

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7618

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE SOLOCO

Departamento: Amazonas
Provincias: Chachapoyas
Distrito: Soloco



**ABRIL
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE SOLOCO

***Distrito Soloco
Provincia Chachapoyas
Departamento Amazonas***



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

Equipo de Técnico:
Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

León, L. (2025). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad de Soloco, distrito Soloco, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7618, 28p.

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	5
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
1.3.5. Uso de suelo.....	7
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
3.1. Unidades litoestratigráficas	10
3.1.1. Formación Corontachaca (Jms-c)	10
3.1.2. Formación Sarayaquillo (Js-s)	10
3.1.3. Depósitos cuaternarios	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	12
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	12
4.2. Pendiente del terreno.....	12
4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas	14
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	14
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	15
5.1 Deslizamiento	16
6. CONCLUSIONES	20
7. RECOMENDACIONES.....	21
8. BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXO 1. MAPAS	23
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	27

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (Actividad 16)”. 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 por deslizamiento en la localidad de Soloco, distrito Soloco, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas.

La zona evaluada está conformada por brechas y conglomerados monomícticos con clastos de calizas, areniscas o esquistos, pertenecientes a la Formación Corontachaca; cubiertos por depósitos de origen coluvio-deluvial, constituidos por bloques y gravas angulosas en matriz limo arcillosa de plasticidad. Geomorfológicamente, en este sustrato rocoso se identificaron relieves montañosos, y vertientes con depósitos de deslizamiento y vertiente coluvio – deluvial, con pendientes fuerte (15° a 25°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°).

El peligro geológico identificado, corresponde a un deslizamiento rotacional, movimiento en masa que abarca un área de 2.6 hectáreas. Tiene en su eje principal de 335 m; asimismo el desnivel de la corona y el pie del deslizamiento es de 80 m.

El evento, afectó a 2.6 hectáreas de pastos y cultivos agrícolas; así mismo hacia el suroeste (parte baja del deslizamiento), se exponen un promedio de 10 viviendas, que podrían ser afectadas.

Los factores que condicionan la ocurrencia de los deslizamientos determinados a partir del presente informe son: la naturaleza litológica semiconsolidada y de plasticidad media de la Formación Corontachaca, coberturada por depósito coluvio-deluvial; la cual permite la infiltración y retención del agua; coadyuvado por la presencia de terrenos con cultivos agrícolas y pastizales sin drenajes que contribuyen con la saturación del terreno y aumento de peso de la masa inestable. Factores detonantes lluvias prolongadas e intensas, el riego por inundación utilizado en sus cultivos y la ocurrencia de sismos.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas anteriormente, la localidad de Soloco se considera de Peligro Alto por deslizamiento, ante lluvias intensas y/o prolongadas o sismos. De no atender las condiciones que desestabilizan el terreno por el deslizamiento; éste podría aumentar su dimensión y ocasionar daños severos en las viviendas ubicadas en la parte baja.

Finalmente, se brindan algunas medidas de control del riesgo, las mismas que deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes y tomadores de decisiones. Siendo principalmente, en este caso, la construcción de drenes impermeabilizados, reforestación de las laderas. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (ACT. 16)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Atendiendo la solicitud remitida por el Instituto Nacional de Defensa Civil - Amazonas, según Oficio N°000275-2023-INDECI/DDIAMAZONAS, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en localidad de Soloco.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el caserío Nueva Ilusión; llevado a cabo en junio del 2024.

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

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Soloco, Instituto Nacional de Defensa Civil - 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 en la localidad de Soloco, distrito Soloco, provincia Chachapoyas, departamento de 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 geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, informes y reportes que abarcan aspectos geológicos y geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 147, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo de Chachapoyas. Hoja: 13-h (Escala 1: 50 000); (Rodríguez et al., 2012); En el cual el mapa del cuadrángulo de Chachapoyas, 13 – h – II registra afloramientos de la Formación Corontachaca, compuesta principalmente por brechas y conglomerados monomíticos con clastos de caliza y algunos de areniscas o esquistos; la Formación Sarayaquillo, consiste principalmente de areniscas rojas cuarzo feldespáticas, arcosas y grauwas, intercaladas con lutitas rojas. También, se observa secuencias de areniscas pardo-amarillentas y pardo verdosas; y depósitos fluviales.
- El Boletín N° 39 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Amazonas (Medina et al., 2009) elaboró un mapa de susceptibilidad en masa para esta región, a escala 1:250000; en particular la localidad de Soloco, se sitúa sobre áreas con susceptibilidad de alta a muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector evaluado (figura 1), se ubica en el distrito de Soloco, provincia Chachapoyas y departamento Amazonas, entre los 2388 y 2539 m s.n.m. En la Tabla 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 18S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	196790	9307835	-6.2548342	-77.7400536
2	196790	9307310	-6.2595780	-77.4007835
3	196310	9307310	-6.2595553	-77.7444126
4	196310	9307835	-6.2548116	-77.7443879
Coordenada central				
Deslizamiento	196512	9307530	-6.2575768	-77.7425737

1.3.2. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Soloco, tiene una población de 180 habitantes (Tabla 2), distribuidos en 139 viviendas.

Tabla 2. Datos de la localidad de Soloco

Descripción	Soloco – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0101200001
Longitud	-77.7441022600
Latitud	-6.26050770300
Altitud	2387
Población	180
Viviendas	139
Agua Por Red Publica	No
Energía eléctrica en la vivienda	Si
Desagüe por red publica	Si
Institución Educativa Inicial	Si
Institución Educativa Primaria	Si
Institución Educativa Secundaria	Si
Establecimiento de salud	Si
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

