

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7605

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR CAÍDA DE ROCAS EN EL BARRIO SAN PEDRO

Departamento: Cajamarca

Provincia: San Pablo

Distrito: San Pablo



**MARZO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL BARRIO SAN PEDRO

***Departamento Cajamarca
Provincia San Pablo
Distrito San Pablo***



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

Equipo técnico:

*Luis Miguel León Ordáz
Freddy Luis Córdova Castro*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). Evaluación de peligro geológico por caída de rocas en el Barrio San Pedro, distrito y provincia San Pablo, departamento Cajamarca. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7605, 32 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos del estudio	5
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3 Aspectos generales.....	6
1.3.1 Ubicación	6
1.3.2 Accesibilidad	6
2. DEFINICIONES.....	7
3. ASPECTO GEOLÓGICO	10
3.1 Unidades litoestratigráficas	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.2 Modelo digital de elevaciones (MDE)	13
4.2 Pendiente del terreno.....	14
4.3 Unidades y subunidades geomorfológicas.....	16
4.3.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional.....	16
4.3.2 Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
5.1 Caída de rocas en el Barrio San Pedro	18
5.1.1 Características visuales	22
5.1.2 Características morfométricas.....	22
5.1.3 Factores condicionantes	22
5.1.4 Factor desencadenante.....	23
5.2 Daños probables.....	23
6. CONCLUSIONES	24
7. RECOMENDACIONES	25
7.1 Transversales a autoridades y población.....	25
7.2. Ante caídas de rocas	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXO 1. MAPAS.....	27
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	31

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por caída de rocas, realizado en el barrio San Pedro, que pertenece al distrito y provincia de San Pablo, departamento Cajamarca. 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 en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litológicas aflorantes, corresponden a aglomerados y piroclásticos bien estratificados, pertenecientes a la secuencia volcánica San Pablo, las cuales están cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformados por bloques y gravas angulosas a sub angulosas; en matriz limo arcillosa.

Las geoformas en el sector evaluado corresponden a relieves montañosos en roca volcánica con laderas de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°) a terrenos muy escarpados ($>45^{\circ}$), y una vertiente con depósitos de deslizamiento, que abarca la zona urbana, con pendientes varían de terrenos inclinados con pendiente suave (1° a 5°) a pendiente fuerte (15° a 25°).

Se determinó nueve viviendas ubicadas en el barrio San Pedro, expuestas a caída de rocas, ante el posible desprendimiento de bloques sueltos que se disponen en la ladera. Los bloques presentan diámetros de hasta 5.5 m. En setiembre del 2024, se presentó la caída de un bloque, que afectó la acera de una vivienda.

Como factor detonante se tienen las lluvias intensas y prolongadas, donde el agua de escorrentía erosiona el punto de apoyo de los bloques, originando inestabilidad.

Por las condiciones mencionadas se concluye que el área evaluada es considerada de **Peligro Alto a Muy Alto** a la ocurrencia de caída de rocas.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como, desquincar los bloques sueltos, la prohibición de construcción de viviendas en zonas expuestas al peligro de caída de rocas y reforestar las laderas. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) a través del “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de San Pablo, según Oficio N° 204-2024-MPSP/A., en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligro geológico por caída de rocas, en el barrio San Pedro.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Freddy Luis Córdova Castro, para realizar la presente evaluación en el barrio San Pedro, realizado el 22 de noviembre del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación y análisis de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET u otros autores; ii) Campo: a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Post-campo: etapa final de gabinete que integra el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

El informe resultado de ello, se pone a consideración de la Municipalidad Provincial de San Pablo, Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Cajamarca e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el barrio San Pedro, distrito y provincia de San Pablo, Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros identificados.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGGMET relacionadas a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 58, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Hojas: 15-f, 15-g y 16-g (Escala 1: 100 000); Reyes, L. (1998). En el mapa del cuadrángulo de Cajamarca, registra gruesos estratos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una gruesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados.
- El Boletín N° 44 Serie C, Estudio de riesgo geológico en la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011). En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000, el área evaluada en el barrio San Pedro, se sitúa en una zona de moderada susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

Geográficamente se ubica en la margen izquierda de la quebrada San Pedro, afluente en la red fluvial de la cuenca del Jequetepeque. Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro 1 y figura 2. Políticamente el barrio San Pedro, se sitúa al noreste de la ciudad de San Pablo, en el distrito y provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca.

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio del sector evaluado

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
1	741192	9213549	-7.109755°	-78.816301°
2	741192	9212993	-7.114781°	-78.816277°
3	740637	9212993	-7.114804°	-78.821300°
4	740637	9213549	-7.109779°	-78.821323°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	740908	9213313	-7.111900°	-78.818861°

1.3.2 Accesibilidad

El acceso a la zona por vía terrestre es a través de una vía asfaltada desde la ciudad de Cajamarca hacia San Pablo. La ruta de acceso se describe en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – San Pablo	Asfaltada	72	1 h 30 min

