

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7354

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD HORNOPAMPA

Departamento Amazonas
Provincia Chachapoyas
Distrito Balsas



ENERO
2023

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD HORNOPAMPA

Distrito Balsas, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en la localidad Hornopampa, distrito Balsas, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7354, 36 p.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 1.1 Objetivos del estudio | 3 |
| 1.2 Antecedentes | 4 |
| 1.3 Aspectos generales..... | 4 |
| 1.3.1 Ubicación..... | 4 |
| 1.3.2 Accesibilidad..... | 5 |
| 1.3.3 Población | 5 |
| 1.3.4 Clima..... | 6 |
| 2. DEFINICIONES | 6 |
| 3. ASPECTO GEOLÓGICO | 8 |
| 3.1 Unidades litoestratigráficas | 8 |
| 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS..... | 12 |
| 4.1 Modelo digital de elevaciones..... | 13 |
| 4.2 Pendiente del terreno..... | 13 |
| 4.3 Unidades Geomorfológicas..... | 15 |
| 4.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional | 15 |
| 4.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional..... | 16 |
| 5. PELIGROS GEOLÓGICOS..... | 19 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 25 |
| 7. RECOMENDACIONES | 26 |
| BIBLIOGRAFÍA | 27 |
| ANEXO 1. MAPAS..... | 28 |
| ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS | 32 |

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en la localidad Hornopampa, distrito Balsas, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En la zona evaluada se identificaron depósitos de origen coluvio-deluvial conformados por bloques (20%) y gravas (45%) de formas subangulosos y subredondeados, en matriz areno limosa (35%), el material se encuentra inconsolidado, las características mencionadas facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno, facilitando su inestabilidad; estos depósitos se encuentran sobre un basamento de rocas sedimentarias (areniscas del Grupo Goyllarisquizga), medianamente a muy fracturadas y ligeramente meteorizadas.

Geomorfológicamente se tiene las subunidades: montaña en rocas sedimentarias (M-rs); montaña en rocas intrusivas (M-ri), vertiente o piedemonte coluvial (V-cd), piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral), terraza aluvial (T-a) y planicie inundable (PI-i).

En la localidad de Hornopampa se identificó un antiguo deslizamiento rotacional, que se activó el 14 de noviembre de 2022, afectando 200 m del camino vecinal que conduce hacia el distrito de Chuquibamba, dos postes de tendido eléctrico.

El deslizamiento tiene un escarpe con una longitud de 270 m, de forma semicircular, con salto vertical de 10 a 15 m, el movimiento tiene una longitud de 320 m y un ancho promedio de 170 m, en el cuerpo del deslizamiento se identificó agrietamientos con longitudes de hasta 16 m, con apertura de 10 a 40 cm y desplazamiento vertical de 20 cm.

Los factores condicionantes de los movimientos en masa son: a) pendiente del terreno entre 25° a 45°; b) litología de naturaleza incompetente compuestos de areniscas de grano fino a medio, muy fracturada y moderadamente meteorizada; c) terrenos alterados (removidos), ara instalación de cultivos agrícolas, permite la infiltración y retención de agua, aumentando el peso, generando inestabilidad. Los factores detonantes pueden ser lluvias intensas y/o prolongadas (como las acaecidas en marzo de 2022), movimientos sísmicos y el factor antrópico como el inadecuado riego de los cultivos (por inundación sin sistema de drenaje).

De seguir activo el movimiento, podrían represar al río Jahuay y un posible desembalse brusco afectaría los terrenos de cultivo que se encuentran aguas abajo.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámica externa se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a movimientos en masa. El evento mencionado puede reactivarse por la presencia, principalmente, de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, así como elaborar el EVAR correspondiente; reubicar las viviendas ubicadas en la parte baja, margen izquierda del río Jahuay y las viviendas ubicadas en la margen

derecha del deslizamiento de la localidad de Hornopampa, a una zona más segura, con la finalidad salvaguardar integridad física de los pobladores.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que 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)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el Oficio N° 266-2022-G.R. AMAZONAS/GR-DENAGERD, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masas en la localidad de Hornopampa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis León Ordáz y Elvis Alcántara Quispe para realizar la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa que afectan la localidad Hornopampa; los trabajos de campo se realizaron el día 22 de noviembre del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional Amazonas, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta en la localidad de Hornopampa, distrito Balsas, provincia Chachapoyas y departamento Amazonas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 56, serie A, Geología de los cuadrángulos de Bagua Gande (12-g), Jumbilla (12-h), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Lonya Grande (13-g), Chachapoyas (13-h), Rioja (13-i), Leimebamba (14-h) y Bolivar (15-h), (Sánchez A., 1995). Según la geología descrita a escala 1:100 000.
- Boletín N° 1, serie L, Actualización Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Leimebamba (hojas 14h1, 14h2, 14h3 y 14h4) y Huayabamba (hojas 14i1, 14i2, 14i3 y 14i4), (Rodríguez R. et. al., 2020). Según la geología descrita a escala 1:50 000, el en sector evaluado tenemos un depósito fluvial, intrusivo monzogranítico y el Grupo Goyllarisquizga.
- Informe Técnico Preliminar, Informe de Zonas Críticas Región Amazonas, Primer Reporte (Medina & Dueñas, 2007), identificando en el distrito de Balsas 04 zonas críticas, encontrando procesos de movimientos en masa como: erosión de laderas, flujos de detritos y derrumbes.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

La localidad de Hornopampa, distrito Balsas, provincia Chachapoyas y departamento Amazonas (cuadro 1, figura 1), está ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 18S:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio, localidad Hornopampa.

| N° | UTM – WGS 84 - ZONA 17S | | COORDENADAS DECIMALES | |
|--|-------------------------|---------|-----------------------|-------------|
| | Este | Norte | Latitud | Longitud |
| 1 | 169915 | 9241940 | -6.848793° | -77.986244° |
| 2 | 169915 | 9240920 | -6.858007° | -77.986302° |
| 3 | 168950 | 9240920 | -6.857953° | -77.995024° |
| 4 | 168950 | 9241940 | -6.848739° | -77.994967° |
| COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL | | | | |
| C | 169632 | 9241224 | -6.855245° | -77.988843° |

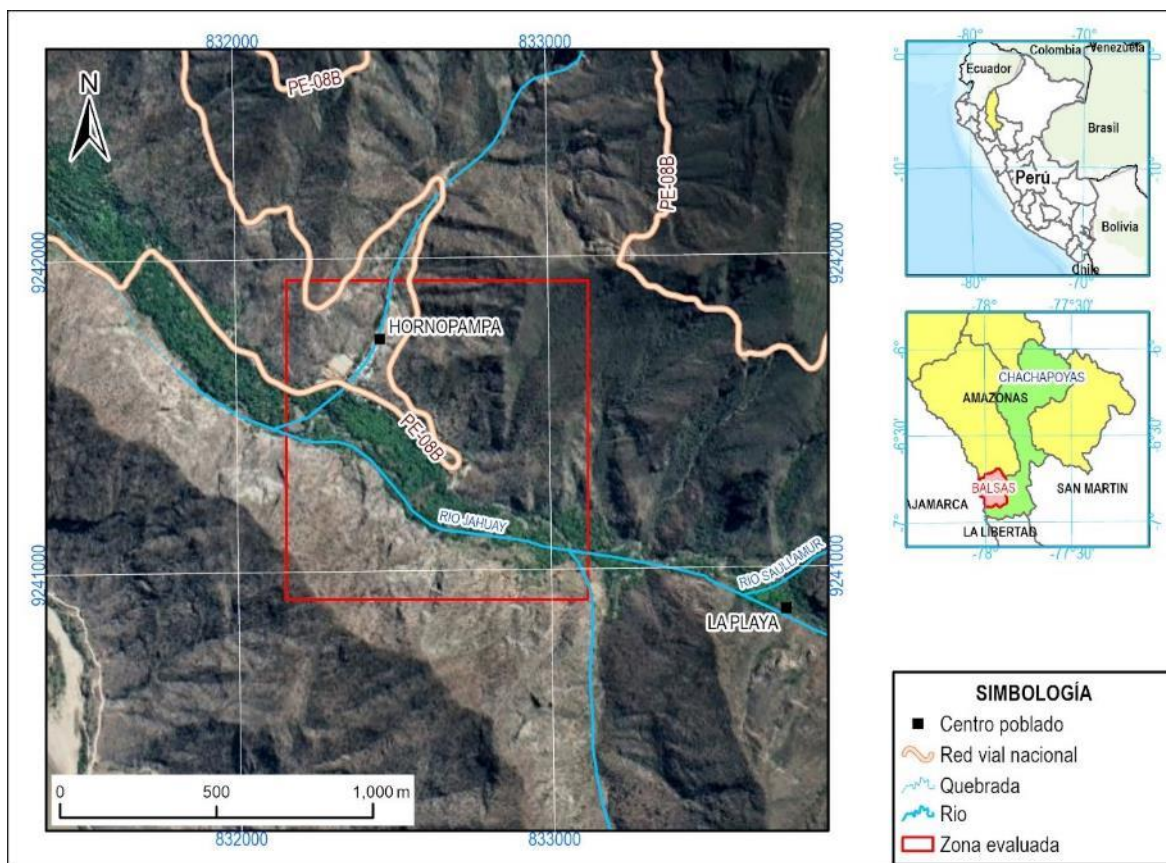


Figura 1. Ubicación localidad Hornopampa.

