

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7473

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LOS SECTORES DE SAN LUIS ALTO Y LOS LIBERTADORES

Departamento Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Bagua Grande



ENERO
2024

***EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LOS
SECTORES DE SAN LUIS ALTO Y LOS LIBERTADORES***

Distrito Bagua Grande

Provincia Utcubamba

Departamento Amazonas

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

Equipo de investigación:

*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 deslizamiento en los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, distrito Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7473, 41p.

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. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Celendín	11
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	14
4.2. Pendiente del terreno.....	16
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	17
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	17
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	17
4.3.3. Geoformas particulares	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	19
5.1. Deslizamiento del sector San Luis Alto	20
5.1.1. Análisis longitudinal.....	22
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	22
5.2. Deslizamiento del sector Los Libertadores.....	23
5.2.1. Análisis longitudinal.....	24
5.2.2. Características visuales y morfométricas.....	25
5.3. Deslizamiento entre las calles San Martín y Jr. Unión.....	26
5.4. Erosión de laderas	27
6. CONCLUSIONES.....	29
7. RECOMENDACIONES.....	31
8. BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXO 1. MAPAS.....	33
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	41

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente documento es el resultado de la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa, tipo deslizamientos, ocurridos en los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, distrito Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.

En el contexto litológico, en la zona de estudio afloran depósitos coluvio deluviales compuestos por arcillas y limos de alta plasticidad, que cubren al basamento rocoso local, compuesto por calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín.

Geomorfológicamente los sectores evaluados conforman terrenos con vertientes coluvio deluviales y vertientes con depósito de deslizamiento, de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°).

El deslizamiento San Luis Alto abarca un área de 1.5 ha, pose un volumen aproximado de 142 785 m³, su escarpe principal tiene una longitud de 132 m y un salto vertical principal de 1 a 3m. Este deslizamiento afectó 100 m de una vía local y 5 viviendas. Además, podría afectar 5 viviendas que se ubican muy cerca.

El deslizamiento Los Libertadores abarca un área de 0.13 ha y un volumen aproximado de 6 817 m³. Su escarpe principal tiene una longitud de 42 m y un salto vertical de 3 a 5m. Este deslizamiento afectó una vía local y 1 vivienda. Además, podría afectar 5 viviendas ubicadas muy cerca.

El factor detonante de ambos los movimientos en masa fueron las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las que se generaron el 2 y el 16 de marzo del 2022, que alcanzaron 39.5 mm/día, en la estación El Pintor (Utcubamba).

Por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, los terrenos impactados por deslizamiento en los sectores San Luis Alto (entre las calles Mama Ocllo y Melchor Laura) y Los Libertadores (prolongación de la calle Manguchal), se considera a los sectores como de **Peligro Muy Alto** ante movimientos en masa. Por otro lado, las laderas de las colinas que vienen siendo habilitadas para expansión urbana, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como de **Peligro Alto** ante erosión de laderas y por consiguiente no apto para asentamiento de viviendas.

Finalmente, en este informe se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la reubicación de las viviendas inhabitables, construir drenajes pluviales impermeabilizados, monitorear la actividad de los movimientos en masa, reforestar las laderas, capacitar a la población en GRD y elaborar un estudio EVAR a fin de determinar medidas de control complementarias al presente informe.

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)”. De esta manera contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Provincial de Utcubamba Oficio N° 202-2023-MPU/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, ante la ocurrencia de movimientos en masa, a cargo de los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, el día 11 de diciembre del 2023.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de 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; y para la etapa final de gabinete se realizó 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.

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional de Amazonas, Municipalidad Provincial de Utcubamba 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, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa, de los sectores San Luis Alto y Los Libertadores, distrito Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Boletín N° 56 Serie A, “Bagua Grande (12-g), Jumbilla (12-h), Lonya Grande (13-h)” (Sánchez Fernández, 1995) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:100 000; describiendo en la zona calizas nodulares, margas y areniscas calcáreas de la Formación Celendín. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, (Ingemmet, versión 2021) por detalle, se reafirma la presencia de calizas y lutitas de la Formación Celendín.
- El Boletín N° 39 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Amazonas (Medina Allca et al., 2009) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores se sitúa en una zona de susceptibilidad de **alta a muy alta** ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas evaluadas corresponden a los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, jurisdicción del distrito de Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1 (San Luis Alto) y tabla 2 (Los Libertadores), además se muestran las coordenadas de referencia del evento evaluado.

Tabla 1. Coordenadas de la zona evaluada, sector de San Luis Alto.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	784960	9361745	-5.768477	-78.427040
2	784960	9361235	-5.773086	-78.427025
3	784480	9361235	-5.773105	-78.431351
4	784480	9361745	-5.768497	-78.431374
Coordenada central de los peligros identificados				
Deslizamiento San Luis Alto	784731	9361453	-5.771127	-78.429092

Tabla 2. Coordenadas de la zona evaluada, sector de Los Libertadores.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
5	783080	9362205	-5.764396	-78.444023
6	783080	9361695	-5.769005	-78.444008
7	782600	9361695	-5.769024	-78.448334
8	782600	9362205	-5.764415	-78.448357
Coordenada central de los peligros identificados				
Deslizamiento Los Libertadores	782918	9361992	-5.766332	-78.445480

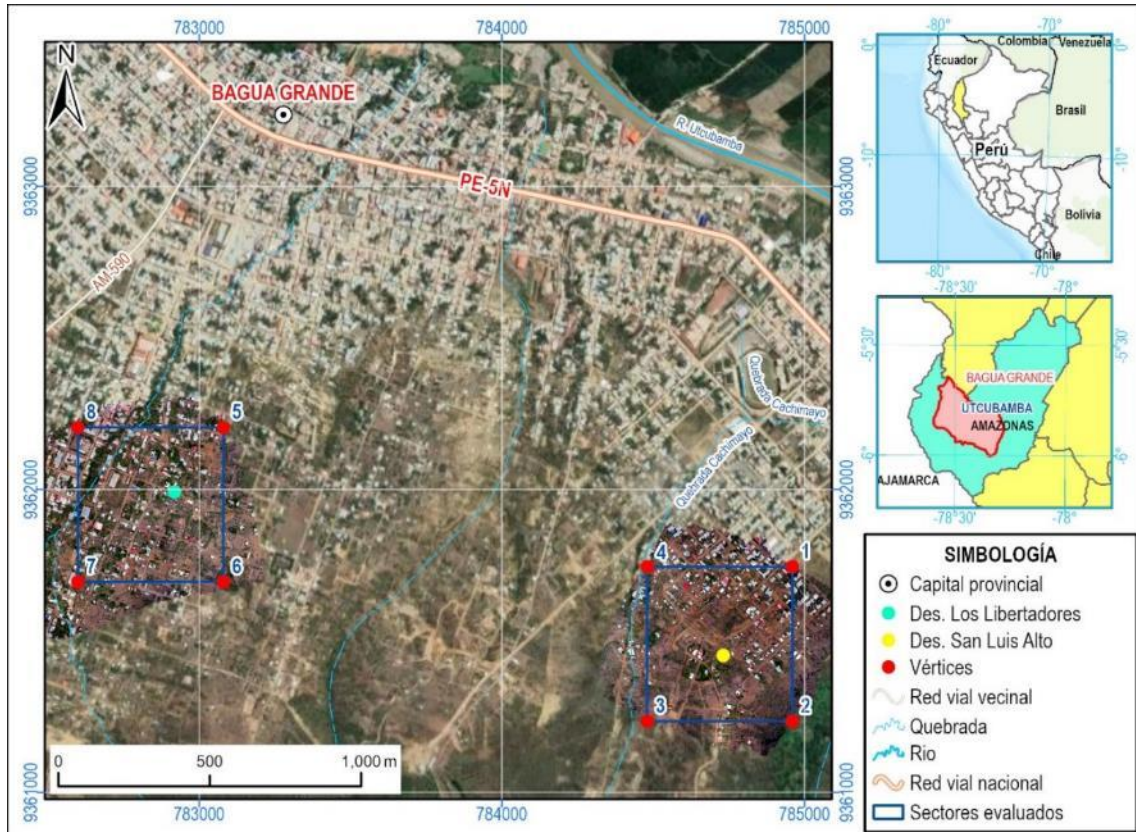


Figura 1. Ubicación de la zona evaluada de San Luis Alto y Los Libertadores.

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la ciudad de Bagua Grande, tiene una población de 32 519 habitantes, distribuidos en 11 631 viviendas, con acceso a red pública energía eléctrica, agua potable y desagüe.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de la ciudad de Chachapoyas se realiza a través de las vías asfaltadas PE-08B, PE-08C y PE-5N, como se detalla en la siguiente ruta (tabla 3, figura 2):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Chachapoyas – Ciudad de Bagua Grande	Asfaltada	120	2 horas y 30 minutos

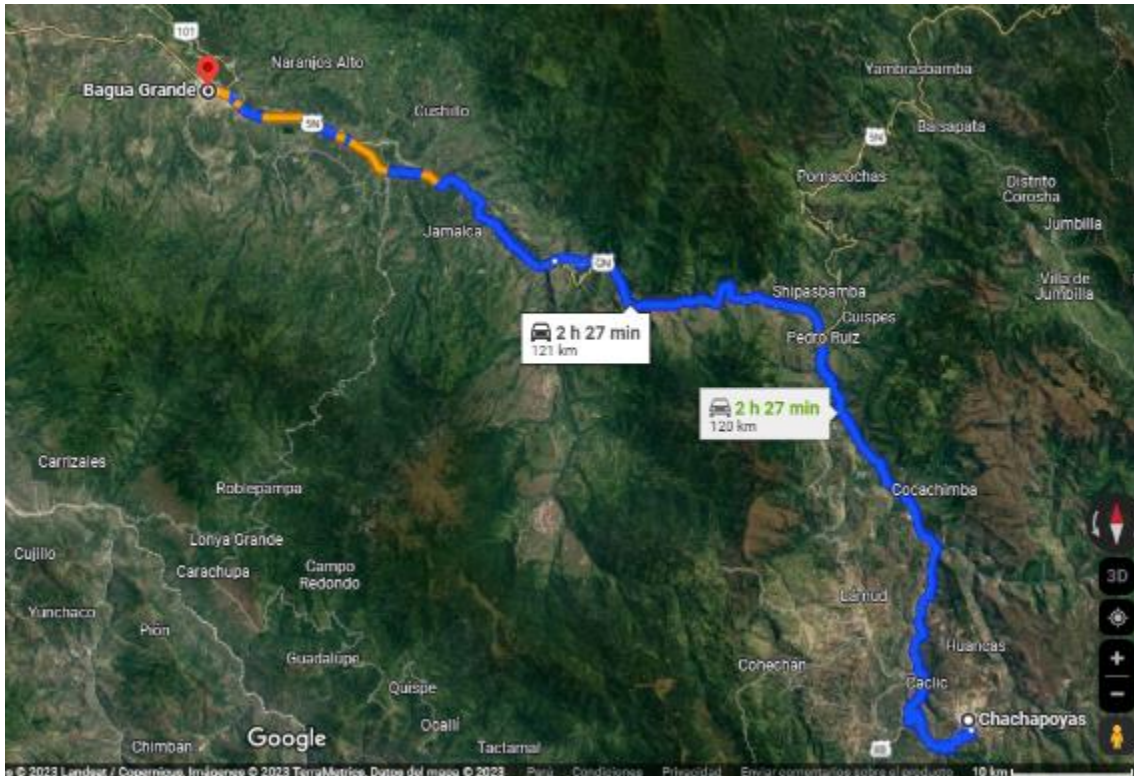


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta la ciudad de Bagua Grande.
Fuente: Google Maps.