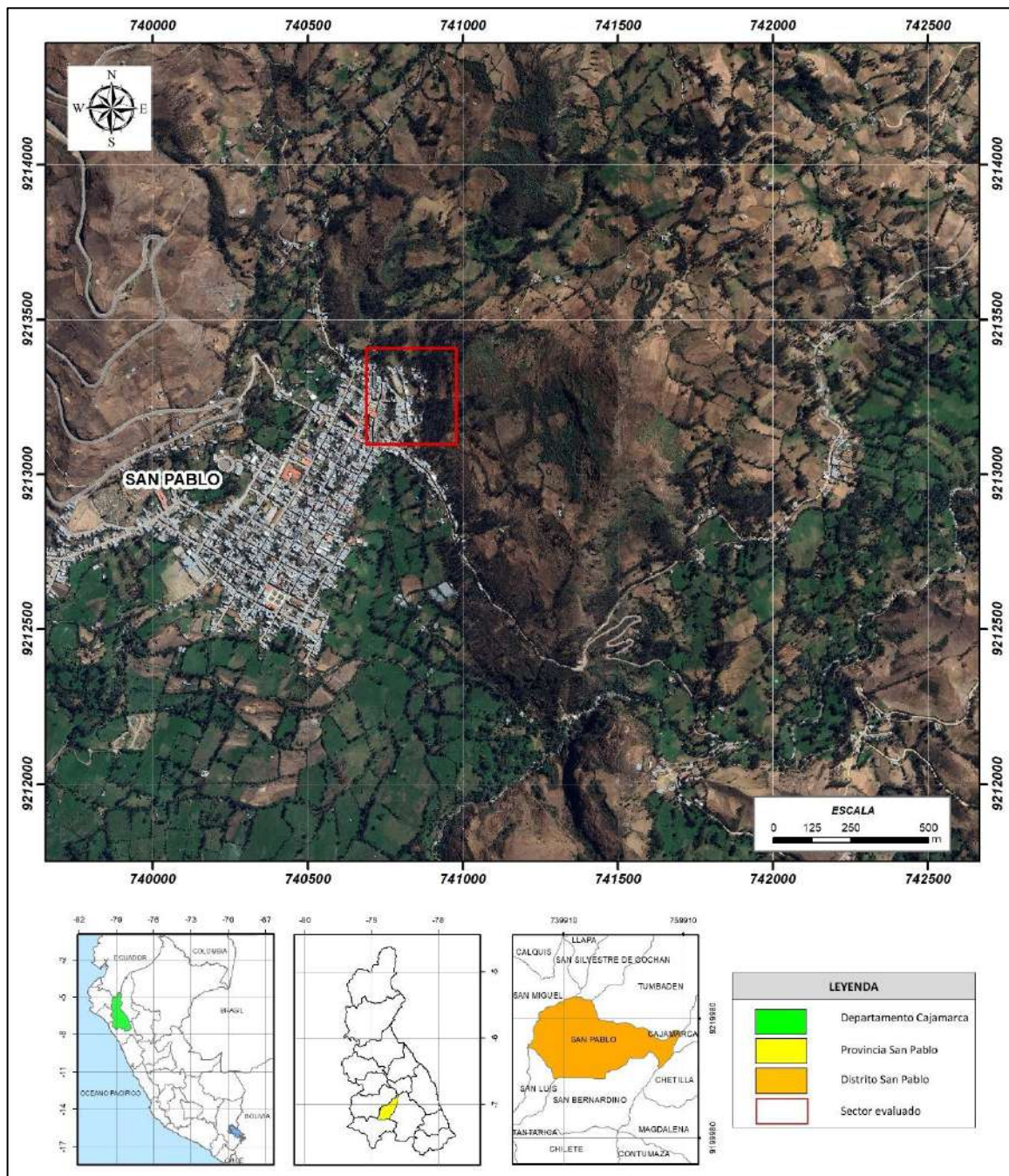


Figura 1. Ubicación del área evaluada (línea roja).

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), 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: estado, distribución y estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe los sectores de la masa que se encuentran en movimiento; 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.

Arcilla: Suelo 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.

Caída: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

Caída de rocas: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

Deluvial: Terreno constituido por depósitos locales que se acumulan en una ladera, conformado por materiales que fueron transportados como resultado de la remoción por aguas pluviales. Generalmente no son canalizados.

Factor condicionante: 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, como causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar: los terremotos, lluvias, excavación del pie de una ladera, 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. Se trata de rocas sedimentarias, volcánicas y volcánico – sedimentarias.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas; puede ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

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.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

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 geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

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.

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que hoy no presenta movimiento (Varnes, 1978).

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

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

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. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base a la información del Boletín N° 31, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo Cajamarca, hoja 15-f, 1:100 000, Reyes (1980). Asimismo, se consideró información complementada y validada con trabajo en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

3.1 Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades volcánicas; así como depósitos cuaternarios inconsolidados o no consolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1 Rocas de la secuencia volcánica San Pablo

El volcánico San Pablo (Reyes, 1980), aflora en los alrededores del pueblo de San Pablo y noreste de San Miguel (fuera del área). Consiste de gruesas capas de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior por una gruesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados. En el sector evaluado, menos de la mitad del material rocoso se encuentra descompuesto. La roca se encuentra decolorada y poco fracturada (fotografía 1), cubierta por material coluvio – deluvial.



Fotografía 1. Afloramientos de aglomerados y piroclásticos. Coordenadas UTM WGS84 17M. 740963, 9213472.

3.1.2 Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)

Conformados principalmente por material de deslizamientos antiguos, compuestos por una mezcla heterogénea de materiales sueltos, como bloques angulosos, gravas, arenas y suelos finos (matriz limo arcillosa), de plasticidad media, (tablas 3 y 4, fotografías 2 y 3); su grosor es variable. Movilizados por efecto combinado de gravedad y arrastre superficial, provocado por el agua, durante eventos de precipitaciones intensas y prolongadas.



Fotografía 2. Se observa un depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques y gravas de origen volcánico, en matriz limo arcillosa. Coordenadas UTM WGS84 17M. 740894, 9213306.

Tabla 1. Descripción de formaciones superficiales. Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 2

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDEZ	
	Eluvial	Lacustre	27	Bolos	X	Esférica		Redondeado
X	Deluvial	Marino	11	Cantos		Discoidal	X	Sub redondeado
X	Coluvial	Eólico	22	Gravas		Laminar		Anguloso
	Aluvial	Orgánico	10	Gránulos		Cilíndrica		Sub anguloso
	Fluvial	Artificial	5	Arenas				
	Proluvial	Litoral	17	Limos				
	Glaciar	Fluvio Glaciar	8	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		LITOLOGÍA	
	Alta	X	Masiva	X	Harinoso		Intrusivos
X	Media		Estratificada		Arenoso	X	Volcánicos
	Baja		Lenticular		Áspero		Metamórficos
	No plástico						Sedimentarios

COMPACIDAD	
SUELOS FINOS	
Limos y arcillas	
X	Blanda
	Compacta
	Dura



Fotografía 3. Se observa un depósito coluvio – deluvial, compuesto por bloques y gravas de origen calcáreo, en matriz limo arcillosa. Coordenadas UTM WGS84 17M. 740963, 9213302.

Tabla 6. Descripción de formaciones superficiales. Ficha descriptiva N° 2 - Fotografía 3

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDEZ	
	Eluvial	Lacustre	3	Bolos	X	Esférica		Redondeado
X	Deluvial	Marino	7	Cantos		Discoidal	X	Sub redondeado
X	Coluvial	Eólico	12	Gravas		Laminar	X	Anguloso
	Aluvial	Orgánico	15	Gránulos		Cilíndrica		Sub anguloso
	Fluvial	Artificial	5	Arenas				
	Proluvial	Litoral	37	Limos				
	Glaciar	Fluvio Glaciar	21	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		LITOLOGÍA	
	Alta	X	Masiva	X	Harinoso		Intrusivos
X	Media		Estratificada		Arenoso	X	Volcánicos
	Baja		Lenticular		Áspero		Metamórficos
	No plástico						Sedimentarios

COMPACIDAD	
SUELOS FINOS	
Limos y arcillas	
X	Blanda
	Compacta
	Dura

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos en la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en junio del 2024; información que permitió evaluar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir las subunidades.