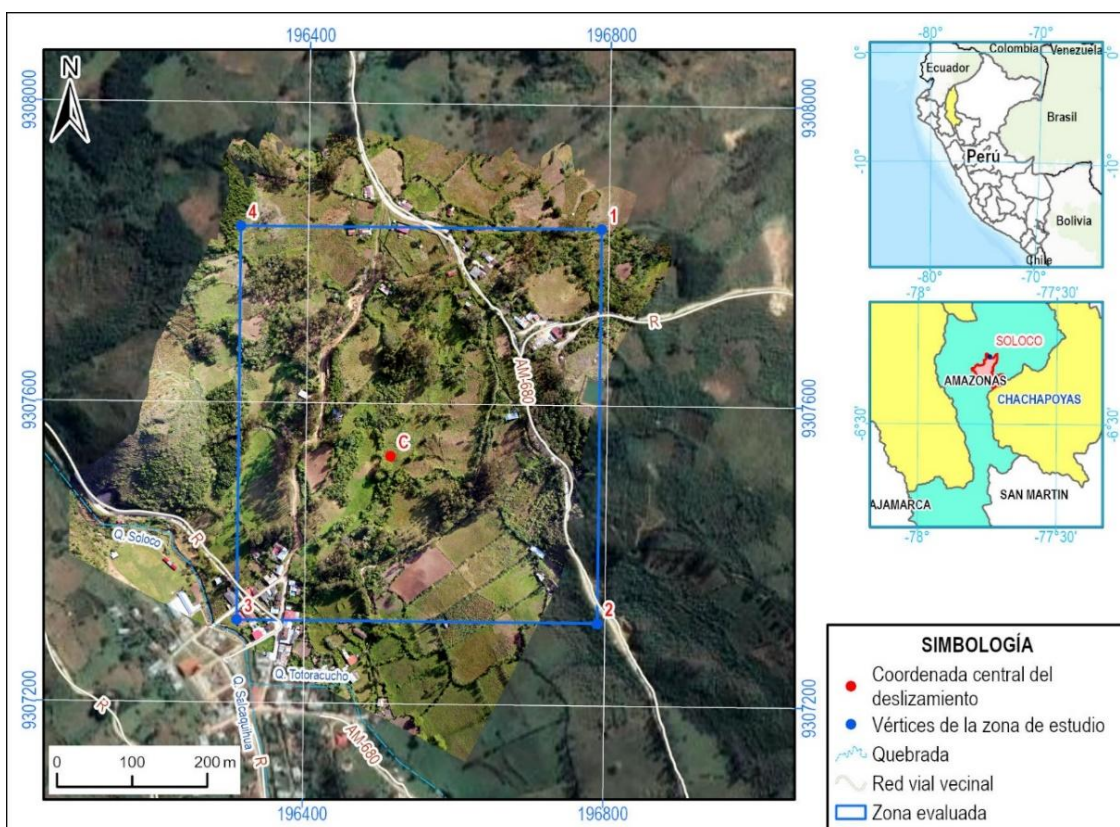


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Chachapoyas, a través de una vía asfaltada - afirmada, hasta la localidad de Soloco; se estima distancias y tiempos de arribo (Tabla 3):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Chachapoyas – Soloco	Asfaltada – Afirmada	33	1 horas 10 minutos

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'.

El tiempo de esta región está determinado por el Anticiclón del Atlántico Sur, la Baja Amazónica, Jet de bajos niveles al este de los Andes, por la Zona de Convergencia Intertropical (en el norte del país) y la Zona de Convergencia del Atlántico Sur. En el invierno, los friajes afectan indirectamente a esta región principalmente con precipitaciones, las cuales pueden llegar a ser intensas.

Esta región presenta en promedio durante el año, temperaturas máximas de 25°C a 29°C de y temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. Los acumulados anuales de lluvias en esta zona puede variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente.

1.3.5. Uso de suelo

La ladera del sector evaluado y alrededores, está ocupada por pastos para ganadería, arbustos naturales y cultivos agrícolas, hacia la parte baja se ubica el área urbana.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

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

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

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

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

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

Deluvial: Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

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.

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.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

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

Peligro o amenaza geológica: Proceso 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.

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

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

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

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

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 147, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo de Chachapoyas, 13-h, escala 1:50 000 (Rodríguez et al, 2012), información complementada y validada 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 u susceptibilidad a procesos de remoción en masas (mapa 1)

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades sedimentarias (Jurásico) y depósitos cuaternarios no consolidados, producto de la ocurrencia de movimientos en masa (anexo 1: mapa 1).

3.1.1. Formación Corontachaca (Jms-c)

Compuesta principalmente por brechas y conglomerados monomíticos con clastos de caliza, areniscas o esquistos; los elementos son de formas angulosos a subangulosos pueden estar juntos o suspendidos en la matriz calcárea. El espesor de los estratos varía de un lugar a otro y pueden llegar a tener hasta 3 m. Asimismo, se pueden observar niveles de conglomerados con matriz arenosa y cemento calcáreo.

Las características texturales de los conglomerados son propias de sedimentos que han sufrido poco transporte y corresponde a depósitos de conos aluviales. Los afloramientos de la Formación Corontachaca se encuentran a lo largo de las fallas principales, (Rodríguez et al., 2012). Se ubica al noreste y noroeste del sector evaluado.

3.1.2. Formación Sarayaquillo (Js-s)

Conformada principalmente de areniscas rojas cuarzo feldespáticas, arcosas y grauwas, intercaladas con lutitas rojas. También, se encuentran secuencias de areniscas pardo-amarillentas y pardoverdosas. Dichas secuencias presentan delgados niveles de brechas con fragmentos de calizas angulosas englobados en una matriz calcárea arenosa de color rojo, que son equivalentes laterales de los conglomerados de la Formación Corontachaca. (Rodríguez et al., 2012). Se ubica al norte del sector evaluado.

3.1.3. Depósitos cuaternarios

En la zona de estudio se expone depósitos cuaternarios diferenciados de acuerdo a su composición y tiempo de depositación en:

Depósito aluvial (Q-al)

Corresponde a depósitos producidos por antiguas escorrentías y que ahora se ubican en terrazas bajas de la zona, tienen pendiente de suave a moderada (1° a 5°), compuesta de cantos redondeados y gravas, en una matriz de arenas y limos. Ubicados en la zona urbana de la localidad de Soloco.

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Proviene de diversos movimientos en masa, transportados por la gravedad e influencia del agua. Contienen una capa superficial de suelos con alto contenido orgánico, y las capas inferiores están compuestas por bloques angulosos y sub angulosos, en una matriz limo arcillosa de plasticidad media, (Tabla 3, fotografía 1).

Tabla 3. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
	Eluvial			Lacustre	X	Esférica		Redondeado
X	Deluvial		2	Bolos		Discoidal	X	Sub redondeado
X	Coluvial		3	Cantos		Laminar	X	Anguloso
	Aluvial		17	Gravas		Cilíndrica		Sub anguloso
	Fluvial		25	Gránulos				
	Proluvial		7	Arenas				
	Glaciar		27	Limos				
			19	Arcillas				

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

COMPACIDAD	
SUELOS FINOS	
Limos y arcillas	
X	Blanda
	Compacta
	Dura



Fotografía 1. Depósito coluvio – deluvial, ubicado en el sector evaluado, coordenadas UTM WGS84 18M. 196400E, 9307421N.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín N° 39 de la serie C: Riesgo geológico en la región Amazonas, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en junio del 2024, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:1500).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 2388 a 2539 m s.n.m., en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (figura 2), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2430 a 2455 m s.n.m., con terreno de pendiente promedio muy fuerte (25° a 45°), correspondiendo a la geoforma de vertiente coluvio deluvial.