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 1200 mm.

Entre los años 2019-2023, en el mes de marzo (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 39.5 mm/día (figura 3) considerados para la provincia de Utcubamba por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

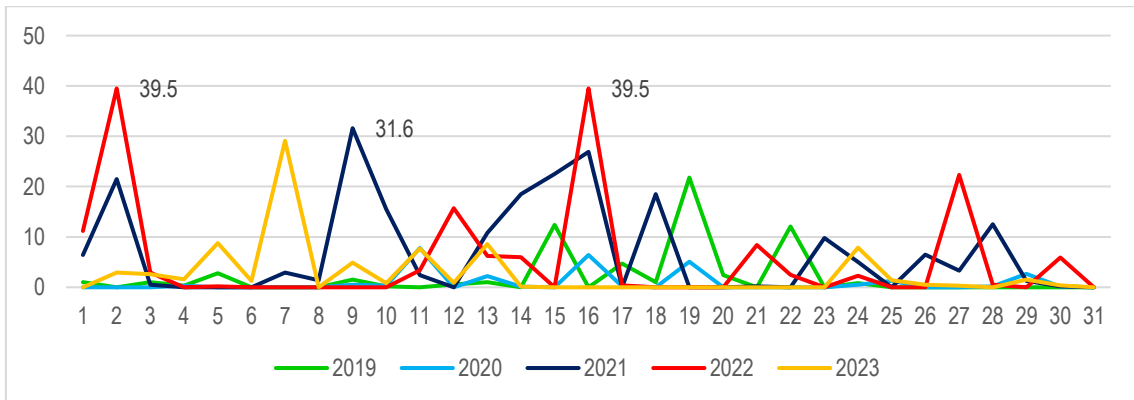


Figura 3. Precipitación diaria del mes de marzo entre los años 2017-2023, en la Estación El Pintor, Utcubamba (Amazonas). **Fuente:** Senamhi.

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, 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.

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.

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.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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 contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas 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 al Boletín N° 56 Serie A, “Bagua Grande (12-g), Jumbilla (12-h), Lonya Grande (13-h)” (Sánchez Fernández, 1995), como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2022 (Ingemmet, 2022); los cuales se complementaron con trabajos 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 y 5).

3.1. Unidades litoestratigráficas

En la zona de San Luis Alto y Los Libertadores se ha identificado a las calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín como basamento rocoso, mientras que los suelos superficiales corresponden a acumulaciones de suelos coluvio deluviales y antrópicos.

3.1.1. Formación Celendín

Corresponde a lutitas y limolitas grises verdes, a veces se encuentra abigarradas, con intercalaciones de caliza delgadas grises; en los sectores evaluados se encuentra muy fracturada y altamente meteorizada, debido a los diversos episodios de tectónica local, también es común encontrar fracturas rellenas de yeso cristalizado.

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es débil, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial del bloque de roca intacta (cuadro 1) de entre 5 a 25 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 19 a 29 (figura 4).



Fotografía 1. Vista de estratos sub verticales de areniscas cuarzosas de la Formación Chimú al norte del área evaluada. Coordenadas, E: 782912 y N: 9361976.

Cuadro 1. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial. **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

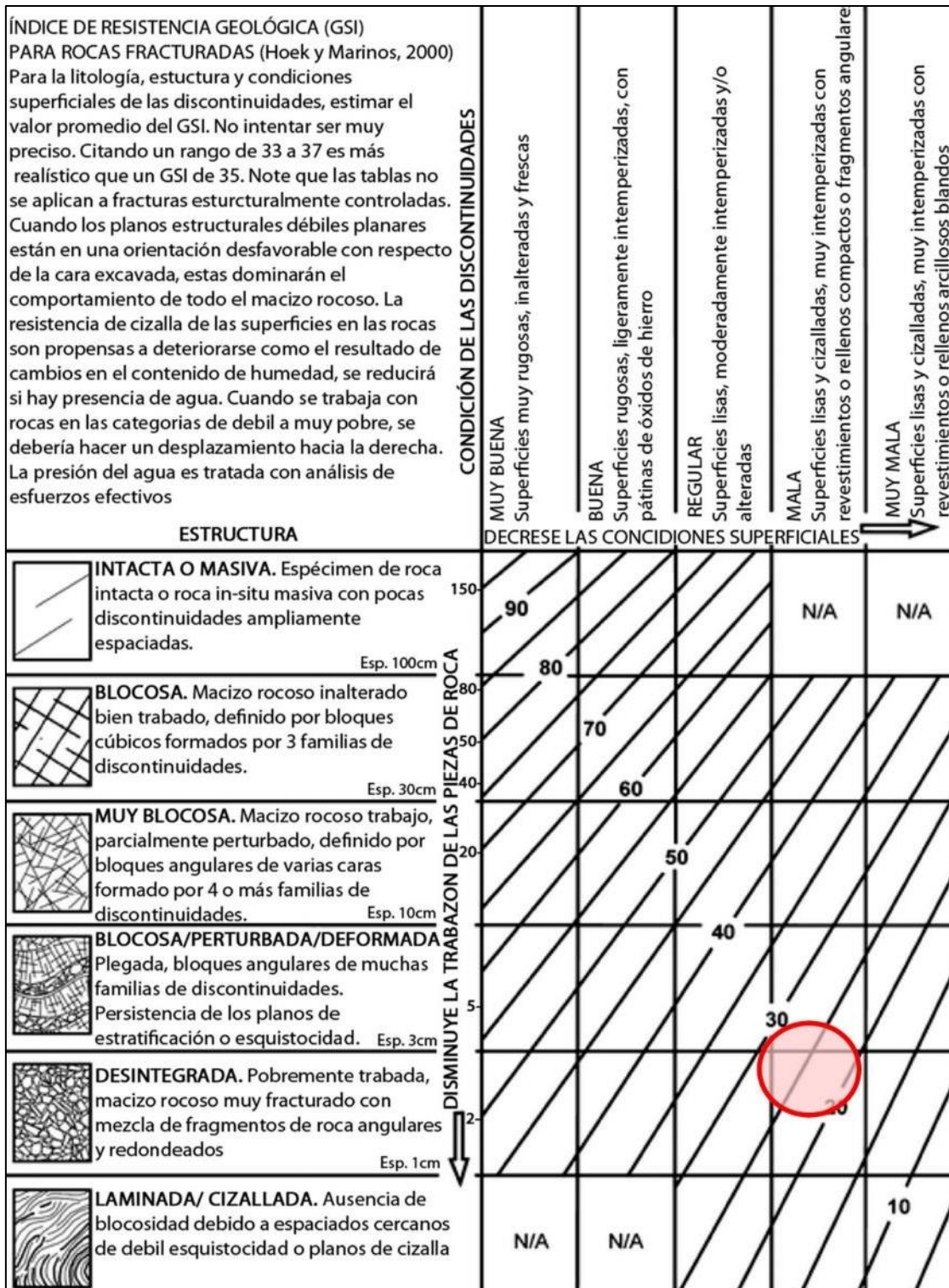


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades del macizo rocoso de la Formación Chimú, GSI promedio de entre 19 a 19. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial 1 (Q-cd1)

Corresponde a la capa superficial de suelos ubicados en las partes altas de las colinas de la zona, donde el continuo proceso de meteorización y erosión del macizo rocoso hace que se forme un suelo regolito con mayor contenido de fragmentos autóctonos de la zona (fotografía 2); estos suelos se encuentran poco compactados y son susceptibles a procesos de remoción en masa en caso cambien las condiciones de estabilidad (cortes para taludes, cargas estáticas en las partes altas, sobresaturación).



Fotografía 2. Cubierto de suelos coluvio deluviales en el sector de Los Libertadores. Coordenadas, E: 782894; N: 9361984.

Depósito coluvio deluvial 2 (Q-cd2)

Estos depósitos corresponden a suelos transportados recientemente por procesos de remoción en masa como deslizamientos o derrumbes (fotografía 3 y tabla 4), son suelos sueltos de composición arcillo limosos de alta plasticidad con bloques y cantos sub angulosos a sub redondeados.



Fotografía 3. Suelos coluvio deluviales recientes, con bloques y cantos sub redondeados en una matriz de arcillas y limos de alta plasticidad.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Coordenadas:** E: 784701, N: 9361483.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
	Eluvial		Lacustre	3	Bolos		Redondeado
X	Deluvial		Marino	7	Cantos	X	Sub redondeado
X	Coluvial		Eólico	5	Gravas		Anguloso
	Aluvial		Orgánico	5	Gránulos		Sub anguloso
	Fluvial		Artificial	10	Arenas		
	Proluvial		Litoral	25	Limos		
	Glaciar		Fluvio glaciar	45	Arcillas		

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
X	Alta plasticidad		Masiva	X	Harinoso		Materia orgánica		Intrusivos
	Med. plasticidad	X	Estratificada		Arenoso	X	Carbonatos		Volcánicos
	Baja plasticidad		Lenticular		Áspero		Sulfatos		Metamórficos
	No plástico							X	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
	Blanda	Suelta	Suelta	GP	SP	CL	X CH
X	Compacta	Densa	Med. consolidada	GM	SM	OL	OH
	Dura	Muy Densa	Consolidada	GC	SC	PT	
			Muy consolidada				

Depósito antrópico (Q-an)

Este depósito se ubica en la parte baja de la montaña, donde los suelos coluvio deluviales han sido alterados recientemente por un deslizamiento; su composición es de arenas y limos con bloques y cantos de areniscas.

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 junio del 2023 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)

Los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores presenta elevaciones que van desde los 500 m hasta los 600 m, en los cuales se distinguen 5 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 520 y 560 m, con pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman vertientes coluvio deluviales conformados por suelos de arcillas y limos de alta plasticidad.