4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 2324 a 2658 m s.n.m., en los cuales se distinguen seis niveles altitudinales (figura 2), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2550 a 2620 m, correspondiendo a las geoformas de montaña en roca volcánica y vertiente coluvio - deluvial.

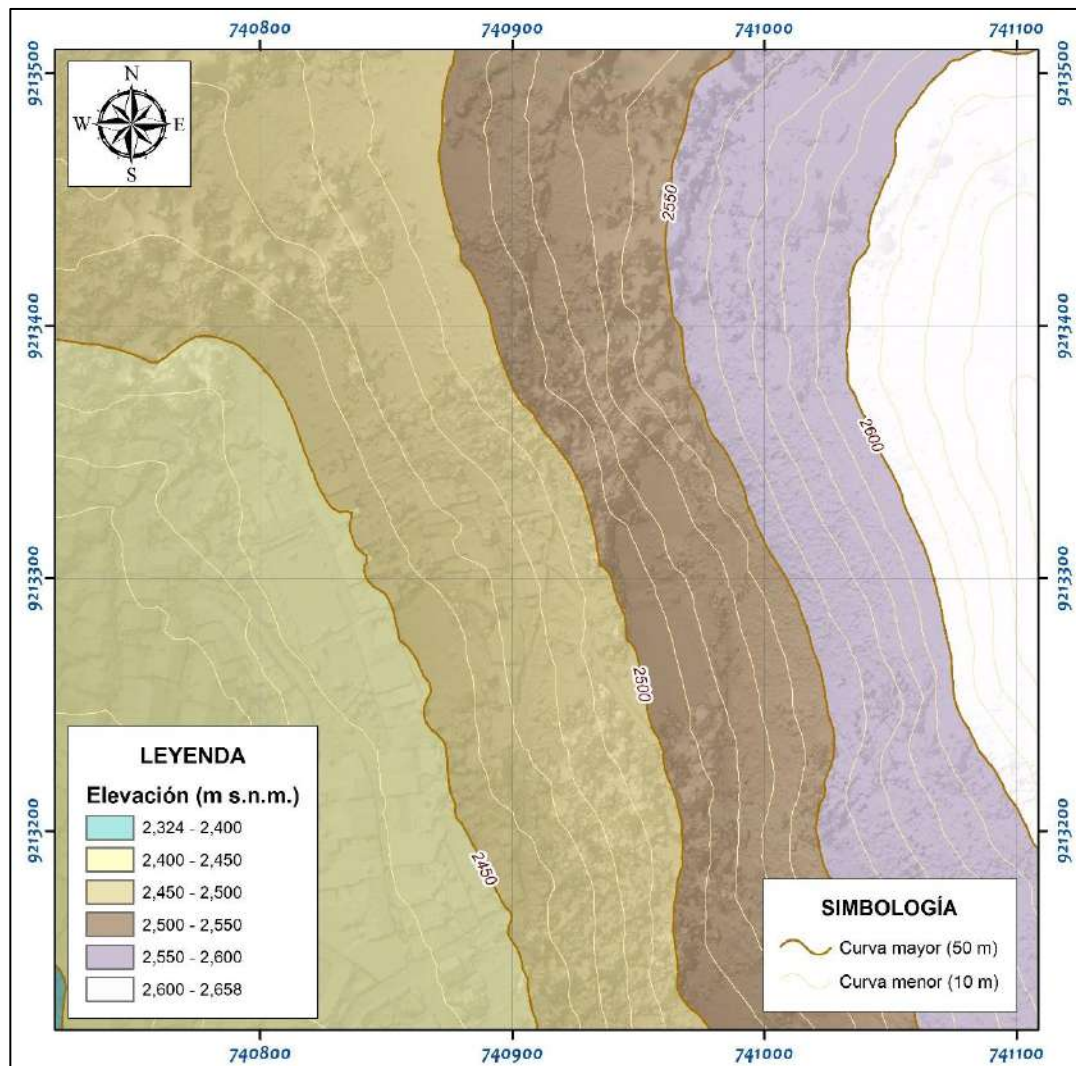


Figura 2. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2 Pendiente del terreno

En el sector evaluado, el movimiento en masa (caída de rocas), se genera en una ladera con pendiente muy fuerte o escarpada (25° - 45°) a pendiente muy escarpada ($>45^\circ$), ubicadas hacia el este, el sector urbano se desarrolla en terrenos de pendiente moderada (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°), (figuras 3 y 4).

Las variaciones de la pendiente, se muestran en el mapa de pendientes (mapa 3).



Figura 3. Sobre el Barrio San Pedro, se estima que la pendiente promedio es de 25° a >45°.



Figura 4. Vista del área urbana de San Pablo, ladera con pendiente promedio de 37°.

4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando dos tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose, vertientes y montañas (figura 5).

De acuerdo a su origen, se distingue geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en rocas volcánicas), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente con depósito coluvio - deluvial); las geoformas se muestran en el mapa 3.

4.3.1 Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local; se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan como pendiente promedio superior al 30%, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas pueden ser regulares, irregulares y complejas (como se cita en Villota, 2005).

Subunidad de montaña en roca volcánica (RM-rv)

Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en litología volcánica. Posee un relieve agreste, con pendientes que superan los 25°. Esta subunidad se ubica en dirección este del área urbana de San Pablo.

4.3.2 Unidades de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd)

Conformada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales. Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas

de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019), gran parte de esta geoforma está ocupada por el área urbana del sector evaluado.



Figura 5. Subunidades cartografiadas en el sector evaluado, en el barrio San Pedro.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caída de rocas. 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 con llevó 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.

Estos 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 “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1 Caída de rocas en el Barrio San Pedro

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el Barrio San Pedro, se realizaron trabajos de campo, donde se identificó un proceso de caída de rocas.

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más rápidos, ya que la trayectoria que siguen los bloques y la distancia que llegan a alcanzar dependen de la morfología del terreno.

