

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

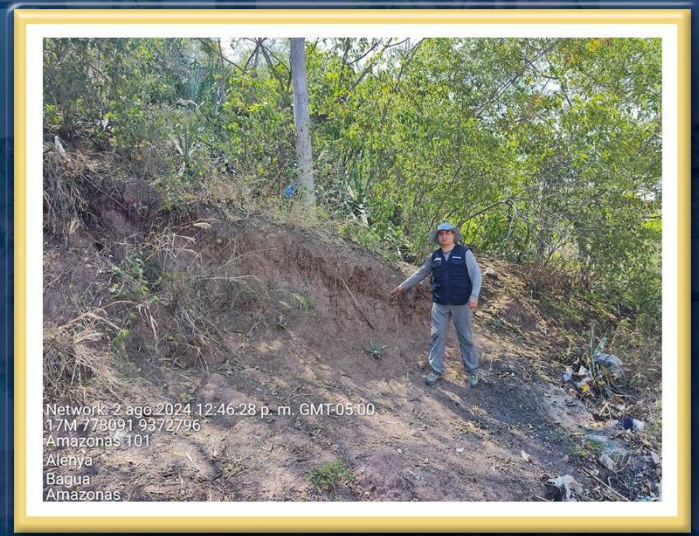
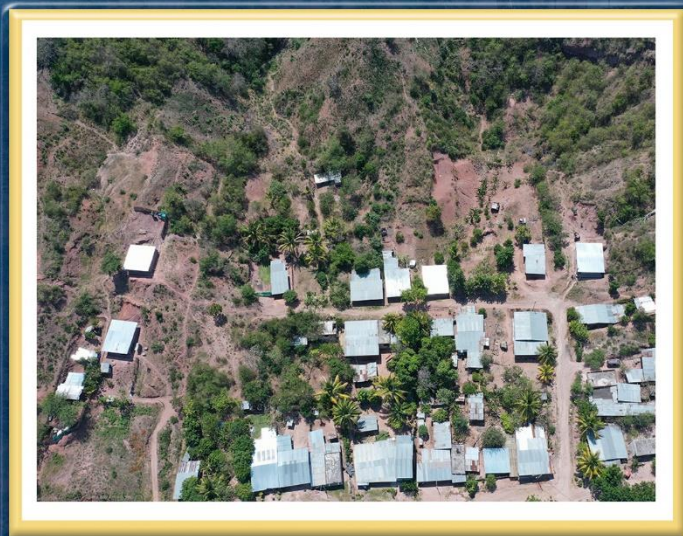
Informe Técnico N° A7541

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJO DE LODO EN LA LOCALIDAD DE PECA PALACIOS

Departamento: Amazonas

Provincia: Bagua

Distrito: Bagua



OCTUBRE
2024

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJO DE LODO EN LA
LOCALIDAD DE PECA PALACIOS**

***Distrito Bagua
Provincia Bagua
Departamento Amazonas***

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

Equipo Técnico:

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Luis Miguel León Ordáz

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *Evaluación del peligro geológico por flujo de lodo en la localidad de Peca Palacios, distrito Bagua, provincia Bagua, departamento Amazonas*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7541, 28 p.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad.....	6
1.3.3. Población.....	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación El Milagro (PN-em)	10
3.1.2. Depósitos cuaternarios	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	13
4.2. Pendiente del terreno.....	14
4.3. Unidades Geomorfológicas	15
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	15
4.3.3. Otras unidades	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Flujos de lodo en la localidad de Peca Palacios	17
6. CONCLUSIONES	20
7. RECOMENDACIONES	21
7.1. Transversales a autoridades y población	21
7.2. Ante flujos de lodo	21
8. BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXO 1. MAPAS	24
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	28

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por flujo de lodo, realizado en la localidad de Peca Palacios, jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Bagua, provincia Bagua, departamento Amazonas. 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 actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a areniscas y lutitas de la Formación El Milagro, que conforman macizos rocosos muy fracturados y altamente meteorizados; que se encuentran cubiertos por suelos areno limosos de origen proluvial y aluvial. En el contexto geomorfológico, hacia las partes altas sobre estos afloramientos sedimentarios, se modelan colinas con fuerte a muy escarpada pendiente ($>15^\circ$), mientras que en las partes bajas se ubican piedemontes proluviales antropizados y terrazas aluviales con suave a moderada pendiente (1° a 15°), producto de movimientos en masa antiguos y recientes.

Los procesos identificados en la localidad de Peca Palacios corresponden movimientos en masa, tipo flujos de lodo, que afectan a un área de 3.6 ha y que pueden alcanzar una altura de 1 m de sedimentos; donde se asientan aproximadamente 20 viviendas y 500 m de vías locales; determinado mediante modelamiento numérico con el programa informático ArcGIS Pro.

Como factor detonante, se considera a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden superar los 70 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Bagua.

Además, como factores antrópicos que contribuyen a este tipo de peligros se consideran la ausencia de drenajes urbanos adecuados, la deforestación de las laderas y excavaciones para habilitación de viviendas y vías.

Se concluye que el área de estudio es considerada de **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujos de lodo.

Finalmente, se brinda las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como reforestar las laderas, canalización definitiva de las quebradas y construcción de un sistema de drenaje urbano impermeabilizado.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, 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 remitida por la Municipalidad Provincia de Bagua Oficio N° 176-2024-MPB-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por flujo de lodo en la localidad de Peca Palacios, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrido en marzo del 2023.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 2 de agosto del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) Campo, donde a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada se analiza el origen de los peligros; iii) Gabinete, final donde se procesa y analiza de toda información adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Bagua, Gobierno Regional de Amazonas, 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) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico por flujo de lodo que se presenta en la localidad de Peca Palacios, evento que puede comprometer la seguridad física de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye a la localidad de Peca Palacios, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 56 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar” (Sánchez Fernández, 1995) donde describen las unidades geológicas que afloran en la localidad de Peca Palacios a una escala 1:100 000; corresponden a areniscas y limolitas de la Formación El Milagro.
- Boletín N° 49 Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina Alca et al., 2009) donde se presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; la localidad de Peca Palacios se ubica en terrenos con susceptibilidad media a alta ante movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la localidad de Peca Palacios que pertenece al distrito y provincia de Bagua, departamento Amazonas (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además de las coordenadas centrales referenciales del evento principal identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio – Peca Palacios.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	778690	9373300	-5.664300	-78.484078
2	778690	9372420	-5.672253	-78.484039
3	777885	9372420	-5.672285	-78.491303
4	777885	9373300	-5.664331	-78.491341
Coordenada central de los peligros identificados				
C	778319	9372767	-5.669136	-78.487404