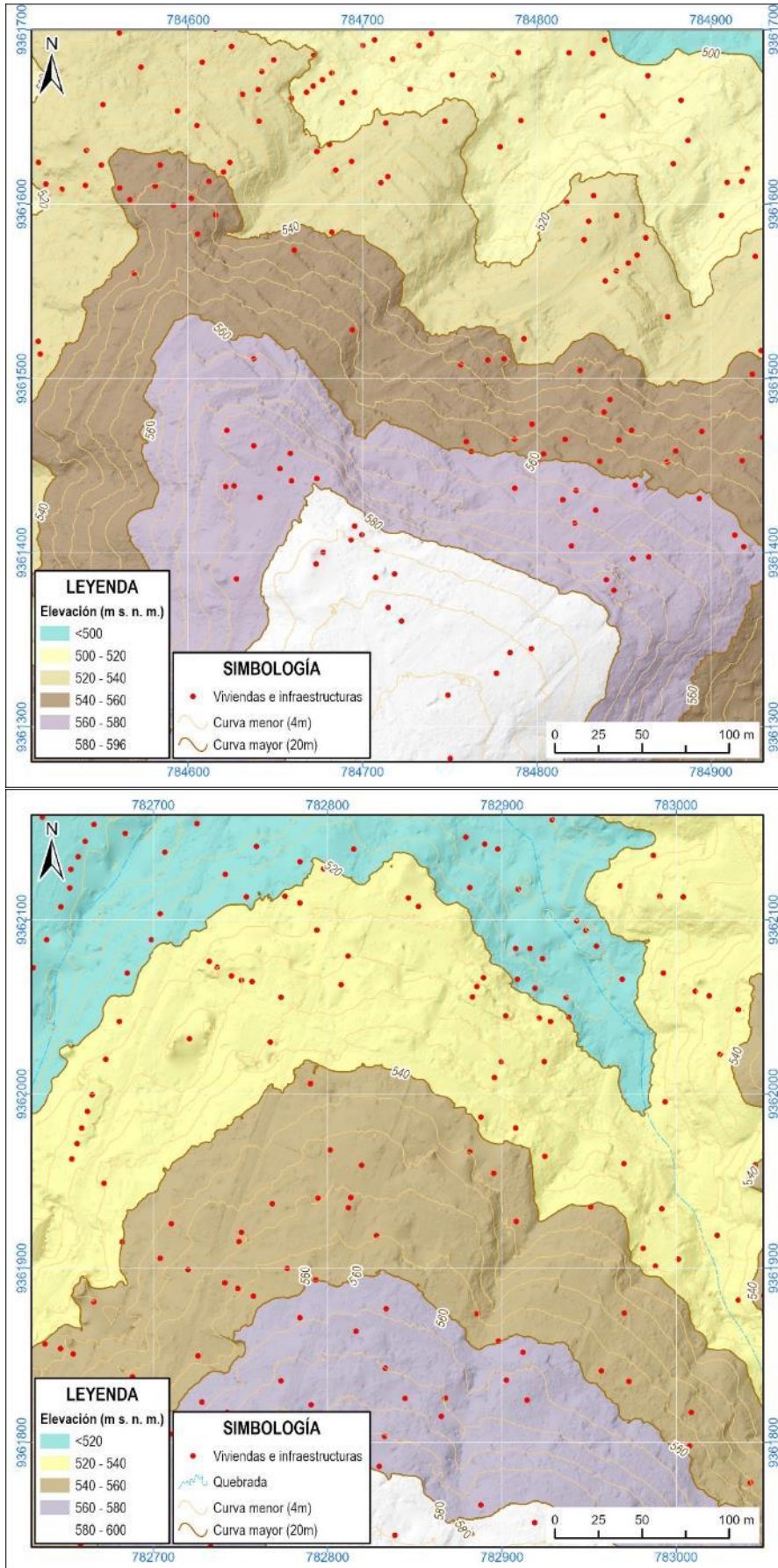


Figura 5. MDE de los sectores San Luis Alto (arriba) y Los Libertadores (abajo).

4.2. Pendiente del terreno

Los sectores evaluados presentan pendientes que van de terrenos de baja pendiente ($<5^\circ$) en las partes altas y bajas de las colinas, a terrenos de pendiente fuerte a muy fuerte (15 a 45°) en las laderas de las colinas (figura 6; mapa 2 y 6).

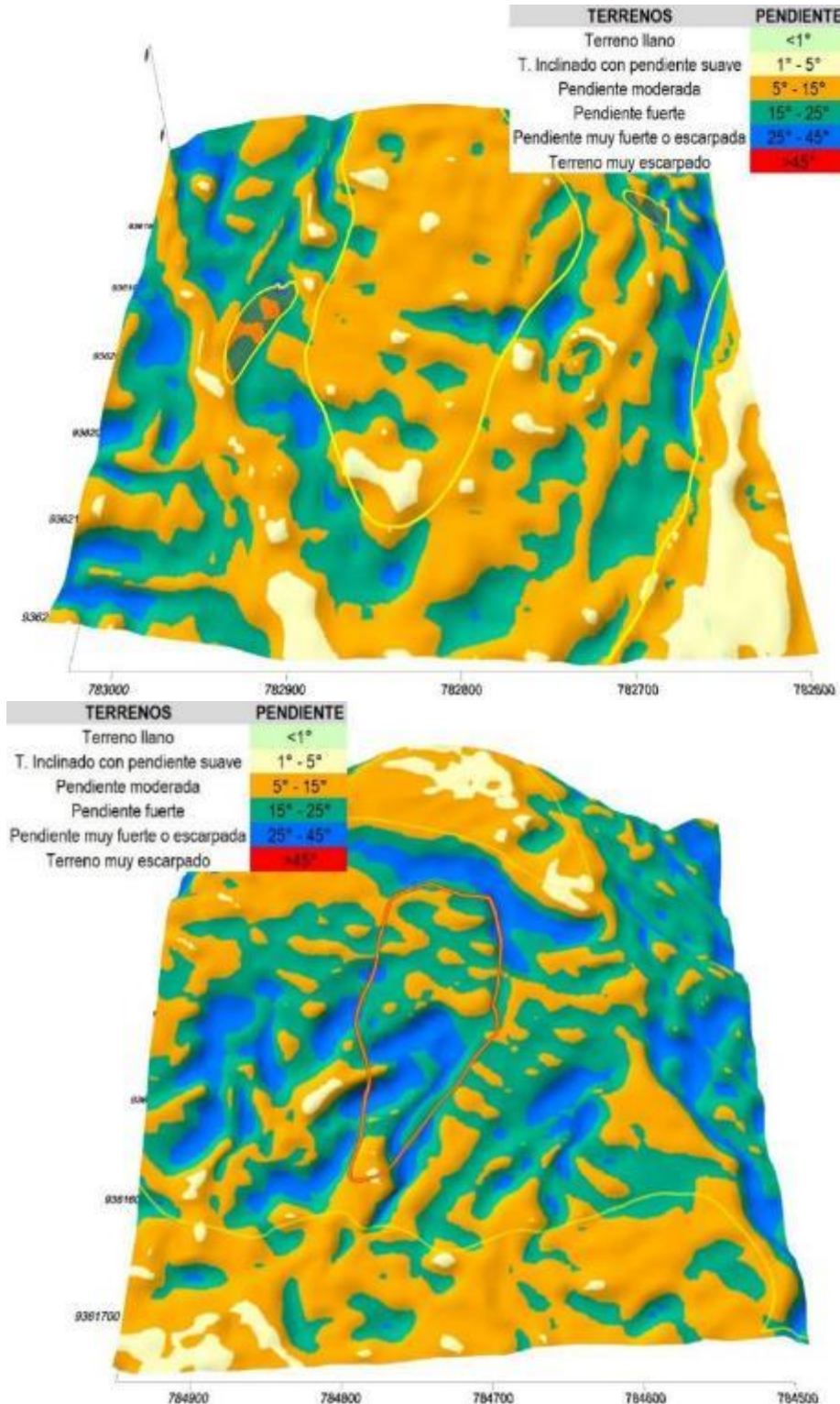


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes de los sectores de San Luis Alto (arriba) y Los Libertadores (abajo); los movimientos en masa están delimitados en línea amarilla.

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 (vertiente coluvio deluvial, vertiente coluvial de detritos, vertiente con depósito de deslizamiento); se grafican en la figura 7 y en los mapas 3 y 7.

4.3.1. Geoformas 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

Estas geoformas 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 (Villota, 2005).

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

Son terrenos que se ubican al noreste de la zona, correspondiendo a las partes más altas de la zona, muestran relieves rocosos con escasa vegetación, con drenajes sin controles estructurales distinguibles.

4.3.2. Geoformas 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 o vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Corresponde a los terrenos moldeados por deslizamientos, donde los materiales en remoción no han sido transportados muy lejos y, muchas veces, conservan la morfología original.

- **Subunidad de piedemonte o vertiente coluvio deluvial (V-cd)**

Son terrenos donde los materiales han sido transportados por acción de la gravedad y de corrientes torrenciales, mostrando terrenos con acumulación de suelos con mayor transporte y disturbación.

4.3.3. Geformas particulares

- Subunidad de depósito antrópico (Dan)

Son los terrenos que han sufrido modelamiento por acción del hombre, con rellenos de diversos materiales para la conformación de cimientos para viviendas, vías y demás infraestructuras.



Figura 7. Geformas cartografiadas en los sectores de San Luis Alto (arriba) y Los Libertadores (abajo) donde se distingue colina en roca sedimentaria (C-rs), vertiente coluvio deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores se ubican en colinas con laderas de pendiente fuerte a muy fuerte, conformadas por calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas, cubiertas por suelos coluvio deluviales sueltos; muy susceptibles a movimientos en masa (figura 8) en general, estas laderas son sujetas a erosión de laderas (surcos), siendo una de las causas la deforestación que han sufrido el terreno para habilitación urbana; también se han reportado deslizamientos y derrumbes, siendo sus causas la sobresaturación del terrenos y cortes de talud inadecuados.

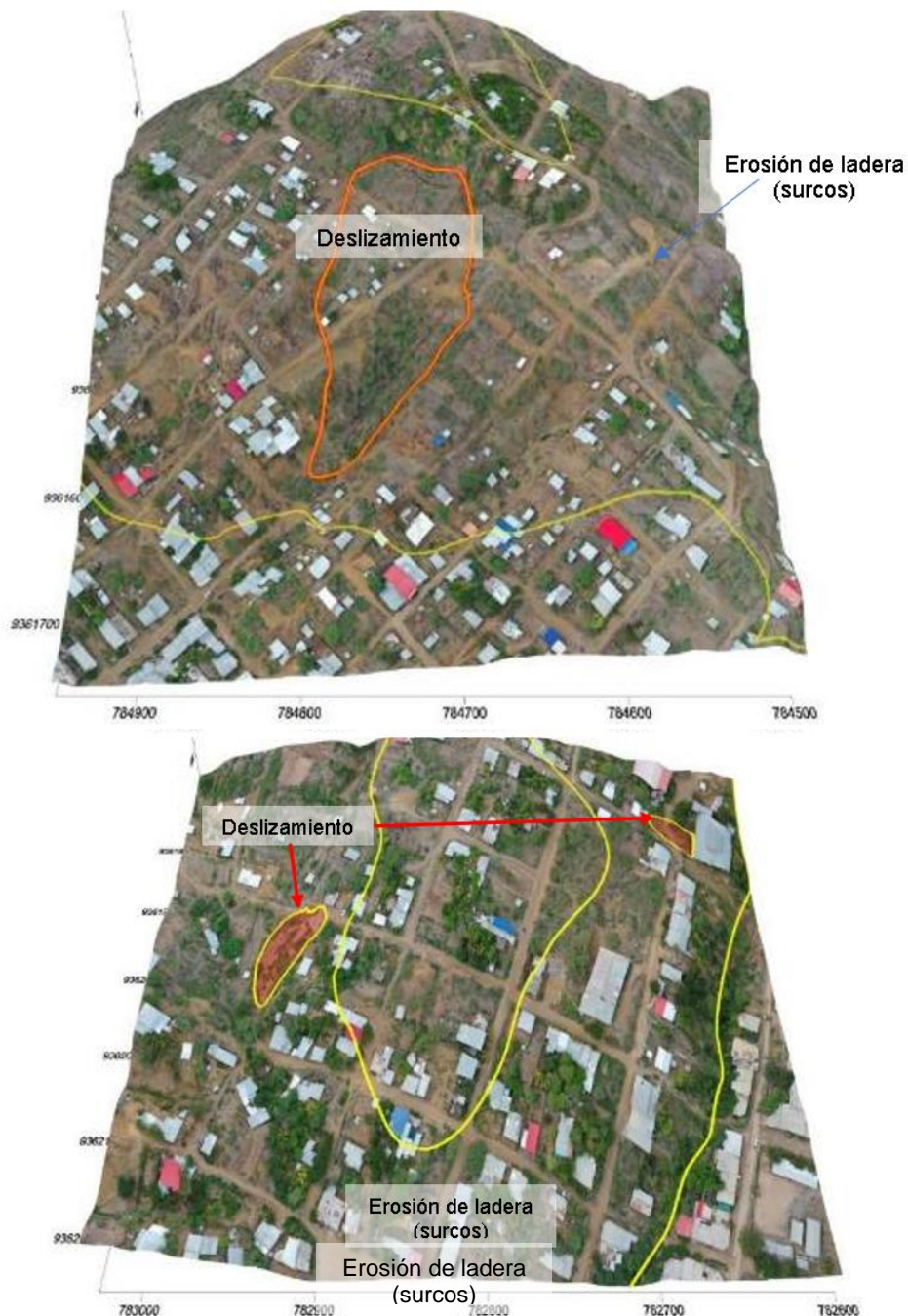


Figura 8. Modelo 3D de los sectores de San Luis Alto (arriba) y Los Libertadores (abajo), los movimientos en masa están delimitados en línea amarilla y naranja.