1.3.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde Cajamarca hacia la localidad de Hornopampa, a través de una vía asfaltada y sin asfaltar, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada

| Ruta | Tipo de calles | Distancia (km) | Tiempo estimado |
|---------------------|--------------------------|----------------|-----------------|
| Cajamarca – Balsas | Asfaltada y sin Asfaltar | 157 | 4 horas |
| Balsas – Hornopampa | Asfaltada y sin Asfaltar | 6 | 20 minutos |

1.3.3 Población

De acuerdo a la información censal más reciente (INEI, 2017), en la localidad Hornopampa tiene una población de 126 habitantes, distribuidos en 67 viviendas, con red pública de agua y energía eléctrica (cuadro 3).

Cuadro 3. Características localidad Hornopampa. Fuente: INEI - 2017.

| Descripción | Hornopampa – INEI |
|--|-------------------|
| Código de Ubigeo y Centro Poblado | 0101030012 |
| Longitud | -77.992278 |
| Latitud | -6.850443 |
| Altitud | 1143 |
| Población | 126 |
| Hombre | 60 |
| Mujer | 66 |
| Vivienda | 67 |
| Agua Por Red Publica | no |
| Energía eléctrica en la vivienda | si |
| Desagüe por red publica | no |
| Institución Educativa Inicial | si |
| Institución Educativa Primaria | si |
| Alumnos | 25 |
| Institución Educativa Secundaria | no |
| Establecimiento de salud | no |
| Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia | Castellano |

1.3.4 Clima

Según el método de clasificación climática de Warren Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la zona de estudio posee un clima lluvioso con invierno seco, templado, B (i) B'.

El tiempo de estas regiones están determinado por la Alta de Bolivia, por la zona de Convergencia Intertropical (en el norte), por el Jet de Bajos Niveles al Este de los Andes y factores locales. En el invierno, los friajes afectan indirectamente a esta región principalmente con precipitaciones, las cuales pueden llegar a ser intensas.

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 17°C a 23°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Asimismo, los acumulados anuales de lluvias se encuentran entre los 1200 mm y 1800 mm.

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 (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

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 para ingeniería 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.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

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

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

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.

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.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

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

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

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.

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis se desarrolló en base al Boletín N° 1, serie L, Actualización Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Leimebamba (hojas 14h1, 14h2, 14h3 y 14h4) y Huayabamba (hojas 14i1, 14i2, 14i3 y 14i4), (Rodríguez R. ET al., 2020); los cuales mencionan que en el sector Hornopampa afloran rocas de tipo areniscas del Grupo Goyllarisquizga y afloramiento del intrusivo diorita - granodiorita (mapa 1).

3.1 Unidades litoestratigráficas

Se tiene las siguientes unidades:

3.1.1 Rocas Intrusivas

En los alrededores de la localidad de Hornopampa aflora el intrusivo diorita – granodiorita Balsas, roca fanerítica de grano medio a grueso, leucocrata a mesócrata, con minerales máficos. Las texturas son graníticas primarias, holocristalinas, inequieulares e hipidomórficas. Los minerales principales son plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, biotita y hornblenda. Los minerales accesorios son zircón, apatito, opacos; dentro de los minerales secundarios se encuentra la arcilla, sericita y las cloritas (Sánchez, 2006), son de color blanquecino rosáceo (fotografía 1).

En el sector evaluado el macizo se presenta ligeramente meteorizado y muy fracturado.



Fotografía 1: Talud donde se observa el macizo del intrusivo diorita – granodiorita Balsas, muy fracturado y ligeramente meteorizado. Coordenada UTM WGS-84, 18S: E: 169483; N: 9241394; altitud:1156 m s.n.m.

3.1.2 Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Definido por Mc Laughlin (1924) como arenisca Goyllarisquizga – Jatunhuasi. Posteriormente, Jenks (1951) le denominó Formación Goyllarissquizga y Wilson (1963) la elevó a la categoría de grupo.

El sector evaluado litológicamente está conformado por areniscas cuarzosas de grano fino a medio, intercalado con lutitas de color gris claro y verdosas, con laminación horizontal en estratos de 0.2 a 0.3 m, con presencia de óxido de hierro (fotografía 2).



Fotografía 2: Se observa un macizo rocoso de areniscas medianamente a muy fracturadas, intercaladas con lutitas, muy fracturadas y ligeramente meteorizadas. Coordenada UTM WGS-84, 18S: E: 170044; N: 9242015; altitud:1554 m s.n.m.

3.1.3 Depósito aluvial (Q-al)

Está constituido por gravas y arenas limosas; se los encuentra formado parte de conos de deyección o piedemonte que confluyen hacia los cursos principales de los ríos, en el sector evaluado los encontramos en la parte central (figura 3).



Fotografía 3: Se observa el depósito aluvial, constituido por arenas limosas y gravas. Coordenada UTM WGS-84, 18S: E: 169494; N: 9241261; altitud:1152 m s.n.m.

3.1.4 Depósito proluvial (Q-pr)

Conformado por fragmentos rocosos heterométricos (gravas, cantos y bloques), en matriz areno limosa. Este depósito se encuentra sobre el cauce de la quebrada, la cual cruza al centro poblado Hornopampa y llega a desembocar al río Jahuay.

3.1.5 Depósito coluvio - deluvial (Q-cd)

Este depósito es el resultado del deslizamiento, ubicado al sureste del sector evaluado, está constituido por gravas, cantos y bloques no consolidados, heterométricos, de formas angulosos y subangulosos, (de origen sedimentario) en matriz areno limoso color rojizo, los que se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa (fotografía 4).



Fotografía 4: Se observa el depósito coluvio-deluvial, constituido por gravas y bloques no consolidados en una matriz arenolimosa.

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 4. (Coordenadas UTM WS-84 -18S, **Norte:** 9241274 – **Este:** 169483)

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL | <input type="checkbox"/> Eluvial | <input type="checkbox"/> Lacustre |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Deluvial | <input type="checkbox"/> Marino |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Coluvial | <input type="checkbox"/> Eólico |
| | <input type="checkbox"/> Aluvial | <input type="checkbox"/> Orgánico |
| | <input type="checkbox"/> Fluvial | <input type="checkbox"/> Artificial |
| | <input type="checkbox"/> Proluvial | <input type="checkbox"/> Litoral |

Glaciar Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA

%

| | |
|----|----------|
| 20 | Bolos |
| | Cantos |
| 45 | Gravas |
| | Gránulos |
| 30 | Arenas |
| 5 | Limos |
| | Arcillas |

FORMA

Esférica
 Discoidal
 Laminar
 Cilíndrica

REDONDES

Redondeado
 Subredondeado
 Anguloso
 Subanguloso

PLASTICIDAD

Alta plasticidad
 Med. Plástico
 Baja Plasticidad
 No plástico

ESTRUCTURA

Masiva
 Estractificada
 Lenticular

TEXTURA

Harinoso
 Arenoso
 Aspero

CONTENIDO DE

Materia Orgánica
 Carbonatos
 Sulfatos

% LITOLOGÍA

Intrusivos
 Volcánicos
 Matamórficos
 100 Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas

Blanda
 Compacta
 Dura

Arenas

Suelta
 Densa
 Muy Densa

SUELOS GRUESOS

Gravas

Suelta
 Med. Consolidada
 Consolidada
 Muy Consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

GW GC
 GP SW
 GM SP
 SM SC

SUELOS FINOS

ML CH
 CL OH
 OL PT
 MH

3.1.6 Depósito Fluvial (Qfl)

Depósitos no consolidados heterométricos constituidos por bloques y gravas subredondeadas en matriz areno limosa, los cuales han sido transportados por la corriente del río Jahuay.

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 utiliza un Modelo digital

de elevaciones de fuente SRTM (NASA, 2020) optimizada a un detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011).

4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector evaluado comprende cotas que van de 1069 m s.n.m. hasta los 1384 m s.n.m., se clasificó en ocho niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas. El deslizamiento se encuentra entre 1180 m s.n.m. hasta los 1300 m s.n.m., es decir con un desnivel de 120 m. (figura 3).