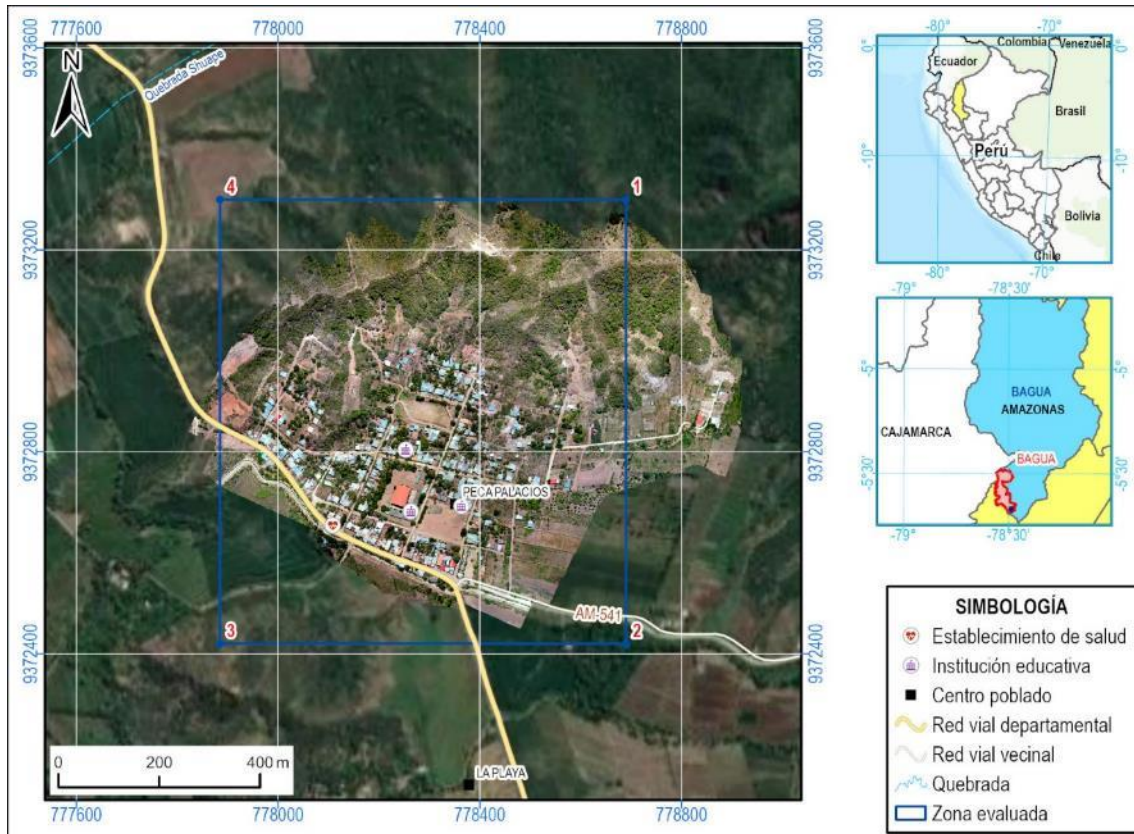


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta la localidad de Peca Palacios se realiza a través de las vías nacionales asfaltadas PE-08B, PE-08C, PE-5N y por la vía departamental asfaltada AM-101; tal como se detalla en la siguiente ruta (tabla 2, figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Chachapoyas – Bagua Grande	Asfaltada	120	2 horas 20 minutos
Bagua Grande – Peca Palacios	Asfaltada	15	20 minutos

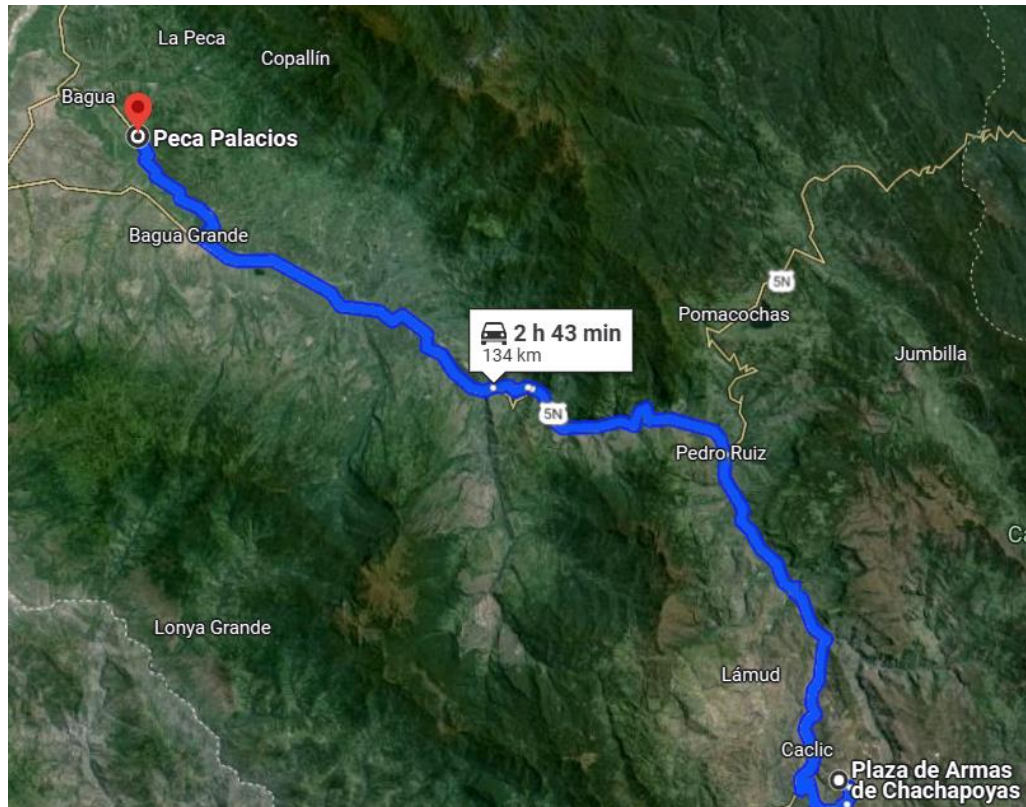


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta la localidad de Peca Palacios.
Fuente: Google Maps.