La caída de bloques rocosos en el sector, se da, en varios puntos de la ladera, en cuya base están siendo erosionadas por escorrentía de agua, proveniente de las precipitaciones pluviales (las cuales son de mayor intensidad y prolongadas durante los meses de enero a abril, según versión de los pobladores), disminuyendo el área de apoyo de los bloques, lo que origina que estos desciendan ladera abajo hasta llegar a la zona urbana (barrio San Pedro), quedando expuestas al peligro población y viviendas; pobladores reportaron un bloque caído que afectó una acera en la zona urbana (figura 6).



Figura 6. Bloque que afectó acera, la caída de las rocas suspendidas en la ladera, podrían afectar las viviendas ubicadas en la parte baja.

El bloque rocoso R1 tiene un diámetro aproximado de 1.8 m, (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y R2 tiene un diámetro aproximado de 4.7 m, (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); estos bloques no muestran medidas de control que eviten un posible desprendimiento ladera abajo.



Fotografía 4. Bloque rocoso R1. Ubicación: E 740933 y N 9213240.



Fotografía 5. Bloque rocoso R2. Ubicación: E 740983 y N 9213418.

El bloque rocoso R3, tiene un diámetro aproximado de 2.8 m, (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y 7; figura 6); este bloque está muy erosionado en la base, con alta probabilidad de desprenderse en corto tiempo, sin medidas de control que eviten un posible desprendimiento ladera abajo.



Fotografía 6. Se aprecia el bloque suspendido en la ladera con pendiente de 35°.



Fotografía 7. Se observa la erosión en la base del bloque. Ubicación: E 741003 y N 9213376.

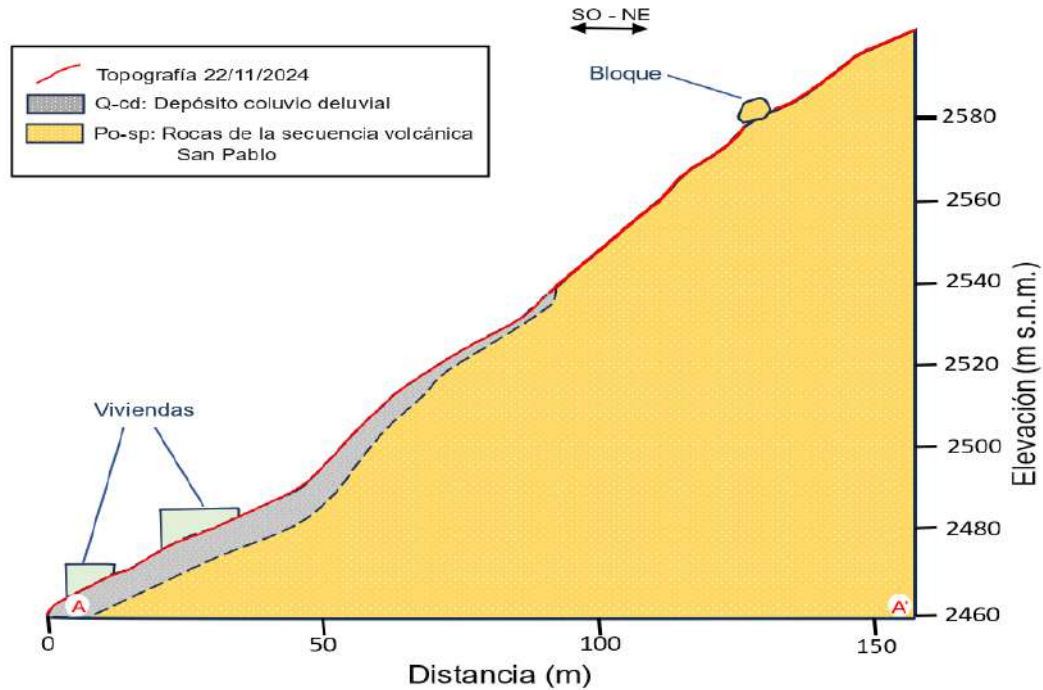


Figura 6. Perfil A-A' que muestra la ubicación del bloque R3. Talud superior de viviendas expuestas.

Bloques rocosos R4 y R5 (fotografías 8 y 9), tienen diámetros aproximados de 1.2 a 4.7 m, no tienen medidas de control que eviten un posible desprendimiento colina abajo y se encuentran sobre una ladera con pendiente $>35^\circ$.



Fotografía 8. Se observa fuerte erosión en la base del bloque R4. Ubicación: E 741118 y N 9213325.



Fotografía 9. Bloque R5, sobre ladera con pendiente $>30^\circ$, se puede observar que no tiene medida de control ante probable caída. Ubicación: E 741097 y N 9213365.

5.1.1 Características visuales

- Tipo de movimiento: caída de rocas.
- Estado: inactivo – latente.
- Estilo: múltiple.
- Velocidad: muy rápido.
- Alcance máximo: 190 m.
- La pendiente varía entre 35° a 45° .

5.1.2 Características morfométricas

- Área del peligro: 2 h.
- Alcance de los bloques: 180 a 220 m.
- Tamaño de bloques: 1.2 a 5.5 m de diámetro.

5.1.3 Factores condicionantes

Dentro de los factores litológicos que han condicionado la caída de rocas tenemos:

- Bloques sueltos, ubicados en la ladera.
- Ladera de pendiente mayor a 25° , en las partes alta, que conforma la geoforma de montaña en roca volcánica, permite el rápido desplazamiento de los bloques hacia la zona urbana.
- Escasa vegetación en la ladera, permite que los bloques se desplacen libremente, aumentando la velocidad de su caída en su recorrido.

5.1.4 Factor desencadenante

- Lluvias intensas y prolongadas, que generan escorrentía, donde el agua erosiona el punto de apoyo de los bloques, originando la inestabilidad del terreno.
- Lo sismos generan movimientos que puede generar caída de rocas.

5.2 Daños probables

El 30 de setiembre en el área urbana, de la ladera ubicada al sureste de la localidad de San Pablo, se desprendió un bloque de diámetro de 1 m, que al llegar a los árboles ubicados en la parte baja, amortiguaron y disminuyeron la velocidad del bloque, la caída de roca afectó solo la acera de una vivienda (figura 7), si se llegaran a desprender bloques de mayor tamaño, 3.0 a 5.5 m, podrían afectar un promedio de 9 viviendas ubicadas en la parte baja.