5.1. Deslizamiento del sector San Luis Alto

Este sector se encuentra entre las calles Mama Ocllo y Melchor Laura.

Corresponde a un deslizamiento rotacional activo, ubicado en la parte alta de una colina con ladera de pendiente fuerte a muy fuerte, donde se tienen suelos sueltos de origen coluvio deluvial.

El movimiento ladera abajo (deslizamiento) se debe a la sobresaturación del terreno provocada por la falta de un drenaje superficial adecuado, además la falta de vegetación, que impida la erosión de los suelos y los cortes de ladera inadecuados realizados para trazo de vías, como también para la construcción de viviendas.

Este movimiento afectó viviendas construidas recientemente en el sector y su carácter retrogresivo del movimiento puede afectar las viviendas ubicadas en la parte posterior del escarpe (figura 9).



Figura 9. Vista de la parte alta (arriba) y baja (abajo) del deslizamiento de San Luis Alto, el cuerpo del deslizamiento está delimitada en línea amarilla y los agrietamientos secundarios en línea roja.

El deslizamiento se ha producido en suelos recientes sin una compactación adecuada, además, no se han aplicado medidas de control durante el desarrollo de la urbanización; este proceso, tiene menos de 20 años (figura 10).



Figura 10. Vista del sector de San Luis Alto, previo a la habilitación urbana en mayo del 2006, el cuerpo del deslizamiento actual está demarcado en amarillo. Fuente: Google Earth.

El último evento de reactivación se ha producido en marzo del 2022 y causó la interrupción total del tramo de vía local (fotografía 4), además afectó viviendas en la parte baja, donde se aprecian agrietamientos; también se ha reportado agrietamientos menores durante la temporada de lluvias del 2023, en menor magnitud.



Fotografía 4. Escarpe principal del deslizamiento San Luis Alto durante la etapa de campo, en el fondo se aprecia el casco urbano de Bagua Brande.

5.1.1. Análisis longitudinal

En el perfil A-A' (figura 11) se muestra la distribución de los materiales geológicos en el deslizamiento de San Luis Alto, señalando el escarpe y agrietamientos del mismo, además de la ubicación de viviendas y la vía expuestas.

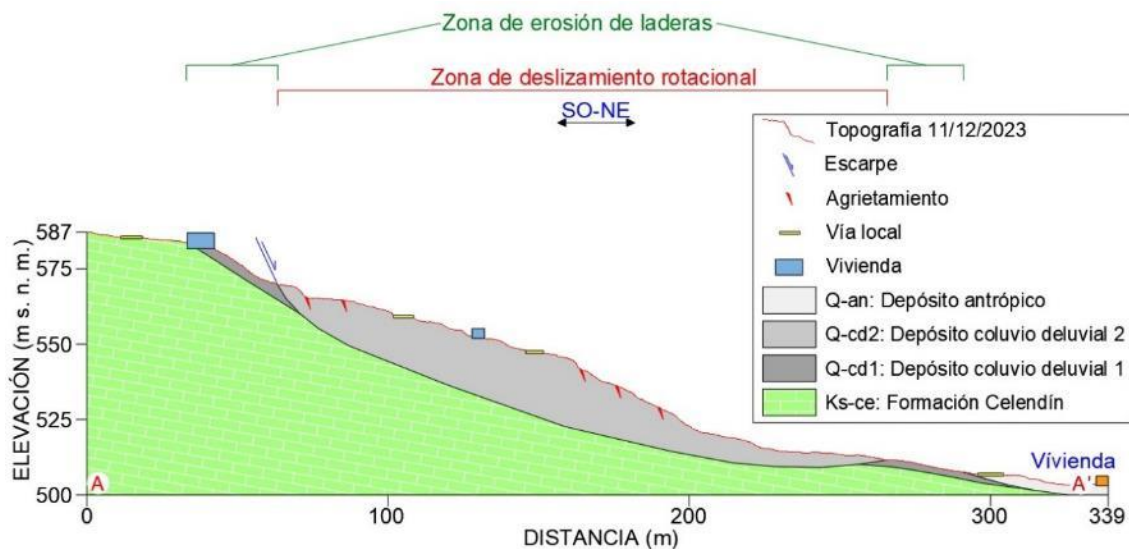


Figura 11. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos del deslizamiento de San Luis Alto.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Moderado (pocos centímetros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Composición del depósito: arcillas y limos (70%) de alta plasticidad de origen coluvio deluvial (tabla 4); que cubren a calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín.

Morfometría del deslizamiento de San Luis Alto

- Área: 14 885 m² (1.5 ha).
- Volumen: 142 785 m³ (0.1 hm³).
- Perímetro: 512 m
- Diferencia de alturas del movimiento: 59 m
- Desplazamiento horizontal: 202 m.
- Ancho de la superficie de falla: 108 m
- Pendiente promedio: 16.3°
- Dirección del movimiento: N26° (SO-NE)
- Longitud de escarpe principal: 132 m.
- Salto principal: 1-3 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos coluvio deluvial de arcillas y limos de alta plasticidad que cubren las calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín. Son de fácil remoción.

- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geformas de vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a movimientos en masa. Permite que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo.

Factores antrópicos

- Deforestación de laderas.
- Corte de taludes para trazado de vías y habilitación urbana. Inestabiliza la ladera, donde la ladera busca su perfil de equilibrio.
- Ausencia de drenajes adecuados en los terrenos y vías locales. Lo que permite que el agua proveniente de la lluvia sature al terreno.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas los días 2 y 16 de marzo del 2022 de 39.5 mm/día, en la estación El Pintor, Utcubamba (Amazonas) (figura 3).

La infiltración de agua llega a saturar al terreno inestable, a un aumento de su peso, por estar en la ladera con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), permite que la masa inestable, pierda cohesión y se desplace cuesta abajo.

Daños ocasionados

- 100 de vía intransitables.
- 5 viviendas afectadas.
- 5 viviendas aledañas que pueden ser afectadas.

5.2. Deslizamiento del sector Los Libertadores

Corresponde a un movimiento en masa ubicado en la parte media de una ladera de colina con escasa vegetación y pendiente de fuerte a muy fuerte, solo ha afectado a una vivienda y parte de la calle Manguchal (figura 12), sin embargo, podría afectar a viviendas aledañas y causar el colapso de la vivienda ubicada detrás de la corona del deslizamiento (figura 13), en caso no se tomasen medidas de control adecuadas.



Figura 12. Vista del cuerpo del deslizamiento Los Libertadores (delimitado en línea amarilla), donde se muestran cortes para habilitación urbana y viviendas cercanas en peligro.



Figura 13. Agrietamientos en una vivienda ubicada detrás de la corona del deslizamiento Los Libertadores. Coordenadas, E: 782911; N: 9361983.

En la figura 14 se muestra como la ladera no había sufrido movimientos en masa mientras no se realizaban trabajos de habilitación urbana (cortes para viviendas y para trazado de vías).



Figura 14. Vista del sector Los Libertadores, previo a la habilitación urbana en mayo del 2006, el cuerpo del deslizamiento actual está demarcado en amarillo. Fuente: Google Earth.

5.2.1. Análisis longitudinal

En el perfil B-B' (figura 11) se muestra la distribución de los materiales geológicos en el deslizamiento Los Libertadores, señalando el escarpe y la vivienda en peligro.

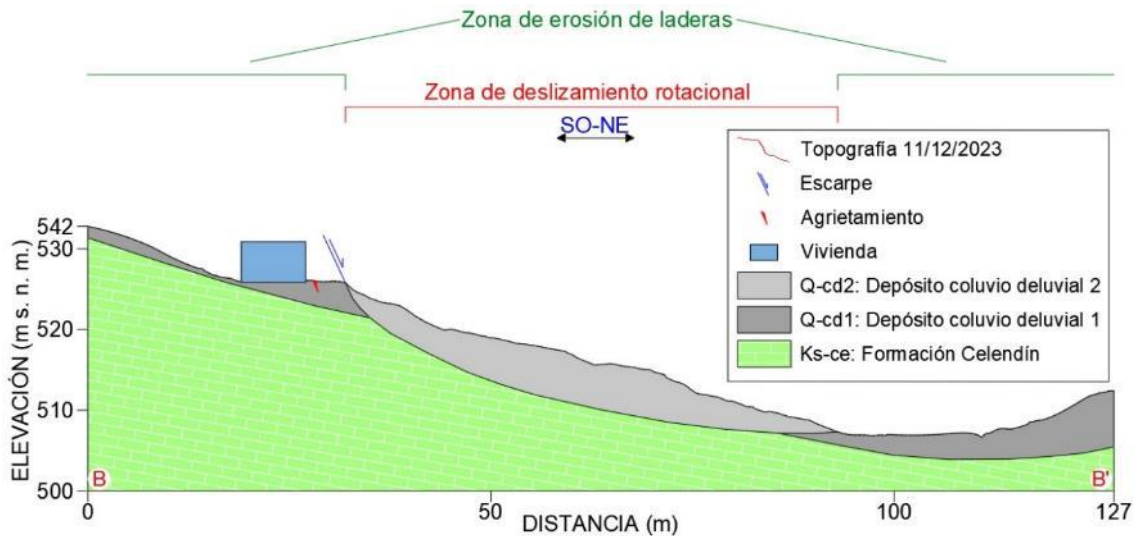


Figura 15. Perfil longitudinal B-B' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos del deslizamiento Los Libertadores.

5.2.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Moderado (pocos centímetros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Composición del depósito: arcillas y limos (80%) de alta plasticidad de origen coluvio deluvial; que cubren a calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín.

Morfometría del deslizamiento Los Libertadores

- Área: 1 297 m² (0.13 ha).
- Volumen: 6 817 m³ (0.007 hm³).
- Perímetro: 154 m
- Diferencia de alturas del movimiento: 19 m
- Desplazamiento horizontal: 62 m.
- Ancho de la superficie de falla: 24 m
- Pendiente promedio: 17°
- Dirección del movimiento: N48° (SO-NE)
- Longitud de escarpe principal: 42 m.
- Salto principal: 3-5 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos coluvio deluvial de arcillas y limos de alta plasticidad que cubren las calizas y lutitas calcáreas muy fracturas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín. Esto permite que el agua proveniente de la lluvia se infiltra fácilmente.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geformas de vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a movimientos en masa. Permite que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo.

Factores antrópicos

- Deforestación de laderas.
- Corte de taludes para trazado de vías y habilitación urbana. Inestabiliza la ladera, donde la ladera busca su perfil de equilibrio.
- Ausencia de drenajes adecuados en los terrenos y vías locales. Permite que el agua de lluvia se infiltre fácilmente en el terreno, ayuda a su saturación. La infiltración de agua llega a saturar al terreno inestable, a un aumento de su peso, por estar en la ladera con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), permite que la masa inestable, pierda cohesión y se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas los días 2 y 16 de marzo del 2022 de 39.5 mm/día, en la estación El Pintor, Utcubamba (Amazonas) (figura 3).

Daños ocasionados

- 1 viviendas afectada/inhabitable.
- 5 viviendas aledañas que pueden ser afectadas.

5.3. Deslizamiento entre las calles San Martín y Jr. Unión

Corresponde a un deslizamiento de suelos de 617 m² que se ubica entre dos coliseos, en tres las calles San Martín y Jr. Unión (figura 16), desencadenado debido a los cortes de las laderas de la colina para su habilitación urbana, actualmente solo afecta a una vía local, pero se deberán prever medidas de mitigación a fin de evitar la afectación en 2 viviendas cercanas.

Al igual que los deslizamientos más importantes (San Luis Alto y Los Libertadores), este movimiento en masa se ha producido por los materiales incompetentes de la zona, conformados por arcillas de alta plasticidad que cubren a calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín, en una ladera de pendiente de fuerte a muy fuerte que conforma una vertiente con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a remoción en masa.

La causa principal es el corte de talud, para la construcción de viviendas y trazado de una vía local, que no ha tenido un tratamiento adecuado.



Figura 16. Deslizamiento de suelos entre las calles San Martín y Jr. Unión. Coordenadas, E: 782661; N: 9361922.

5.4. Erosión de laderas (surcos)

Las colinas ubicadas al sur de la ciudad de Bagua Grande han sufrido una progresiva habilitación urbana, mostrándose su ocupación desde hace 20 años, que a la actualidad dichas laderas han sido ocupadas por viviendas e infraestructuras urbanas en casi un 50% (figura 17).

Dicha habilitación urbana, ha generado la deforestación y cortes de talud en las laderas de colinas, de mala calidad geotécnica del terreno por estar constituido por un macizo rocoso de baja resistencia y suelos sueltos de arcillas de alta plasticidad; las mismas que ante lluvias intensas y carentes de drenaje pluvial han surcado los terrenos, formándose procesos de erosión de laderas, del tipo surcos, considerados técnicamente como los precursores de los otros movimientos en masa, como los deslizamientos de San Luis Alto y Los Libertadores.

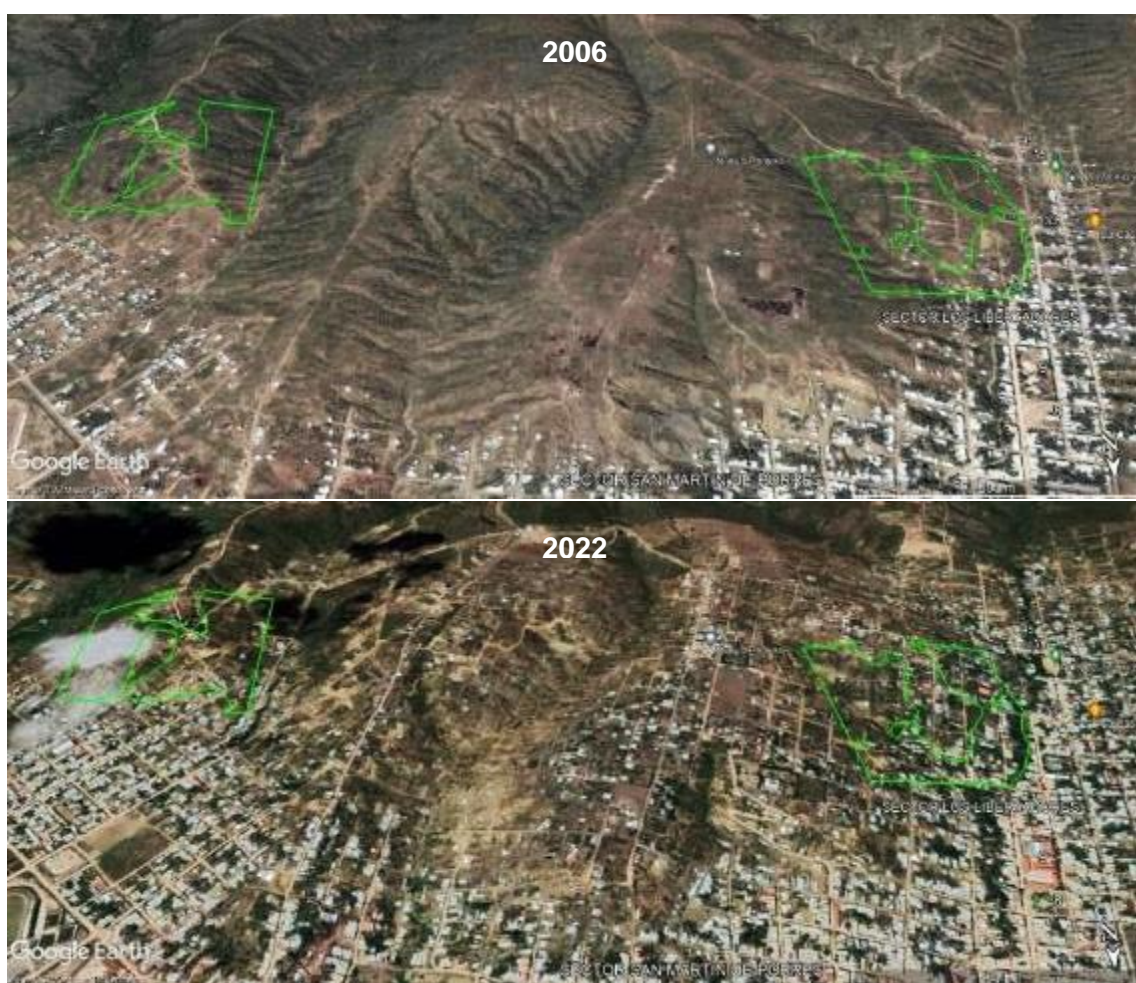


Figura 17. Imágenes satelitales que muestran las colinas de la ciudad de Bagua Grande antes de su habilitación urbana en mayo del 2006 (arriba) y en octubre del 2022 (abajo); los sectores con movimientos en masa están delimitados en verde.

En la actualidad (fotografía 5), en estas zonas de erosión de laderas, están activas y están generando un constante transporte de detritos sueltos que pueden afectar alcantarillas, vías y viviendas ubicadas, que se encuentra en la parte baja de la ciudad.

Estos procesos de no tener una medida correctiva en un futuro se profundizarán a modo de cárcavas, especialmente sobre los terrenos sin cobertura vegetal; por lo que se deben controlar con la implementación de medidas de mitigación y otras señaladas en la sección de recomendaciones.



Fotografía 5. Vista aérea con sobre vuelo de dron (11 de diciembre 2023), de colinas ocupadas con asentamiento poblacional muy susceptibles a erosión de laderas; vista de Este a Oeste desde la localidad de San Luis Alto (arriba) y de Oeste a Este desde Los Libertadores (Abajo).

6. CONCLUSIONES

En base a los trabajos realizados en campo, así como al análisis de la información geológica y de evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- a. En los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, se vienen presentando movimientos en masa tipo deslizamientos y erosión de laderas (en surcos); los cuales han afectado viviendas y vías locales.
- b. En la zona de estudio se han cartografiado depósitos coluvio deluviales antiguos y recientes, producto de varios procesos de movimientos en masa. Estos están compuestos por arcillas y limos de alta plasticidad, que cubren al basamento rocoso de calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín. Los depósitos mencionados han configurado y modelado geoformas de vertientes con depósito de deslizamiento de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), sobre las laderas de colinas al sur del casco urbano de la ciudad de Bagua Grande. En estas laderas se vienen presentando constante erosión (en surcos), debido a la deforestación y excavación para habilitación urbana reciente.
- c. El deslizamiento San Luis Alto abarca un área de 1.5 ha y un volumen aproximado de $142\,785\text{ m}^3$, cuyo escarpe principal tiene una longitud de 132 m y un salto vertical principal de 1 a 3. Este movimiento en masa afectó 100 m de una vía local y 5 viviendas, además puede afectar 5 viviendas que se encuentran muy próximas.
- d. El deslizamiento Los Libertadores abarca un área de 0.13 ha y un volumen aproximado de $6\,817\text{ m}^3$, cuyo escarpe principal tiene una longitud de 42 m y un salto vertical principal entre 3 a 5 m. Este movimiento en masa ha afectado una vía local y 1 vivienda, además puede afectar a 5 viviendas que se encuentran muy próximas.
- e. Los factores antrópicos que condicionaron la generación de los movimientos en masa, son deforestación de laderas, cortes de talud en forma inadecuada para construcción de viviendas y trazado de vías y sobresaturación de laderas por ausencia de drenaje pluvial.
- f. El factor detonante de los movimientos en masa fueron las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las que se generaron el 2 y el 16 de marzo del 2022, que alcanzaron 39.5 mm/día , en la estación El Pintor (Utcubamba).
- g. La infiltración de agua proveniente de las precipitaciones saturó el terreno inestable, generaron un aumento de su peso, lo cual sumado a su ubicación en una ladera con pendiente de 15° a 45° , permitió que la masa inestable pierda cohesión y se desplace cuesta abajo.
- h. De acuerdo al análisis en el área de impacto por deslizamiento en los sectores de San Luis Alto (entre las calles Mama Ocllo y Melchor Laura) y Los Libertadores (prolongación de la calle Manguchal), por las condiciones

geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto** ante movimientos en masa. Por otro lado, cabe señalar que las laderas de las colinas que vienen siendo habilitadas para expansión urbana, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como de **Peligro Alto** ante erosión de laderas y por consiguiente no apto para asentamiento de viviendas.

7. RECOMENDACIONES

Para San Luis Grande

- a) Reubicar las viviendas **ubicadas dentro** del cuerpo del deslizamiento San Luis Grande.
- b) Impermeabilizar las cunetas de la calle Manchugal que cruza el deslizamiento, para evitar la infiltración de aguas de escorrentía.
- c) Prohibir la construcción de nuevas viviendas en el cuerpo del deslizamiento y en sus proximidades.

Para Los Libertadores

- a) Reubicar **la vivienda** ubicada en la parte posterior de la corona del deslizamiento.
- b) Prohibir la construcción de viviendas nuevas en las laderas próximas al deslizamiento.

Para el Deslizamiento entre las calles San Martín y Jr. Unión

- a) Construir cunetas revestidas para evitar la sobresaturación del terreno.
- b) Prohibir excavaciones profundas en las laderas.

Generales

- a) Construir un sistema de drenaje pluvial adecuado e impermeabilizado (Anexo 2A – figura 18).
- d) Reforestar las laderas impactadas por el deslizamiento-flujo, con especies nativas y de raíces densas el (Anexo 2b – figura 19 y fotografía 6).
- e) Capacitar a la población en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, elaborar un plan de evacuación y ejecutar simulacros ante movimientos en masa, que contemple el recorrido a través de rutas de evacuación a zonas seguras.
- f) Monitorear la actividad de los movimientos en masa de San Luis Alto y Los Libertadores, mediante la instalación de hitos topográficos y la lectura periódica de las coordenadas de los puntos. Dicha información debe ser remitida al Ingemmet.
- g) Elaborar una evaluación de riesgos EVAR, que abarque las laderas en proceso de habilitación urbana, a fin de identificar las zonas de riesgo muy alto no mitigable donde se deberá prohibir la construcción de viviendas.
- h) Las medidas correctivas tienen que realizarse, con la finalidad que los deslizamientos identificados en San Luis Grande, Los Libertadores y entre las calles San Martín y Jr. Unión, no sigan avanzando y afectar infraestructura que se encuentra en su entorno (viviendas, vías de acceso, postes de alumbrado público, entre otros).

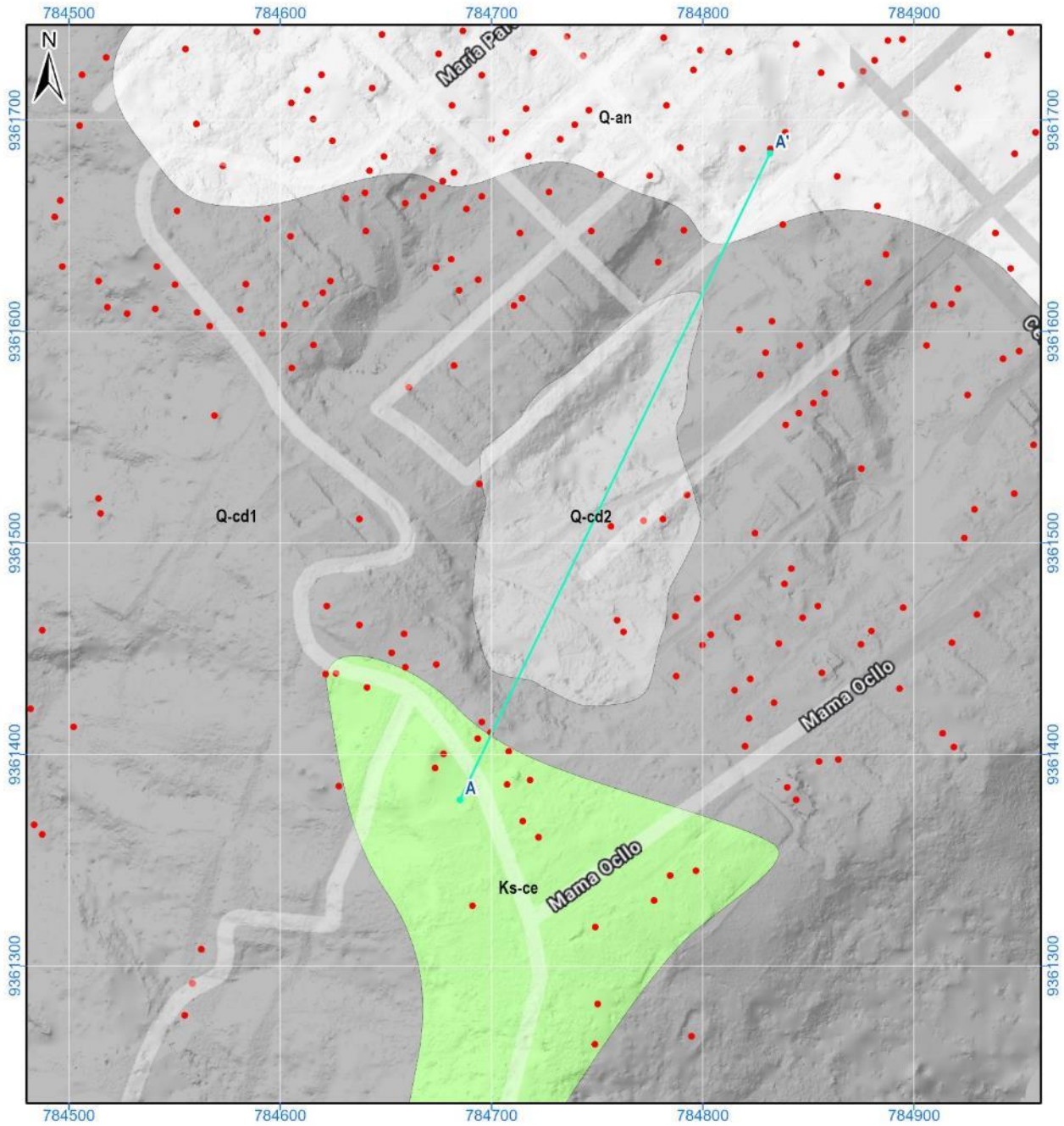

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2022*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Medina Allca, L., Vilchez Mata, M., & Dueñas Bravo, S. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.
- PMA. (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.
- 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*.
- 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.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

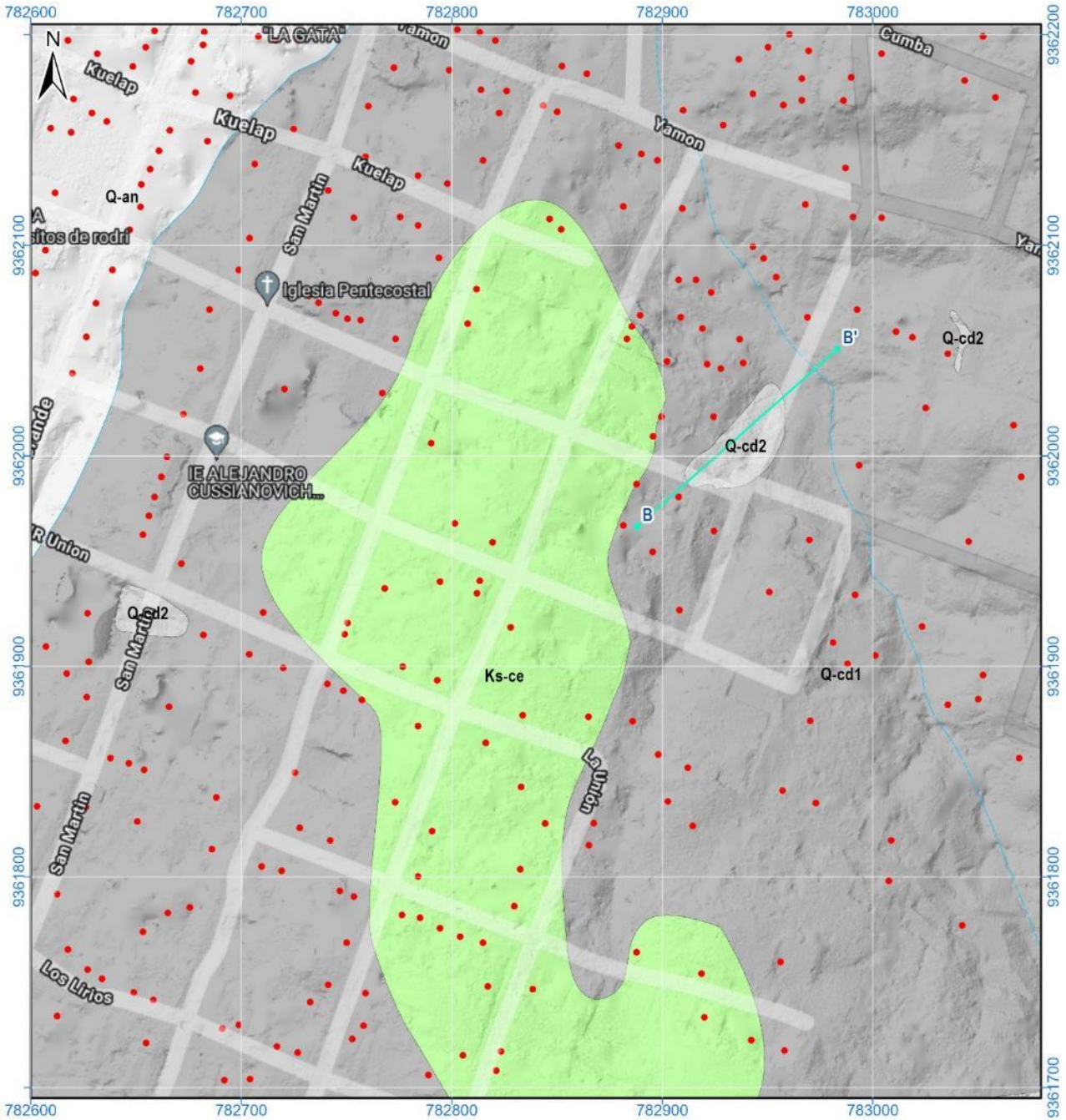
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
•	Viviendas e infraestructuras
—	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antrópico
	Q-cd2: Depósito coluvio deluvial 2
	Q-cd1: Depósito coluvio deluvial 1
	Ks-ce: Formación Celendín

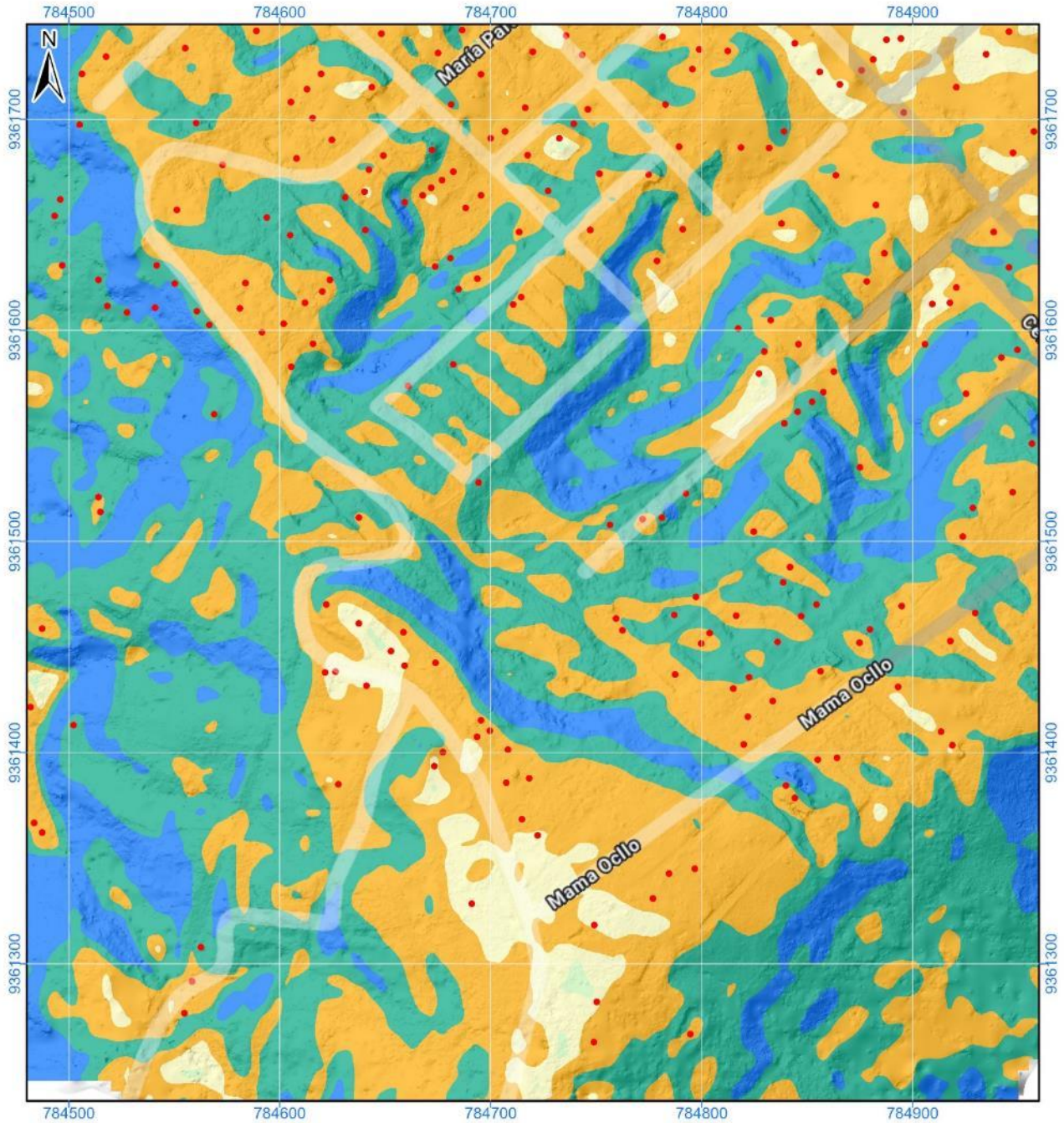
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
GEOLOGÍA DEL SECTOR SAN LUIS ALTO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
•	Viviendas e infraestructuras
	Quebrada
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antrópico
	Q-cd2: Depósito coluvio deluvial 2
	Q-cd1: Depósito coluvio deluvial 1
	Ks-ce: Formación Celendín

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
GEOLOGÍA DEL SECTOR LOS LIBERTADORES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 2	

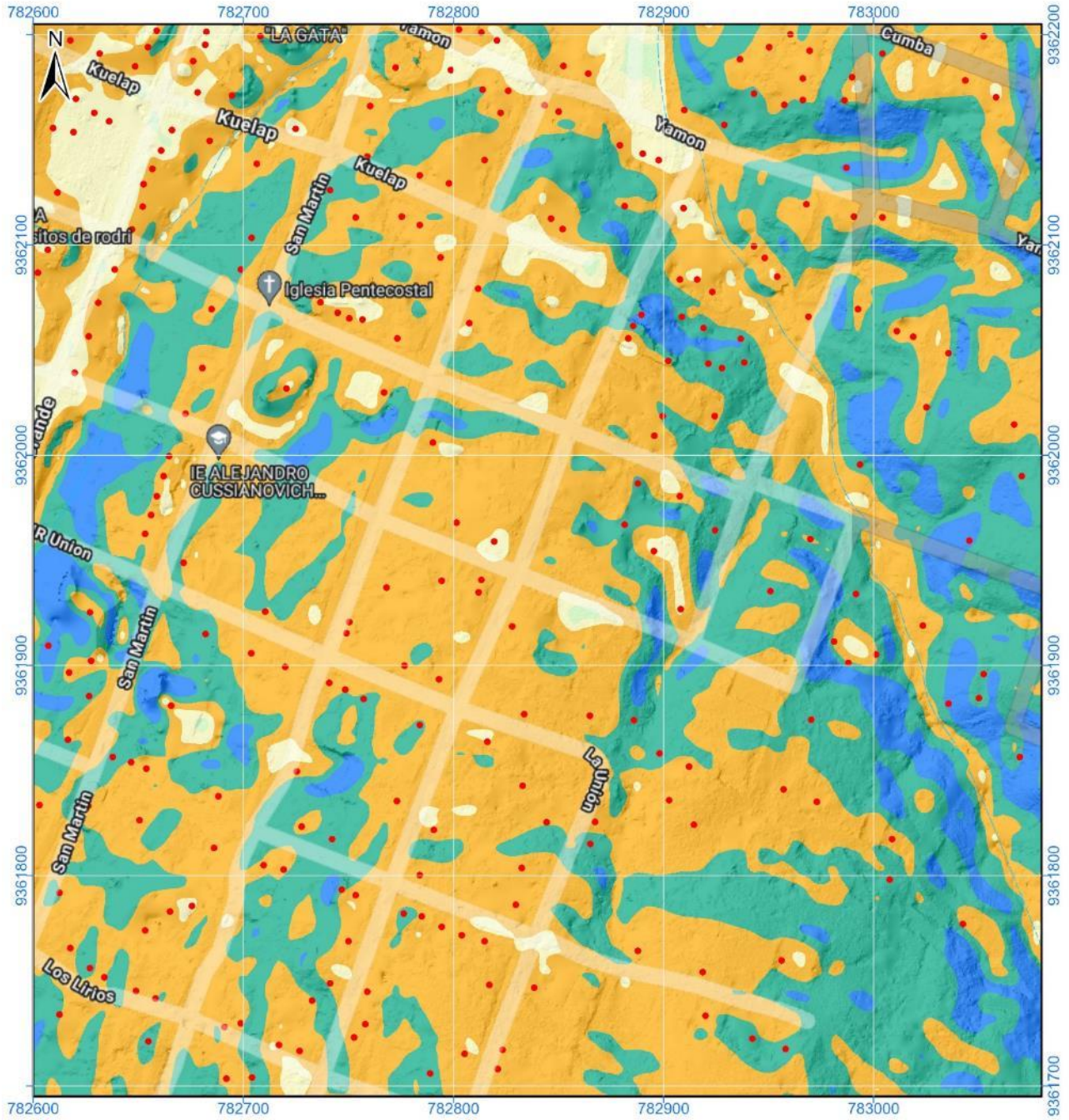


LEYENDA	
■	<1°: Terreno llano
■	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
■	5°-15°: Pendiente moderada
■	15°-25°: Pendiente fuerte
■	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada

SIMBOLOGÍA	
●	Viviendas e infraestructuras

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 - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL SECTOR SAN LUIS ALTO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023

