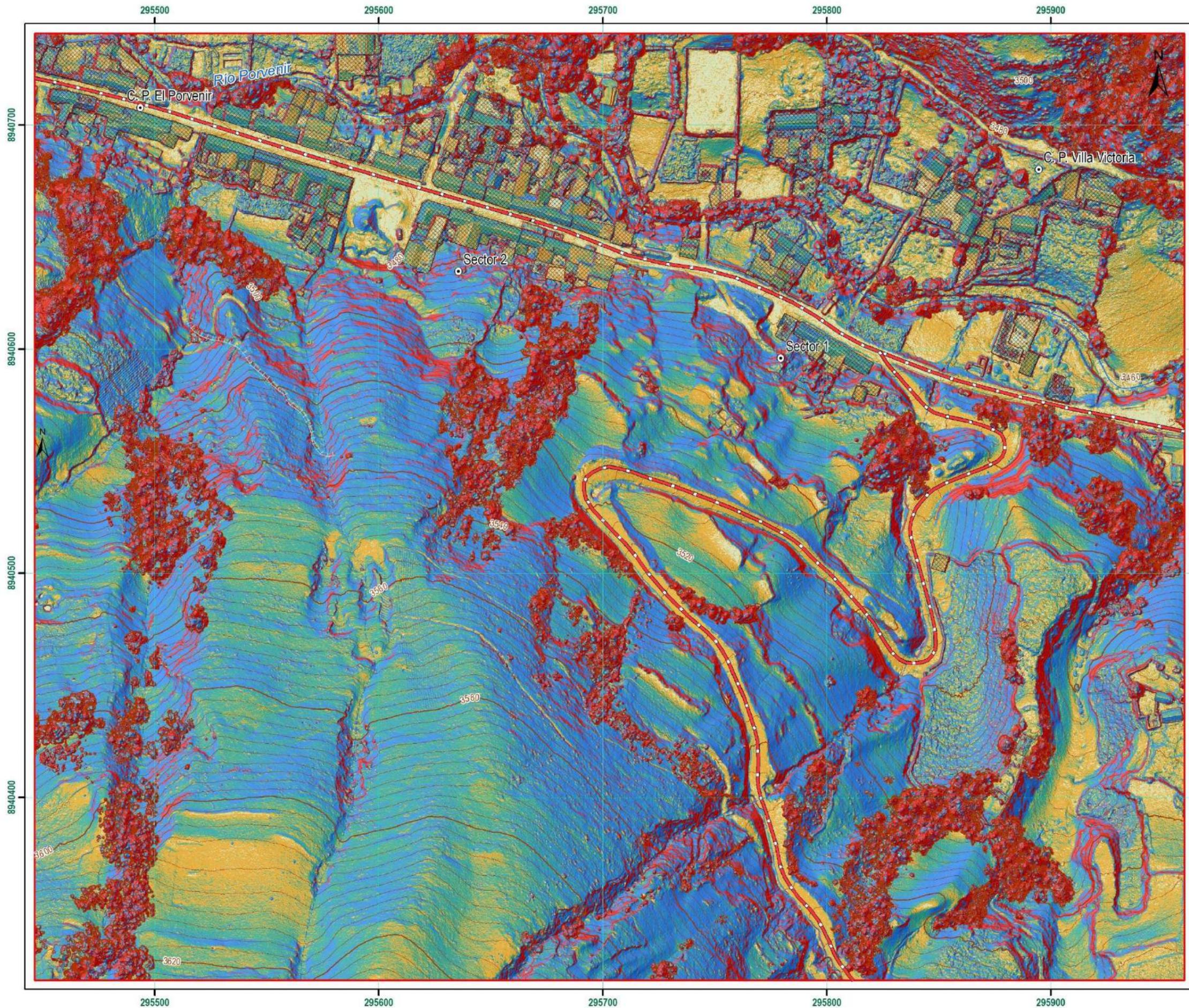
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

GEOLOGICO
CENTRO POBLADO EL PORVENIR

VERSIÓN DIGITAL
 Año 2023

Escala: 1/1,500
 0 12.5 25 50 m.
 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

MAPA:
01



Simbología

	Canal
	Torrentera
	Río Porvenir
	Vías de acceso
	Curvas nivel índice
	Curvas nivel intermedia
	Viviendas
	Área de evaluación

Leyenda

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 1°		Terreno llano
1° - 5°		Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°		Pendiente moderada
15° - 25°		Pendiente fuerte
25° - 45°		Pendiente muy fuerte a escarpado
> 45°		Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