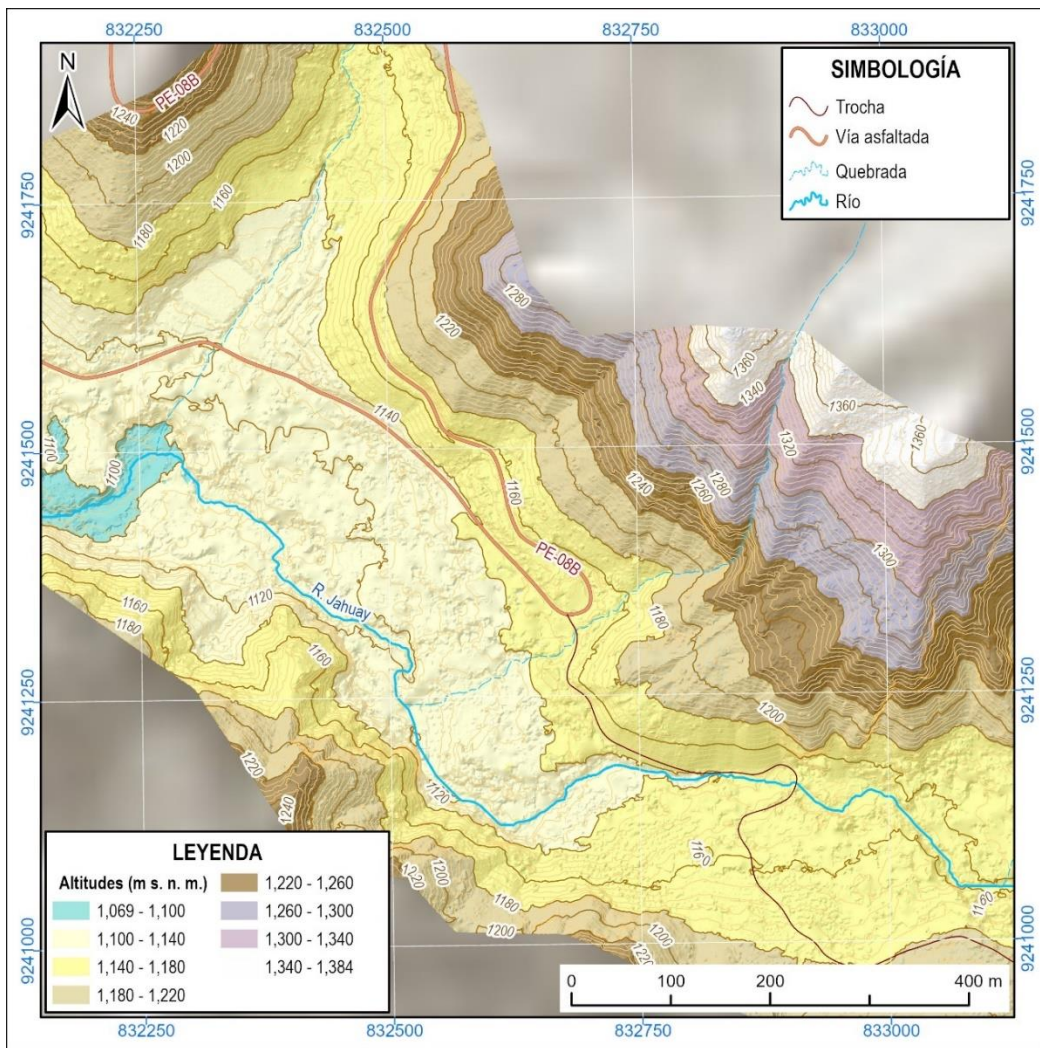


Figura 3. Modelo digital de elevaciones, localidad Hornopampa.

4.2 Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), considerando un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces de la quebrada, cuya pendiente principal varía entre media (5° a 15°) a

fuerte ($>30^\circ$), generándose erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), ya que a mayor pendiente el escurrimiento superficial es mayor y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013).

Se aprecia el terreno con pendiente variable (mapa 2), en la parte baja suave (1° a 5°) y hacia la parte superior, es fuerte (25° a 45°) y muy escarpada ($<45^\circ$), (figura 4 y 5).



Figura 4. Variación de pendientes (terrenos inclinados de 1° a 5° y fuerte de 25° a 45°), en la localidad Hornopampa.

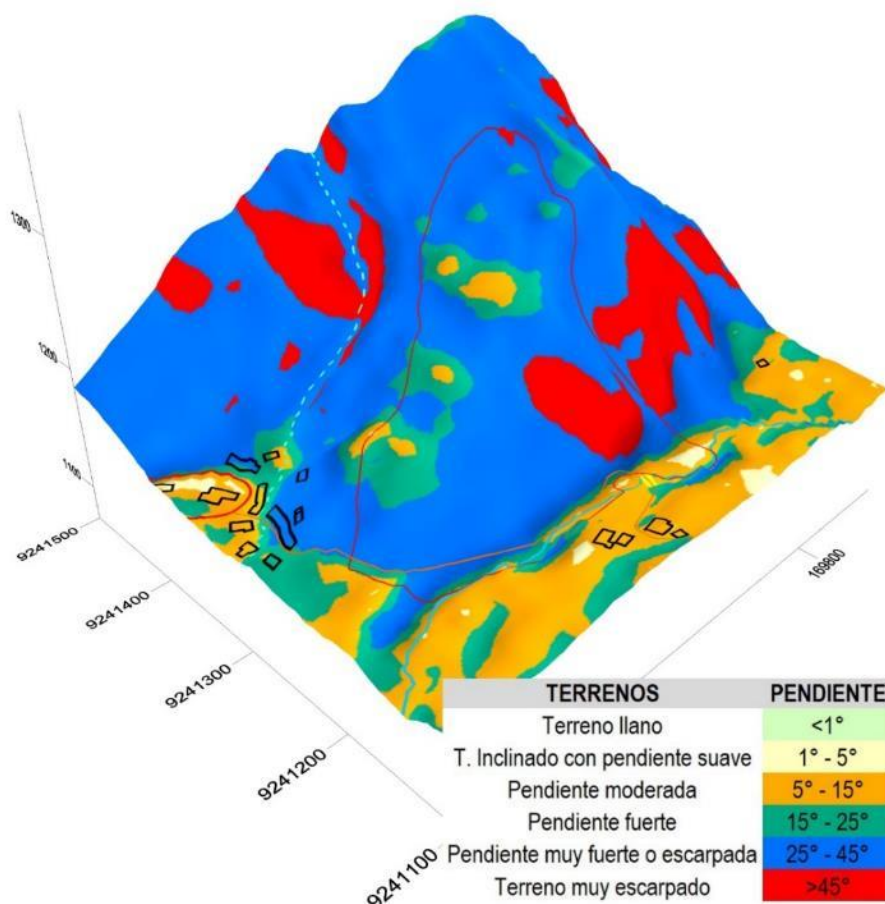


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por deslizamiento (en línea granate) en la localidad de Hornopampa, utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

4.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al.,2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

4.3.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, dentro de este grupo se tiene las siguientes unidades (mapa 3):

a. 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)

Esta unidad geomorfológica está ubicada en la parte este del sector evaluado, presenta cerros con alturas de más de 300 m desde su línea base local, su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia y la escorrentía, con fuerte incidencia de la gravedad.

Litológicamente está compuestos por areniscas cuarzosas de grano fino a medio con laminación horizontal y presencia de óxido de hierro.

Sub unidad de montañas en rocas intrusivas (M-ri)

Corresponden a afloramientos de rocas intrusivas, afectadas por procesos tectónicos y erosivos, identificados en ambas márgenes del río Jahuay, donde aflora el intrusivo diorita – granodiorita Balsas. Presenta laderas con pendientes fuerte a terrenos muy escarpados.

4.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Estas geoformas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de los terrenos más elevados, en el sector evaluado encontramos las siguientes sub unidades (figura 6):

a. Unidad de Piedemonte

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

Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvial (V -c)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser tipo deslizamiento, avalancha de rocas y/o movimientos complejos.

Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados o ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a laderas superiores.

En el sector evaluado en dirección sur este, con dirección hacia el río Jahuay, su composición litológica es homogénea (areniscas de grano medio y fino); son depósitos de recorrido corto relacionados a las laderas superiores adyacentes.

Sub unidad de piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral)

Generalmente tiene forma de un cono y está originado por flujo de detritos, está relacionada al movimiento complejo ubicado a lo largo de la quebrada ubicada hacia el noroeste del centro poblado Hornopampa.

Sub unidad de terraza aluvial (T-a)

Geoforma de origen denudacional y/o depositacional, forma bancos o graderías de sedimentación aluvial, ubicada en ambas márgenes del río Jahuay, conformado arenas y gravas inconsolidadas de fácil erosión.

b. Unidad de planicie

Son unidades asociadas a depósitos aluviales y fluvioglaciares, limitadas en muchos casos por depósitos de piedemonte y ladera de montaña (Zavala et. al., 2009)

Sub Unidad de planicie inundable (PI-i)

Corresponde a superficies inundables, ubicadas en ambas márgenes del río Jahuay, constituido por materiales provenientes de la denudación de las superficies montañosas.