Figura 7. Acera afectada por bloque de 1m.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica obtenida en el sector evaluado – Barrio San Pedro, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. Litológicamente, el área evaluada está conformada por rocas volcánicas, aglomerados y piroclásticos bien estratificados, pertenecientes a la secuencia volcánica San Pablo, cubiertas por depósitos de origen coluvio-deluvial, conformados por bloques y gravas angulosas a sub angulosas; en matriz limo arcillosa de plasticidad media.
- b. La pendiente del terreno es escarpada a muy escarpada ($>25^\circ$), desde donde se produce la caída de rocas. Las geoformas identificadas corresponden montañas en roca volcánica en la ladera, y una vertiente con depósitos de deslizamiento, que abarca principalmente la zona urbana, las pendientes varían desde terrenos inclinados con pendiente suave (1° a 5°) a pendiente fuerte (15° a 25°) en el sector urbano, muy fuerte o escarpada (25° a 45°) a terrenos muy escarpado ($>45^\circ$) en la ladera.
- c. Al noreste del barrio San Pedro (San Pablo), se ubica un sector inestable que puede generar caída de rocas que afectaría 9 viviendas ubicadas, en la ladera se presentan bloques sueltos con diámetros de hasta 5.5 m. se debe mencionar que el 30 de setiembre del 2024 se generó una caída de roca que afectó una acera de una vereda, no llegó a afectar directamente a la vivienda.
- d. Como factores condicionantes se tienen:
 - Ladera de pendiente mayor a 25° , que contiene bloques sueltos, permite el rápido desplazamiento de los bloques hacia la zona urbana.
 - Escasa vegetación en la ladera, permite que los bloques se desplacen libremente, aumentando la velocidad de su caída en su recorrido.
 - Agua de escorrentía que erosiona los puntos de equilibrio.
- e. El factor detonante es el agua de escorrentía originada por lluvias intensas y prolongadas, erosiona el punto de apoyo de los bloques, originando su inestabilidad.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por caída de rocas en barrio San Pedro (San Pablo), por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto.**

7. RECOMENDACIONES

7.1 Transversales a autoridades y población

Implementar las medidas correctivas recomendadas en el presente informe técnico, en el marco de sus competencias y obligaciones (Congreso de la República del Perú, 2018; Presidencia de la República del Perú, 2023).

- a. Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al “Principio de Oportuna Información” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).
- b. Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades que forman parte del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros, Perú, 2021).
- c. Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras; en base al principio de “Autoayuda” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

7.2. Ante caídas de rocas

- a. Desquincar de manera urgente los bloques sueltos que se encuentren suspendidos en la ladera, para evitar su caída y posible afectación de pobladores y viviendas; el desquinche de los bloques debe ser realizado con el asesoramiento de un especialista en geotecnia, para realizar los trabajos de una manera controlada.
- b. Reforestar las laderas con el fin de evitar la erosión.
- c. No construir infraestructura o viviendas en las áreas que pueden ser afectadas por caída de rocas al pie del talud.
- d. Instalar mallas dinámicas para evitar el desplazamiento de bloques provenientes de posible caída de rocas a viviendas.
- e. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro. Estas charlas deben ser canalizadas por la municipalidad, donde Ingemmet puede participar.