1.3.3. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Peca Palacios, tiene una población de 465 habitantes, distribuidos en 203 viviendas con acceso a red pública de agua y energía eléctrica, pero no de desagüe.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, cálido (C (r) A'), con una temperatura máxima promedio de hasta 33°C, una temperatura mínima promedio desde 19°C y una precipitación anual entre 900 mm a 1 200 mm.

Entre los años 2017-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado puede registrar presipitaciones pluviales que superan los 70 mm/día (figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

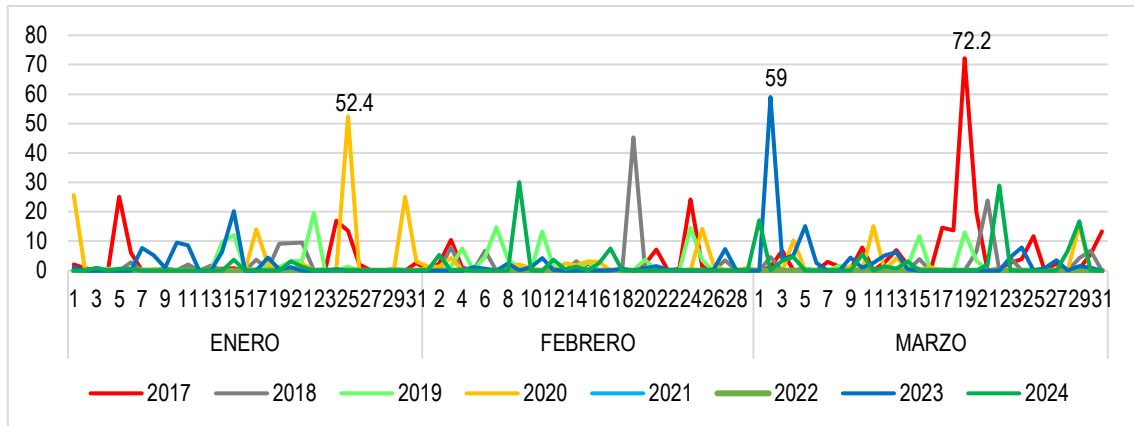


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2017-2024, en la Estación Bagua Chica. **Fuente:** Senamhi.

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 (PMA:GCA, 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; y 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 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; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

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.

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.

Flujo: 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 un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Flujo de lodo: Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.

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.

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.

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.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Bagua Grande (Sánchez, 1995); además del reciente cartografiado a escala 1:50 000 (Ingemmet, 2022) donde se describen principalmente areniscas y limolitas de la Formación El Milagro. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades sedimentarias del Paleógeno – Neógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados.

3.1.1. Formación El Milagro (PN-em)

Corresponde a una secuencia indiferenciada de areniscas de grano fino a grueso, color rojizo, lutitas y limolitas pardo rojiza; además de niveles de calizas grises y algunas tobas beige; estos macizos rocosos se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados (fotografía 1).

Esta unidad corresponde al macizo rocoso basal de toda la localidad de Peca Palacios, sin embargo, se encuentran pocos afloramientos debido a la baja consistencia de sus estratos.

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial de entre 25 a 50 MPa (tabla 3) en afloramientos rocosos frescos y de entre 5 a 25 MPa en afloramientos rocosos expuestos a meteorización y erosión; además de un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 30 a 40 (figura 4).



Fotografía 1. Corte de talud donde se aprecia a la Formación El Milagro, muy fracturada y altamente meteorizada.

Tabla 3. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial; de débil a medianamente fuerte para la Formación El Milagro. **Fuente:** Hoek, 2007.

Grado	Término	Estimación en campo de la resistencia	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
R6	Extremadamente fuerte	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
R5	Muy fuerte	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R4	Fuerte	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R3	Medianamente fuerte	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R2	Débil	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5-25
R1	Muy débil	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R0	Extremadamente débil	Se raya con la uña	0.25-1



Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Formación El Milagro, GSI promedio de entre 25 a 35 (en círculo rojo). **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial (Q-al)

Esta unidad corresponde a suelos depositados por corrientes de agua antiguas, ubicadas en las partes bajas del valle, donde se tienen intercalaciones de suelos gruesos a suelos finos, además de bloques y cantos muy redondeados debido a la alta energía que poseía el flujo que los arrastró; actualmente son ampliamente utilizados en el cultivo de arroz.

Depósito proluvial (Q-pr)

Son depósitos producidos por flujos de lodo que modelaron las colinas ubicadas en la localidad de Peca Palacios, se ubican en las faldas de estas colinas conformando suelos de varios metros de espesor; teniendo una composición mayoritaria de arenas con limos, con muy esporádicos componentes gruesos centimétricos (fotografía 2 y tabla 4).



Fotografía 2. Depósito proluvial en la zona de Peca Palacios.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación: E: 778093, N: 9372801.**

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES				
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	2	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	3	Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	3	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	2	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	60	Arenas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	25	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	5	Arcillas				

PLASTICIDAD	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLOGÍA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.				
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS		
Limos y Arcillas		Arena	Gravas	GW	SW	ML	MH	
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	CL	CH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	OL	OH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	GC	<input checked="" type="checkbox"/>	PT	
		<input type="checkbox"/>	Muy consolidada					

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Amazonas, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en agosto del 2024 por el Ingemmet, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1/5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad de Peca Palacios presenta elevaciones que van desde los 476 m hasta los 595 m, en los cuales se distinguen 6 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre 520 y 560 m s. n. m., con terrenos de pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) correspondiente a una unidad de montaña en roca sedimentaria.