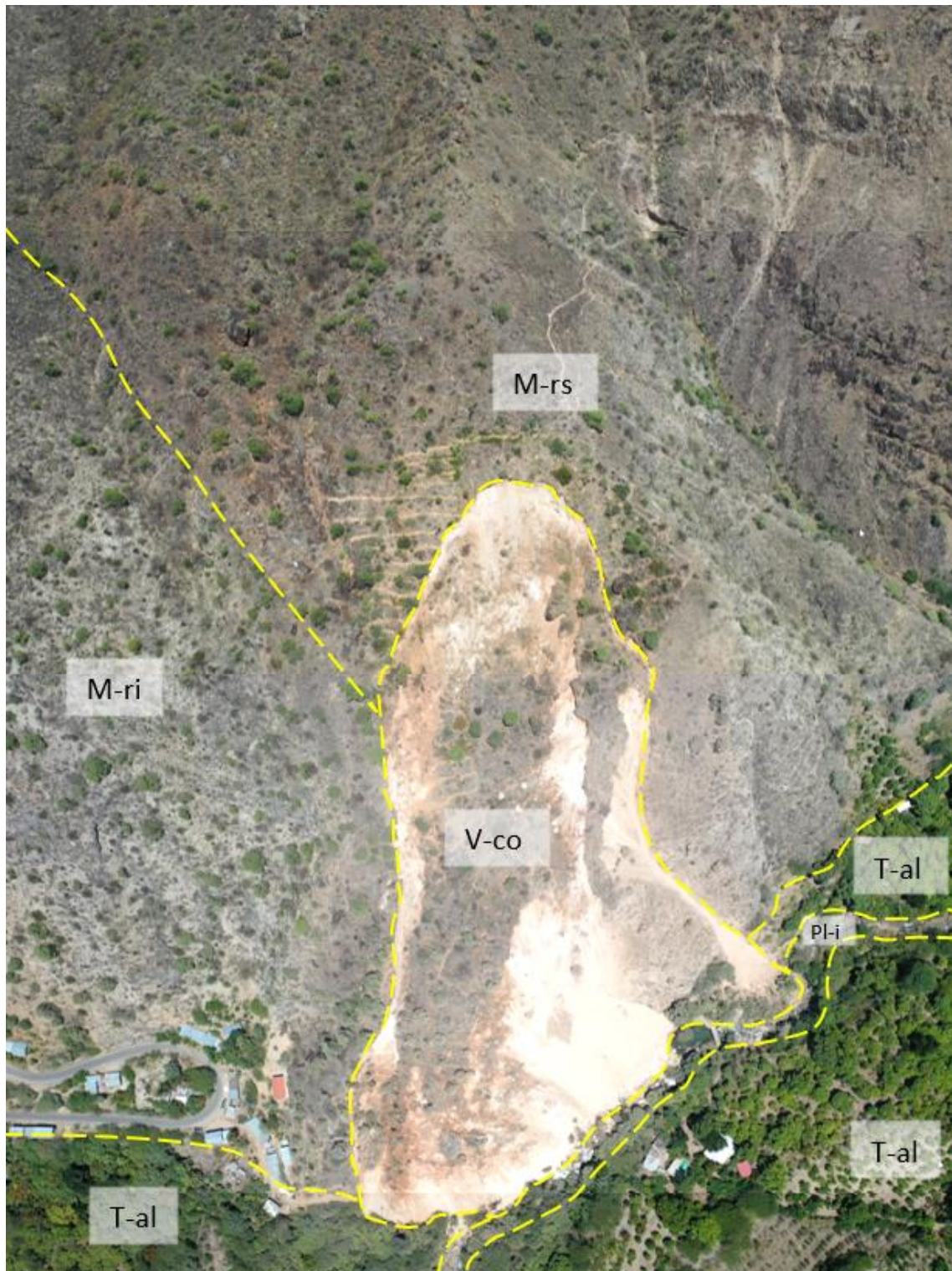


Figura 6. En la localidad de Hornopampa se puede apreciar las geoformas de montaña en rocas sedimentarias (M-rs), montaña en rocas intrusivas (M-ri), vertiente coluvial (V-co), terraza aluvial (T-al) y planicie inundable (PI-i).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

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

En la localidad de Hornopampa, se identificó un deslizamiento activo (mapa 4), ocasionando la pérdida de terrenos de cultivo y un camino vecinal que conduce de la localidad de Hornopampa hacia el distrito de Chuquibamba, si el movimiento persiste, podría afectar 10 viviendas ubicadas en el lado derecho del deslizamiento; así mismo se realizó un modelamiento hidráulico con el programa IBER ante un posible embalse y desembalse afectaría directamente 4 viviendas ubicadas en la margen izquierda del río Jahuay, delante del evento a una distancia de 20 m (figura 8).



Figura 7. Vista panorámica del deslizamiento (línea negra), se puede apreciar las viviendas expuestas al peligro por deslizamiento y ante un posible embalse del río Jahuay (líneas punteadas amarillo).

(Coordenadas UTM WS-84 -18S, **Norte:** 9241224 – **Este:** 169632).

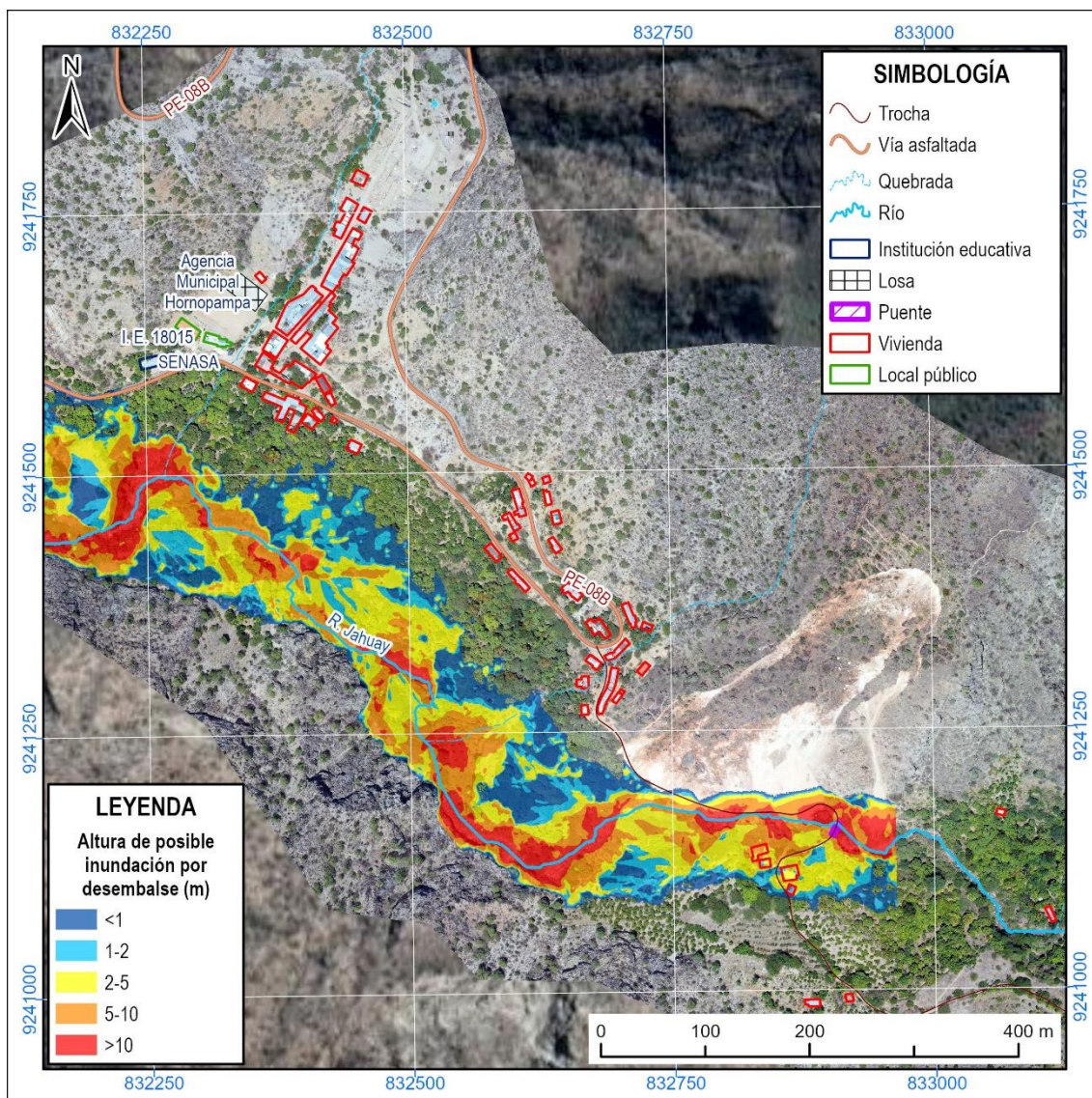


Figura 8. Modelamiento por inundación, frente a posible embalse y desembalse del río Jahuay.

5.1 Deslizamiento en la localidad de Hornopampa

5.1.1 Descripción

El peligro geológico identificado en la localidad de Hornopampa, corresponde a un deslizamiento rotacional activo; ubicado a 550 m del centro poblado del mismo nombre (figura 9 y 10).