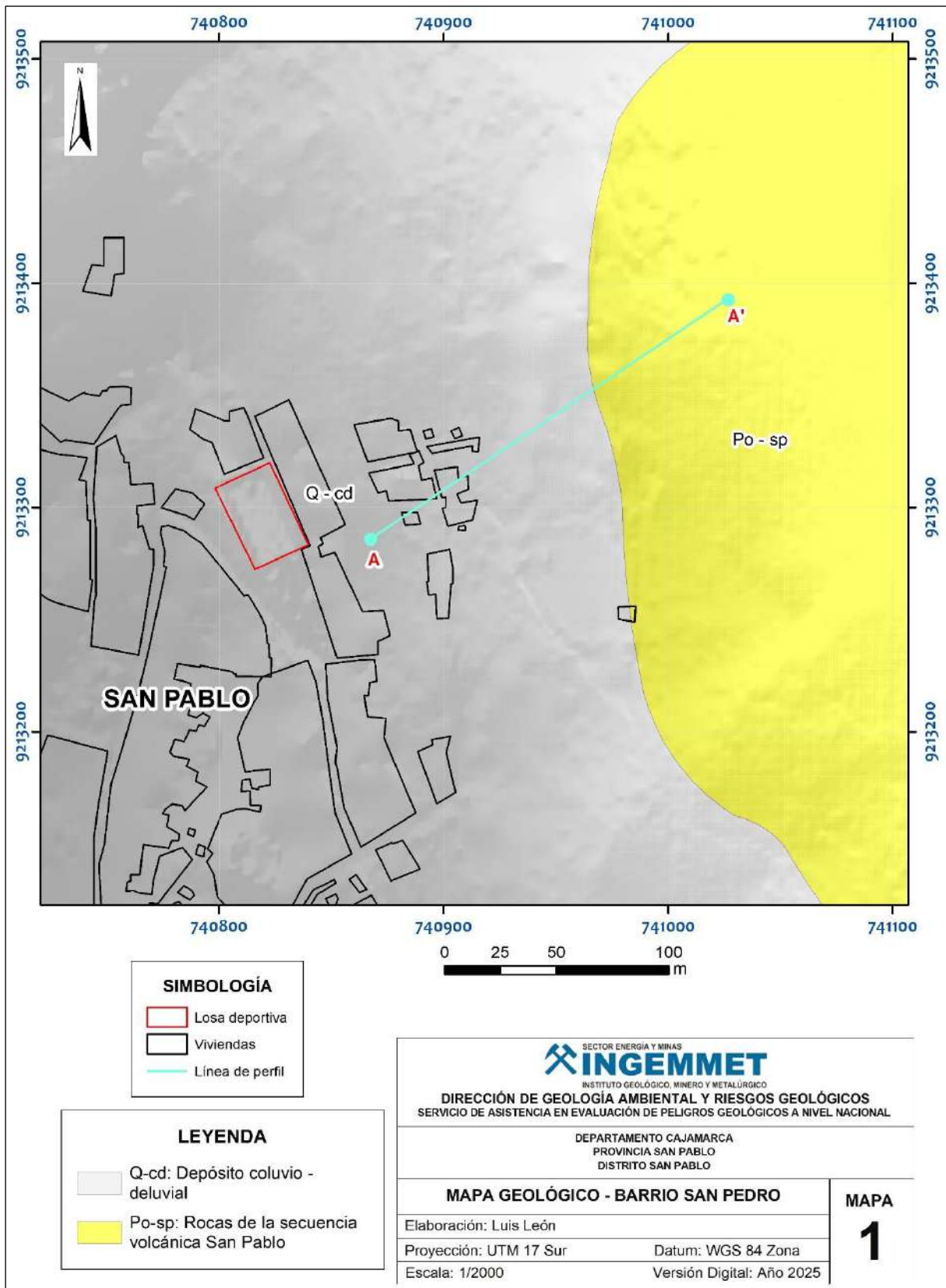

Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS

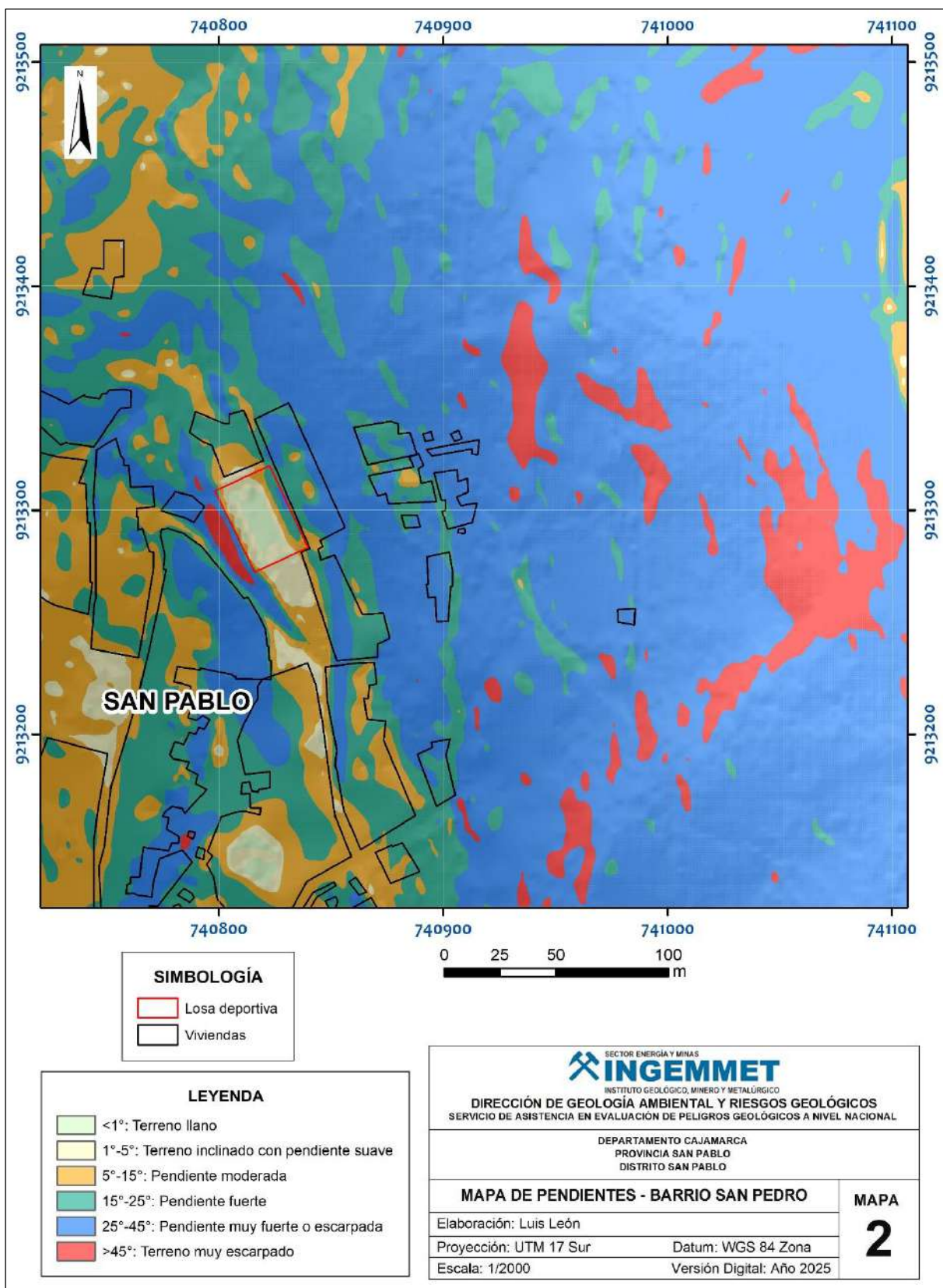

Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

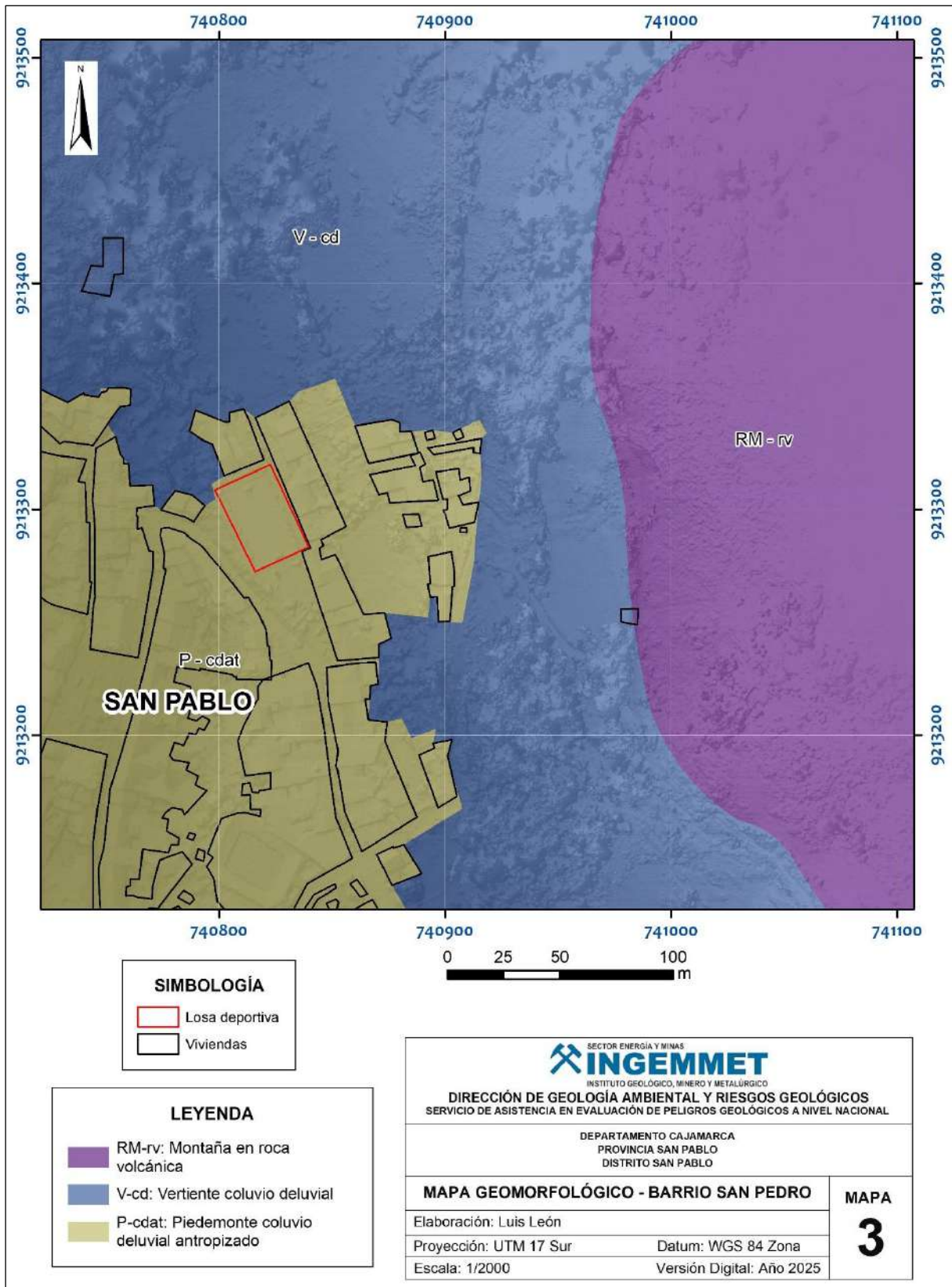
BIBLIOGRAFÍA

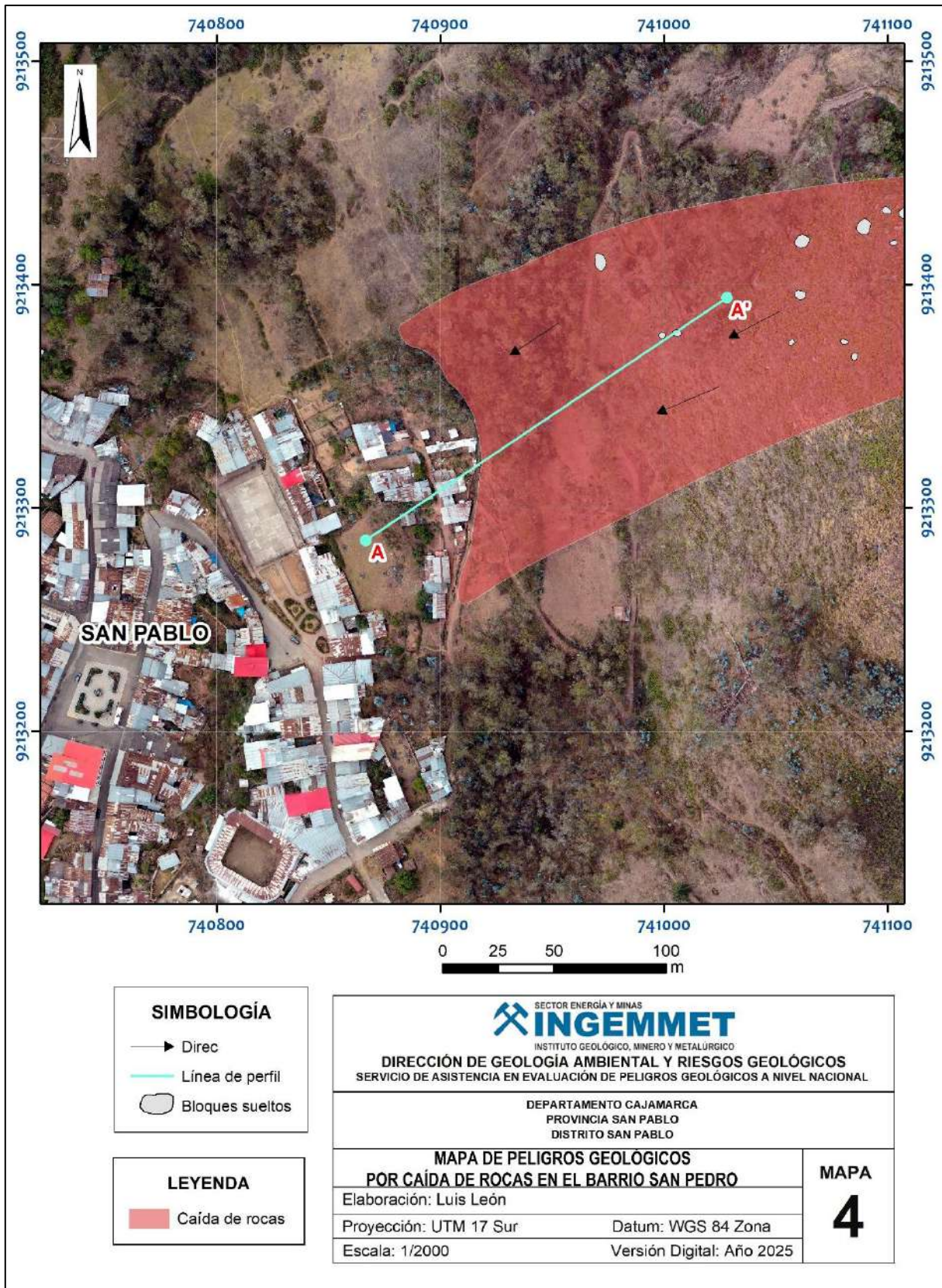
- Congreso de la República del Perú. (2018, junio 5). *Ley N° 30779, ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*. 2.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-para-el-fortalecimiento-del-sistema-ley-n-30779-1655993-1/>
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- PMA:GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Presidencia de la República del Perú. (2023, noviembre 24). Decreto Legislativo N° 1587. *Decreto Legislativo que Modifica la Ley 29664, Ley que Crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, 4.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2238192-1>
- Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. (2021). *Lineamientos para la organización y funcionamiento de los Centros de Operaciones de Emergencia - COE. Resolución Ministerial N° 258-2021-PCM*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2370158/RM%20N%C2%B0%20258-2021-PCM%20%281%29...pdf.pdf?v=1636130560>
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/150>
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. In *Special Report 176: Landslides: Analysis and control* (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), *Transportation and Road research board*, 9–33.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/300>

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

a. Mallas dinámicas

Las mallas dinámicas consisten en estructuras de metal que son instaladas para disminuir la energía de bloques rocosos y/o retenerlos (**figura**). Las dimensiones y calidad de resistencia deben ser evaluados previo modelamiento numérico de los bloques rocosos sueltos.