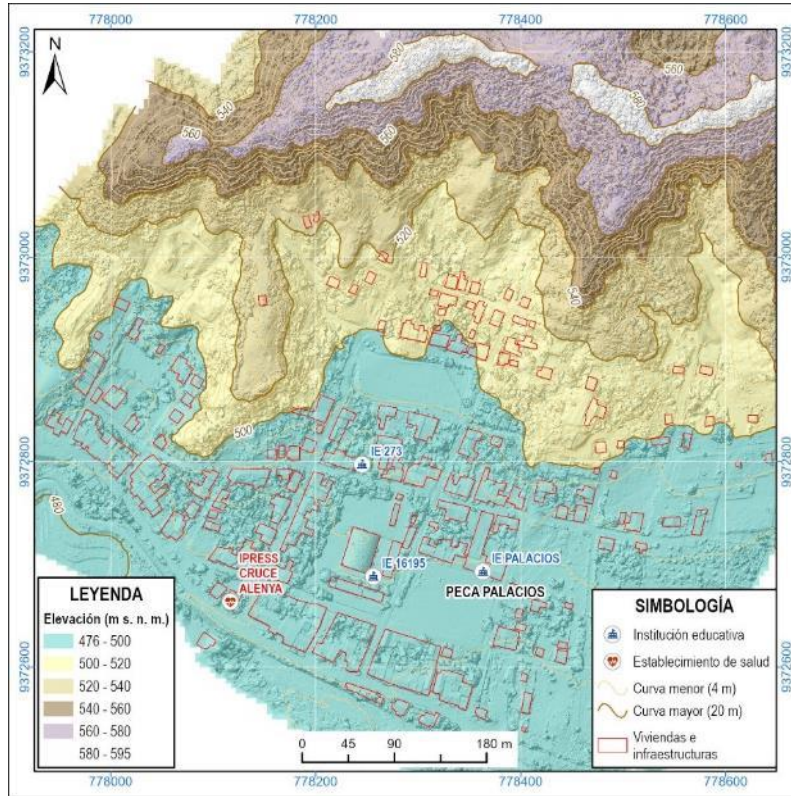


Figura 5. Modelo digital de elevaciones de la localidad de Peca Palacios.

4.2. Pendiente del terreno

El sector evaluado de Peca Palacios se ubica en terrenos con pendiente de suave a moderada (1° a 15°); pero también se distinguen laderas de colinas con pendientes escarpadas a muy escarpadas ($>25^\circ$) en las partes altas (figura 6; mapa 2).

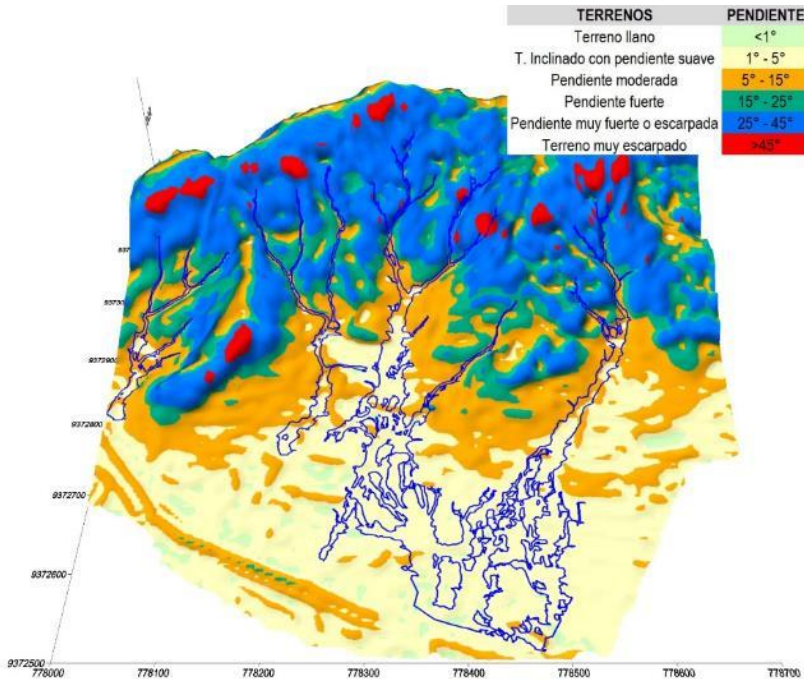


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes de la localidad de Peca Palacios, los sectores con movimientos en masa están delimitado en línea azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colina en roca sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (piedemonte proluvial y terraza aluvial); se grafican en la figura 7 y en el mapa 3.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial o total de ellos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de Colina

Relieves que presentan menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Las colinas presentan una inclinación promedio en sus laderas superior a 9° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha de base aproximadamente circular. (Villota, 2005).

- **Sub unidad de colina en roca sedimentaria (C-rs)**

Corresponde a terrenos elevados con pendiente de laderas superiores a 15°, ubicadas al norte de la localidad de Peca Palacios; estos terrenos conforman los remanentes de grandes montañas que han sido remodeladas por erosión y meteorización.

4.3.2. Unidades de carácter deposicional 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 Piedemontes

- **Subunidad de piedemonte proluvial (P-pral)**

Son terrenos formados por la acumulación de suelos acarreados por flujos de detritos y lodo que se han depositado en las partes bajas de las colinas de la localidad de Peca Palacios; muestran una pendiente de suave a moderada (1° a 15°).

Unidad de Planicies

- **Subunidad de terraza aluvial (P-pral)**

Son terrenos ubicados en las partes bajas de la zona, muestran una pendiente de llana a suave (<5°), su origen deviene a la acumulación de suelos por flujos de gran energía, por lo que sus componentes muestran un elevado grado de redondez.

4.3.3. Otras unidades

- **Subunidad de piedemonte proluvial antropizado (P-prat)**

Esta unidad corresponde a parte de los piedemontes proluviales que han sido remodelados para el asentamiento urbano y construcción de infraestructuras de la localidad de Peca Palacios.