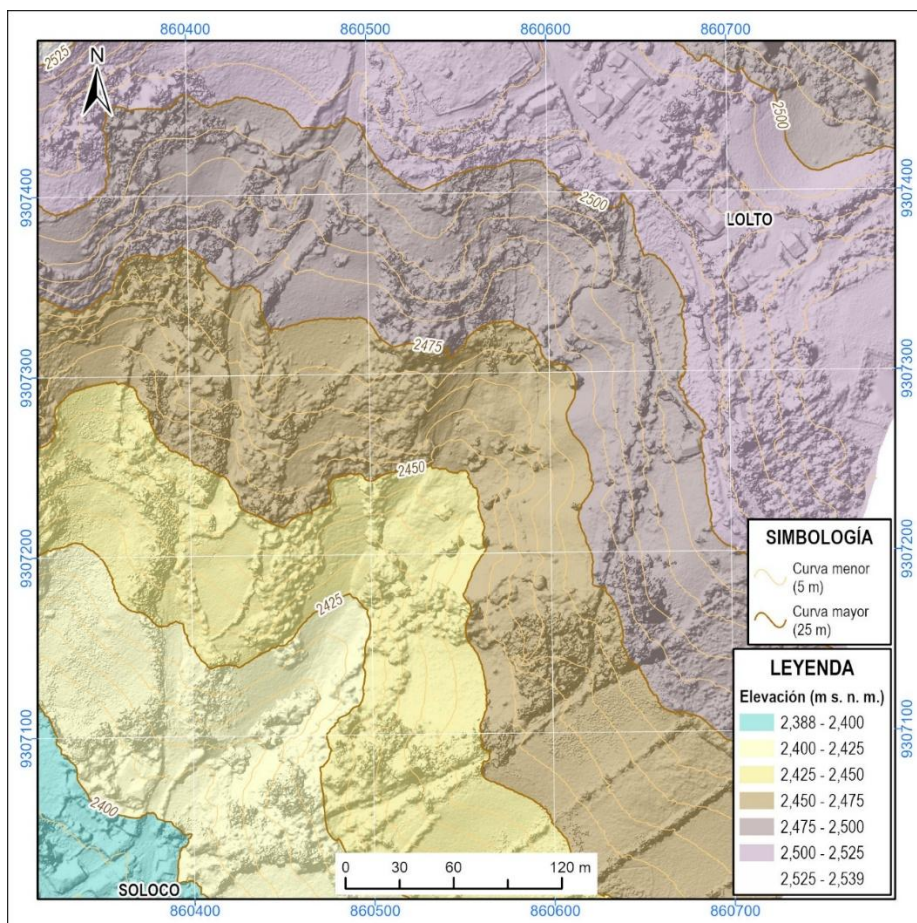


Figura 2. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada en la localidad de Soloco presenta terrenos con pendientes que varían de muy baja (<1°) a pendiente moderada (5° a 15°) ocupados por viviendas y terrenos de cultivo; en terrenos con pendiente fuerte (15° a 25°) a pendiente muy fuerte a escarpada (25° a 45°) (figura 4), es donde se desencadenó el deslizamiento, también se observan pastos naturales y terrenos de cultivo.

Los relieves con pendiente escarpada pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual. En el área de evaluada mediante el modelo digital de elevaciones, se elaboró el mapa de pendientes, que fue rasterizado y luego reclasificado para la delimitación de áreas por cada rango de pendiente (figura 5 y Anexo - Mapa 2).

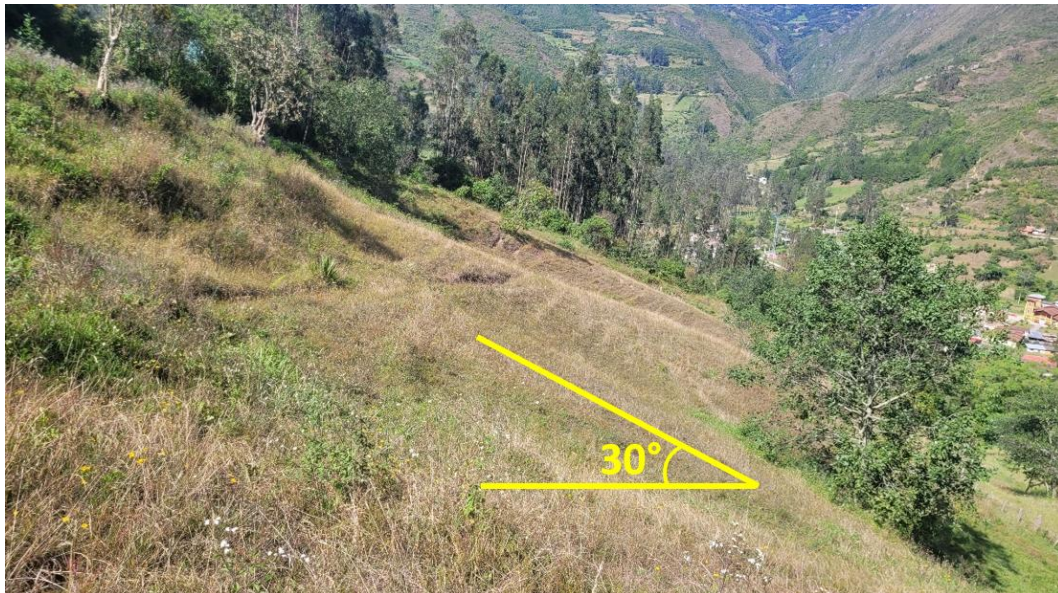


Figura 4. Deslizamiento en laderas con pendiente muy fuerte (30°).

