

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7491

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD HUAYABAMBA

Departamento: Lambayeque

Provincia: Ferreñafe

Distrito: Cañaris



MARZO
2024

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA
EN LA LOCALIDAD HUAYABAMBA**

Distrito Cañaris

Provincia Ferreñafe

Departamento Lambayeque

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 (2024). *Evaluación del Peligro Geológico por Movimientos en Masa en la localidad Huayabamba, distrito Cañaris, provincia Ferreñafe, departamento Lambayeque*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7491, 35p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes.....	6
1.3. Aspectos generales.....	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	8
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES.....	9
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	11
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	12
3.1.1. Unidad Carrizal (Pe-gd).....	12
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	15
4.2. Pendiente del terreno.....	16
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	17
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	17
4.3.2. Geoformas de carácter tectónica depositacional y agradacional.....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	20
5.1. Deslizamiento Huayabamba.....	20
5.1.1. Análisis longitudinal.....	22
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	22
5.2. Erosión de laderas.....	24
7. CONCLUSIONES.....	26
7. RECOMENDACIONES.....	27
8. BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXO 1. MAPAS.....
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	33

RESUMEN

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

El presente documento es el resultado de la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa, en el centro poblado Huayabamba, distrito Cañaris, provincia Ferreñafe, departamento Lambayeque.

En el contexto litológico, tenemos la Unidad Carrizal, conformada por granodioritas, que se encuentran medianamente fracturadas y altamente meteorizadas; así mismo se tienen depósitos de origen coluvio deluvial, compuestos por bloques sub angulosos en una matriz arena limo arcillosa que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa en el sector evaluado.

Las subunidades geomorfológicas identificadas en el sector evaluado corresponden a montaña en roca intrusiva (M-ri), con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a $>45^\circ$), piedemonte proluvial con pendiente fuerte (15° a 25°), sub unidad de vertiente coluvio deluvial con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), depósito antrópico con pendiente suave a moderada (1° a 15°).

Se identificó un deslizamiento rotacional activo, el cual abarca un área de 410 m^2 , un escarpe de 22 m, si el movimiento continúa podría afectar 4 viviendas que se ubican en la parte baja del evento mencionado. También se identificó un proceso de erosión de laderas, 4 cárcavas, que tienen longitudes de hasta 306 m, con profundidad de 1.5 a 12 m y amplitud de 17 m a 85 m, estos eventos pueden generar flujos de detritos; tienen una dirección noroeste - sureste, hacia la zona de desarrollo urbano de la localidad de Huayabamba.

El factor detonante se atribuye a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las ocurridas en el mes marzo del 2023 de hasta 69.9 mm/día, reportada en la estación Cueva Blanca (provincia de Ferreñafe).

Los terrenos impactados por movimientos en masa de la localidad Huayabamba, por sus condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto** ante deslizamiento y erosión de laderas.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como implementar un tratamiento integral de control de las cárcavas, cambiar el riego de inundación a riego tecnificado (goteo), monitorear la actividad del deslizamiento, capacitar a la población en la Gestión del Riesgo de Desastre.

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 el Gobierno Regional de Cajamarca Oficio N° 129-2023-MDK/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en la localidad de Huayabamba, ante la ocurrencia de movimientos en masa, a cargo de los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, el día 12 de setiembre del 2023.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional de Lambayeque, Municipalidad Provincial de Ferreñafe, Municipalidad Distrital de Cañaris e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa, de la localidad Huayabamba, distrito Cañaris, provincia Ferreñafe, departamento Lambayeque.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes

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

- Boletín N° 148 Serie A, "Geología del cuadrángulo de Incahuasi, (Jaimes et al., 2013) donde se describen las unidades geológicas a una escala 1:50 000; donde se describe la presencia de granodioritas de la Unidad Carrizal.
- El Boletín N° 43 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Lambayeque (Villacorta et al., 2010) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la localidad de Huayabamba, se sitúa en una zona de susceptibilidad media ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas evaluadas corresponden a la localidad de Huayabamba, jurisdicción del distrito de Cañaris, provincia Ferreñafe, departamento Lambayeque (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además se muestran las coordenadas de referencia del evento evaluado.

Tabla 1. Coordenadas de la zona evaluada, localidad de La Succha.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
V-1	677300	9330840	-6.051510	-79.397987
V-2	677300	9330330	-6.056122	-79.397972
V-3	676820	9330330	-6.056135	-79.402305
V-4	676820	9330840	-6.051523	-79.402320
Coordenada central de los peligros identificados				
Coordenada Central	676989	9330587	-6.053803	-79.400779