Figura 7. Geformas cartografiadas en la localidad de Peca Palacios: Colina en roca sedimentaria (C-rs), piedemonte proluvial (P-pral), piedemonte proluvial antropizado (P-prat) y terraza aluvial (T-a).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, tipo flujo de lodo (PMA:GAC 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.

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 “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.1. Flujos de lodo en la localidad de Peca Palacios

La localidad de Peca Palacios es lugar de periódicos eventos de flujos de lodo que pueden afectar a vías, viviendas y terrenos de cultivos, debido a la falta de drenajes urbanos adecuados. En la fotografía 3 se aprecia la afectación de una vía local por flujos de lodo; resultando en una erosión de los terrenos que contribuye aún más al volumen del flujo.



Fotografía 3. Afectación en trochas locales debidos a flujos de lodo.

En la figura 8 se muestra un modelamiento numérico con el programa ArcGIS Pro, donde se puede apreciar las áreas expuestas a escorrentía superficial originadas por lluvias intensas. Estas escorrentías pueden acarrear flujos de lodo que alcanzan al casco urbano de Peca Palacios por diferentes sectores en función de la pendiente. Esta información fue contrastada con los testimonios de la población local y autoridades; coincidentemente con las áreas de la localidad que se ven reiteradamente afectadas durante la temporada de lluvias (enero-marzo).



Figura 8. Simulación de un evento de lluvias intensas (80 mm/hora) en la localidad de Peca Palacios; indicando los sectores expuestos a afectación por flujos de lodo.

En la figura 9 se aprecia una de varias quebradas sin canalización adecuada y definitiva en la localidad de Peca Palacios; donde los flujos de lodo vienen erosionando vías y terrenos por efecto de tubificación (figura 10).



Figura 9. Quebrada antigua sin canalizar en la localidad de Peca Palacios.



Figura 10. Proceso de erosión por flujos de lodo en las vías de la localidad de Peca Palacios.

Además, se vienen produciendo hundimientos en terrenos por reacomodo de los suelos debido a la alta humedad producto de la ausencia de drenajes urbanos adecuados; estos hundimientos y reacomodos van afectando a terrenos de cultivo y viviendas (figura 11).



Figura 11. Hundimiento en terrenos agrícolas producto del reacomodo de los suelos por el exceso de humedad durante la temporada de lluvias (izquierda) y afectación a vivienda por humedecimiento de suelos y pisos (derecha).

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de lodo.
- Estado: Inactivo – latente.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según reporte del COE local).
- Composición: Arenas con limos producto de la erosión y meteorización de las areniscas y limolitas de la Formación El Milagro (tabla 4).

Morfometría

- Área: 3.6 ha.
- Alcance horizontal: 400 – 500 m.
- Altura promedio del flujo: 0.1 a 1 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos poco consolidados de composición de arenas con limos; que cubren a areniscas y limolitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación El Milagro.
- Ladera de pendiente fuerte a muy escarpada (15° a 45°) en las partes altas de las laderas de colina, que conforman geoforma de piedemonte proluvial.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación de las laderas.
- Excavaciones de las laderas para viviendas y vías.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo, que pueden superar los 70 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 20 viviendas afectadas.
- 500 m de vías locales afectadas.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica obtenida de la localidad de Peca Palacios, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. La localidad de Peca Palacios está asentada sobre un piedemonte proluvial antropizado de pendiente suave a moderada (1° a 15°), en los alrededores se ubican laderas de colinas en rocas sedimentarias con pendiente fuerte a muy escarpada ($>15^{\circ}$), desde donde se producen flujos de lodo que alcanzan y afectan su casco urbano. En las partes bajas se distingue una terraza aluvial de pendiente suave a llana ($<5^{\circ}$) utilizada ampliamente para agricultura.
- b. Litológicamente, el basamento rocoso está representado por areniscas y limolitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación El Milagro; mientras que los movimientos en masa vienen produciendo depósitos proluviales y aluviales que vienen acumulándose en las partes bajas de la zona.
- c. Mediante simulación numérica utilizando el programa informático ArcGIS Pro, se determinó que los flujos de lodo pueden afectar un área de 3.6 ha y alcanzar una altura de sedimentos de 1 m; esto produjo la afectación de 20 viviendas y 500 m de vías locales.
- d. El factor detonante ha sido las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden alcanzar más de 70 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Bagua.
- e. Como factores antrópicos se tienen:
 - Ausencia de drenajes adecuados para circulación de aguas pluviales y de escorrentía superficial.
 - Deforestación de las laderas.
 - Excavaciones de las laderas para viviendas y vías.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por flujo de lodo en el sector urbano de la localidad de Peca Palacios, distrito Bagua, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamiento. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

7.1. Transversales a autoridades y población

- a) 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).
- b) 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).
- c) 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 del Perú, 2021).
- d) 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 flujos de lodo

- a) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.
- b) Canalización definitiva de las quebradas.
- c) Construcción de un sistema de drenaje urbano impermeabilizado.