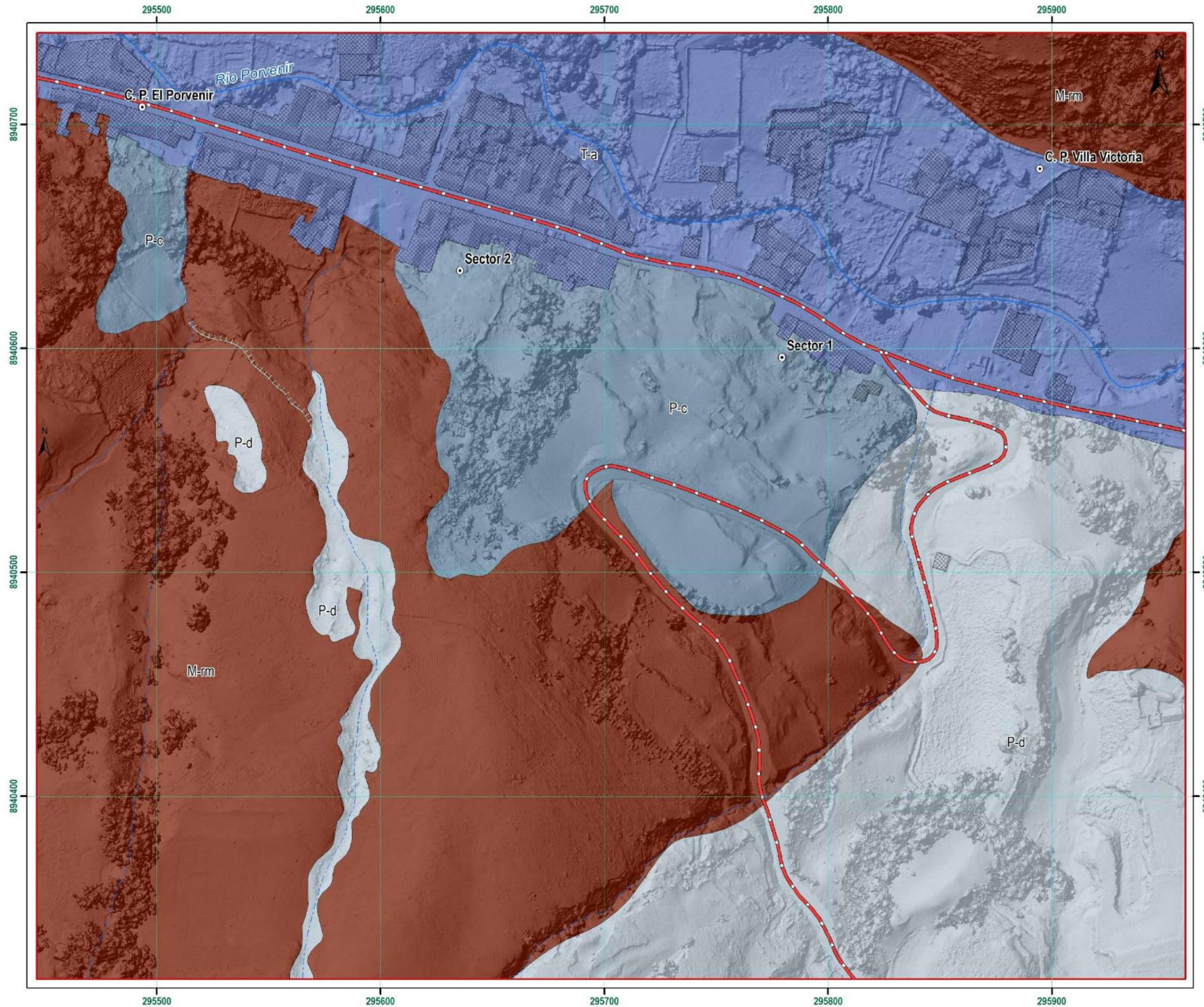
**PENDIENTE DE LOS TERRENOS
 CENTRO POBLADO EL PORVENIR**