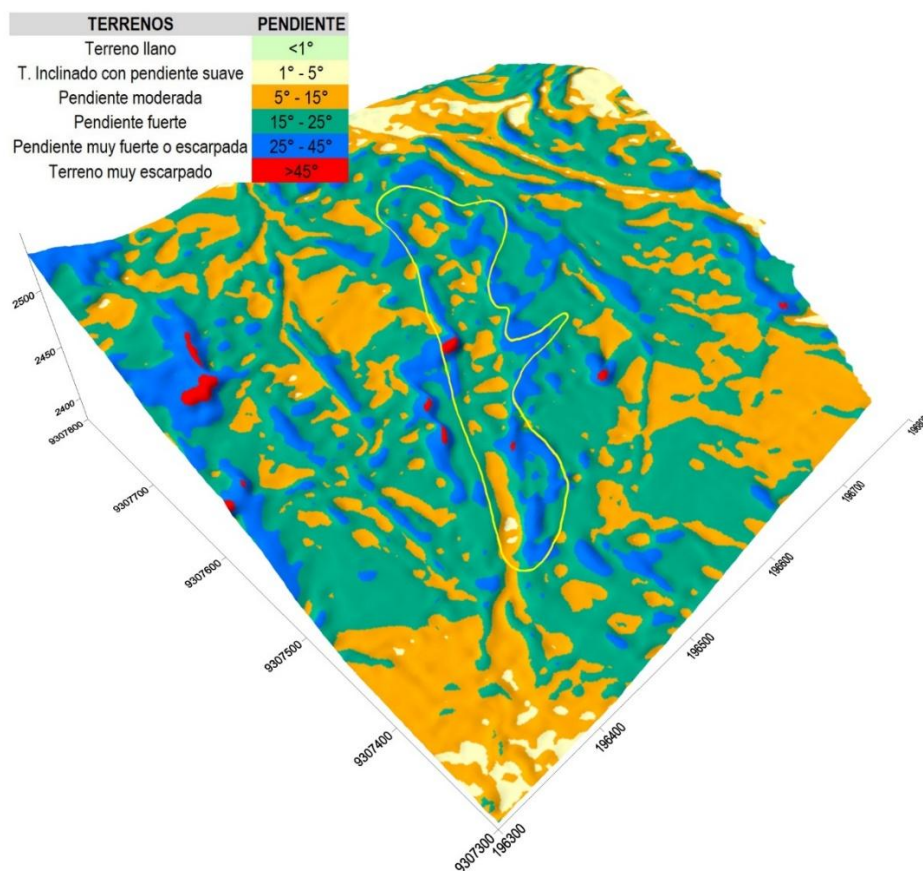


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes del terreno en la localidad de Soloco, el movimiento en masa está delimitado con línea amarilla.

4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas

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

De acuerdo a su origen, se distingue geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colinas en rocas sedimentarias), como de carácter depositacional y agradacional (vertiente coluvial de detritos, vertiente con depósito de deslizamiento, terraza aluvial y planicie inundable); las geoformas se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y presenta un declive promedio superior a 30% (FAO, 1968).

Sub unidad de montaña en rocas sedimentarias (M-rs)

Corresponden a relieves formados por afloramientos de roca sedimentaria, de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas afectadas por procesos tectónicos y erosivos, de edad Cretácica. En el sector evaluado presentan laderas con pendientes moderadas a muy fuertes.

En la localidad de Soloco esta geoforma está ubicada al norte del sector evaluado.

4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional

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

Unidad de Vertientes

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

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

Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de laderas de montañas sedimentarias, resultantes de la acumulación de material de origen coluvial y deluvial. En el sector evaluado se ubicada al sur oeste.

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponden a zonas con forma cóncava donde se ha desarrollado un deslizamiento, en el sector evaluado este depósito está ocupado por terrenos ocupados por pastos naturales para el desarrollo de la actividad ganadera y terrenos de cultivo.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En la localidad de Soloco, se identificó un deslizamiento rotacional, cuyo avance de remoción se extiende sobre pastos naturales y terrenos de cultivo; además hacia la parte baja, de seguir el movimiento podría afectar diez viviendas del área urbana (figura 9).



Figura 6. Modelo 3D de la localidad de Soloco, el deslizamiento está delimitado en línea amarilla, se aprecia pastos naturales y terrenos con cultivos agrícolas afectados; así mismo se aprecian las viviendas expuestas en la parte baja.

5.1 Deslizamiento

En noviembre del 2023, funcionarios de la Municipalidad Distrital de Soloco, al realizar una inspección de campo, identificaron terrenos de cultivos afectados por un deslizamiento, ubicados al nor este del área urbana de la localidad de Soloco; la zona tiene una pendiente de moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), sobre depósitos de origen coluvio-deluvial y un sustrato rocoso de mala calidad de la Formación Corontachaca.

Durante los trabajos de campo, junio del 2024, se observó terrenos ocupados por pastos para fines de ganadería y cultivos agrícolas, afectados por un deslizamiento rotacional, en el cuerpo del movimiento, se observan agrietamientos con longitudes de 7 a 10 m, con apertura de 5 a 10 cm. Estas aperturas permiten la infiltración directa del agua de escorrentía, aumentando su peso y por ende se generan movimientos en masa; así mismo si continua el avance del deslizamiento podría afectar viviendas ubicadas en la parte baja de la ladera (área urbana de la localidad de Soloco). La ausencia de un sistema de drenaje adecuado permite que la infiltración de agua de lluvia en los terrenos de cultivo (figura 7).



Figura 7. Se observa sobre el deslizamiento (línea negra), y agrietamientos (en línea roja), lo que permite la infiltración directa del agua de escorrentía, acelerando la saturación de los terrenos; también se observan las viviendas expuestas al peligro ubicadas al sur oeste del sector evaluado.

A continuación, describimos las características del deslizamiento:

5.1.1. Características visuales y morfológicas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Lento.

- Tipo de avance: Retrogresivo.

Morfometría:

- Área: 2.6 has.
- Perímetro: 879 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 80 m.
- Longitud corona a punta: 335 m.
- Longitud del escarpe principal: 360m.
- Salto vertical de escarpe principal: 1.7 m. (figura 8)
- Escarpes secundarios: 30 a 60 m.
- Salto vertical de escarpes secundarios: 0.5 a 0.9 m. (figura 9)



Figura 8. Escarpe de deslizamiento, el salto vertical tiene 1.7 m.



Figura 9. Escarpe secundario, el salto vertical tiene 0.7 m.

5.1.2. Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial no consolidado y de mediana plasticidad, compuesto por bloques y gravas angulosos y subangulosos; en matriz limo arcillosa de plasticidad media, permite la infiltración y retención del agua. Esto incrementa el peso de la masa inestable.
- Ocupación del terreno con cultivos agrícolas y pastos naturales, bajo riego por inundación y, ausencia de drenajes adecuados (figura 10), esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°), que conforman unidades de montaña en roca sedimentaria (M-rs), vertiente coluvio deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd); el material suelto y la inclinación de la pendiente facilita el origen de movimientos, mientras que la presencia de agua actúa como un lubricante.



Figura 10. Se observa escasa vegetación y ausencia de drenajes en la ladera, lo que contribuye a la saturación del terreno.

5.1.3. Factor detonante

- Precipitaciones pluviales intensas de corta duración o lluvias prolongadas, que se presentan en el periodo lluvioso.
- Sismos, que pueden incrementar la inestabilidad del terreno.

5.1.4. Daños ocasionados y probables

- Dos hectáreas de pastos naturales y terrenos de cultivos afectados.
- Diez viviendas expuestas al peligro por deslizamiento (figura 11).

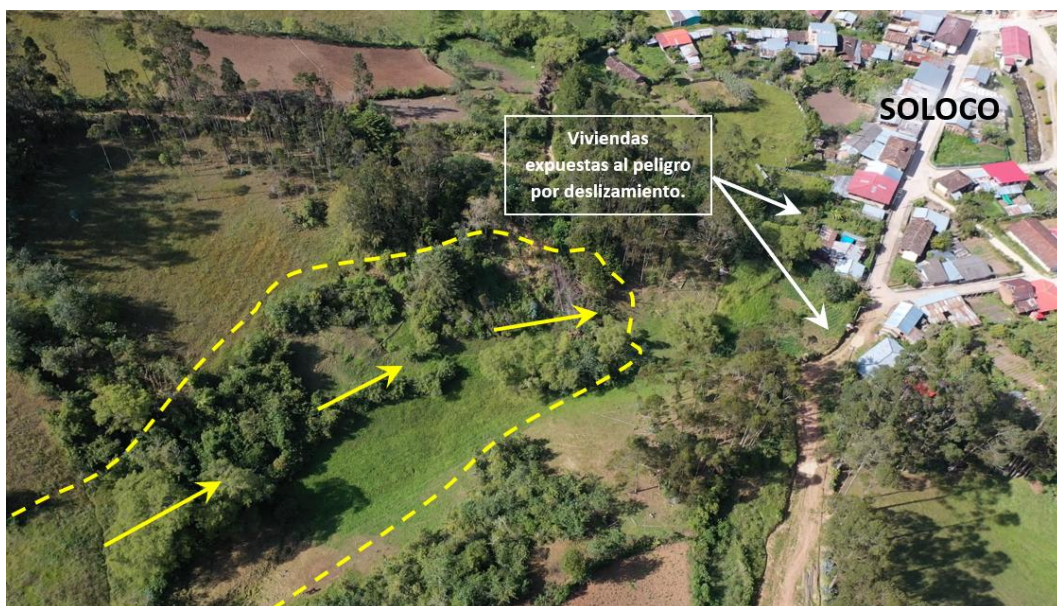


Figura 11. En la figura se aprecia las viviendas expuestas al peligro por deslizamiento.

En la figura 12, se muestra la extensión horizontal del deslizamiento 80 m de desnivel; además se expone las viviendas expuestas en la parte baja.

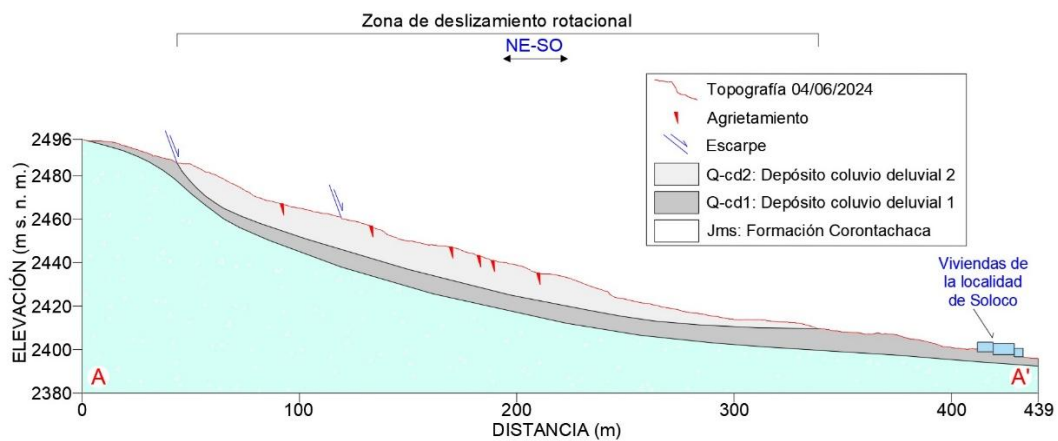


Figura 12. Perfil longitudinal A-A', donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos en el deslizamiento de la localidad de Soloco.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones:

- a. Litológicamente, el subsuelo del área evaluada está conformada por brechas y conglomerados compuestos por clastos o fragmentos de calizas, areniscas o esquistos, pertenecientes a la Formación Corontachaca; la cubierta superficial corresponde a depósitos coluvio-deluviales, conformados por bloques y gravas angulosas; en matriz limo arcillosa de plasticidad media.
- b. Geomorfológicamente, en la zona evaluada se identifica montaña en rocas sedimentarias, vertiente con depósito de deslizamiento, vertiente coluvio – deluvial, con terrenos de pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°).
- c. En dirección suroeste (parte baja del deslizamiento), se ubican expuestas un promedio de 10 viviendas, que en el caso de seguir el movimiento podrían ser afectadas.
- d. La ocurrencia de deslizamientos está condicionada por:
 - Características litológicas: depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques y gravas angulosos y subangulosos; en una matriz limo arcillosa de plasticidad media, permite la infiltración y retención del agua.
 - Ocupación del terreno con pastos y cultivos agrícolas, bajo riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
 - Ladera de pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°), que conforman geoformas de montaña en roca sedimentaria (M-rs), el material suelto y la inclinación de la pendiente facilita el origen de movimientos, mientras que la presencia de agua actúa como lubricante.
- e. El deslizamiento de Soloco abarca un área de 2.6 hectáreas, con un desnivel entre la zona de arranque y el pie de 80 m, y la longitud de la corona a la punta es de 360 m.
- f. Los factores desencadenantes para la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes son las lluvias de intensidad fuerte y prolongadas, así como también los sismos.
- g. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, el deslizamiento en la localidad de Soloco, se lo considera de **Peligro Alto**. De continuar las mismas condiciones el movimiento en masa podría aumentar su dimensión y ocasionar danos severos a un promedio de diez viviendas ubicadas en la parte baja (área urbana).

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto del deslizamiento. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población expuesta al peligro mencionados.

- a. Implementar un sistema de drenaje impermeabilizado, en las zonas de deslizamiento y alrededores, con el apoyo técnico de un especialista, con la finalidad de reducir la infiltración de agua y saturación del terreno.
- b. Evitar la deforestación y reforestar los alrededores de las áreas evaluadas, las autoridades competentes deben realizar un programa integral de forestación.
- c. Elaborar un informe de evaluación de riesgos (EVAR) para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.
- d. Implementar un el uso de sistema de riego tecnificado entre los agricultores.
- e. Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- f. Realizar monitoreo visual para analizar la evolución del deslizamiento. Además, se debe implementar un Sistema de Alerta Temprana y elaborar un plan de contingencia ante deslizamiento y flujos no canalizados.


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


Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

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/b1541/index.htm

Medina, L.; Vílchez, M. & Dueñas, SH. (2009). Riesgo geológico en la Región Amazonas. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 205 p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/244>

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.

Rodríguez, R.; Giraldo, E.; Cueva, E.; Sánchez E. & Cornejo, T. (2012). Geología del cuadrángulo de Chachapoyas. Hoja 13-h. Serie A. Ingemmet (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet. 148 p, 4 mapas.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/109>

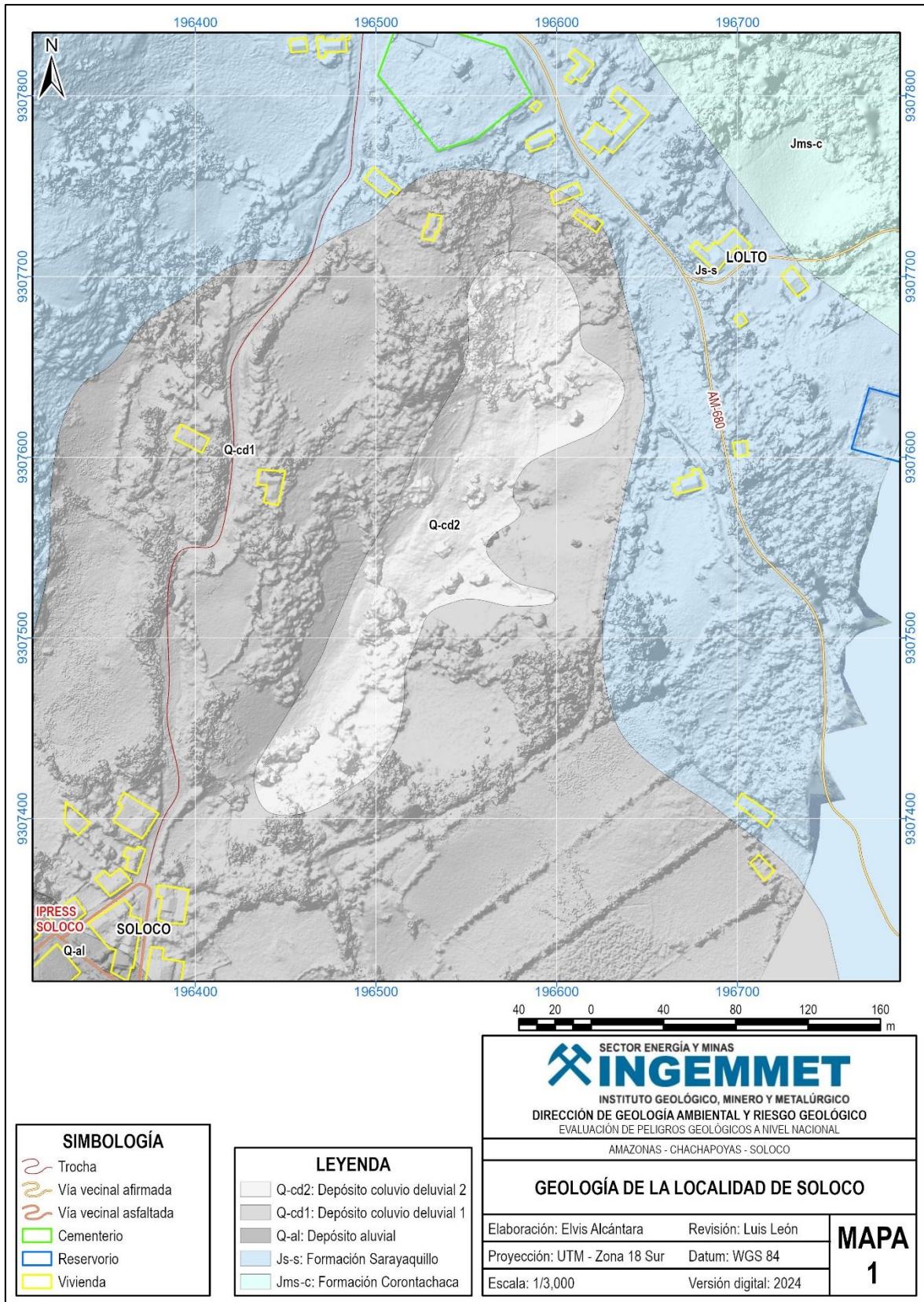
Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

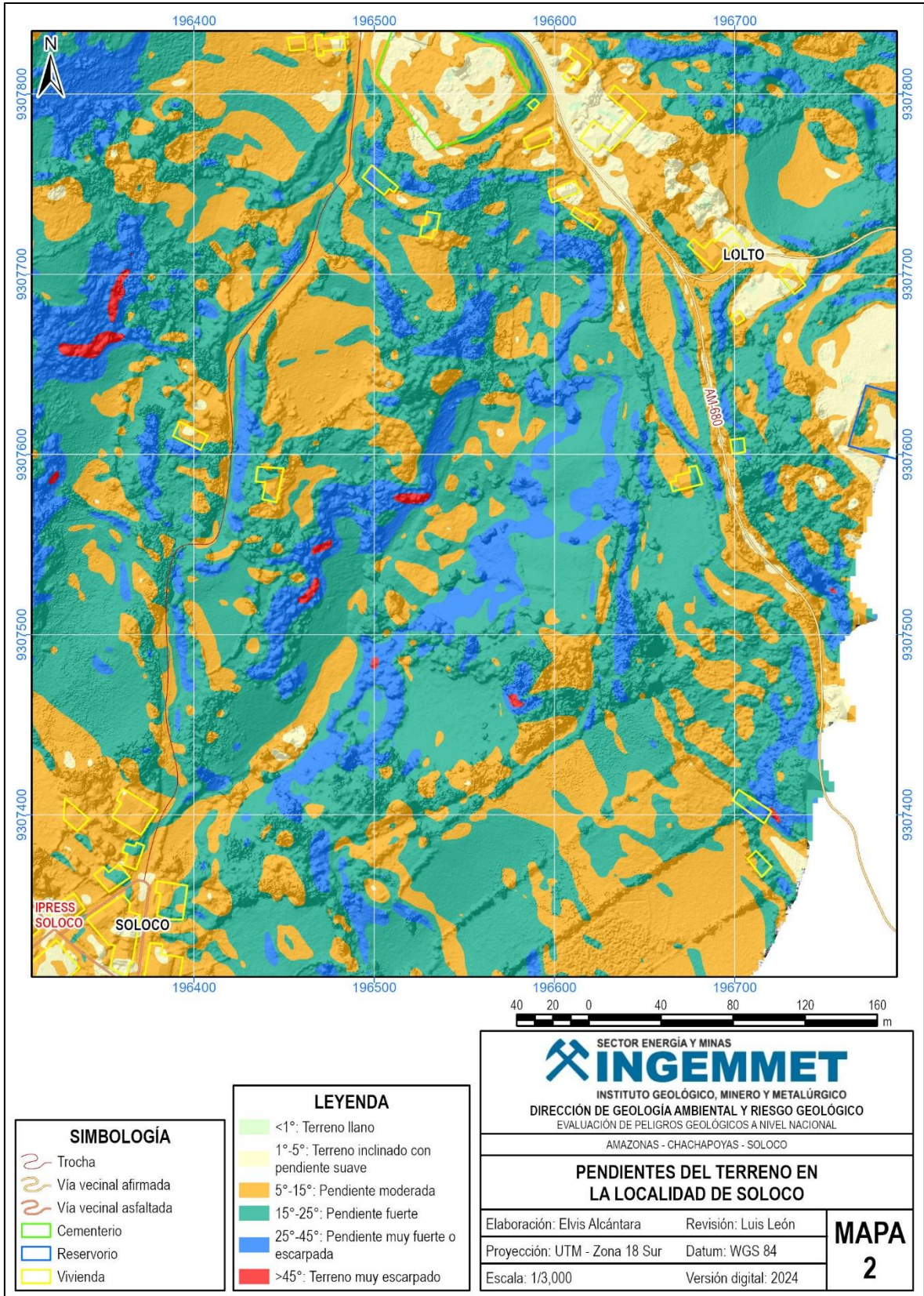
Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.

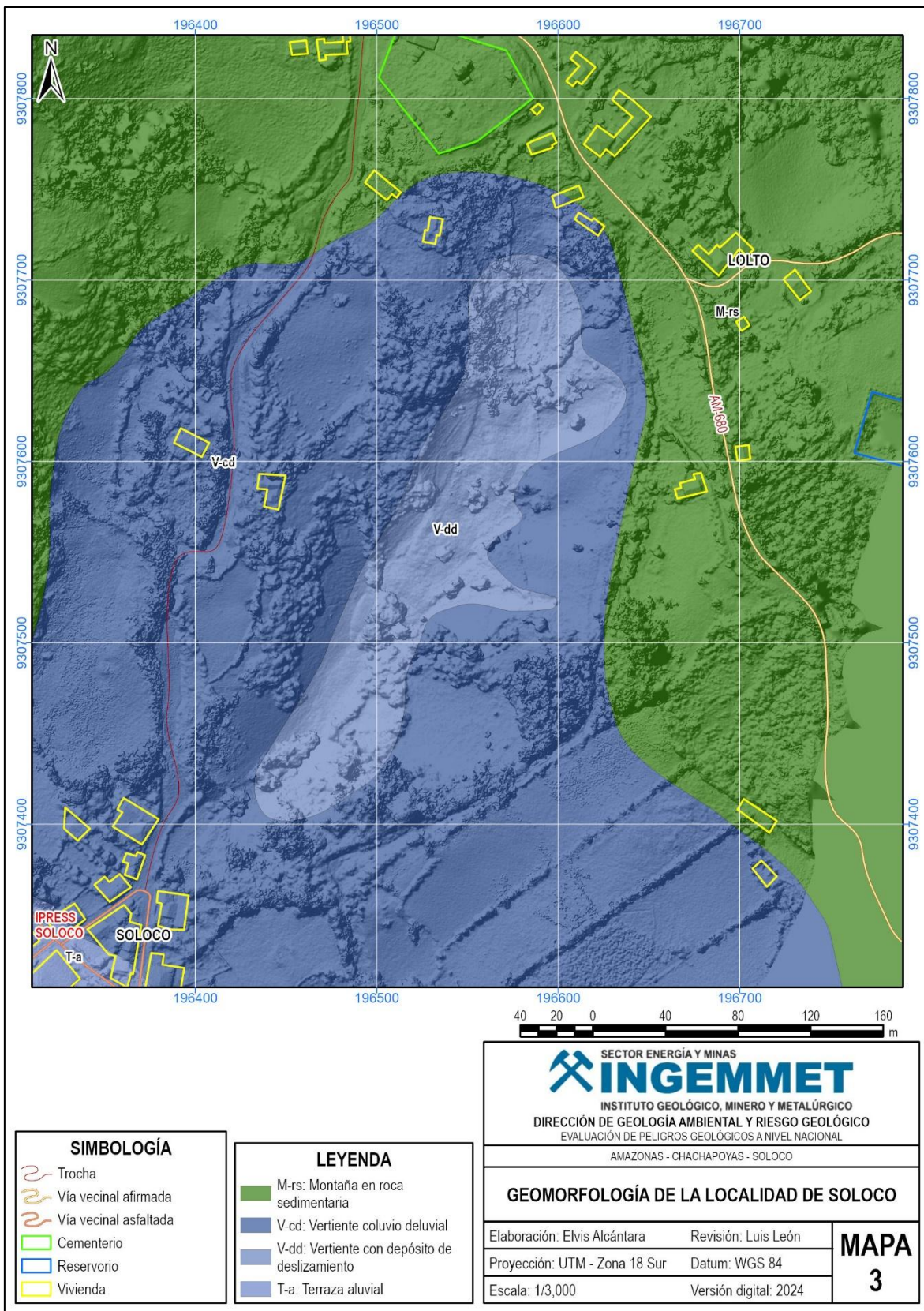
Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.

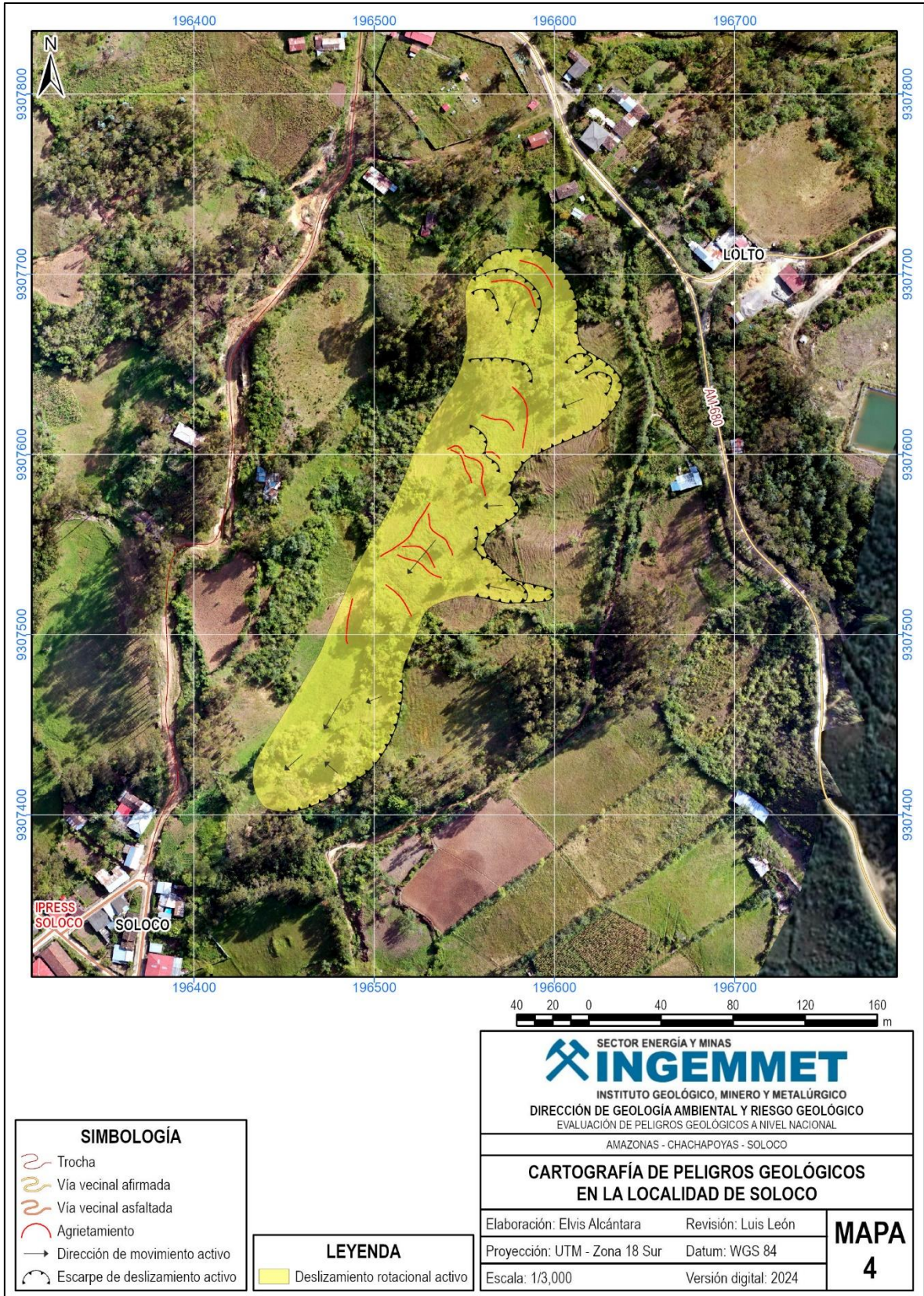
Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de estabilización de los movimientos en masa, 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 desestabilizante 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 la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (Figura). 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.