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



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

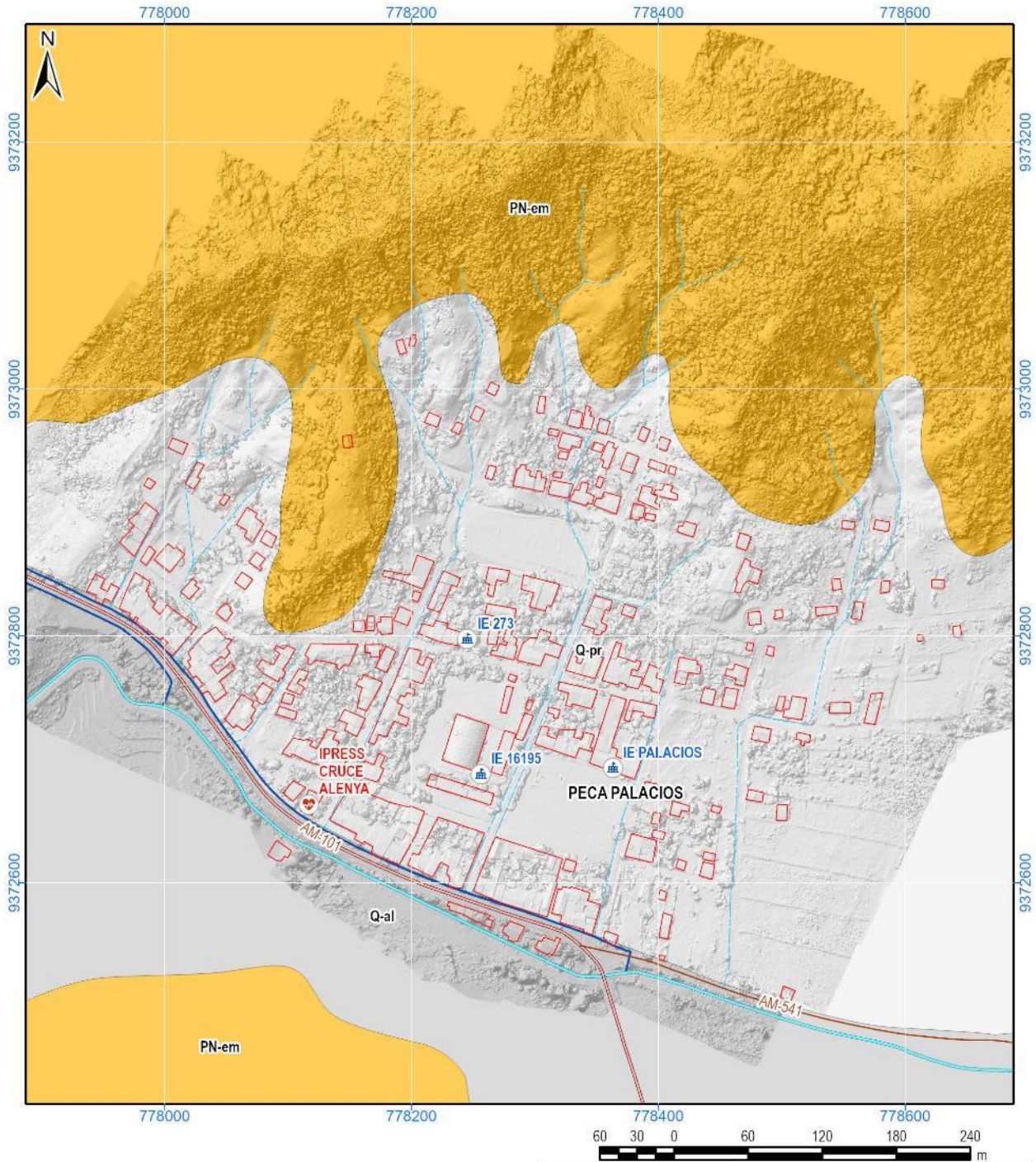
8. BIBLIOGRAFÍA

- 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.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2022*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Medina Alca, L., Vilchez Mata, M., & Dueñas Bravo, S. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/244>
- 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>
- Sánchez Fernández, A. (1995). *Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/178>
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.

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.

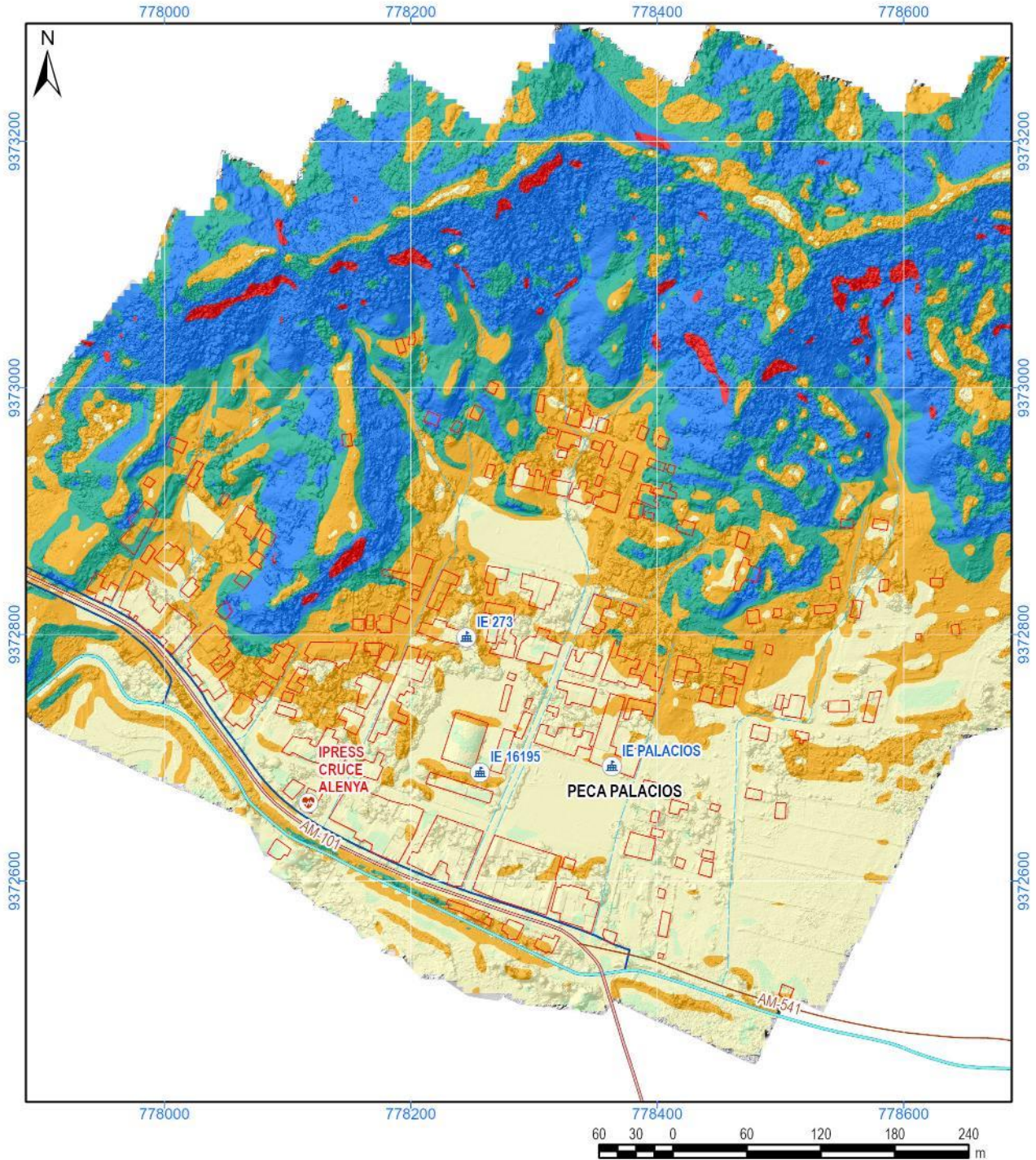
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Establecimiento de salud
	Viviendas e infraestructuras
	Vía departamental asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Drenaje sin recubrimiento
	Cuneta
	Canal de regadío