La reactivación se inició el 14 de noviembre del 2022. El movimiento tiene una dirección de noroeste a suroeste.

Las características del deslizamiento reactivado:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: semicircular.
- Salto principal o desplazamiento vertical: 10 a 15 m.

- Longitud de la escarpa: 270m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 168 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Longitud del eje principal del evento: 320 m.
- Ancho del evento: 170 m.
- Área del deslizamiento: 4.4 has.
- Avance del deslizamiento: progresivo.

En el cuerpo del deslizamiento se identificó agrietamientos, en terrenos ocupados por cultivos agrícolas, con longitudes hasta de 16 m, con aperturas de entre 10 y 40 cm, con desplazamiento vertical hasta de 20 cm.

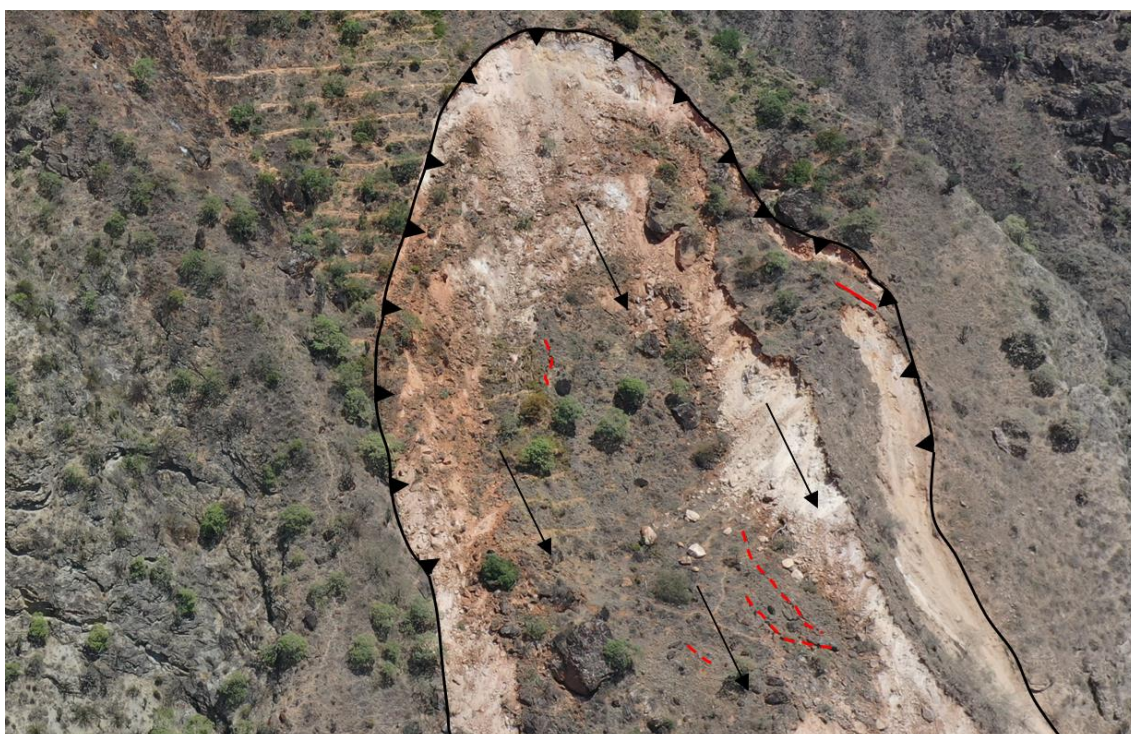


Figura 9. Vista del escarpe de deslizamiento, forma semicircular, se puede apreciar las grietas (líneas rojas), dentro del cuerpo del deslizamiento.

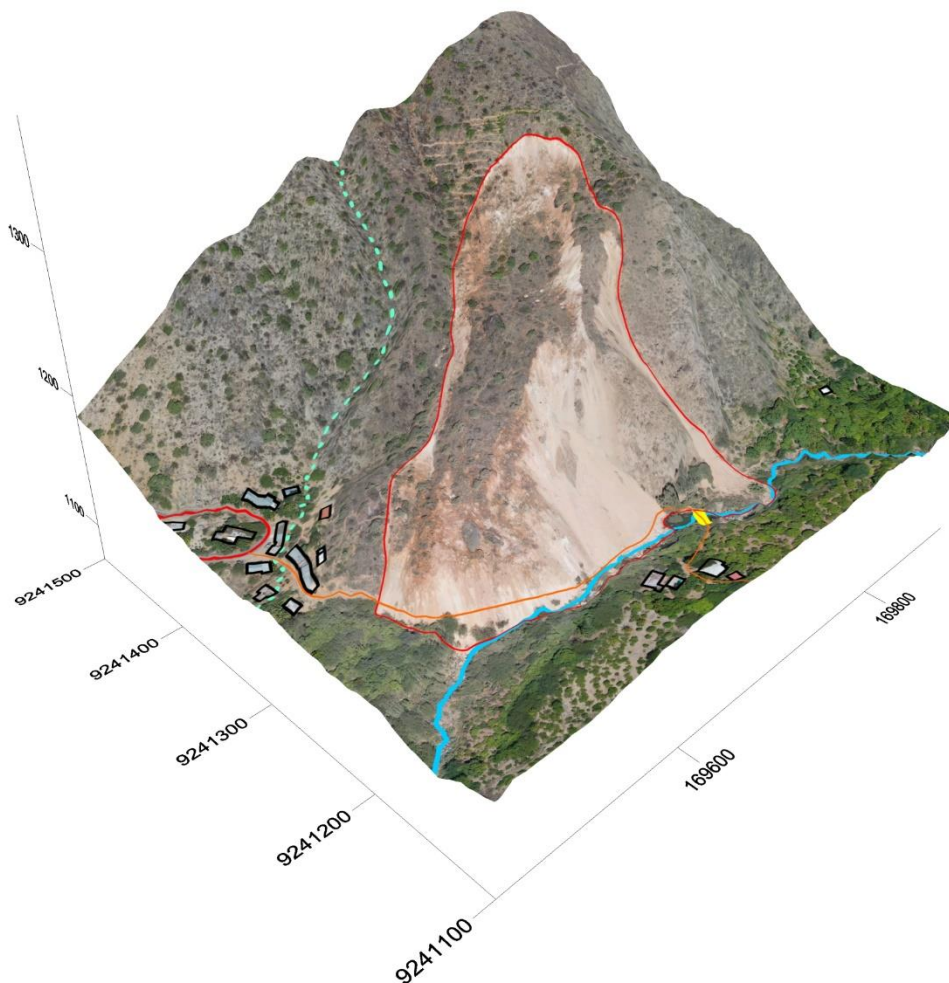


Figura 10. Modelo 3D de la zona de deslizamiento (línea roja) en la localidad de Hornopampa; en línea anaranjada se grafica el camino vecinal afectado y en línea celeste el río Jahuay, el cual se podría embalsar por el material transportado por el deslizamiento.

5.1.2 Análisis longitudinal del deslizamiento

Se ha tomado el Perfil A'-A'' (Mapa 4) para poder analizar la cinemática del deslizamiento (Figura 111), donde se observa el basamento de rocoso sedimentario (areniscas de grano fino a medio) en la parte alta y el aflora el intrusivo diorita – granodiorita Balsas en la parte baja, la corona del deslizamiento, se aprecia que es de tipo rotacional (figura 16), este movimiento, se activó por la saturación de los terrenos acondicionados para uso agrícola, donde se tiene un sistema de riego por inundación y sin drenaje adecuado. El factor detonante fue la presencia de lluvias intensas en el mes de marzo.

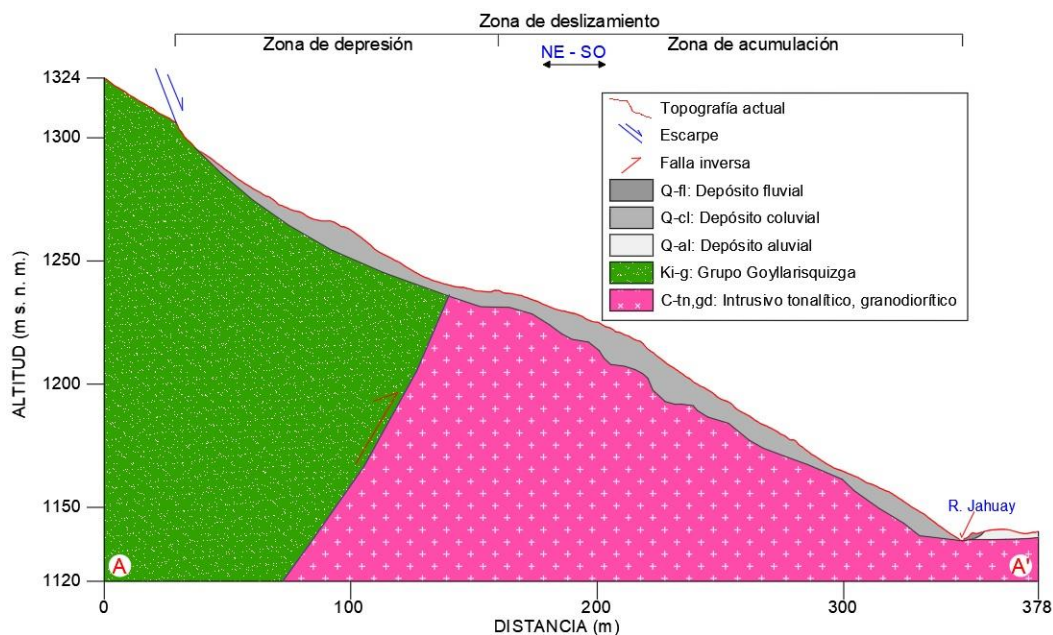


Figura 1. Perfil longitudinal A-A' del movimiento localización Hornopampa.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, areniscas de grano fino a medio, muy fracturada, moderadamente meteorizada.
- Ladera con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a $>45^\circ$), muy susceptibles a erosionarse.
- Material removido para instalación de cultivos agrícolas, permite la filtración y retención del agua, lo cual genera aumento de peso de la masa generando inestabilidad.

Factor detonante

- Lluvias intensas
- Riego no adecuado de los cultivos agrícolas.

Daños por deslizamiento

Los reportados por las autoridades de la localidad de Hornopampa y la oficina de INDECI:

- Fueron afectados de camino vecinal que conduce de la localidad de Hornopampa hacia el distrito de Chuquibamba en un tramo de 200 m (figura 12), dos postes de energía eléctrica; es necesario reubicar las viviendas ubicadas en la parte baja, las cuales se verían seriamente afectadas si el deslizamiento avanza.



Figura 12. Camino vecinal afectado por el deslizamiento (líneas amarillas punteadas).

De seguir el movimiento podría represar al río Jahuay, su desembalse afectaría a los terrenos de cultivo que se encuentran aguas abajo.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad Hornopampa se ha cartografiado un deslizamiento que se originó el 14 de noviembre del 2022, afectó camino vecinal que conduce de la localidad de Hornopampa hacia el distrito de Chuquibamba en un tramo de 200 m y dos postes de tendido eléctrico.
- b. En la zona evaluada se identificaron depósitos de origen coluvio-deluvial conformado por bloques (20%) y gravas (45%) de formas subangulosos y subredondeados, en matriz areno limosa (35%), se encuentra inconsolidado, estos depósitos se encuentran sobre un basamento de rocas sedimentarias del grupo Goyllarisquizga fracturadas y moderadamente meteorizadas.
- c. Las geoformas identificadas en los sectores evaluados, corresponden a montaña en rocas sedimentarias (M-rs); montaña en rocas intrusivas (M-ri), vertiente o piedemonte coluvial (V -cd), piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral), terraza aluvial (T-a) y planicie inundable (PI-i).
- d. El deslizamiento es rotacional, la longitud del escarpe es de 270 m y un salto vertical de 10 m a 15 m; el deslizamiento tiene una longitud de 320 m y un ancho de 170 m, ocupando un área de 4.4 hectáreas, en el cuerpo del deslizamiento se presentan grietas de 10 m a 15 m de largo con un ancho de 0.20 m.
- e. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Pendiente del terreno de 25° a >45°; que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
 - Depósitos coluvio-deluviales conformados por bloques y gravas, en una matriz areno limosa inconsolidada, de fácil erosión.
 - Los factores detonantes son: el riego no adecuado de los cultivos agrícolas y lluvias intensas.
- f. De seguir el desplazamiento del deslizamiento, podría represar al río Jahuay, su desembalse podría afectar los terrenos de cultivo que se encuentran aguas abajo.
- g. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la localidad de Hornopampa, se considera como **Zona Crítica y de Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento.

7. RECOMENDACIONES

- a. Con fines preventivos, reubicar las viviendas ubicadas colindantes al deslizamiento por el lado derecho y las viviendas que se encuentran en la margen derecha del río Jahuay a una distancia de 20 m del evento.
- b. Controlar y prohibir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación dentro y en el entorno del deslizamiento.
- c. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas.
- d. Construir zanjas de coronación en la parte posterior de la cabecera del deslizamiento, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 12), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- e. Evitar la deforestación con la finalidad de no dejar los terrenos desnudos, expuestos a erosión.
- f. No ocupar las laderas con pendiente escarpada a muy escarpada con cultivos agrícolas, en el entorno del área deslizada, para evitar la sobre saturación de los terrenos.
- g. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentran expuestos los pobladores de la localidad de Hornopampa.

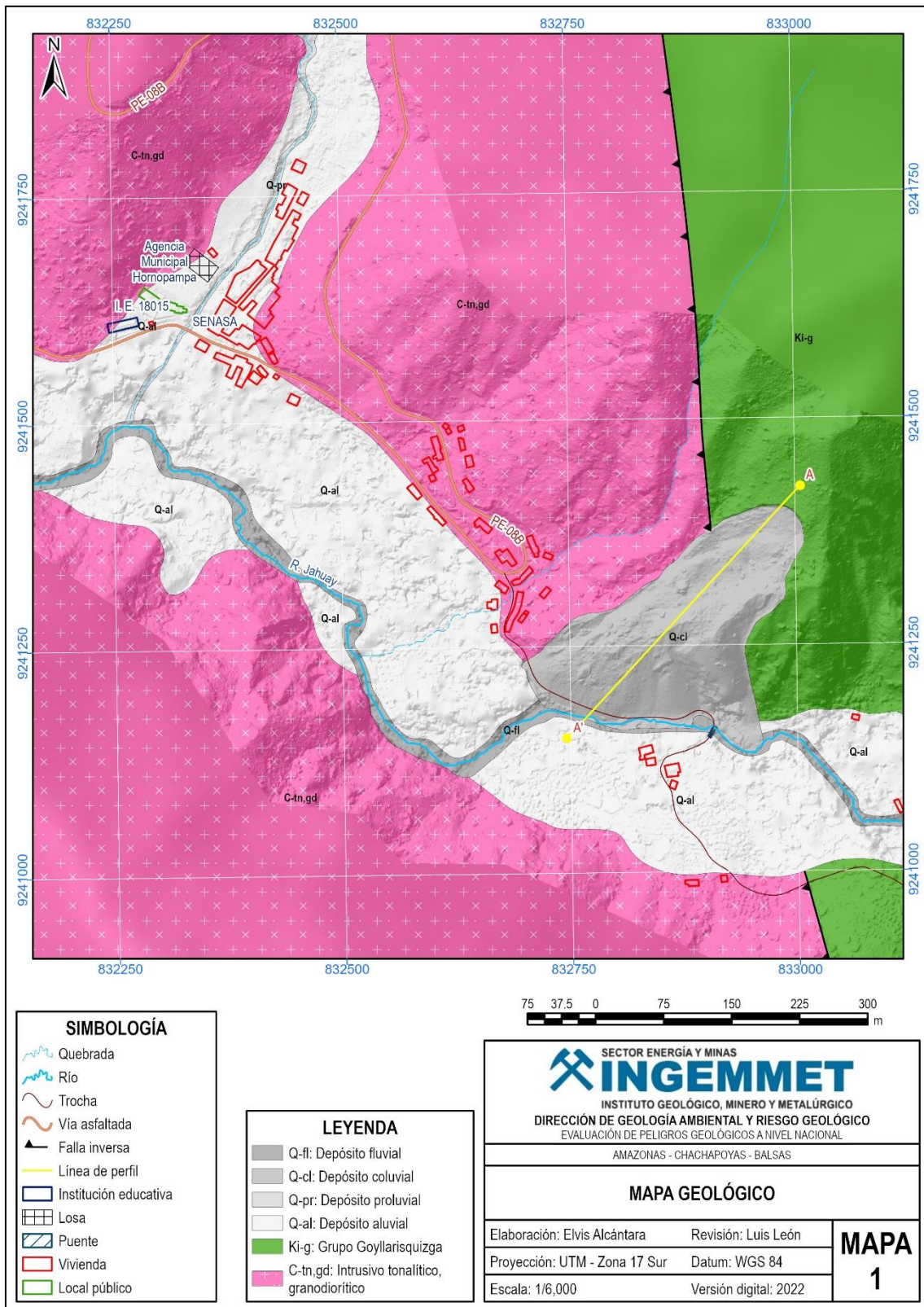

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610

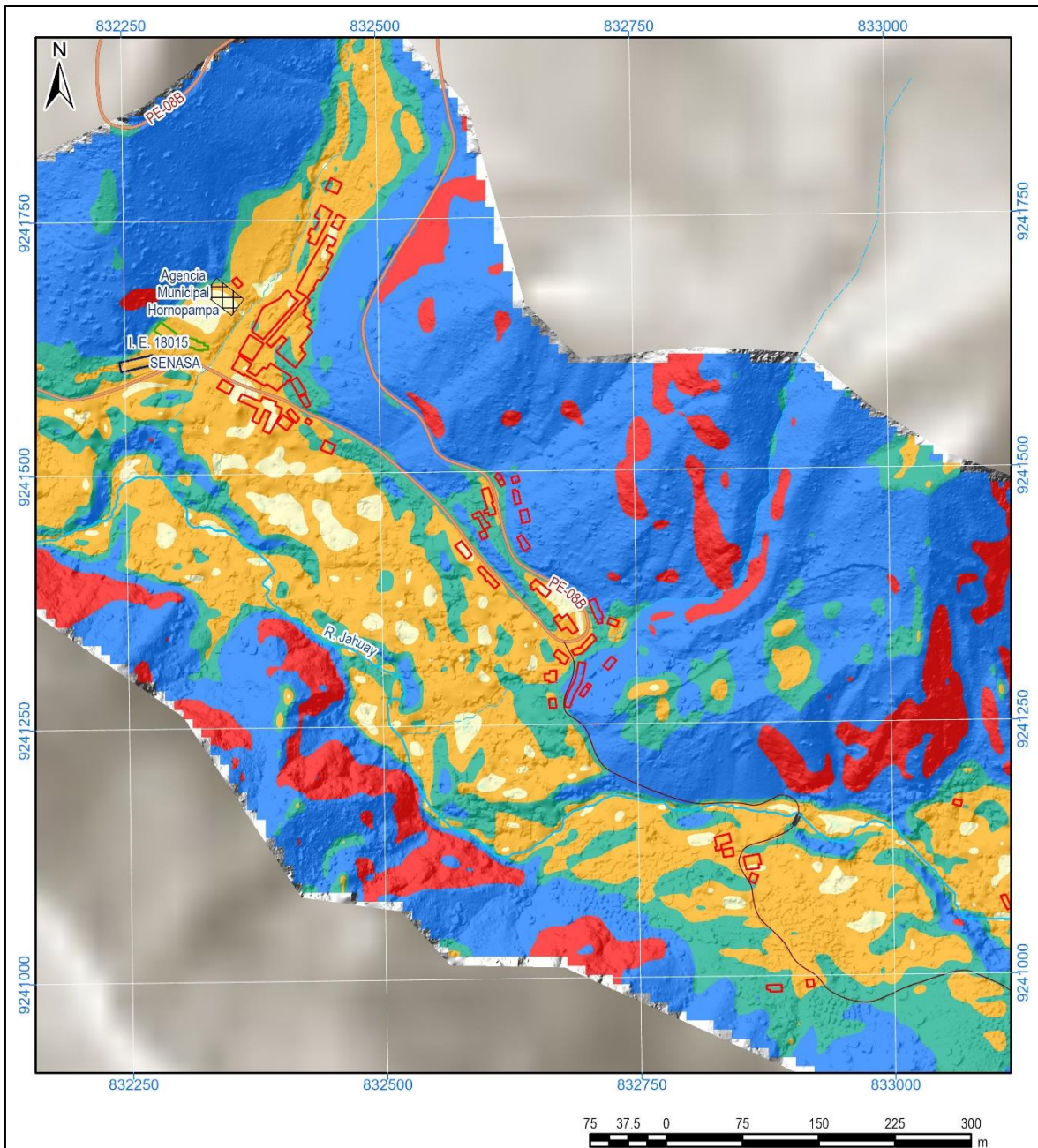

Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

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/Lib1541/index.htm
- Medina, L. et al. (2009); Riesgo geológico en la Región Amazonas. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 212 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, N° 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Rodríguez R. et. al., (2020); Actualización Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Leimebamba (hojas 14h1, 14h2, 14h3 y 14h4) y Huayabamba (hojas 14i1, 14i2, 14i3 y 14i4), Boletín N° 1, serie L, 124 p.
- 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. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p
- Wilson, J, (1984). Boletín N°44, serie C Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e).