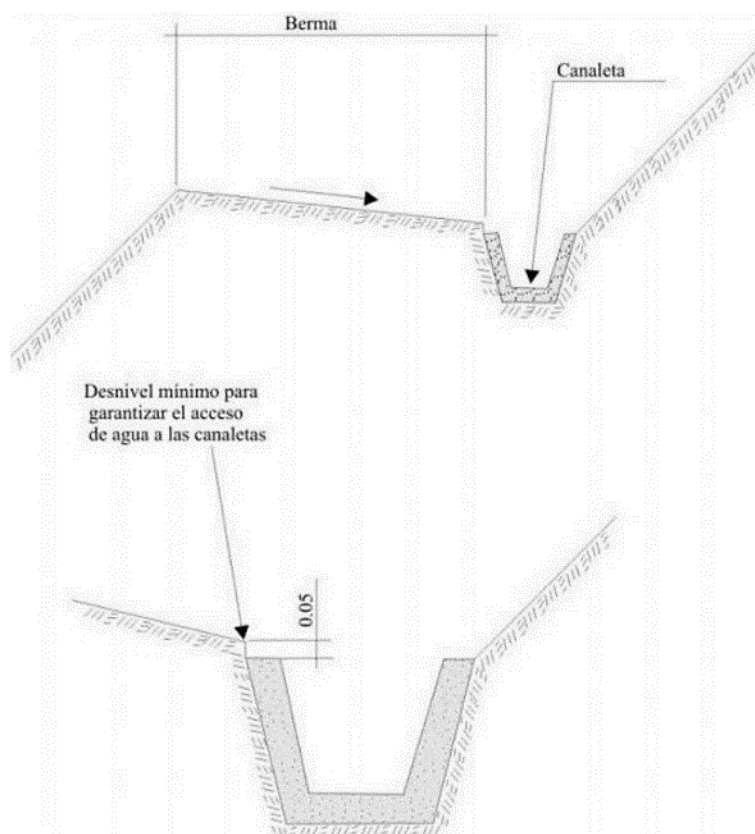


Figura 21. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

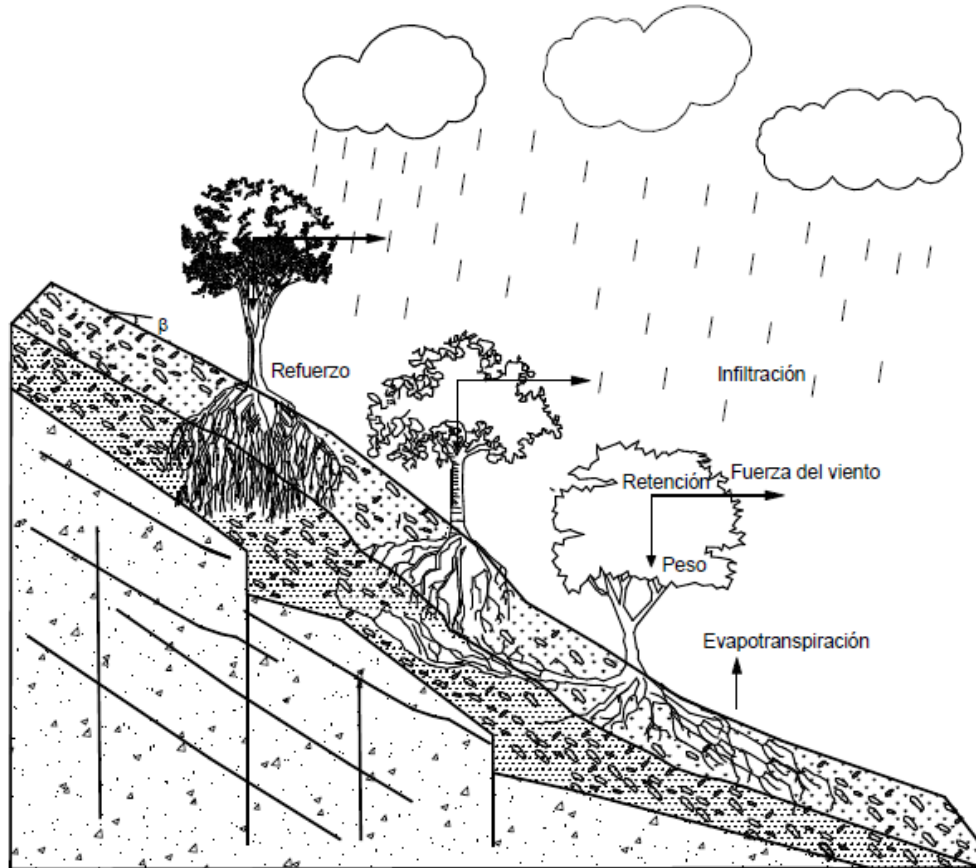


Figura 13. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 2. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.