LEYENDA	
	P-pral: Depósito proluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	PN-em: Formación El Milagro

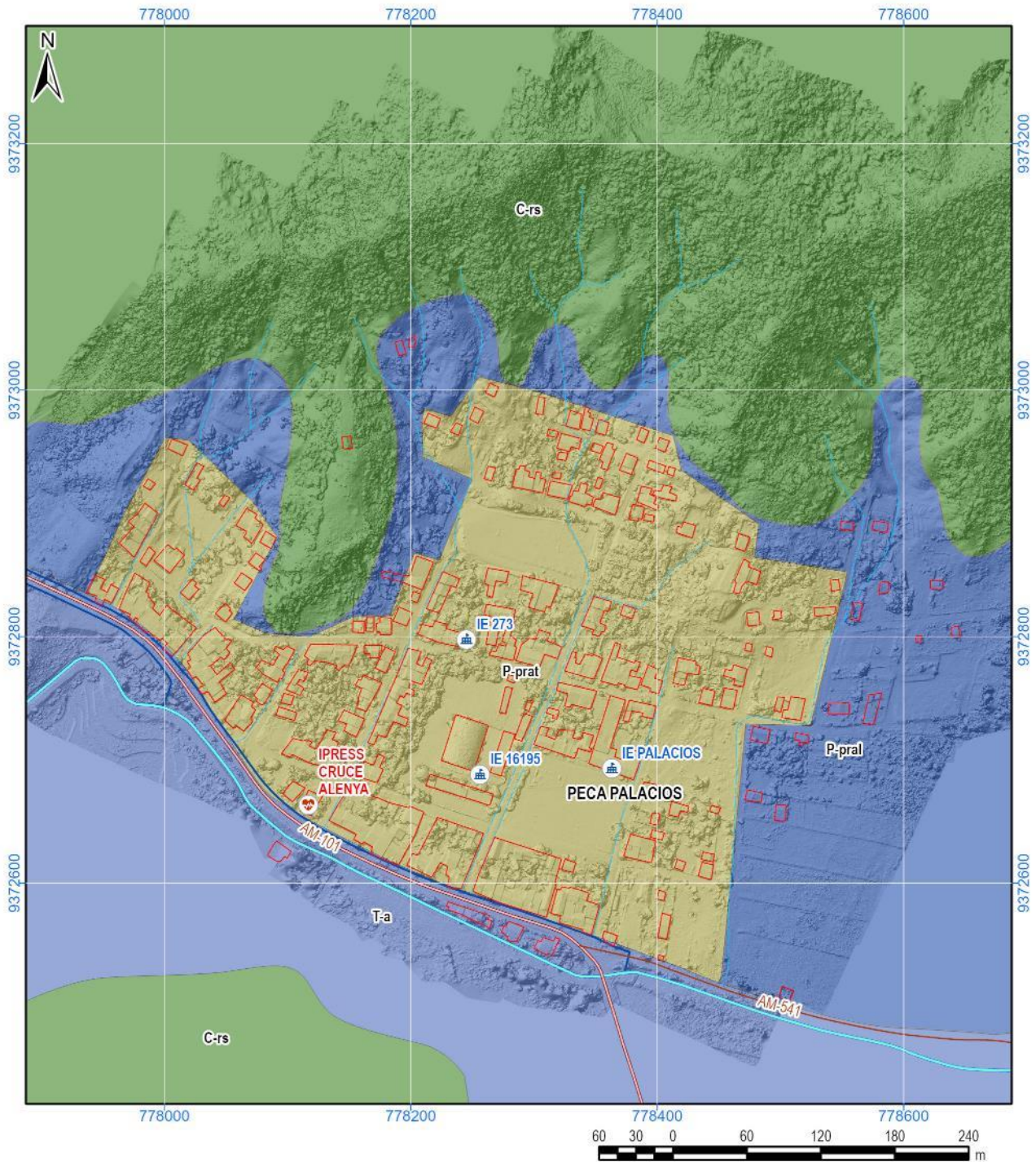
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE PECA PALACIOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Establecimiento de salud
	Viviendas e infraestructuras
	Via departamental asfaltada
	Via vecinal afirmada
	Drenaje sin recubrimiento
	Cuneta
	Canal de regadío

LEYENDA	
	<1°: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°: Terreno muy escarpado