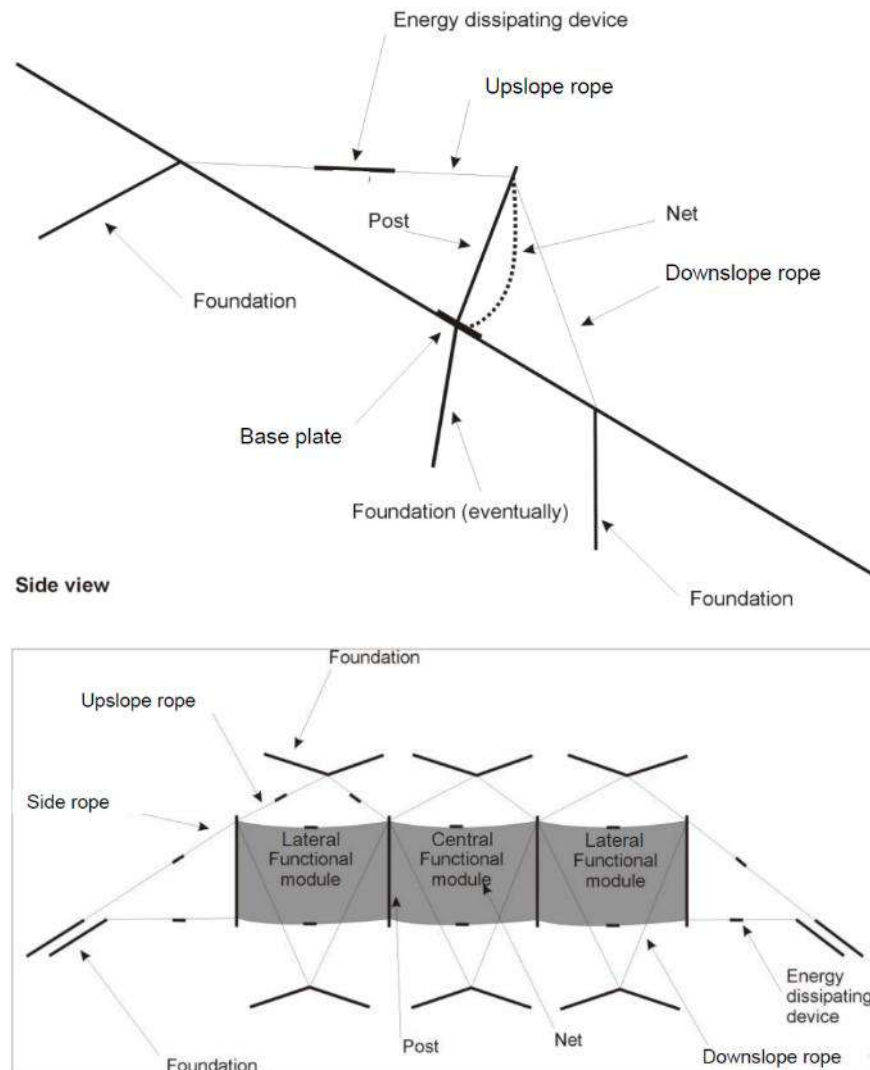


Figura 7. Esquema de la instalación de mallas dinámicas para detener caídas de rocas.

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos muestran una resistencia adicional contra los bloques que son desprendidos de la ladera, sirviendo como un cerco vivo, además de servir para mantener la cohesión de los suelos y evitar su erosión por medio de agentes meteorológicos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (**figura y fotografía**).

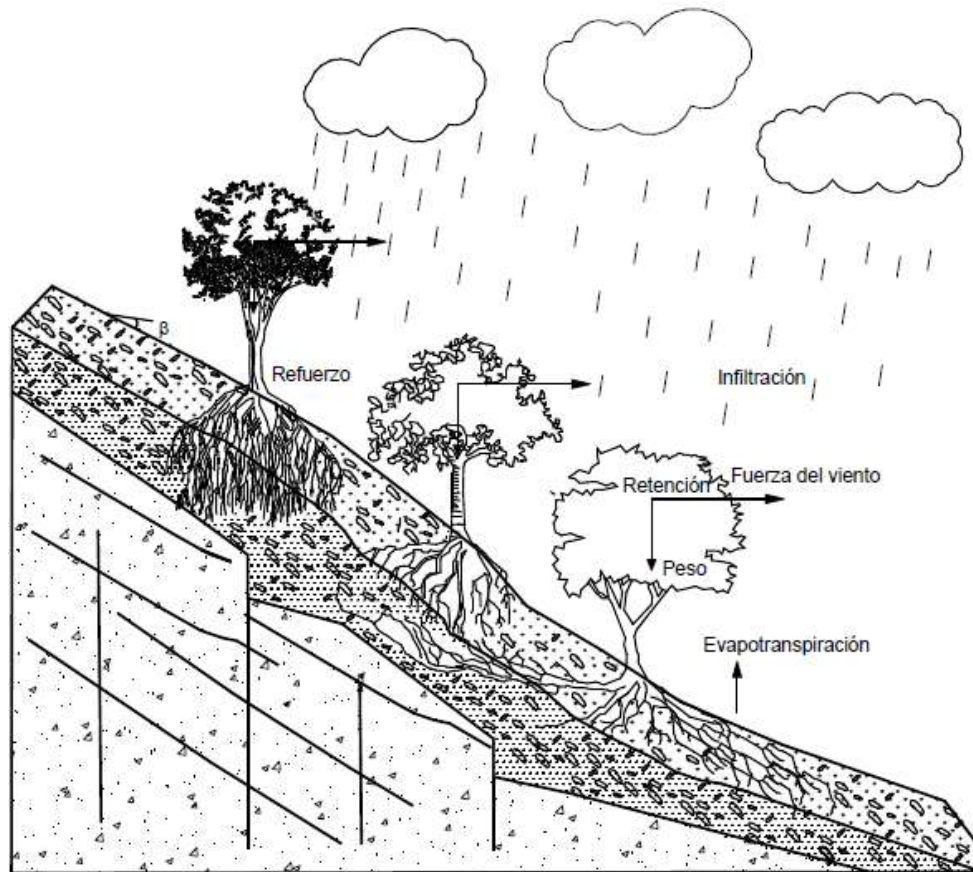


Figura 8. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 9. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales