

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7492

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR CONEJO

Departamento: Amazonas

Provincia: Bongará

Distrito: Chisquilla



MARZO
2024

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EL
SECTOR CONEJO**

Distrito Chisquilla

Provincia Bongará

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

Cristhian Anderson Chiroque Herrera

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el Sector Conejo, Distrito Chisquilla, Provincia Bongará, Departamento Amazonas*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7492, 32p.

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	7
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Chonta (Kis-ch).....	11
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	14
4.2. Pendiente del terreno.....	14
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	16
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	16
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Movimiento complejo deslizamiento-flujo de Recta.....	18
5.1.1. Zonas de flujos de detritos	19
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	20
5.2. Inundación fluvial del río Imasa.....	21
6. CONCLUSIONES.....	23
7. RECOMENDACIONES.....	24
8. BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXO 1. MAPAS	26
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	30

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 informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, en el sector Conejo, distrito Chisquilla, provincia Bongará, departamento Amazonas.

En el área de Conejo se tienen suelos arcillosos de alta plasticidad de origen coluvio deluvial y proluvial que cubren las calizas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Chonta. En estas secuencias de calizas se han modelado geoformas de montañas en rocas sedimentarias, vertientes coluvio deluviales y piedemonte proluvial, hasta llanura o planicie inundable en el fondo del valle del río Imasa.

Frente al sector de Conejo, a 1.5 km, se presentó el movimiento complejo tipo deslizamiento-flujo de Recta registrado el 28 de noviembre del 2021, detonado por el sismo de 7.5 Mw. En la parte baja se desplazó como dos brazos que se comportaron como flujos de detritos, sobre los terrenos de moderada a fuerte pendiente (5° a 25°), alcanzando y embalsando, en su momento, al río Imasa.

De producirse precipitaciones pluviales de intensidad extrema o un movimiento sísmico de gran magnitud, este deslizamiento podría reactivarse y embalsar al río Imasa, colmatando su cauce hasta una altura de 10 m. Su desembalse subsiguiente generaría inundación fluvial, que podría afectar al puente carrozable de la vía departamental AM-106, principal acceso para los distritos de Jumbilla, Recta y Asunción; además terrenos aledaños del sector Conejo, que, por sus condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se consideran de **Peligro Medio a Alto** ante inundación fluvial.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la prohibición de construcción de nuevas viviendas e infraestructuras en las proximidades del río Imasa, el monitoreo del movimiento complejo, instalación de un Sistema de Alerta Temprana ante inundación fluvial, programar actividades de descolmatación del río Imasa, entre otras recomendaciones de control de riesgos.

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 Distrital de Chisquilla Oficio N° 305-2021-MDCH/A, es en el marco de nuestras competencias que se realizó una evaluación de peligros en el sector Conejo, ante la ocurrencia de inundación fluvial, designando a los Ingenieros Luis León, Elvis Alcántara y Cristhian Chiroque, realizar la evaluación de peligros en los sectores mencionados el día 14 de junio 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 en consideración de la Municipalidad Distrital de Chisquilla, Municipalidad Provincial de Bongará, 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos a ocurrir en el sector Conejo, distrito Chisquilla, provincia Bongará, departamento Amazonas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

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

- Boletín N° 56 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Bongará Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar” (Sánchez Fernández, 1995) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:100 000; describiendo en la zona calizas, margas y limo arcillitas de la Formación Chonta. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, (Ingemmet, versión 2021) por detalle, se reafirma la presencia de calizas y lutitas calcáreas de la Formación Chonta.
- 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 la ciudad de localidad de Chomza Alta se sitúa en una zona de susceptibilidad alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.
- Informe técnico A7208 “Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en la localidad de Recta. Distrito de Recta, provincia Bongará, departamento Amazonas” (Medina Allca & Moreno Herrera, 2021) describe el movimiento complejo deslizamiento-flujo de Recta como Zona Crítica y de Peligro Muy Alto, reactivado con el sismo del 28 de noviembre del 2021 y que llegó hasta el río Imasa sin producir represamiento. Se recomienda observar la llegada del flujo al río Imasa, en caso de represamiento comunicar a las autoridades y pobladores aguas abajo.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Conejo, pertenece a la jurisdicción distrital de Chisquilla, provincia Bongará, departamento Amazonas (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 18S descritas en el tabla 1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 18S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	192050	9347500	-5.896214	-77.781014
2	192050	9345750	-5.912026	-77.781090
3	190450	9345750	-5.911953	-77.795532
4	190450	9347500	-5.896141	-77.795448
Coordenada central de los peligros identificados				
C	191614	9346561	-5.904676	-77.784996

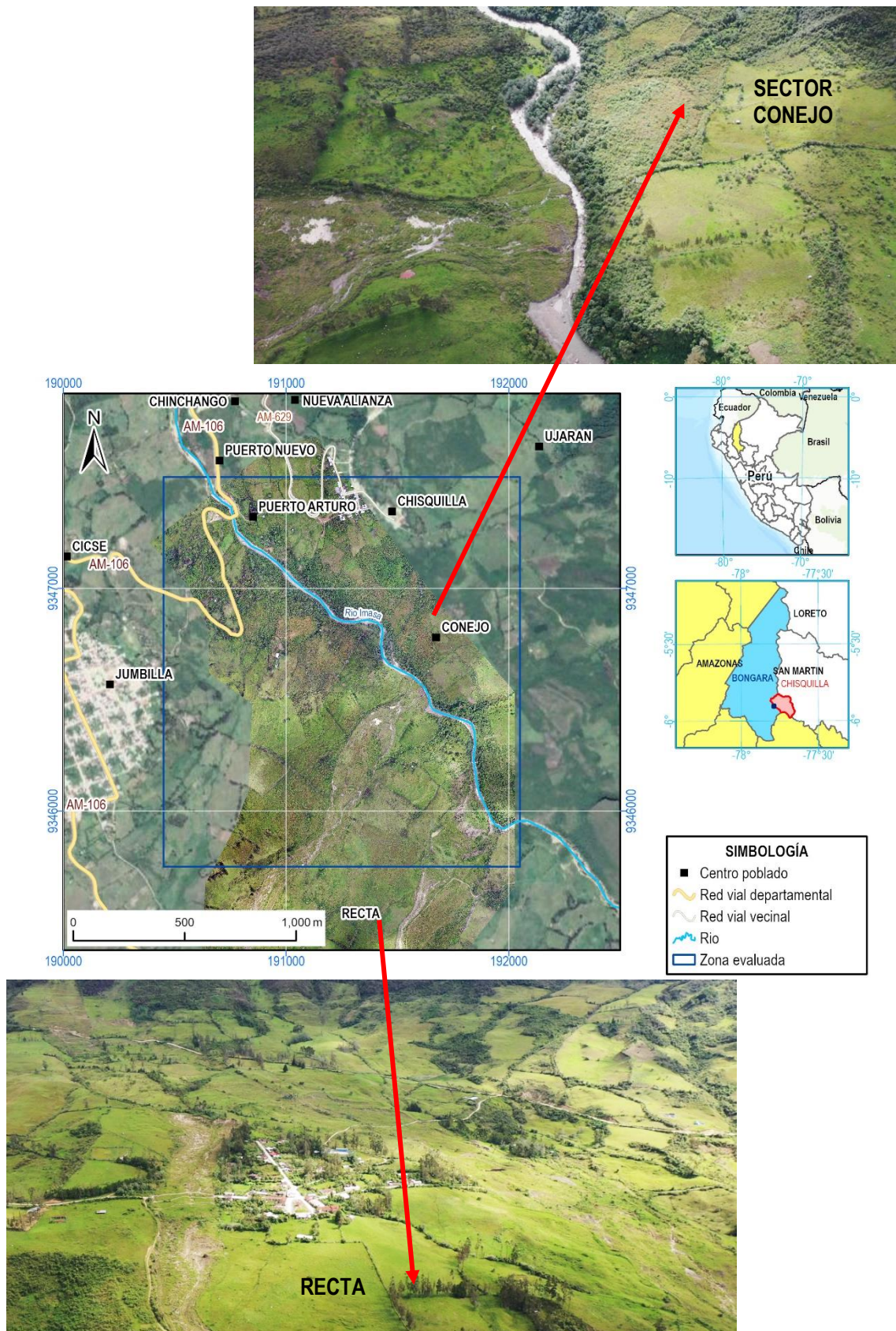


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul), donde se puede presentar inundación fluvial en el sector Conejo, debido a una probable reactivación del deslizamiento-flujo de Recta, ubicado a 1.5 km al suroeste, movimiento en masa evaluado a detalle en el Informe Técnico A7208 (Medina Alca & Moreno Herrera, 2021).

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 localidad de Conejo, tiene una población de 220 habitantes, distribuidos en 50 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de la ciudad de Chachapoyas se realiza a través de las vías nacionales asfaltadas PE-08B, PE-08C y PE-5N; además de la vía departamental afirmada AM-106, hasta la localidad de Chisquilla, 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 – Puente Vilcaniza	Asfaltada	100	2 horas
Puente Vilcaniza – Chisquilla	Afirmada	25	1 hora

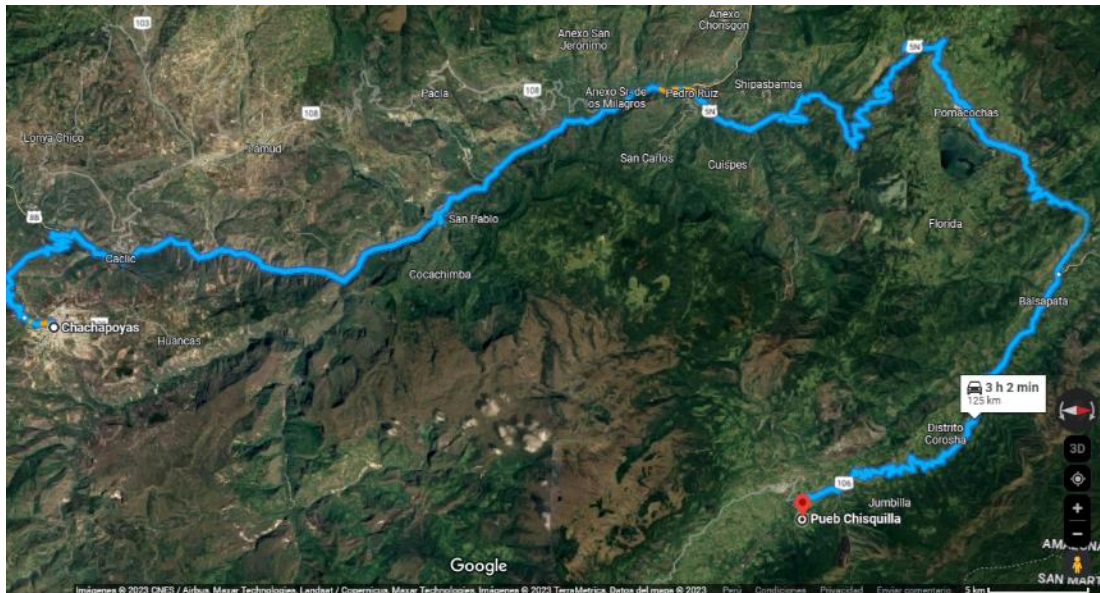


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta la localidad de Chisquilla.

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 Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, templado (B (r) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 29°C, una temperatura mínima promedio desde 11°C y una precipitación anual entre 1 200 mm a 3 000 mm.

Entre los años 2019-2023, en el mes de marzo (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 53.4 mm/día (figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

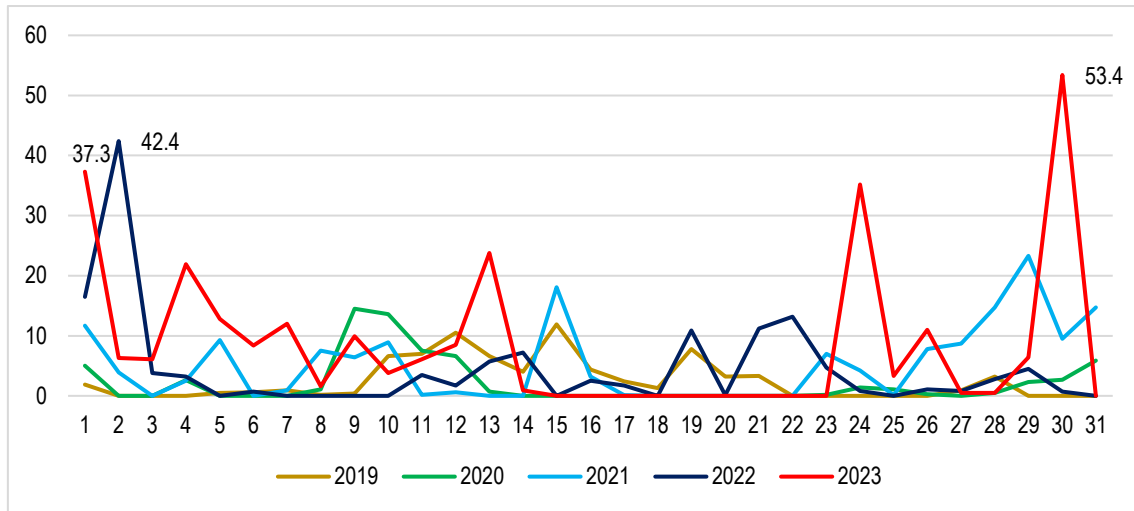


Figura 3. Precipitación diaria del mes de marzo entre los años 2019-2023, en la Estación Jazán (Amazonas). **Fuente:** Senamhi.

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.

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.

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

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

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

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

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, “Geología de los Cuadrángulos de Bongará Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar” (Sánchez Fernández, 1995), y el reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); 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).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades sedimentarias carbonatadas del Cretácico y depósitos cuaternarios inconsolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1. Formación Chonta (Kis-ch)

Esta unidad está conformada por calizas grises a negras con abundantes fósiles, intercalados con lutitas calcáreas gris verdosa a negra; además secuencias de areniscas de grano medio a fino. de color gris a blancas en bancos centimétricos.

En la zona de estudio esta unidad muestra afloramientos esporádicos, donde las calizas se muestran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas (fotografía 1), muestran buzamientos de entre 40° y 50° hacia el suroeste.

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es de moderada a baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 3) de entre 25 a 50 MPa y un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 45 a 55 (figura 4).



Fotografía 1. Muestra de calizas muy fracturadas y de la Formación Chonta. **Ubicación:** E: 191736, N: 9346744, Z: 2006.

Tabla 3. 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

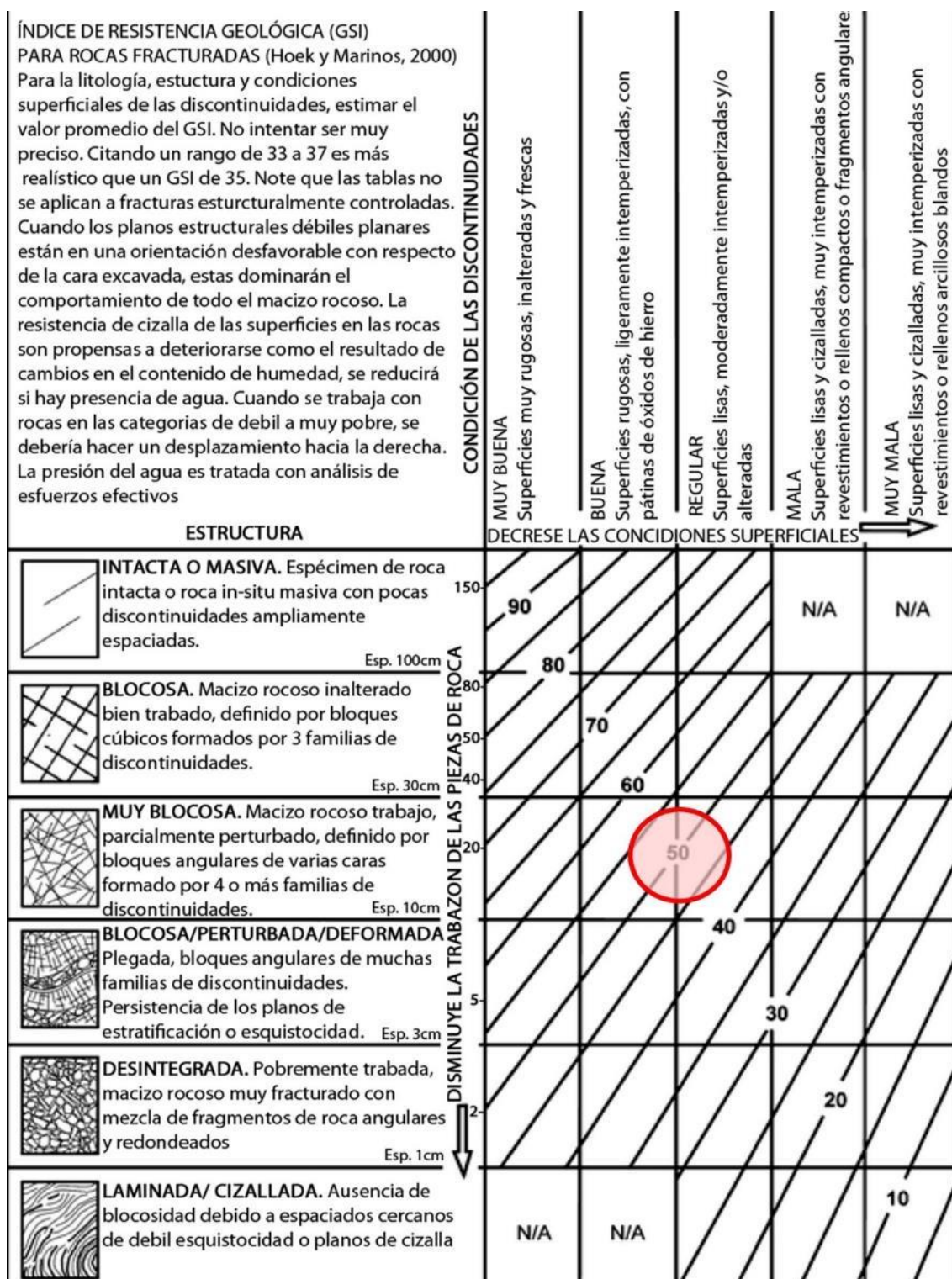


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades del macizo rocoso de la Formación Chonta, GSI promedio de entre 45 a 55. Fuente: Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

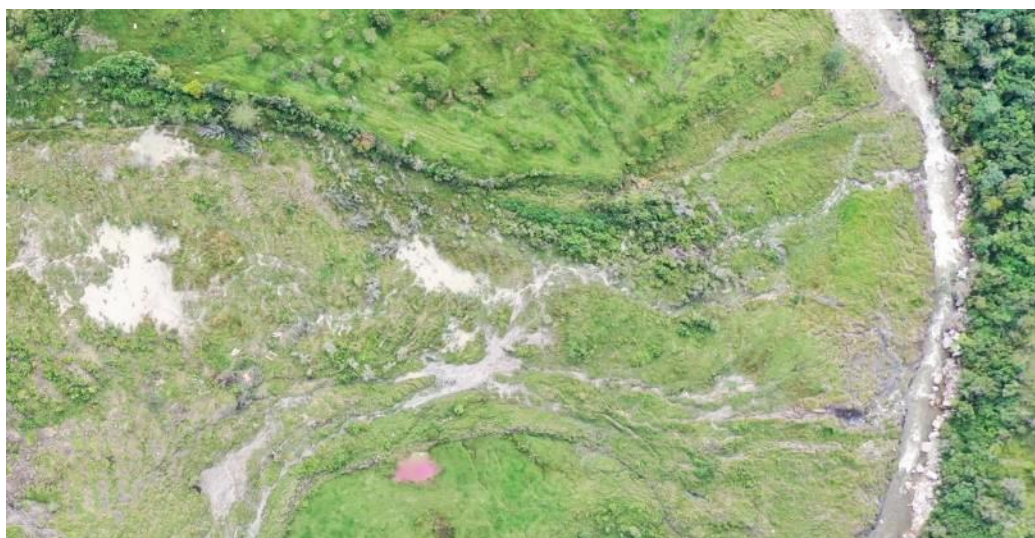
Corresponde a suelos originados por el movimiento complejo de Recta, ubicados en la parte alta, donde los suelos han tenido poco transporte, manteniendo una estructura uniforme de los suelos superficiales y el macizo rocoso arrastrado; su granulometría es de arcillas de alta plasticidad con bloques de calizas sub angulosos (fotografía 2).



Fotografía 2. Suelos coluvio deluviales compuestos por arcillas de alta plasticidad ubicadas en la parte alta del movimiento complejo de Recta. **Ubicación:** E: 191061, N: 9344750, Z: 2206.

Depósito proluvial (Q-pr)

Corresponden a suelos que han sufrido un largo recorrido de transporte debido a corrientes aluvio torrenciales hasta el río Imasa (fotografía 3); muestra una granulometría de arcillas de alta plasticidad con bloques sub redondeados a redondeados, poco consolidados (tabla 4).



Fotografía 3. Suelos proluviales compuestos por arcillas de alta plasticidad con gravas y bloques ubicadas en la parte baja del movimiento complejo de Recta, que llegan hasta el río Imasa. **Ubicación:** E: 191557, N: 9346493, Z: 1973.

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 191557, N: 9346493, Z: 1973.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	10	Bolos	X	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	5	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	X	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	5	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	5	Arenas				
X	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	15	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	55	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
X	Alta plasticidad	X	Masiva	X	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	X	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							X	Sedimentarios

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

Depósito fluvial (Q-fl)

Se encuentran en la ribera del río Imasa y en los terrenos aledaños, su granulometría presenta bloques, gravas y arenas redondeados y poco consolidados; con poca cantidad de suelos finos.

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)

El sector Conejo presenta elevaciones que van desde los 1 928 m hasta los 2 120 m, en los cuales se distinguen 10 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 980 y 2 020 m, con pendiente promedio de escarpada a muy escarpada (>25°) correspondiente a una geoforma de montaña en roca sedimentaria, conformada por calizas de la Formación Chonta.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, sector Conejo, presenta terrenos con pendientes que varía de suaves a moderadas (1° a 15°) en las laderas de montañas intermedias, a pendientes escarpadas y muy escarpadas (>25°) en las partes altas de las montañas (figura 6; mapa 2).

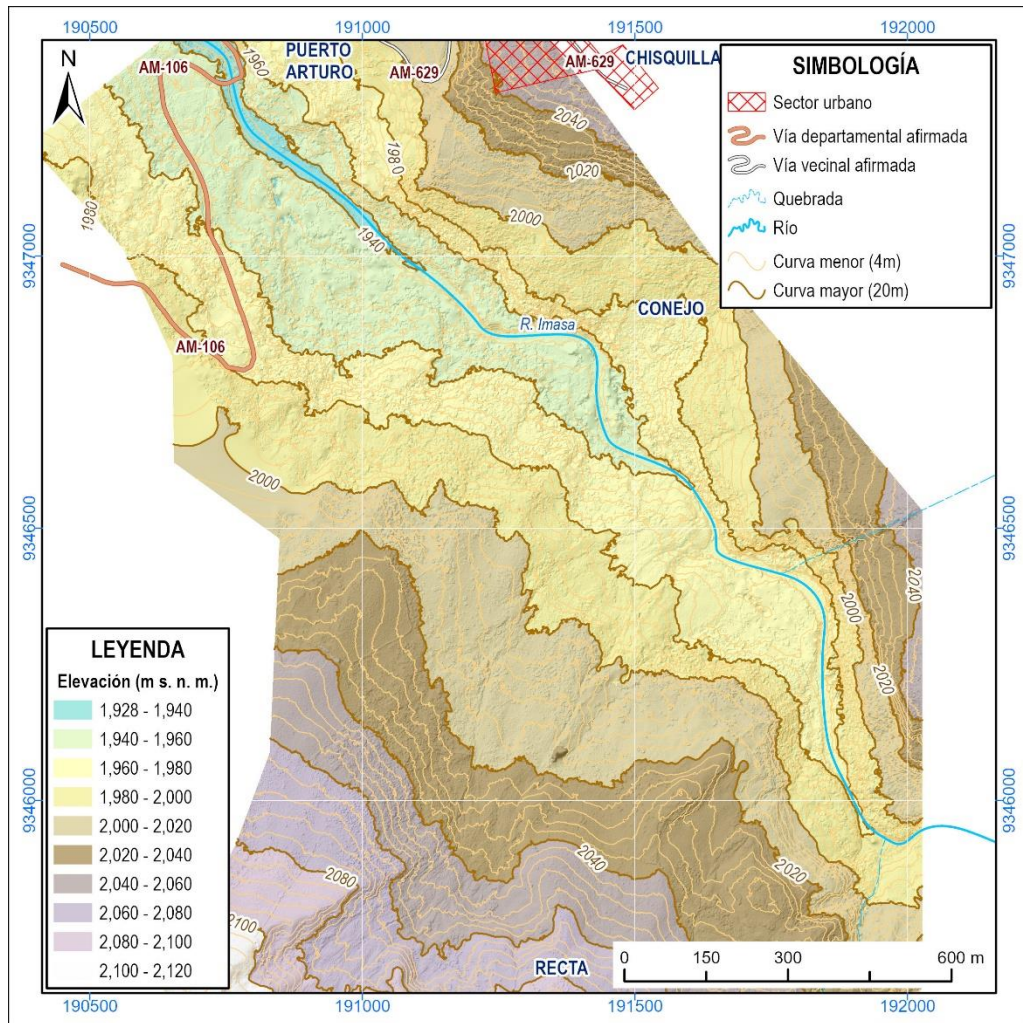


Figura 5. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

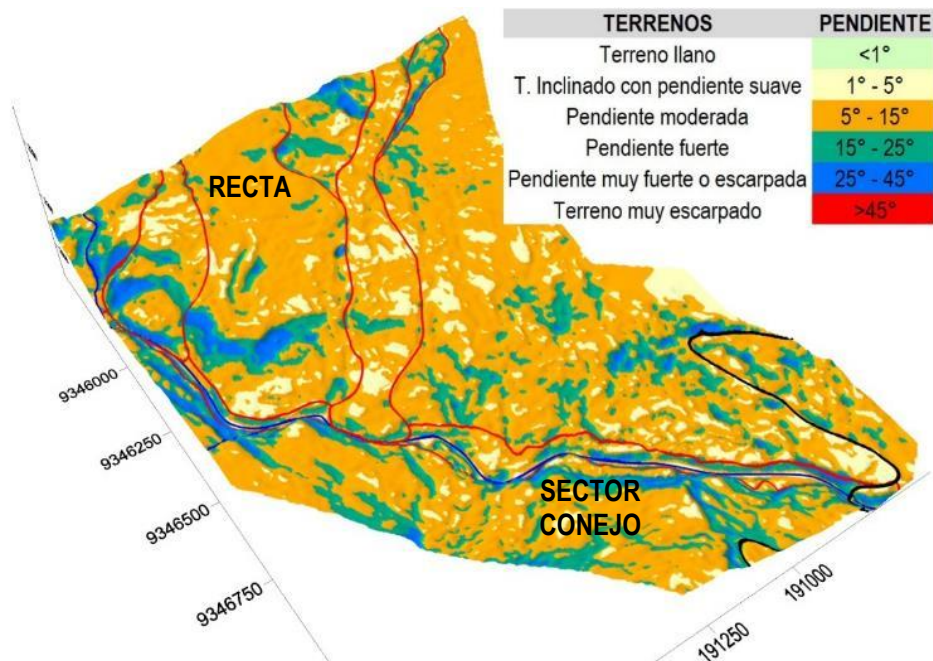


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes del sector Conejo; los movimientos en masa están delimitados en línea roja, la vía departamental AM-106 en línea negra y el río Imasa en línea azul.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca sedimentaria: M-rs), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvio deluvial, piedemonte proluvial y llanura o planicie inundable); se grafican en la figura 7 y en el mapa 3.

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 montañas

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30 % (Villota, 2005).

- **Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)**

Corresponden a los terrenos con pendiente de moderada (5° a 15°) a muy escarpada (>45°) que abarcan la mayor parte del sector Conejo; muestran un relieve suave debido a la baja resistencia geológica de las rocas sedimentarias basales; también muestran una exuberante vegetación de árboles y arbustos.

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 coluvio deluvial (V-cd)**

Son terrenos con pendientes de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), producto de diversos episodios de reactivación de movimientos en masa (deslizamientos y flujos); localmente abunda el agua superficial y subterránea.

- **Subunidad de piedemonte o vertiente proluvial o aluvio torrencial (P-pral)**

Son terrenos ubicados en las partes bajas del movimiento complejo de Recta, donde el material movilizado por el deslizamiento se ha sobresaturado por la abundante agua del lugar y se ha comportado como un flujo, llegando hasta el río Imasa.

Unidad de Planicies

- Subunidad de planicie o llanura inundable (PI-i)

Son los terrenos con pendiente suave (1° a 5°) ubicados en el fondo del valle del río Imasa, donde discurren sus aguas; su cauce es rectilíneo y circundado por abundantes árboles y arbustos.



Figura 7. Geoformas cartografiadas en el sector Conejo: Montaña en roca sedimentaria (M-rs), piedemonte proluvial o aluvio torrencial (P-pral) y llanura inundable (LI-i).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El río Imasa que limita a los distritos de Chisquilla, al noreste, y Recta al suroeste; se encuentra sujeto a embalses y colmataciones como los ocurridos por el deslizamiento-flujo de La Recta, del 28 de noviembre del 2021 (Medina Allca & Moreno Herrera, 2021) (figura 8).

El análisis ante inundación fluvial se realiza debido al peligro de un probable embalsamiento del río Imasa que pueda afectar al puente carrozable de la vía departamental AM-106 (principal acceso para los distritos de Jumbilla, Recta y Asunción); además de viviendas, terrenos de cultivo y de pastoreo de las riberas próximas al cauce.

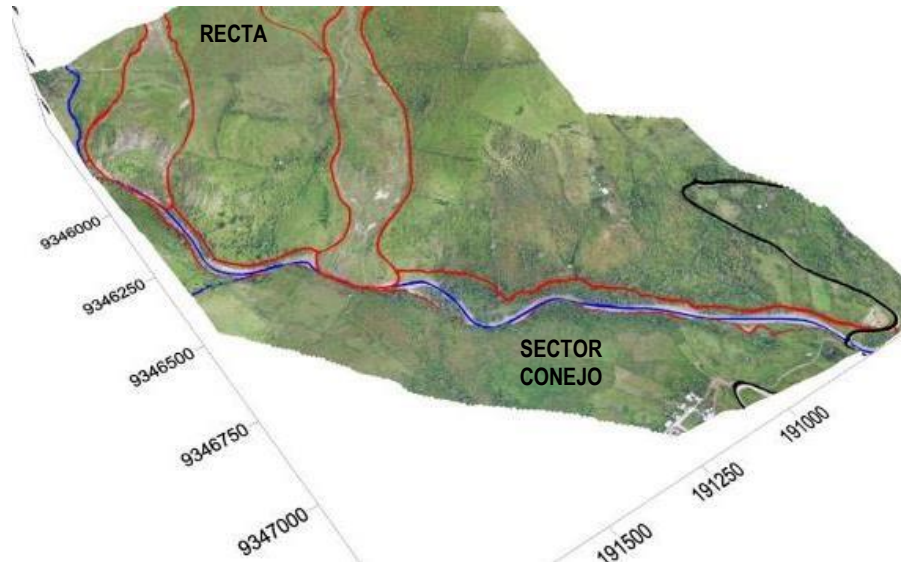


Figura 8. Modelo 3D del sector Conejo, los movimientos en masa están delimitados en línea roja, la vía departamental AM-106 en línea negra y el río Imasa en línea azul.

5.1. Movimiento complejo deslizamiento-flujo de Recta

Este movimiento en masa, estudiado en el Informe Técnico A7208 “Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en la localidad de Recta” (Medina Allca & Moreno Herrera, 2021); reporta su más fuerte reactivación de mayor magnitud (en relación al volumen desplazado), luego del sismo del 28 de noviembre del 2021, sin embargo, también se registraron eventos de reactivación durante los años 2022 y 2023.

El deslizamiento avanza ladera abajo, dividido en dos brazos que circundan al área urbana de Recta y que actúan como flujos de detritos, donde la sobresaturación y la mayor pendiente del terreno han movilizad los suelos de manera caótica y abarcando una mayor área de impacto, llegando hasta el río Imasa a 1 100 m de distancia (Figura 9).

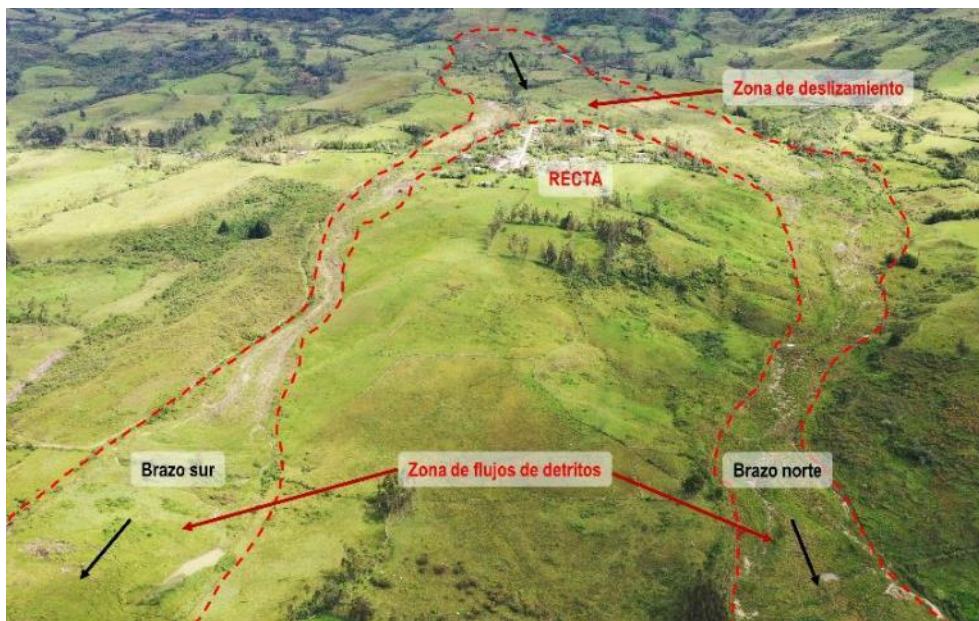


Figura 9. Vista general del deslizamiento-flujo de Recta, al frente del sector Conejo durante los trabajos de campo.

5.1.1. Zonas de flujos de detritos

La parte baja del movimiento se caracteriza por estar disectada en dos brazos (norte y sur) donde los materiales en remoción se han comportado como flujos de detritos alcanzando al río Imasa y afectando su cauce parcialmente (figura 10); son visibles surgencias de agua que grafican la abundante presencia de flujos subterráneos que desestabilizan los suelos.

El brazo norte presenta una pendiente promedio de 6° (figura 11), lo que ha generado que los materiales en remoción se desplacen lentamente, debido a la menor energía cinética de una menor diferencia de alturas; así, los materiales que alcanzan al río Imasa son constantemente lavados corriente abajo.

De generarse lluvias extremas o movimientos sísmicos fuertes que arrastren mayor cantidad de suelos de la parte alta se podría generar un embalse de 10 m de altura y 60 m de ancho, en promedio.

El brazo sur alcanza una pendiente 10° en promedio, en su parte final muestra escarpes y agrietamientos en el material que viene acumulándose (figura 12); de igual manera al brazo norte, de generarse condiciones de mayor inestabilidad en la zona, se podría generar un embalse de hasta 10 m de altura y 40 m de ancho.



Figura 10. Vista a la parte baja del movimiento complejo, donde los materiales se han comportado como flujos que han alcanzado al cauce del río Imasa.

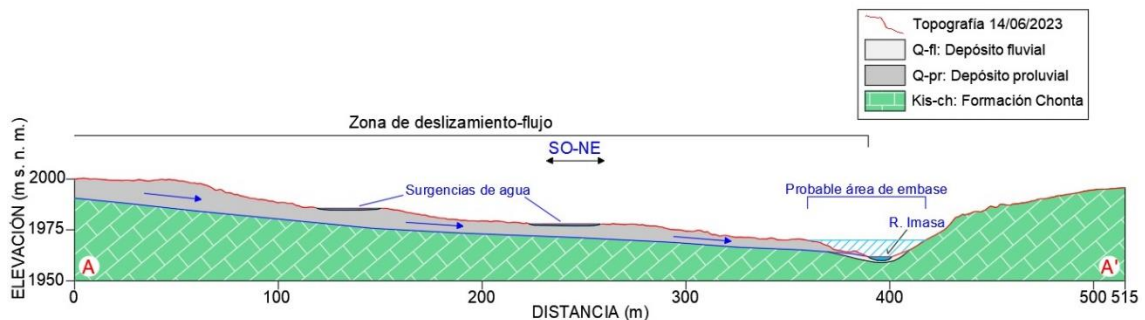


Figura 11. Perfil A-A', donde se aprecia la parte final del brazo norte del deslizamiento flujo de Recta y el área de probable embalsamiento de continuar el movimiento.

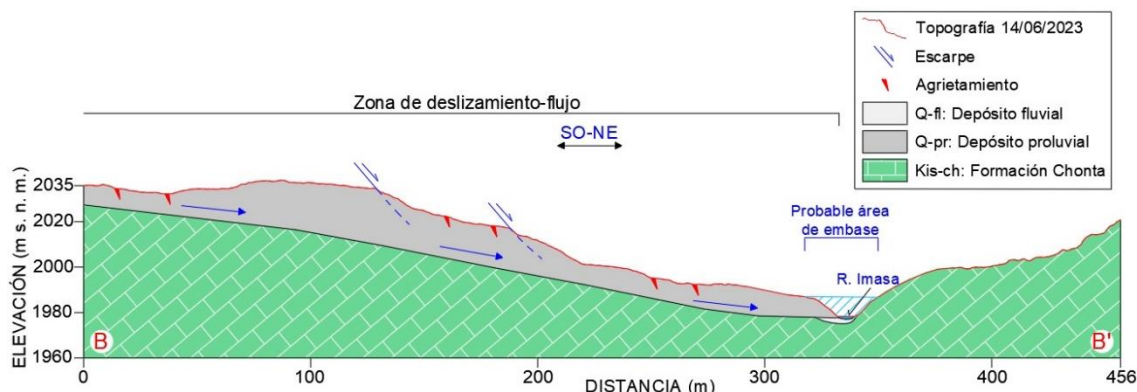


Figura 12. Perfil B-B', donde se aprecia la parte final del brazo sur del deslizamiento flujo de Recta y el área de probable embalsamiento de continuar el movimiento.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Movimiento complejo de tipo deslizamiento-flujo.
- Estado: Inactivo-latente.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos metros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado-Ondulado.
- Suelos proluviales de arcillas de alta plasticidad (tabla 4).

Morfometría del movimiento complejo Recta

- Área: 87.17 ha.
- Perímetro: 10 303 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 360 m.
- Desplazamiento horizontal (brazo norte): 1 400 m.
- Desplazamiento horizontal (brazo sur): 1 300 m.
- Pendiente promedio (brazo norte): 6°.
- Pendiente promedio (brazo sur): 10°.
- Dirección del movimiento: N30° (SO-NE)
- Longitud de escarpe principal: 2 km.
- Salto principal: 4 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por arcillas de alta plasticidad que cubren a calizas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Chonta.
- Ladera de moderada a fuerte pendiente (5° a 25°), que conforman geoforma de piedemonte proluvial, muy susceptibles a movimientos en masa.
- Ausencia de drenajes adecuados.
- Surgencias de agua en todo el terreno.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 30 de marzo del 2023, de hasta 53.4 mm/día en la estación Jazán, Amazonas (figura 3); sumado a un movimiento sísmico de gran magnitud como el registrado el 28 de noviembre del 2021 de 7.5 Mw.

Daños ocasionados

- 890 m de vías vecinales afectados.
- 50 hectáreas de terrenos de pastoreo afectados.
- 40 viviendas en peligro de la localidad de Recta.
- 500 m de curso del río Imasa en proceso de colmatación.

5.2. Inundación fluvial del río Imasa

Con la información topográfica levantada en campo se elaboró un modelamiento hidrológico de una posible inundación fluvial debido a un desembalse del río Imasa, con el fin de determinar las áreas de posible impacto (figura 13).

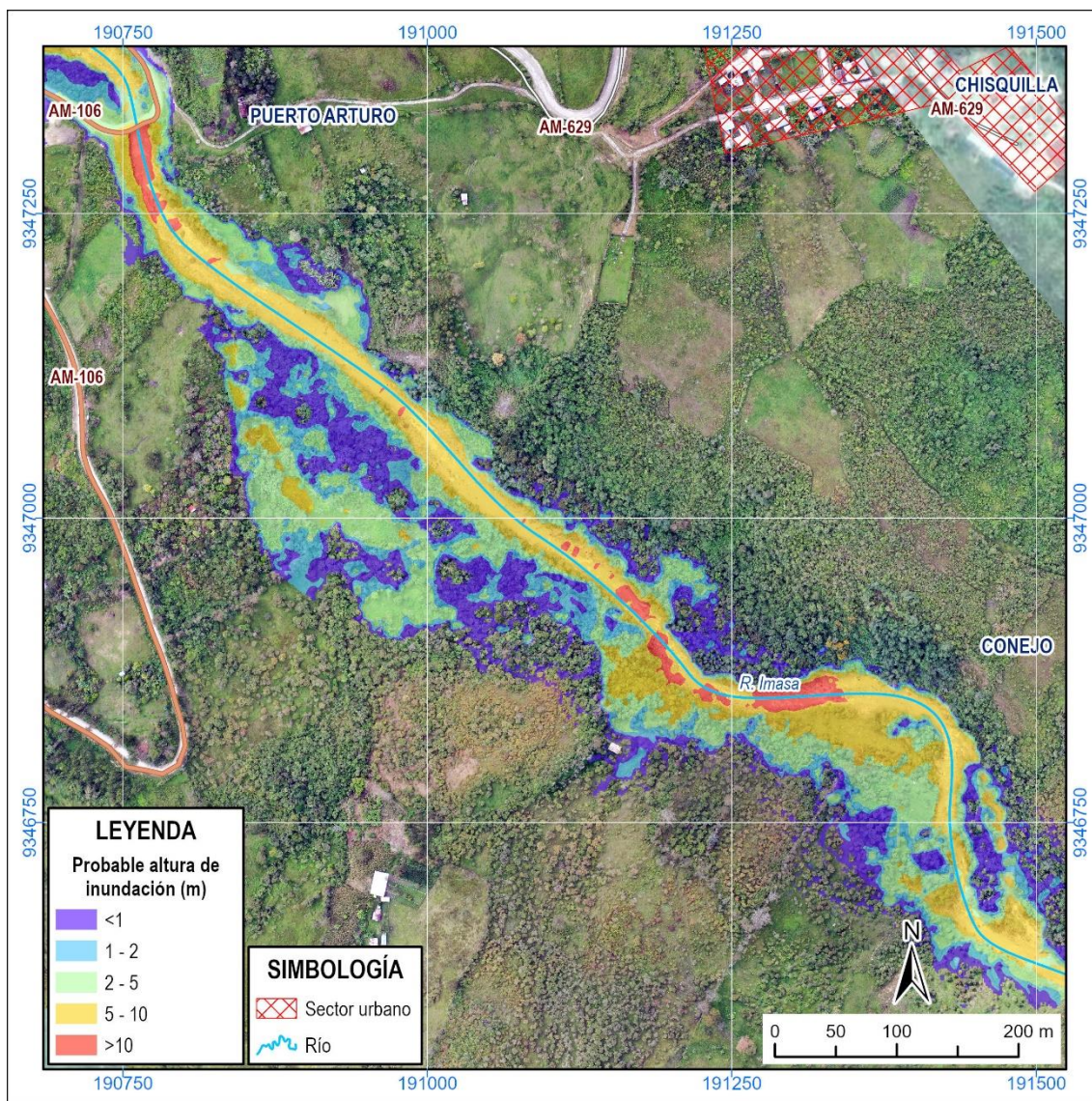


Figura 13. Modelamiento hidráulico de un probable desembalse del río Imasa con el programa informático IBER.

El análisis muestra que, en el distrito de Chisquilla, un probable desembalse afectaría, principalmente al puente carrozable de la vía departamental AM-106, no encontrándose aún viviendas en las áreas cercanas al río (figura 14).

Sin embargo, a unos 18 km aguas abajo se ubica la localidad de Vilcaniza, distrito Yambrasbamba, provincia Bongará, departamento Amazonas; cuyas viviendas se ubican en las riberas del río Imasa, y donde los pobladores realizan sus actividades cerca a dicho cauce (figura 15); por lo que se debería mantener una comunicación directa entre observadores de Chisquilla con la localidad de Vilcaniza con el fin de alertar a la población en situaciones de emergencia.

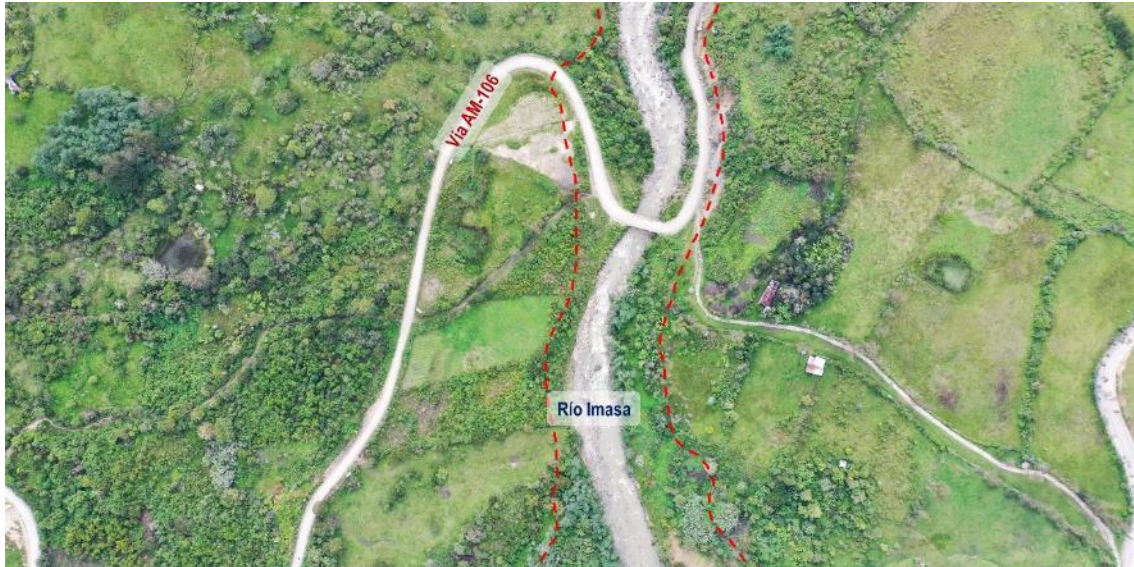


Figura 14. Vista de la zona de impacto de un probable desembalse del río Imasa.



Figura 15. Vista de la localidad de Vilcaniza y su cercanía al río Imasa, distrito Yambrasbamba, provincia Bongará, departamento Amazonas.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica del sector Conejo, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. El sector Conejo, está ubicado a 1.5 km al noreste de la localidad de Recta, donde se produjo un movimiento complejo que embalsó parcialmente al río Imasa en noviembre del 2021; sin embargo, de producirse un embalse y consiguiente desembalse de mayor magnitud, se produciría una inundación fluvial que afectaría a vías y terrenos de cultivo y de pastoreo aledaños al cauce del río Imasa, en el sector Conejo y de localidades ubicadas aguas abajo.
- b. Litológicamente, el sector Conejo se ubica sobre depósitos de suelos arcillosos de alta plasticidad de origen coluvio deluvial y proluvial que cubren las calizas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas de la Formación Chonta.
- c. La geomorfología del sector Conejo contempla montañas en rocas sedimentarias con pendiente moderada a muy fuerte en las partes altas, y planicie inundable con pendiente suave en el fondo del valle, por donde surca el río Imasa con dirección sureste a noroeste.
- d. El movimiento complejo de Recta, estudiado a detalle en el Informe técnico A7208, corresponde a un deslizamiento-flujo que abarca 87 ha, con un escarpe principal de 2 km de largo y un salto principal de 4 m; este movimiento se ramificó en dos flujos con dirección de movimiento suroeste a noreste, el brazo sur recorrió de 1 300 m y el norte 1 400 m hasta el cauce del río Imasa, donde embalsaron parcialmente su curso en noviembre del 2021.
- e. El factor detonante para el deslizamiento-flujo de Recta ha sido el movimiento sísmico de gran magnitud de 7.5 Mw registrado el 28 de noviembre del 2021, además se registran reactivaciones debido a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las registradas el 30 de marzo del 2023, de hasta 53.4 mm/día en la estación Jazán, Amazonas.
- f. Con la simulación y ante nuevos episodios de lluvias de intensidad extrema o un movimiento sísmico de gran magnitud, el deslizamiento-flujo de Recta podría reactivarse, llegando a embalsar al río Imasa hasta una altura de 10 m. El desembalse subsiguiente podría afectar al puente carrozable de la vía departamental AM-106, principal acceso para los distritos de Jumbilla, Recta y Asunción; además de poner en peligro a la localidad de Vilcaniza, distrito Yambrasbamba, provincia Bongará, departamento Amazonas, ubicado a 17 km aguas debajo del río Imasa.
- g. De acuerdo al análisis en el área de impacto por inundación fluvial en el río Imasa, el sector Conejo, distrito Chisquilla, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Medio a Alto** ante inundación fluvial.


7. RECOMENDACIONES

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

- a) Prohibir la construcción de viviendas o la instalación de infraestructuras dentro de las fajas marginales del río Imasa, delimitación que debe realizarse en base a modelamientos de inundaciones como la elaborada en el presente informe.
- b) Instalar un Sistema de Alerta Temprana SAT ante inundación fluvial, que contemple la comunicación directa e inmediata de peligros y emergencias entre el sector El Conejo y las comunidades ubicadas aguas abajo.
- c) Programar actividades de descolmatación del río Imasa anuales, en los tramos impactados por el movimiento complejo de Recta; además de actividades extraordinarias, cuando lo amerite.
- d) Capacitar a la población local en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, como en el conocimiento de los peligros con los que conviven y ejecutar simulacros ante inundación fluvial, que contemplen la evacuación a través de rutas adecuadas hasta zonas seguras previamente establecidas.

También se debe supervisar el cumplimiento de las recomendaciones realizadas el Informe Técnico A7208 “Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en la localidad de Recta”, como:

- a) Implementar monitoreo de desplazamiento en el movimiento complejo de Recta, contemplando hitos topográficos y la lectura de las coordenadas periódica de los mismos, a fin de determinar posibles reactivaciones en el desplazamiento.
- b) Construir un sistema de drenaje integral, con estructuras impermeabilizados alrededor de los terrenos afectados por el movimiento complejo (Anexo 2A – figura 16).
- c) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas el terreno impactado por deslizamiento-flujo (Anexo 2b – figura 17 y fotografía 4).
- d) Prohibir el riego por inundación en los terrenos aledaños a movimientos en masa. Impermeabilizar los canales de agua, implementar riego por goteo o aspersión.

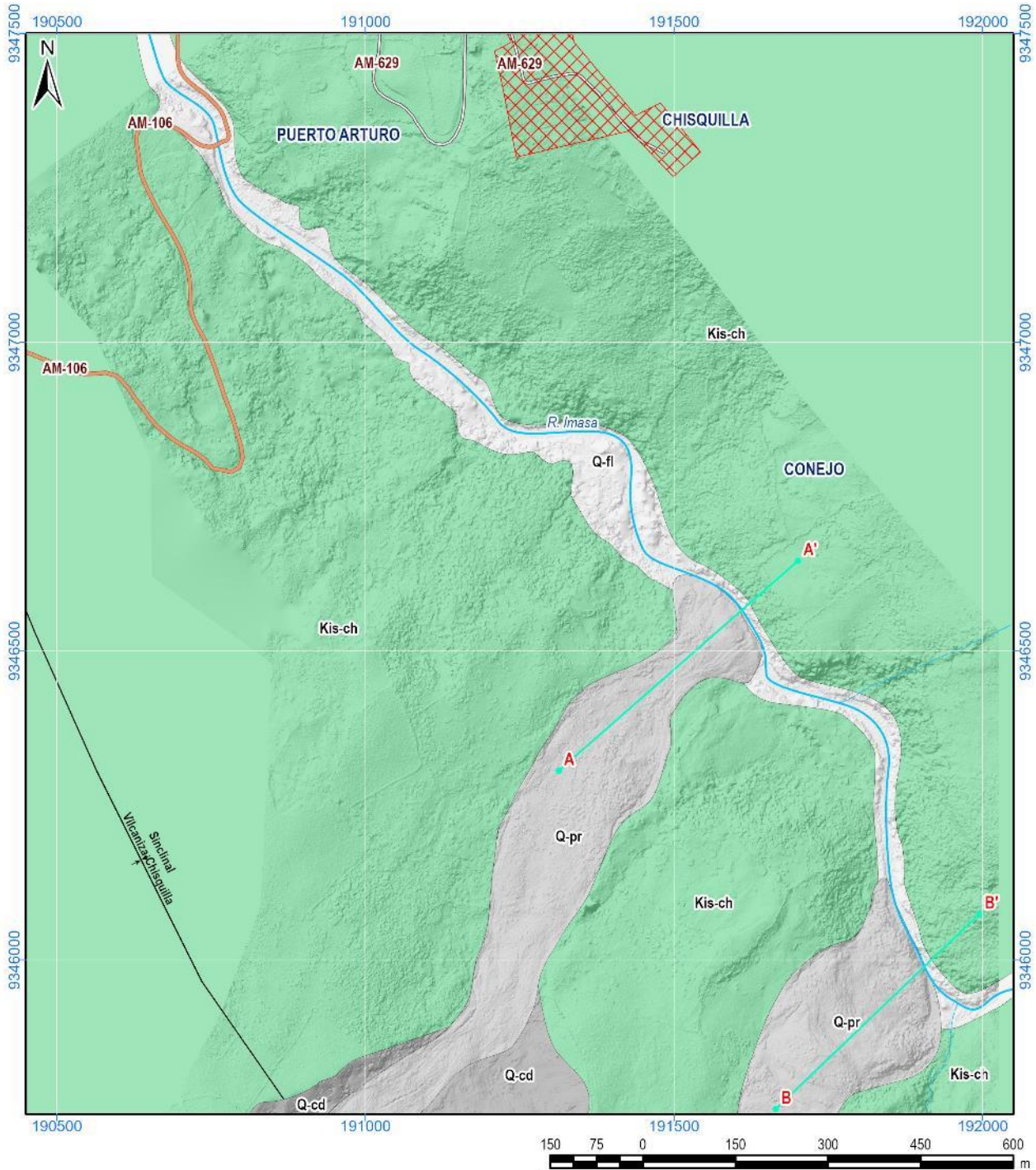

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


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.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Medina Allca, L., & Moreno Herrera, J. L. (2021). *Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en la localidad de Recta. Distrito de Recta, provincia Bongará, departamento Amazonas. Ingemmet Informe Técnico A7208*.
- 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.
- Tavera, H., Mamani, C., & Mercado, A. (2021). *Sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (M7.5) y niveles de sacudimiento del suelo. Informe Técnico N°040-2021/IGP Ciencias de la Tierra Sólida*.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

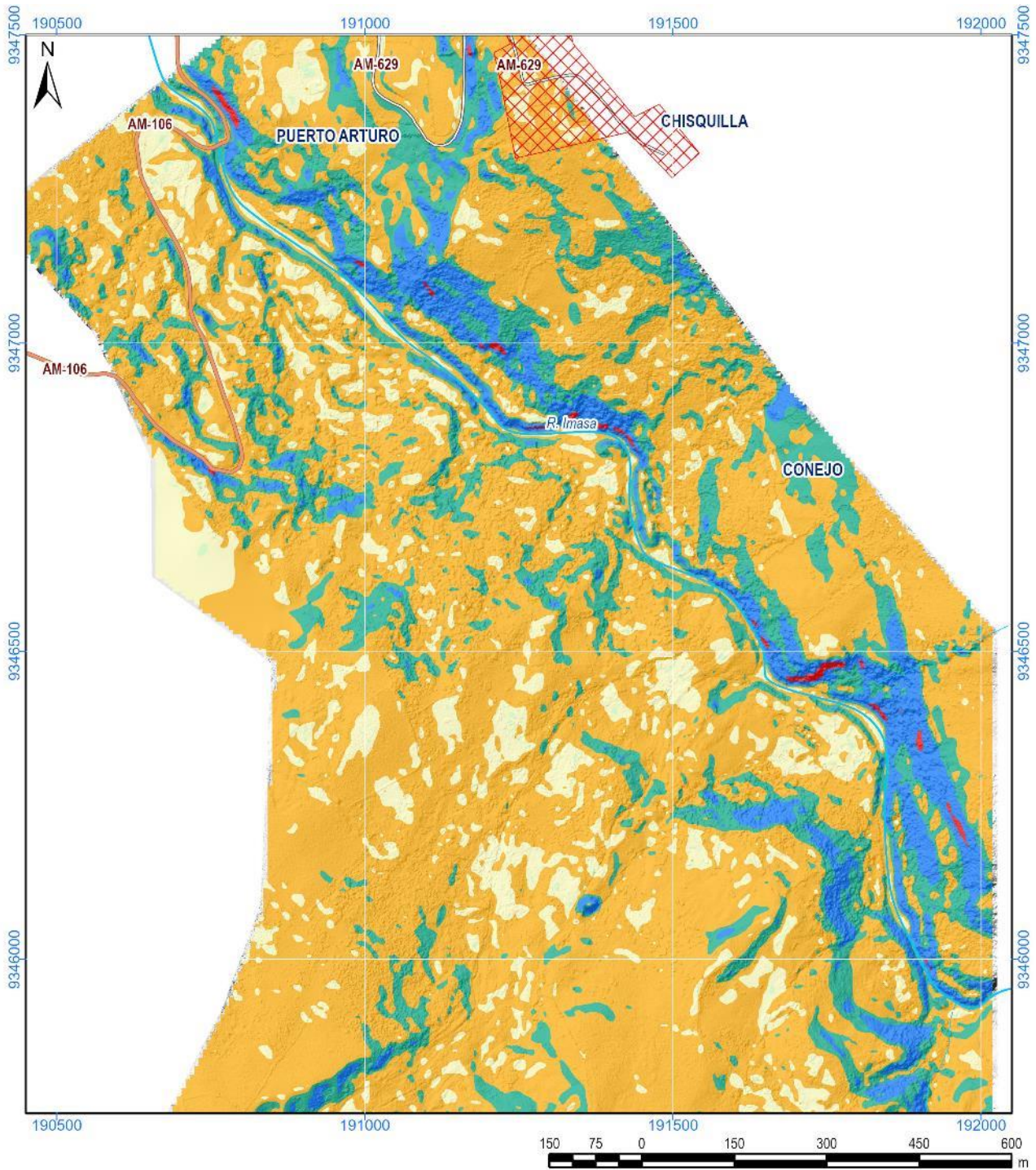
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Vía departamental afirmada
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Río
	Pliegue sinclinal
	Sector urbano

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Kis-ch: Formación Chonta

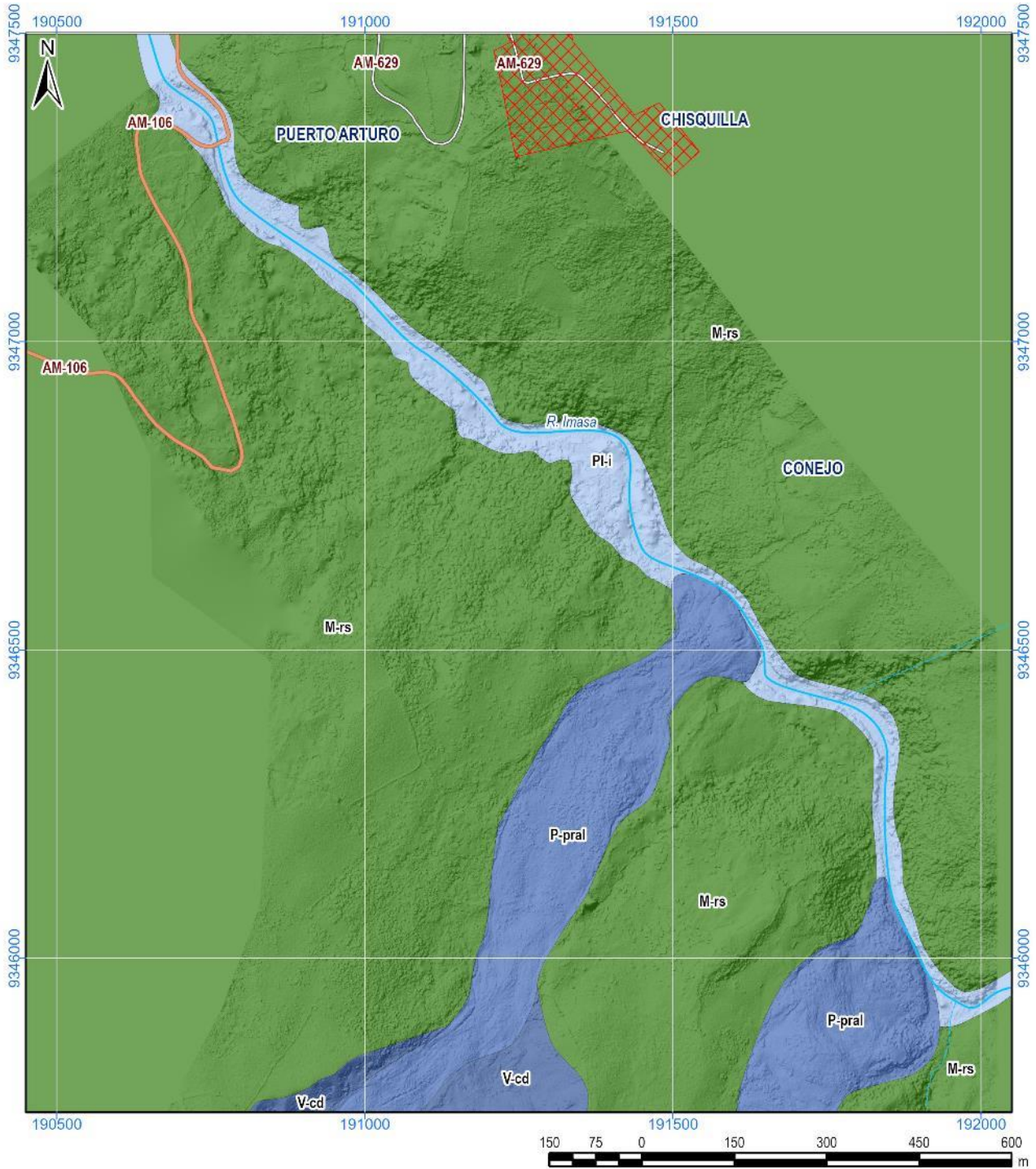
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BONGARÁ - CHISQUILLA	
GEOLOGÍA DEL SECTOR CONEJO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental afirmada
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Río
	Sector urbano

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 - BONGARÁ - CHISQUILLA	
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL SECTOR CONEJO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
	Vía departamental afirmada
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Río
	Sector urbano

LEYENDA	
	M:rs: Montaña en roca sedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	P-pral: Piedemonte proluvial
	PI-i: Llanura inundable

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - BONGARÁ - CHISQUILLA	
GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR CONEJO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Vía departamental afirmada
	Vía vecinal afirmada
	Quebrada
	Río
	Escarpe reciente
	Dirección de movimiento inactivo
	Dirección de movimiento activo
	Sector urbano

LEYENDA	
	Deslizamiento flujo inactivo latente
	Inundación fluvial
	Reptación de suelos inactiva 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 - BONGARÁ - CHISQUILLA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS EN EL SECTOR CONEJO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2023
MAPA 4	

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). 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 16). 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.

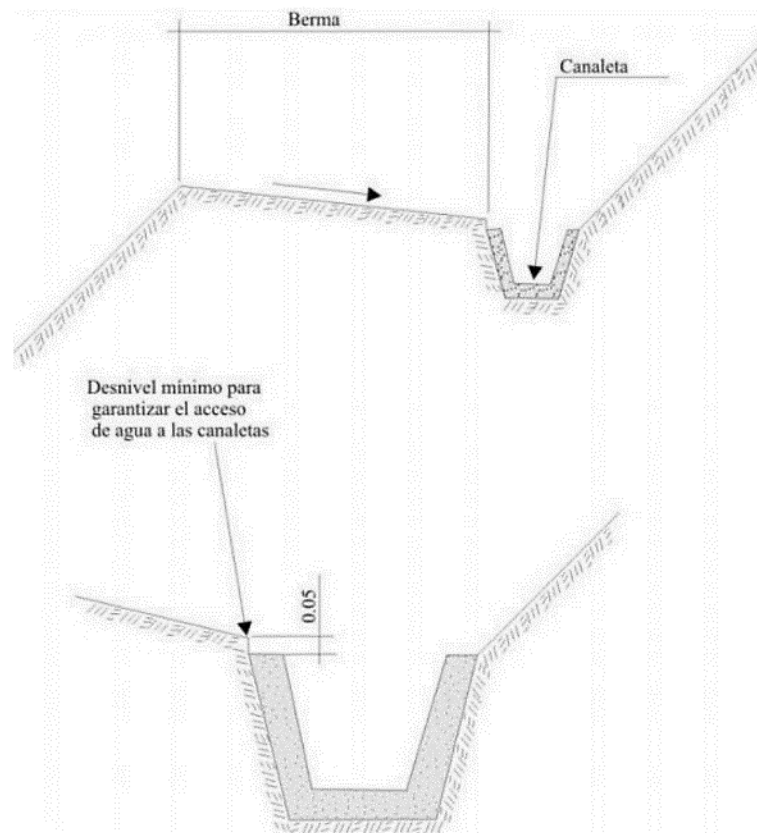


Figura 16. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

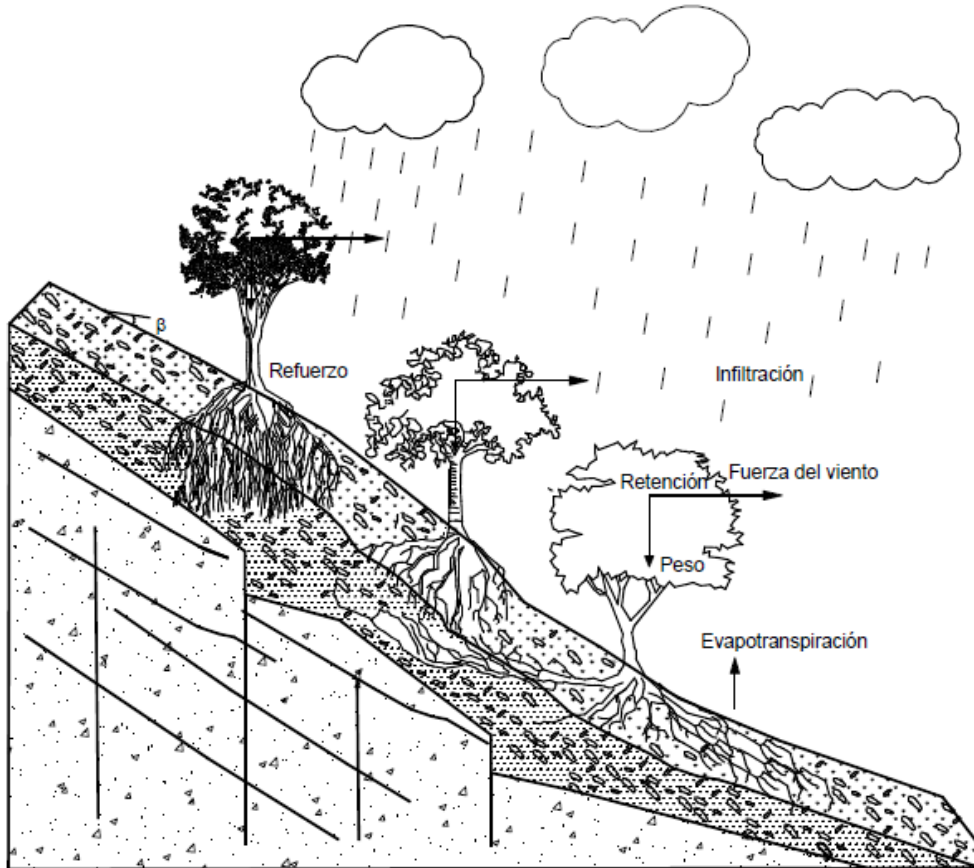


Figura 17. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 4. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.