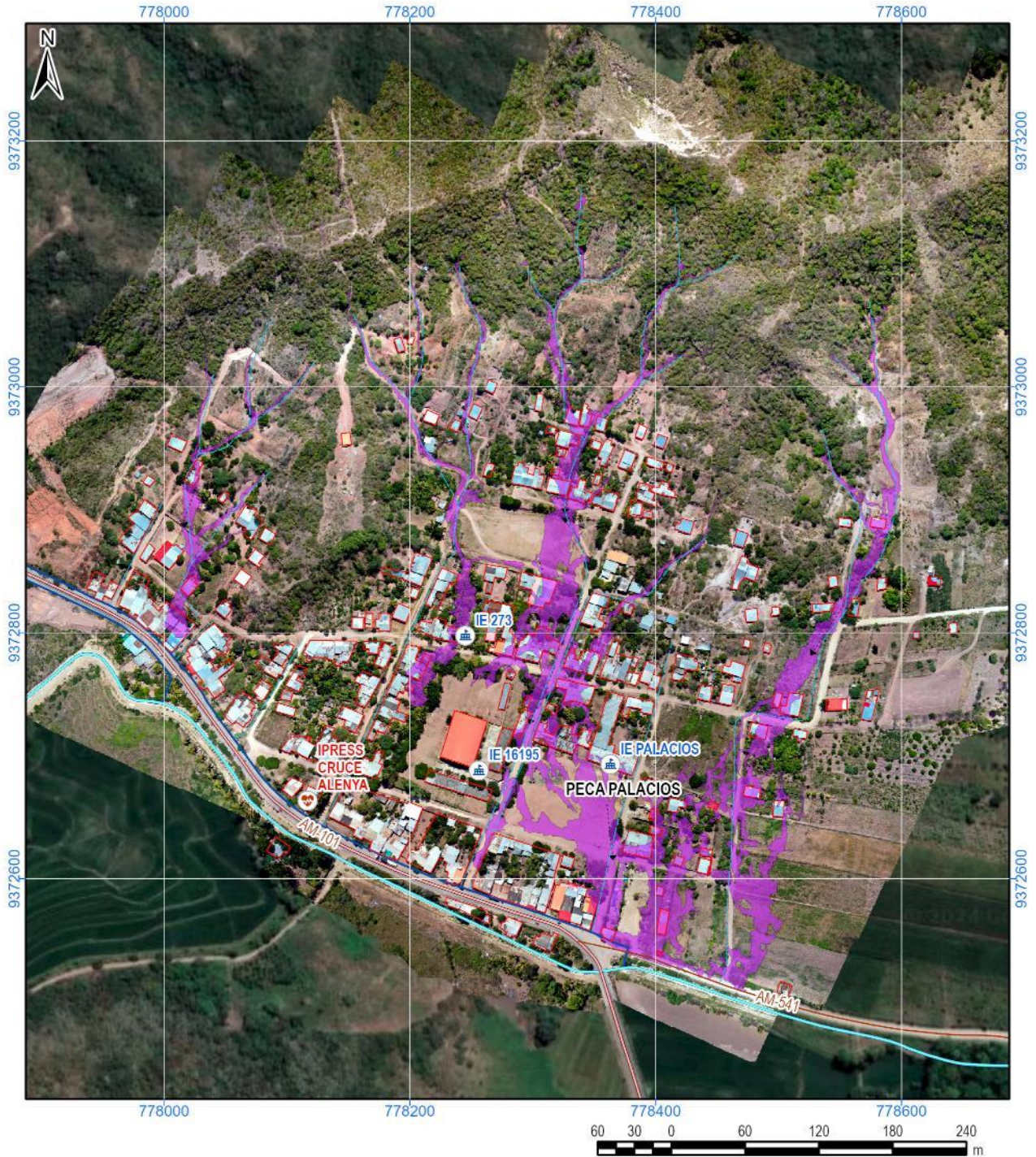
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA		
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD DE PECA PALACIOS		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Establecimiento de salud
	Viviendas e infraestructuras
	Vía departamental asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Drenaje sin recubrimiento
	Cuneta
	Canal de regadío

LEYENDA	
	C-rs: Colina en roca sedimentaria
	P-pral: Piedemonte proluvial
	P-prat: Piedemonte proluvial antropizado
	T-a: Terraza aluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE PECCA PALACIOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2024
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Institución educativa
	Establecimiento de salud
	Viviendas e infraestructuras
	Vía departamental asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Drenaje sin recubrimiento
	Cuneta
	Canal de regadío
	Dirección de movimiento inactivo

LEYENDA	
	Flujo de lodo inactivo latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BAGUA - BAGUA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE PECA PALACIOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2024
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para flujos de lodo

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los flujos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 12). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

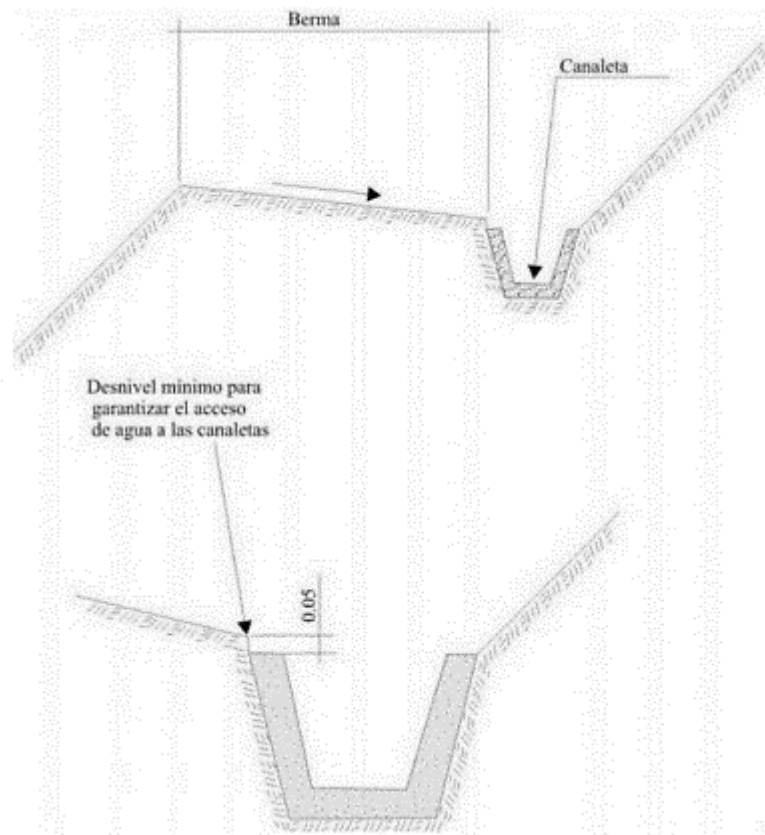


Figura 12. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).