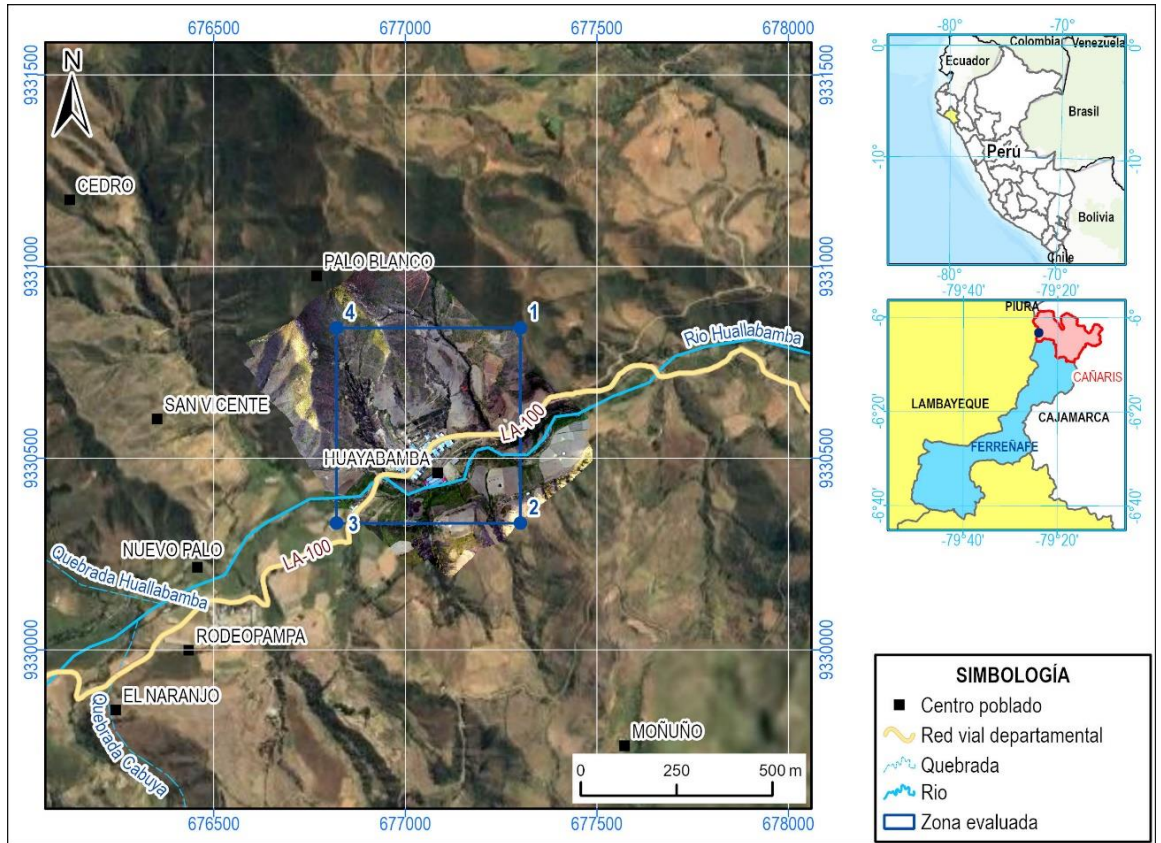


Figura 1. Ubicación de la zona evaluada, localidad de Huayabamba.

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 Huayabamba, tiene una población de 100 habitantes, distribuidos en 25 viviendas, con acceso a red pública energía eléctrica.

Tabla 2. Datos de la localidad Huayabamba.

Descripción	El Triunfo – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	1402020033
Longitud	-79.3999300000
Latitud	-6.05493500000
Altitud	2313.9
Población	100
Viviendas	25
Agua Por Red Publica	no
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Primaria	no
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.3. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Chiclayo se realiza a través de las vías asfaltadas hasta la ciudad de Ferreñafe, desde allí se sigue a través de la vía vecinal afirmada y una trocha carrozable hasta la misma localidad de La Huayabamba, como se detalla en la siguiente ruta (tabla 2, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Chiclayo – Ferreñafe	Asfaltada	20	35 minutos
Ferreñafe - Huayabamba	Afirmada-Trocha carrozable	143	4 horas

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con invierno seco, Templado, (C (i) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

En el mes de marzo del 2023 (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 64.9 mm/día (figura 2) considerados para la provincia de Ferreñafe, por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

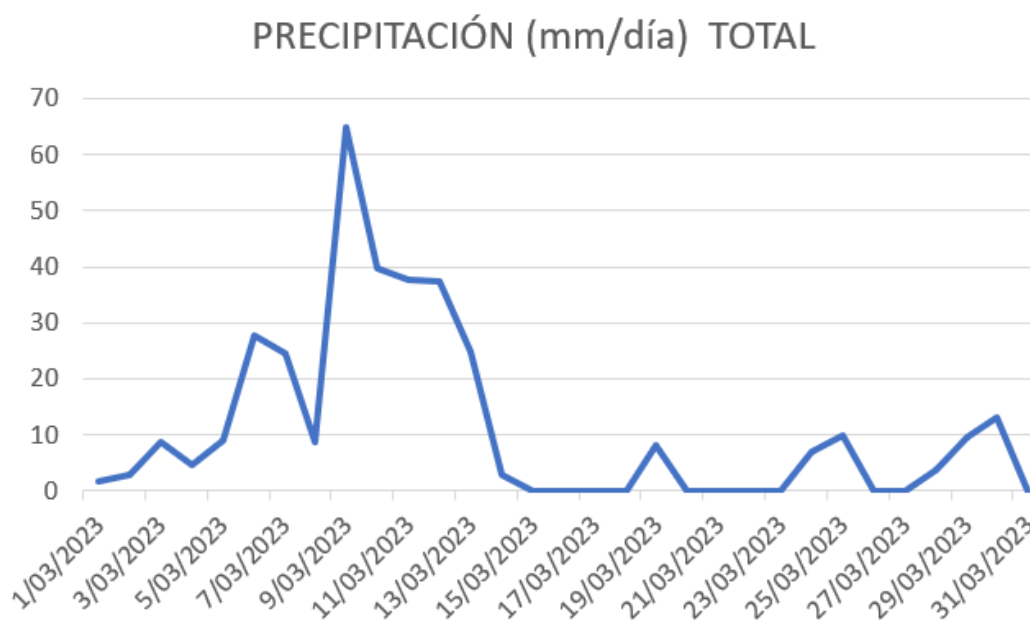


Figura 2. Precipitación diaria del mes de marzo, año 2023, en la Estación Cueva Blanca, provincia Ferreñafe, distrito Incahuasi, departamento Lambayeque. Fuente: Senamhi.

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 (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

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

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. 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.

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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.

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

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

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

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

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

Inundación fluvial: Terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

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.

Proluvial: Complejo sedimento deltaico friable de material fragmental, acumulado al pie de una pendiente como resultado de una ocasional avenida torrencial.

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.

Suelo residual: Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

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.

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. 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° 148 Serie A, "Geología del cuadrángulo de Incahuasi, donde se describen las unidades geológicas a escala

1:50 000” como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 2013); 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

En la zona de la localidad Huayabamba se han identificado afloramientos de macizo rocoso y depósitos cuaternarios de diverso origen.

3.1.1. Unidad Carrizal (Pe-gd)

El macizo rocoso que corresponde a esta unidad, está constituido por granodioritas, el cual se encuentra medianamente fracturado y altamente meteorizado, con una coloración gris blanquecina (fotografías 1 y 2), cubierto por un depósito coluvio – deluvial.



Fotografía 1. Macizo rocoso conformado por granodiorita medianamente fracturada, altamente meteorizada de la Unidad Carrizal. Coordenadas: E: 677000; N: 9330575.



Fotografía 2. Muestra de granodiorita altamente meteorizada.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial (Q-al)

Ubicado en la parte baja de los valles, constituidos por acumulaciones de bloques, gravas, arenas y limos; en el sector evaluado forman parte de terrenos de baja pendiente que son utilizados para el desarrollo de sus actividades agrícolas.

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Corresponden a suelos que se han ido acumulando en las laderas de la localidad de Huayabamba por procesos de erosión y meteorización de las montañas ubicadas al norte; estos depósitos son mayoritariamente conformados por arenas, limos y arcillas con escasos bloques y gravas angulosas (fotografía 3, tabla 4).



Fotografía 3. Se observa el depósito coluvio-deluvial, constituido por escasos bloques y gravas en una matriz areno limo arcillosa.

Tabla 3. Descripción de depósitos superficiales. **Coordenadas:** E: 788419, N: 9199236.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
	Eluvial		Lacustre	2	Bolos		Esférica
X	Deluvial		Marino	3	Cantos	X	Discoidal
X	Coluvial		Eólico	5	Gravas		Laminar
	Aluvial		Orgánico	3	Gránulos		Cilíndrica
	Fluvial		Artificial	37	Arenas		
	Proluvial		Litoral	25	Limos		
	Glaciar		Fluvio glaciar	25	Arcillas		

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
	Alta plasticidad		Masiva		Harinoso		Materia orgánica	X	Intrusivos
X	Med. Plasticidad	X	Estratificada	X	Arenoso		Carbonatos		Volcánicos
	Baja plasticidad		Lenticular		Áspero		Sulfatos		Metamórficos
	No plástico								Sedimentarios

COMPACIDAD			
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS	
Limos y Arcillas		Arena	Gravas
	Blanda		X Suelta
X	Compacta	X	Med. consolidada
	Dura		Consolidada
			Muy consolidada

Depósito antropógeno (Dan)

Corresponden a depósitos generados por el hombre, en la zona evaluada se encuentra conformado por acumulaciones de material aluvial proveniente de los alrededores, del entorno de bloques y cantos sub angulosos en matriz de arenas, limos y arcillas ubicados al sur del sector evaluado (fotografía 4).



Fotografía 4. Depósito antropógeno, se puede apreciar en el material de relleno para habilitación de trochas y plataforma deportiva, restos de plástico y ladrillos.

Depósito proluvial (Q-pr)

Corresponden materiales transportados por corrientes temporales de agua de lluvia en la ladera, depositados en la parte baja del sector evaluado, ubicados al norte.

Depósito fluvial (Q-fl)

Estos depósitos se ubican en el cauce del río Huayabamba, originados por el transporte continuo de las aguas, su composición está representada por arenas con bloques y cantos redondeados.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

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

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad de Huayabamba presenta elevaciones que van desde los 2 325 m hasta los 2 475 m, en los cuales se distinguen 8 niveles altitudinales (figura 3), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 375 y 2 475 m, con pendiente promedio de muy fuerte (25° a 45°), que conforman vertientes coluvio deluviales y el macizo rocoso de la Unidad Carrizal.

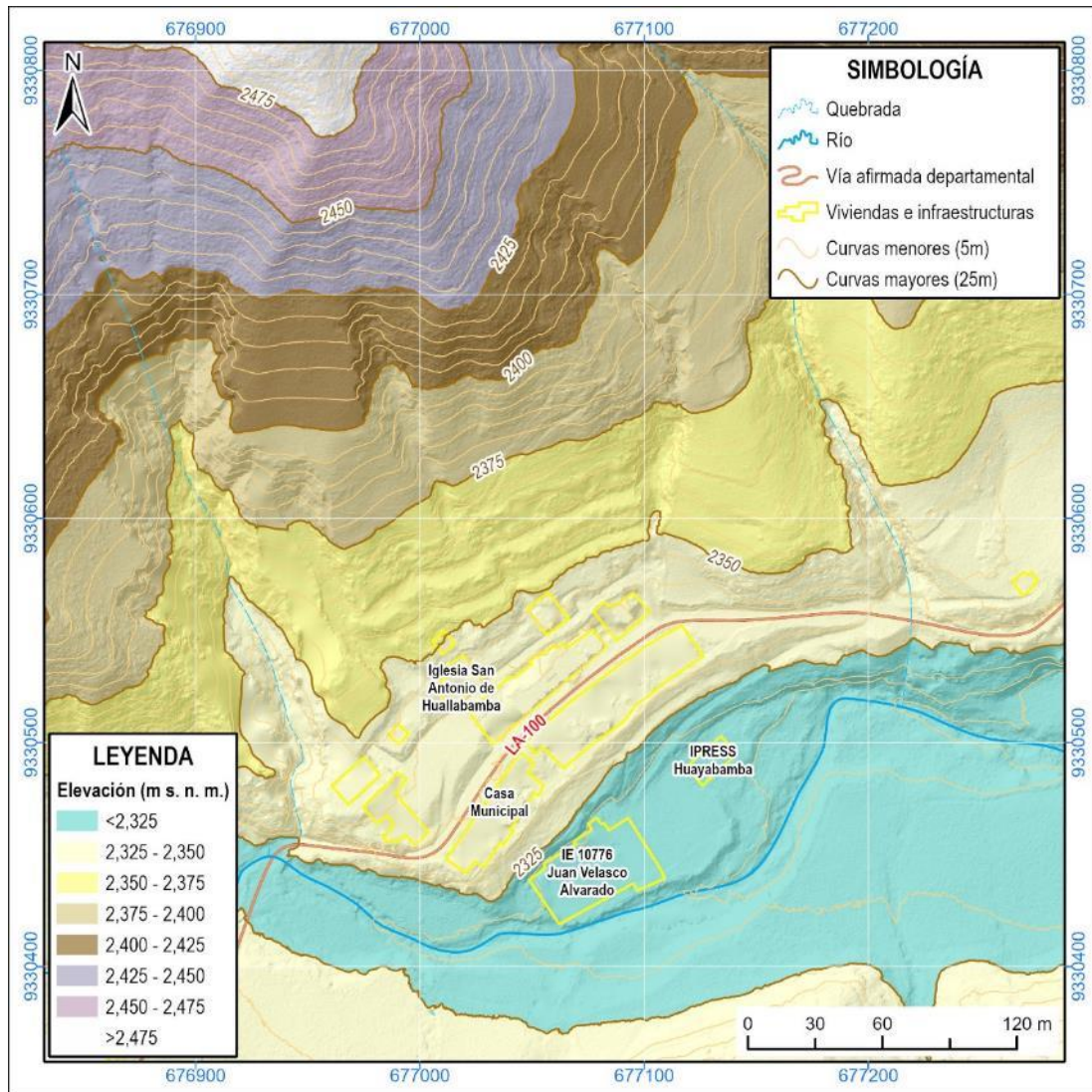


Figura 3. Modelo digital de elevaciones del área evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada presenta pendientes que van de terrenos llanos y de suave pendiente ($<5^\circ$), a terrenos de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°) y escasas áreas con terrenos muy escarpados ($> 45^\circ$) en las laderas de montañas (figura 4; mapa 2).

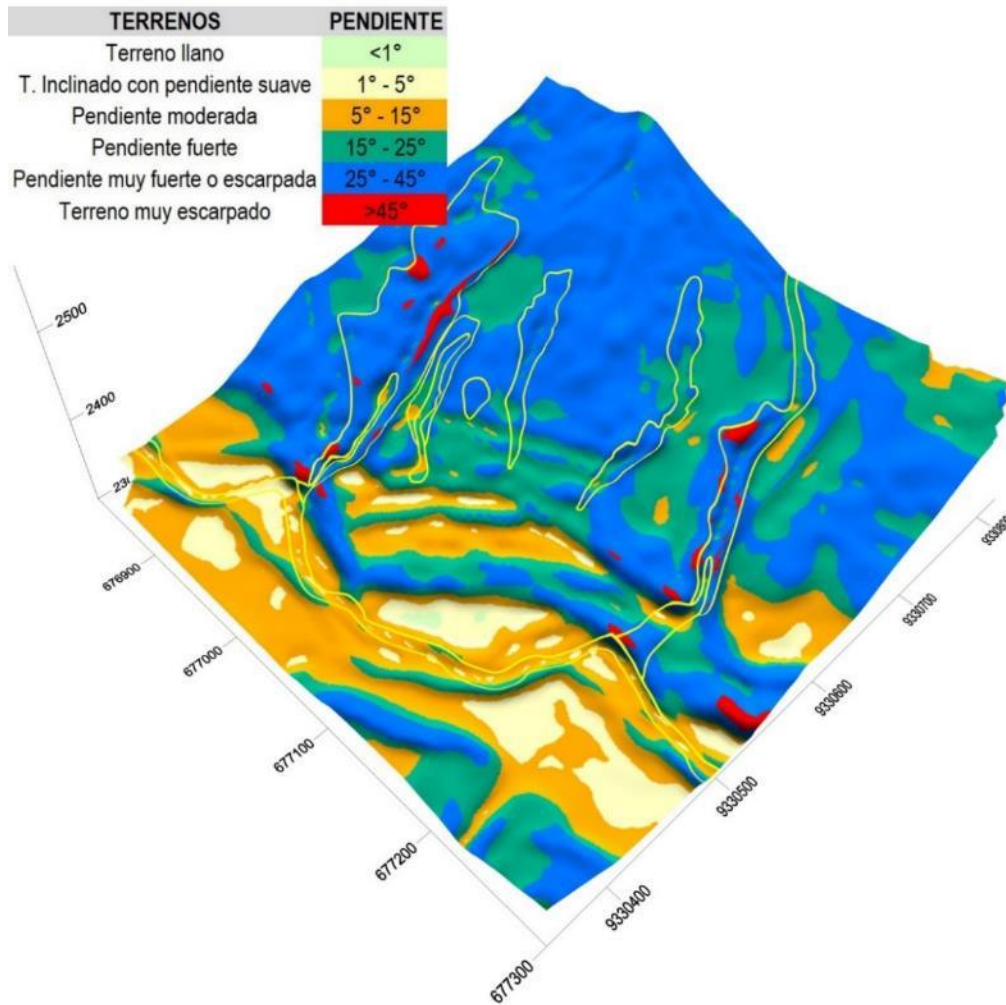


Figura 4. Modelo 3D de las pendientes de la localidad Huayabamba; los movimientos en masa están delimitados en línea amarilla.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas de carácter deposicional y agradacional; se grafican en la figura 5 y en el mapa 3.

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. (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 estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de montaña

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

- Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri)

Se encuentran conformando elevaciones alargadas con laderas de pendiente fuerte (15° - 25°) a escarpada (25° - 45°), las cimas se caracterizan por ser agrestre; están compuestos por rocas del intrusivo granodiorítico, esta unidad se encuentra al norte de la localidad Huayabamba.

4.3.2. Geoformas de carácter tectónica depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores.

Unidad de Piedemonte

Corresponden a aquellas geoformas con acumulación de material detrítico, siendo identificados por sus cambios bruscos de pendiente, se observan en las laderas de las montañas o en la base de las mismas (Zavala et al., 2009).

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

Ubicados sobre el área poblada, presentan terrenos de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), cubriendo el macizo rocoso en terrenos con escasa cobertura vegetal.

- Subunidad de piedemonte proluvial (V-pral)

Son producto de alteración denudación y erosión, trasladados por los flujos de detritos o lodo, provisionales y depositados principalmente en forma de cono de deyección de desembocadura. Depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos, en el sector evaluado se encuentra en pendiente fuerte (15° a 25°).

Unidad de Planicies

- Subunidad de terraza aluvial (T-a)

Son terreno con pendiente de llana a suave que se ubican en las cercanías al curso del río Huallabamba, ocupados actualmente por viviendas, cultivos agrícolas y terrenos de pastoreo.

- **Subunidad de planicie inundable (PI-i)**

Corresponde a terrenos ubicados en el cauce del río Huallabamba, con pendiente de llana a suave, estos terrenos son ocupados por el espejo de agua de forma parcial (en temporada de estiaje) a totalmente (en temporada de lluvias intensas).

Geoformas Particulares

- **Depósito antrópico (Dan)**

Los depósitos antrópicos son acumulaciones artificiales de suelos naturales o de fragmentos de roca o material de desecho, o una mezcla de ellos. En la zona de estudio se identificaron como depósitos antropógeno acumulados por el hombre o máquinas la mayoría de ellos con fines de construcción como base de viviendas y carreteras.

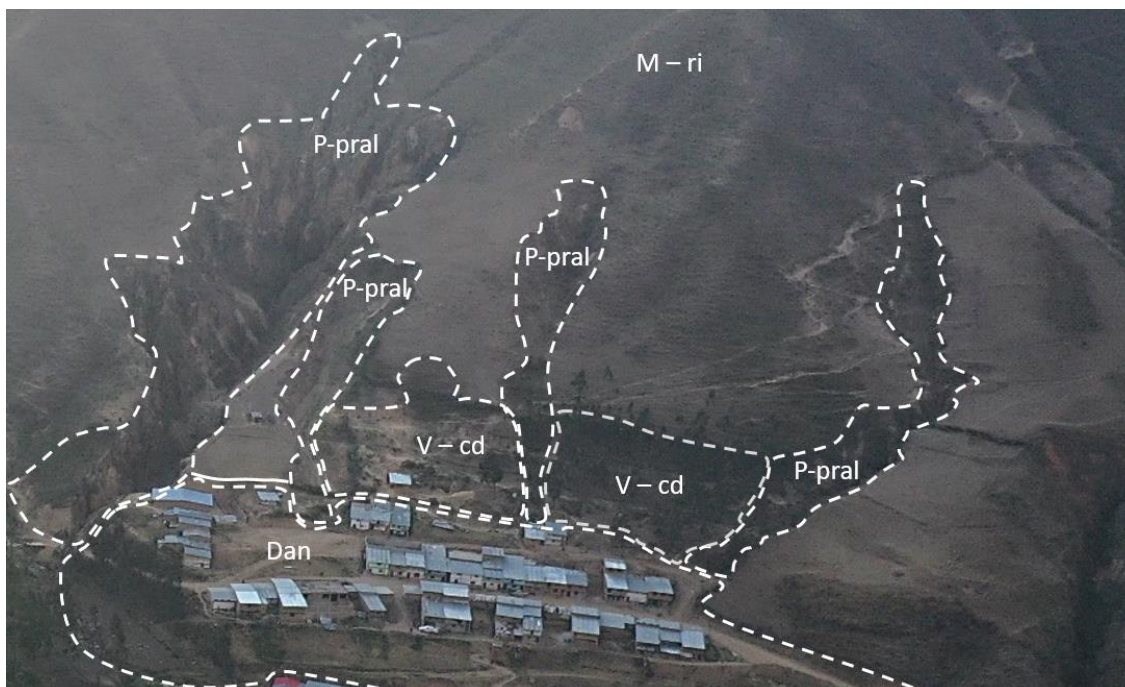


Figura 5. Geoformas cartografías en la localidad de Huayabamba.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La localidad de Huayabamba se encuentra ubicada en la parte baja de una ladera de una montaña con fuerte a muy fuerte pendiente, con geomorfología de montaña en roca intrusiva, vertiente coluvio deluvial, vertiente proluvial, y el desarrollo urbano se ubica principalmente sobre un depósito antrópico.

Debido a la sobre saturación de los suelos por la presencia de lluvias intensas sobre terrenos con escasa vegetación, han sufrido procesos de movimientos en masa deslizamiento y erosión de laderas (en cárcavas) que podrían afectar viviendas, terrenos de cultivos y pastizales (figura 6).

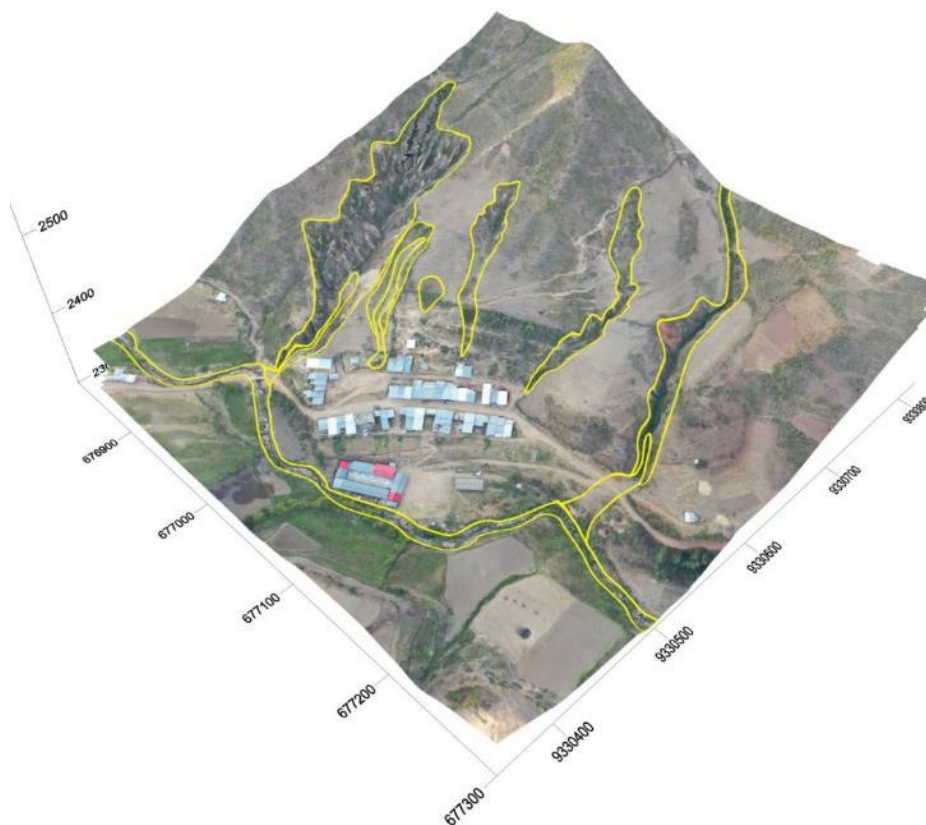


Figura 6. Modelo 3D de la localidad Huayabamba, los movimientos en masa están delimitados en líneas amarillas.

5.1. Deslizamiento Huayabamba

En la localidad de Huayapampa, se identificó un deslizamiento rotacional activo; ubicado a 40 m de la localidad del mismo nombre (figura 8).

El movimiento se inició en marzo del 2023. El movimiento tiene una dirección de noroeste a suroeste.

Las características del deslizamiento:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: semicircular.
- Salto principal o desplazamiento vertical: 10 a 30 cm (figura 9).
- Longitud de la escarpa: 22 m.

- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 17 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Longitud del eje principal del evento: 30 m.
- Ancho del evento: 20 m.
- Área del deslizamiento: 410 m².
- Avance del deslizamiento: progresivo.

En el cuerpo del deslizamiento se identificó agrietamientos, con longitudes hasta de 16 m, con aperturas de entre 10 y 20 cm.

Donde se está produciendo el movimiento suelos ladera abajo solo es perceptible por el escaque y los agrietamientos presentes.

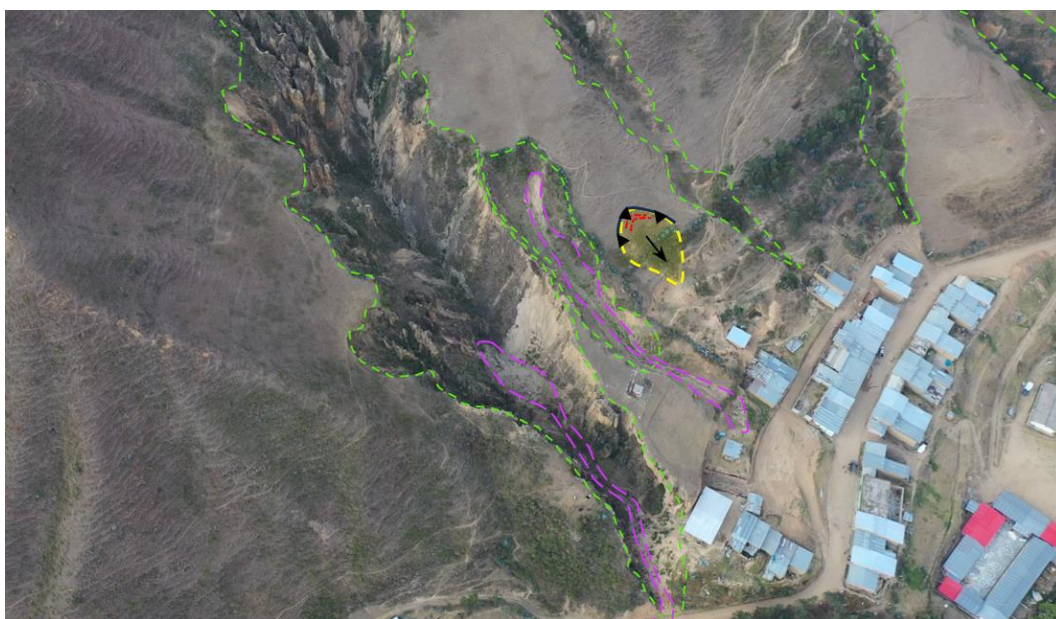


Figura 7. Movimientos en masa tipo erosión de laderas (líneas discontinuas verdes), flujo de lodos (línea discontinua fucsia) y deslizamiento rotacional (línea discontinua amarilla).

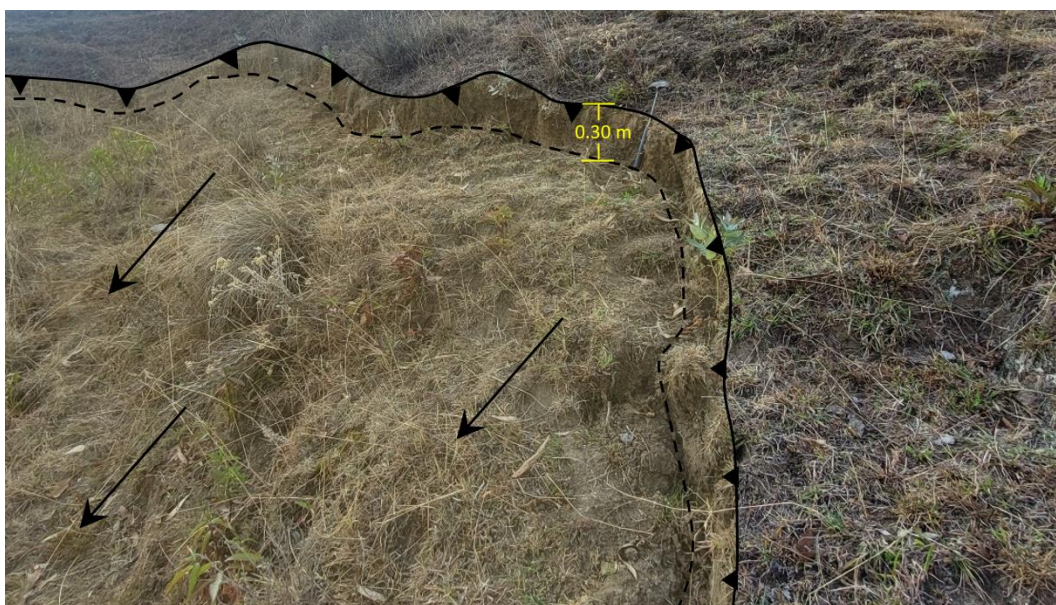


Figura 9. Escaque de deslizamiento con un desplazamiento vertical de 0.30 m.