ANEXO 1. MAPAS

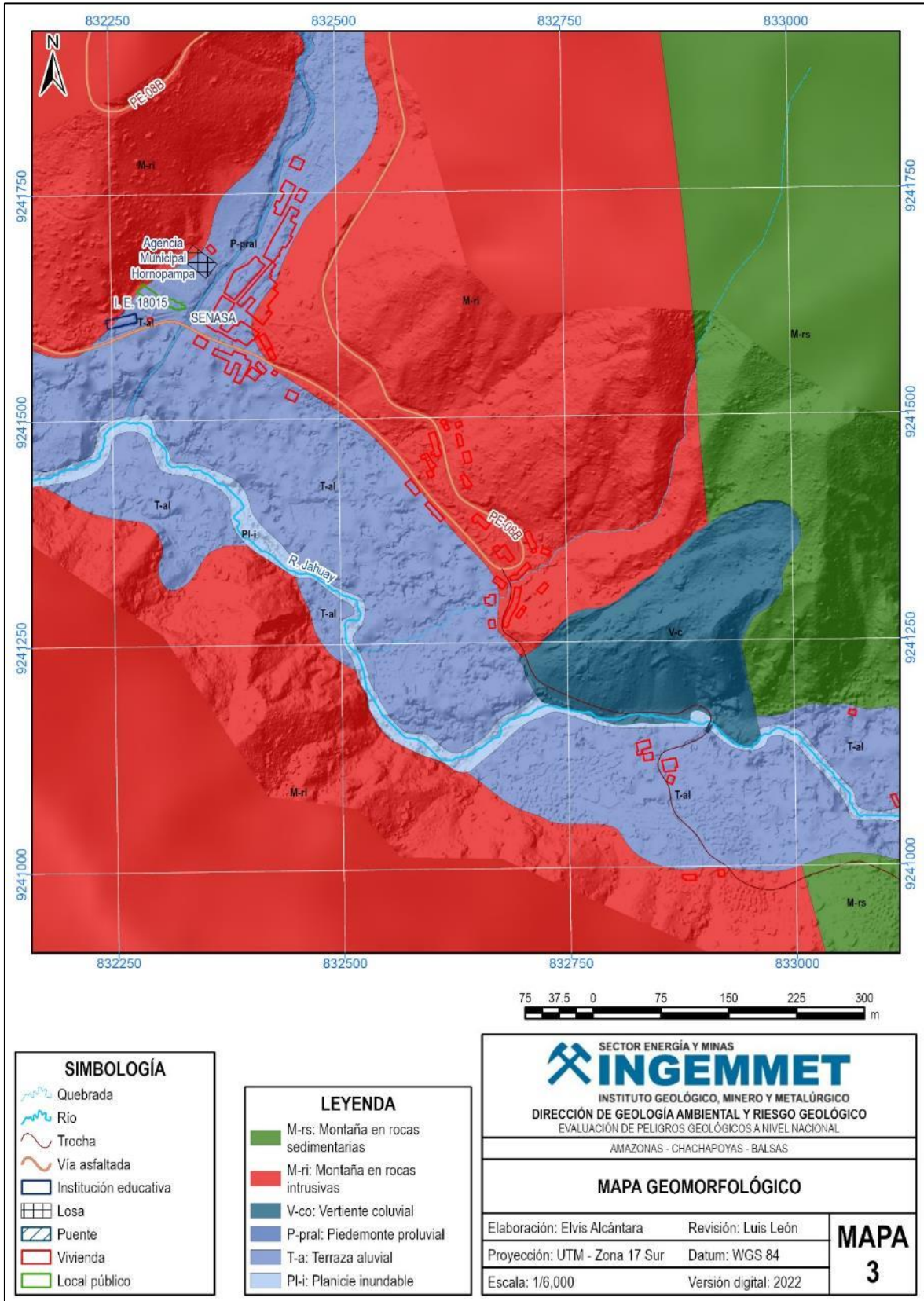


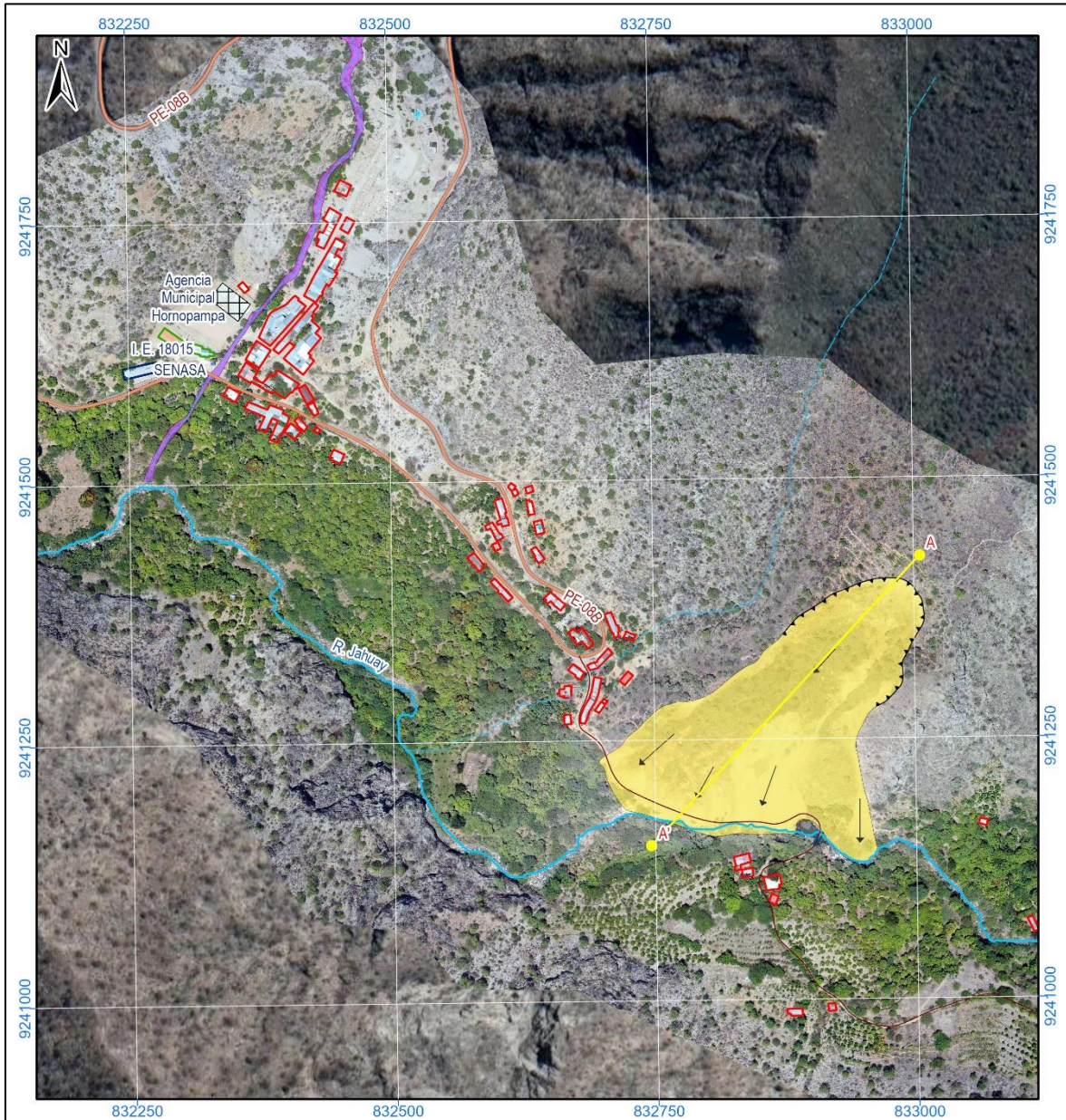


| SIMBOLOGÍA | |
|------------|-----------------------|
| | Quebrada |
| | Río |
| | Trocha |
| | Vía asfaltada |
| | Institución educativa |
| | Losa |
| | Puente |
| | Vivienda |
| | Local público |

| 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 - CHACHAPOYAS - BALSAS | | |
| MAPA DE PENDIENTES | | |
| Elaboración: Elvis Alcántara | Revisión: Luis León | MAPA 2 |
| Proyección: UTM - Zona 17 Sur | Datum: WGS 84 | |
| Escala: 1/6,000 | Versión digital: 2022 | |





| SIMBOLOGÍA | |
|------------|---------------------------------|
| → | Dirección de movimiento activo |
| ⤴ | Escarpe de deslizamiento activo |
| ⋯ | Quebrada |
| — | Río |
| — | Trocha |
| — | Vía asfaltada |
| — | Línea de perfil |
| □ | Institución educativa |
| ▤ | Losa |
| ▨ | Puente |
| ▭ | Vivienda |
| ▭ | Local público |

| LEYENDA | |
|---------|-----------------------------------|
| ■ | Deslizamiento traslacional activo |
| ■ | Flujo de detritos activo |



| | |
|---|-----------------------|
| 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 - CHACHAPOYAS - BALSAS | |
| MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS | |
| Elaboración: Elvis Alcántara | Revisión: Luis León |
| Proyección: UTM - Zona 17 Sur | Datum: WGS 84 |
| Escala: 1/6,000 | Versión digital: 2022 |
| MAPA 4 | |

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En el sector evaluado para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. 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 (Suarez, 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 deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). 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.

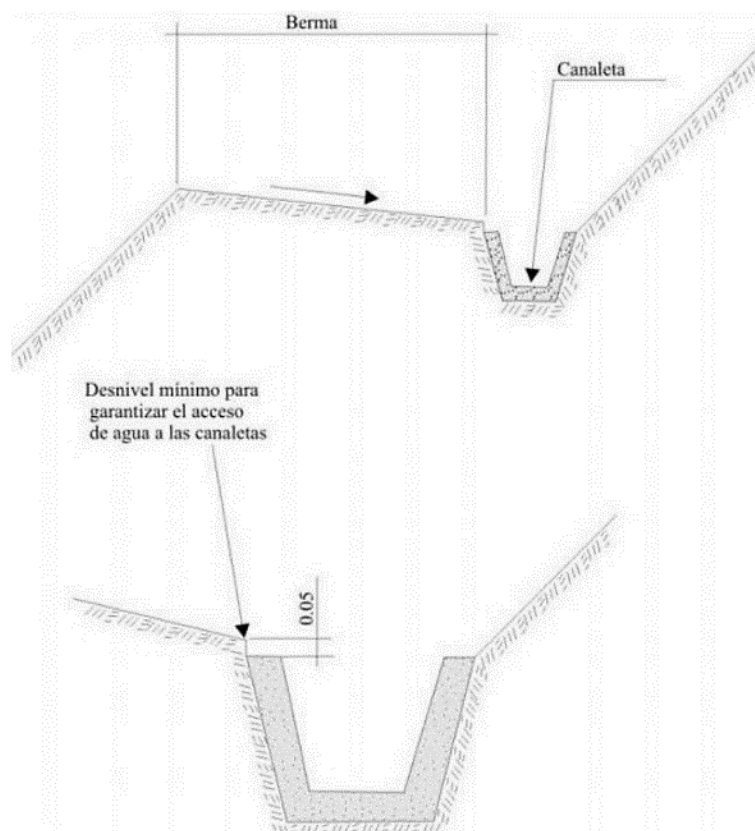


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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, (figura A2). reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

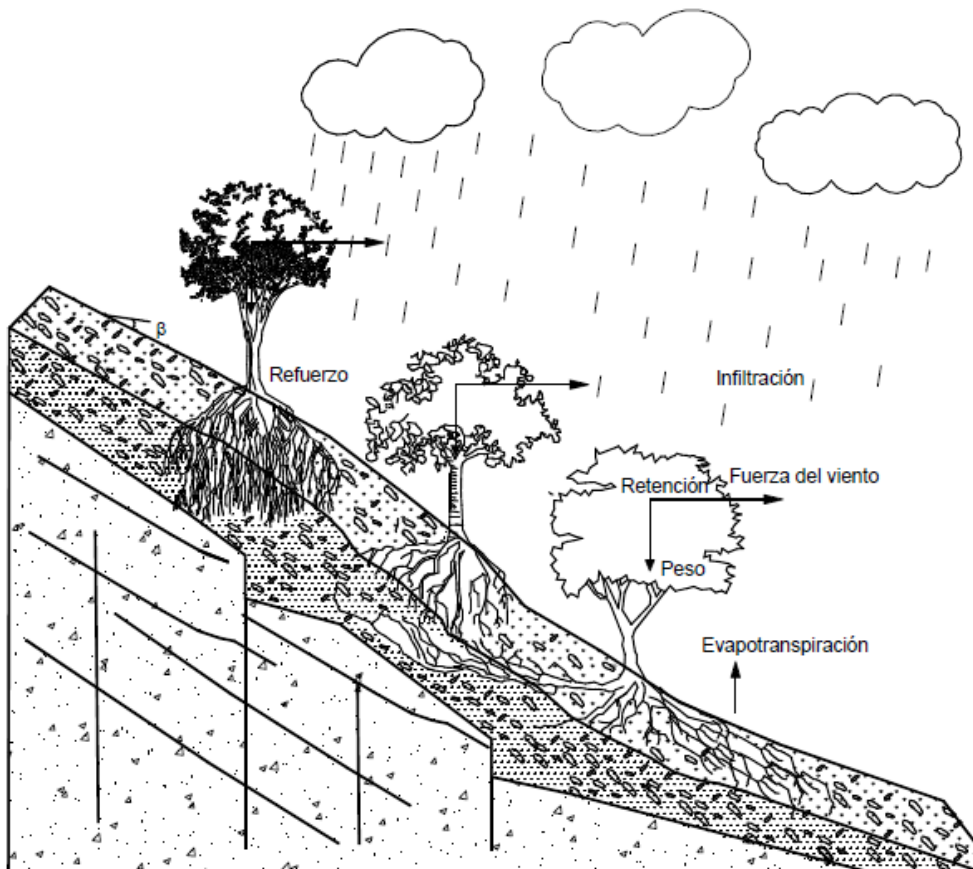


Figura 2. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.