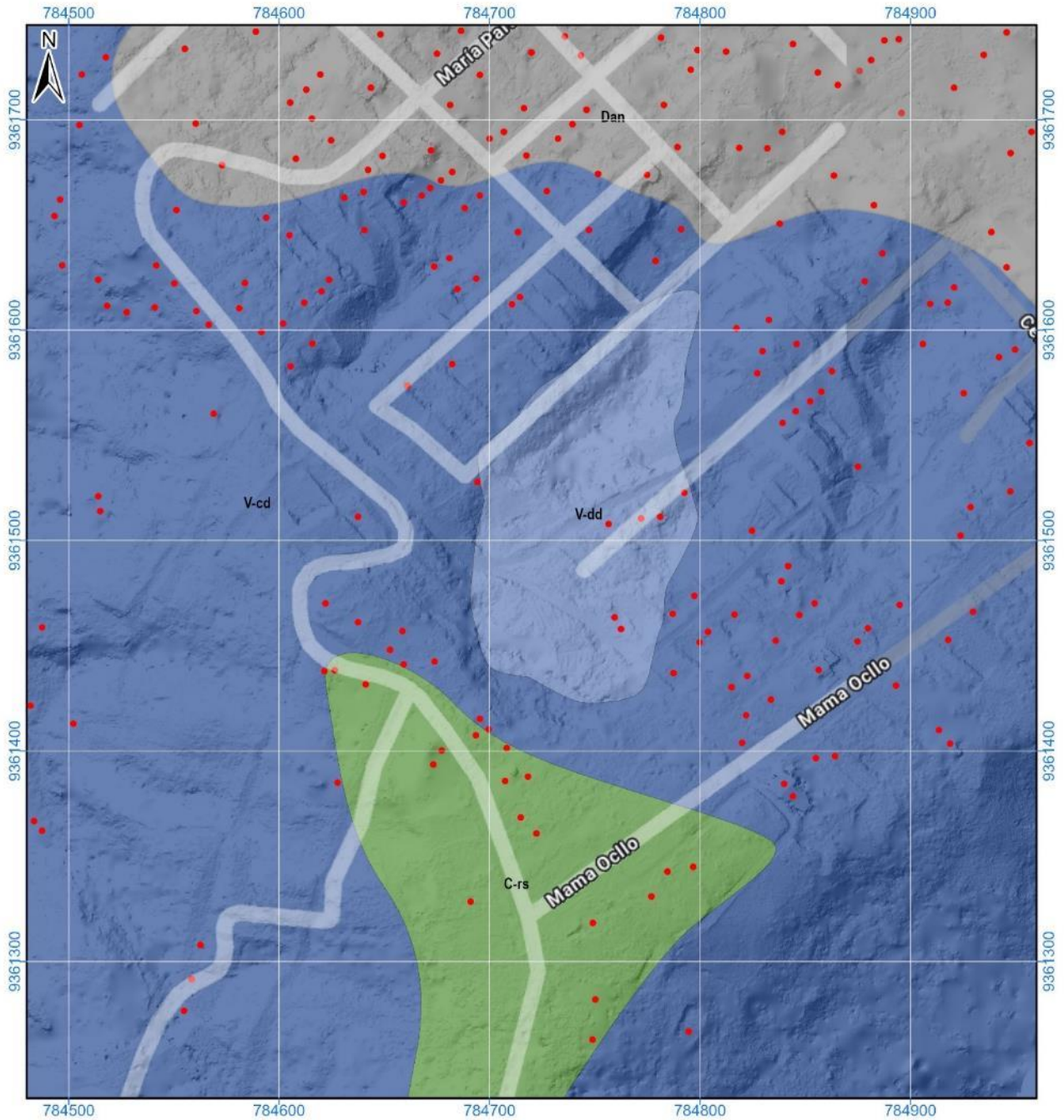
MAPA
3



SIMBOLOGÍA	
	Viviendas e infraestructuras
	Quebrada

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

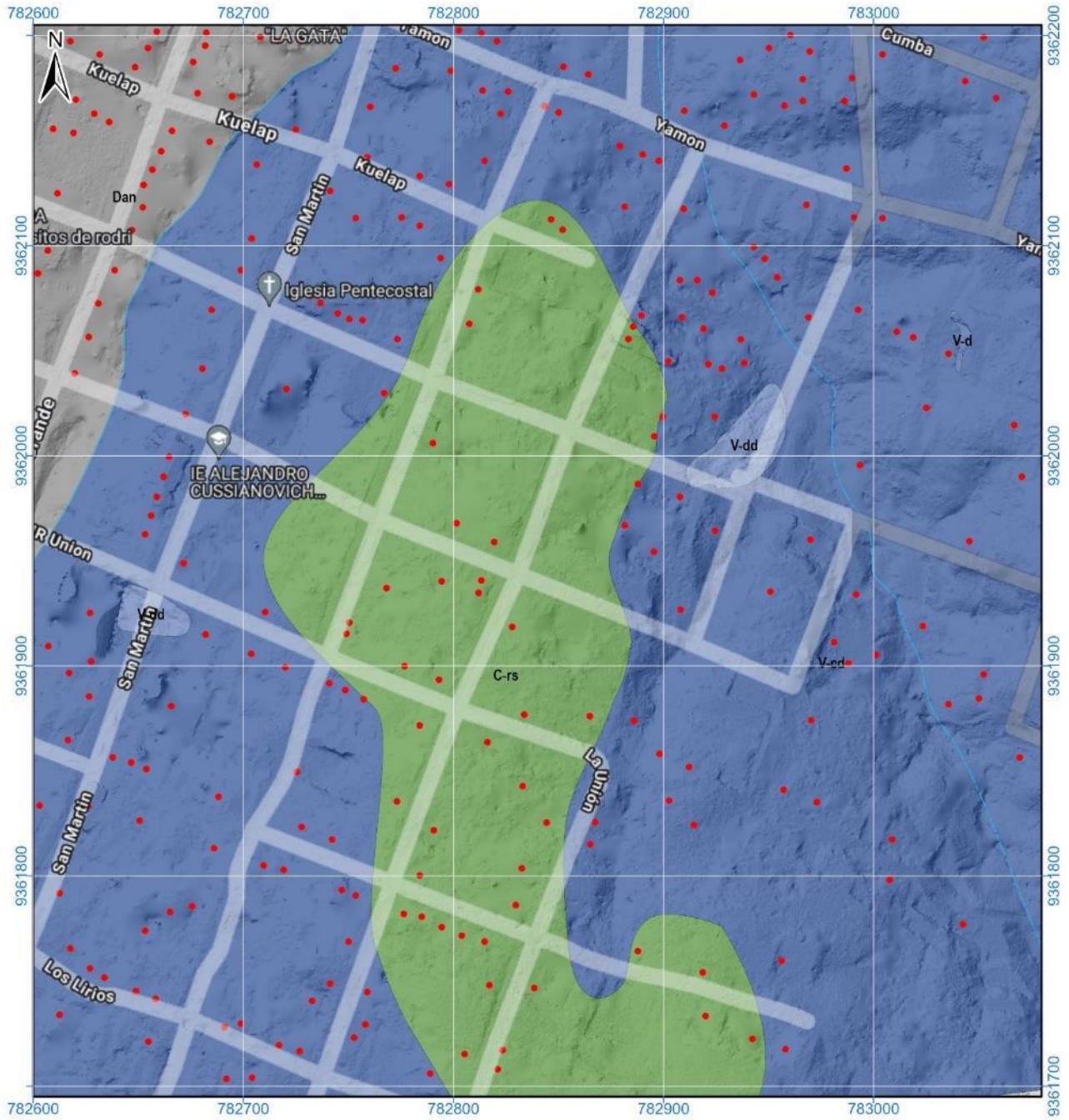
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL SECTOR LOS LIBERTADORES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA	
4	



SIMBOLOGÍA
 • Viviendas e infraestructuras

LEYENDA
 C-rs: Colina en roca sedimentaria
 V-cd: Vertiente coluvio deluvial
 V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
 Dan: Depósito antrópico

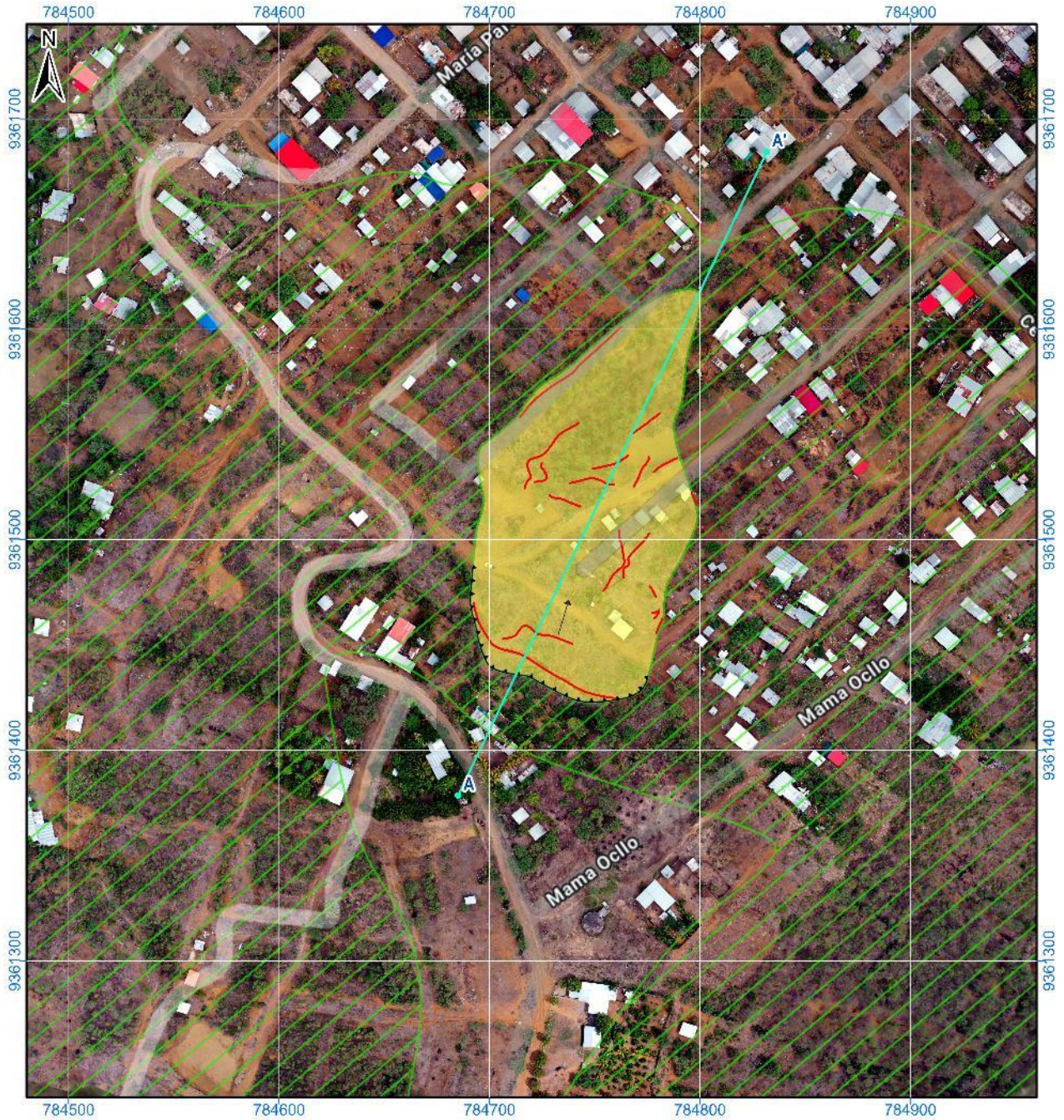
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR SAN LUIS ALTO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 5	



SIMBOLOGÍA	
●	Viviendas e infraestructuras
	Quebrada

LEYENDA	
	C-rs: Colina en roca sedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	V-d: Vertiente coluvial de detritos
	Dan: Depósito antrópico

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 - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR LOS LIBERTADORES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 6	



SIMBOLOGÍA	
	Agrietamiento
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Erosión de laderas - surcos

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 - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SAN LUIS ALTO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 7	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Escarpe de deslizamiento inactivo
	Dirección de movimiento inactivo
	Dirección de movimiento activo
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional inactivo latente
	Erosión de laderas - surcos

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 - UTCUBAMBA - BAGUA GRANDE	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR LOS LIBERTADORES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA	
8	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para movimientos en masa

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 deslizamientos, 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).

Para evitar la erosión de laderas se recomienda mantener la vegetación nativa de la zona, cuyas raíces impiden la erosión y el lavado de los suelos durante lluvias intensas, además implementar buenos sistemas de drenajes cuando se proyecten viviendas y vías nuevas.

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 18). 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.

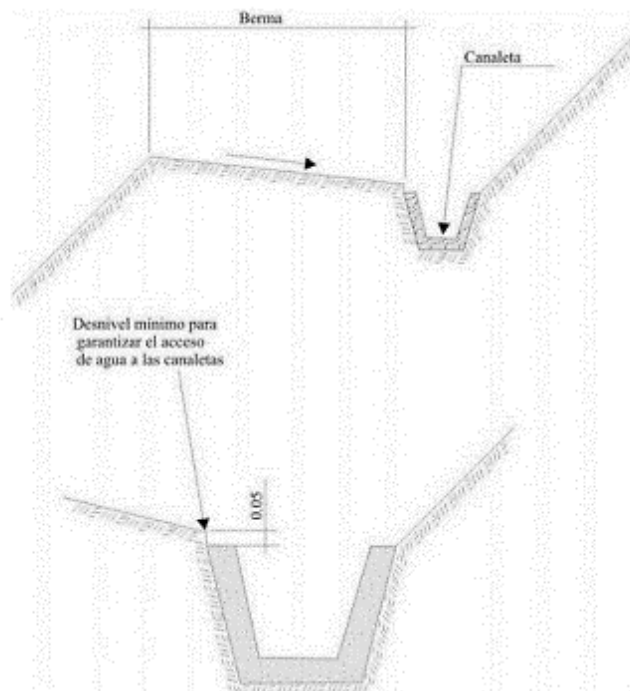


Figura 18. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

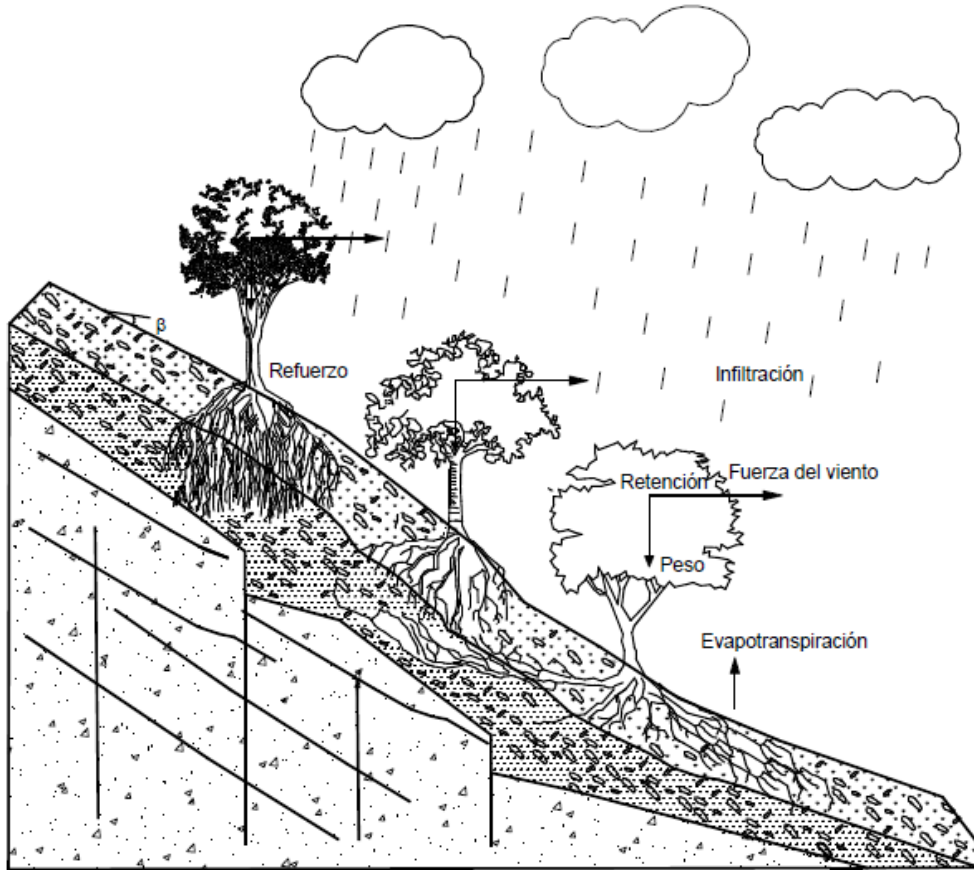


Figura 19. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 6. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.