VERSIÓN DIGITAL
 Año 2023

Escala: 1/1,500

Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

**MAPA:
 02**

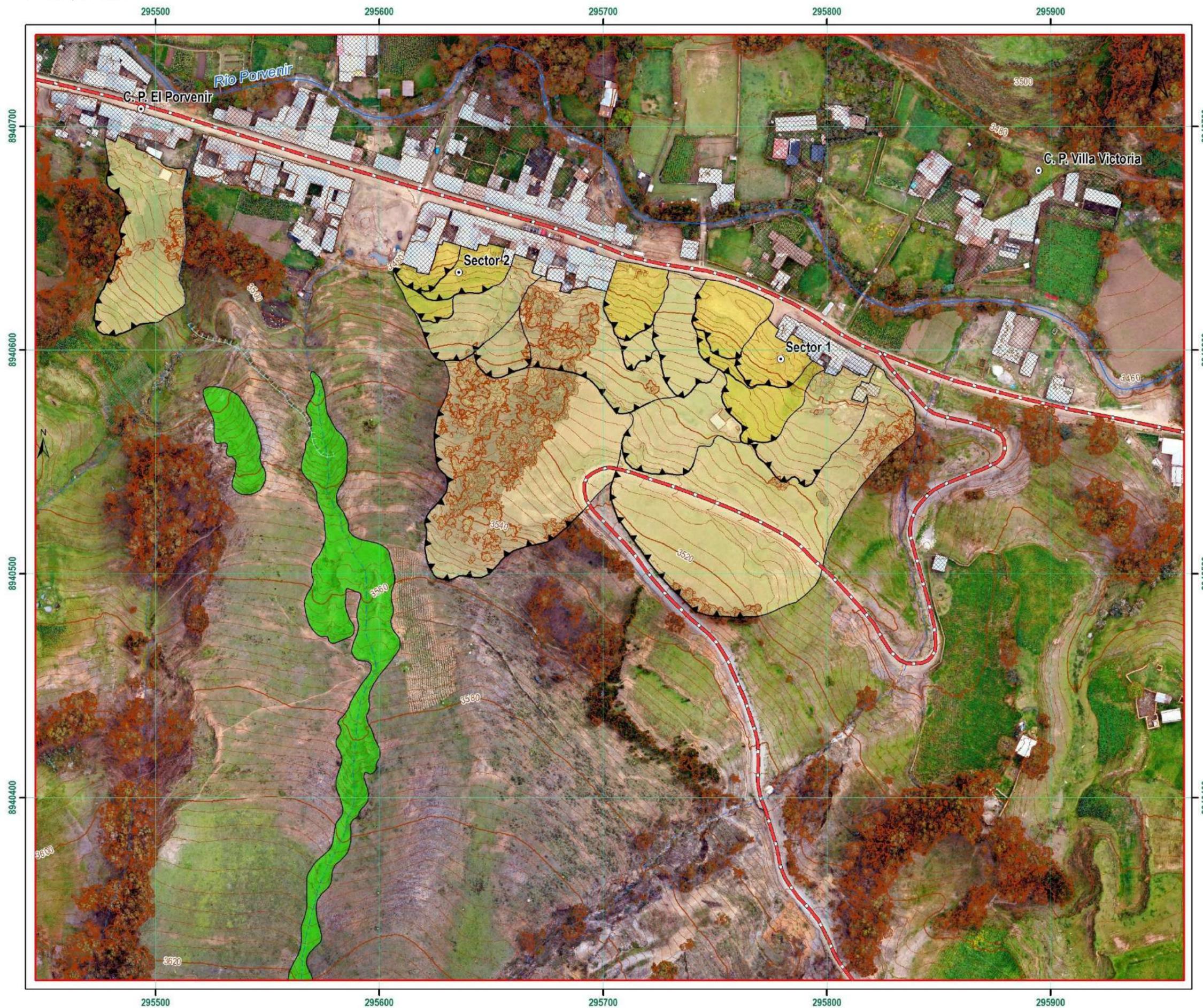


Simbología

	Canal
	Torrentera
	Río Porvenir
	Vías de acceso
	Curvas nivel índice
	Curvas nivel intermedia
	Viviendas
	Área de evaluación

Leyenda

	M-rm, Montaña en roca metamórfica
	P-c, Piedemonte coluvial
	P-d, Piedemonte deluvial
	T-a, Terraza aluvial



Simbología

	Canal
	Torrentera
	Río Porvenir
	Vías de acceso
	Curvas nivel índice
	Curvas nivel intermedia
	Viviendas
	Área de evaluación

Leyenda

	Deslizamiento rotacional, Activo
	Deslizamiento rotacional, Inactivo-latente
	Erosión en cárcava, Inactivo-latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional
PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA
CENTRO POBLADO EL PORVENIR

VERSIÓN DIGITAL
 Año 2023

Escala: 1/1,500
 0 12.5 25 50 m.
 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

MAPA:
04