Figura 10. Grieta de 8 m, con apertura de 5 cm a 10 cm.

5.1.1. Análisis longitudinal

En la figura se muestra la extensión horizontal del deslizamiento 30 m de longitud, 17 m de desnivel; además se expone la ubicación de una de las viviendas que pueden ser afectadas; se grafican los suelos coluvio deluviales, aluviales, fluviales y antropógenos que cubren a los macizos rocos de la unidad Carrizal.

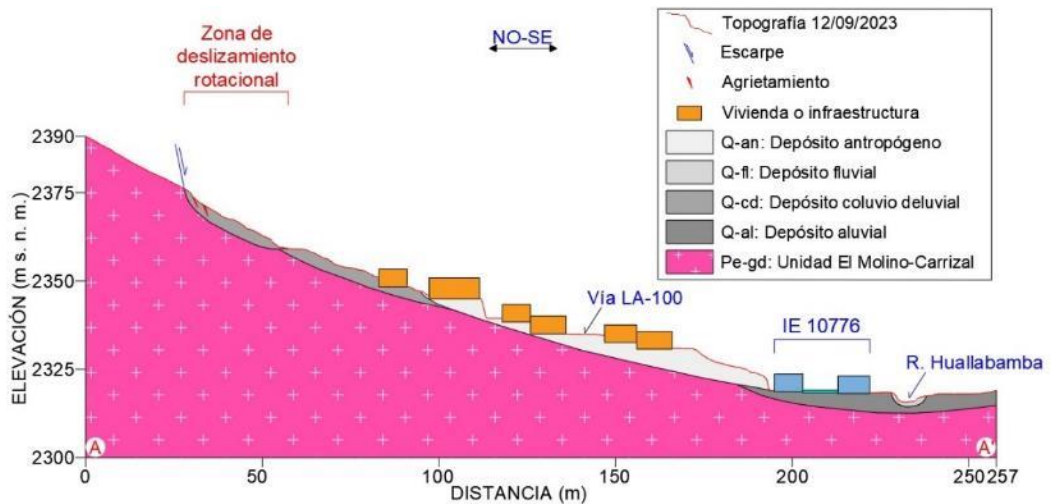


Figura 11. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos de los movimientos en masa.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento.
- Estado: activo.
- Tipo de ladera: ladera suave.

- Zonas involucradas: viviendas.

Composición del depósito: bloques y gravas 6%, arenas 25%, limos 25% y arcillas 44% (

- tabla 3).

Morfometría del deslizamiento

- Área: 410 m².
- Volumen: 492 m³.
- Perímetro: 77 m.
- Diferencia de alturas del movimiento: 17 m.
- Pendiente promedio: 27°.
- Longitud de agrietamientos: 10-16 m.
- Ancho de agrietamientos: 0.1-0.2 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, conformado por depósito coluvio deluvial, compuesto por bloques (5%), gravas (8%), en matriz areno limo arcillosa 87 % no compacto, permite la infiltración del agua proveniente de la lluvia y del regadío de los terrenos de cultivo, sature al terreno.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geoforma de vertiente coluvio deluvial, muy susceptibles a movimientos en masa. Permite que el material inestable de la ladera se desplace cuesta abajo, lentamente.

Factores antrópicos

- Deforestación de laderas para instalación de viviendas y actividades agrícolas.



Fotografía 5. Se observa la ladera con escasa cobertura vegetal, lo que favorece la infiltración del agua y la saturación de los terrenos.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, registradas el marzo de 2023, en la estación Cueva Blanca, provincia Ferreñafe, distrito Incahuasi, departamento Lambayeque.

La combinación de los factores, composición del depósito, saturación del terreno, esto incrementa el volumen y peso de la masa inestable, si aumentamos el factor pendiente del terreno, todo ello contribuye, que la masa inestable que se encuentra sobre la ladera pierda cohesión, lo que origina su desplazamiento cuesta abajo.

Daños ocasionados

- Durante la evaluación en campo no se han identificado daños, si el movimiento avanza podría afectar 4 viviendas ubicadas en la parte baja.
- Es necesario mencionar que, en la parte superior del escarpe, han plantado eucaliptos, lo que podría incrementar y acelerar el movimiento.

5.2. Erosión de laderas

Se identificaron cárcavas producto de la erosión que genera el agua en las laderas ubicadas al norte del área poblada de Huayabamba, el drenaje tiene un perfil tipo “U” y la erosión es retrogresiva, la cárcava más grande tiene un ancho de 85 m y una longitud de 307 m, las cárcavas más pequeñas tienen un ancho de 20 m, 19 m, 17 m y 25 m, con longitudes de 132 m, 150 m, 207 m y 306 m respectivamente, con los drenajes en dirección al sector urbano.

Las cárcavas se originaron por la escasa cobertura vegetal, lo que permitió la erosión directa de la ladera, si el proceso erosivo continua, puede afectar las viviendas ubicadas en la parte baja.

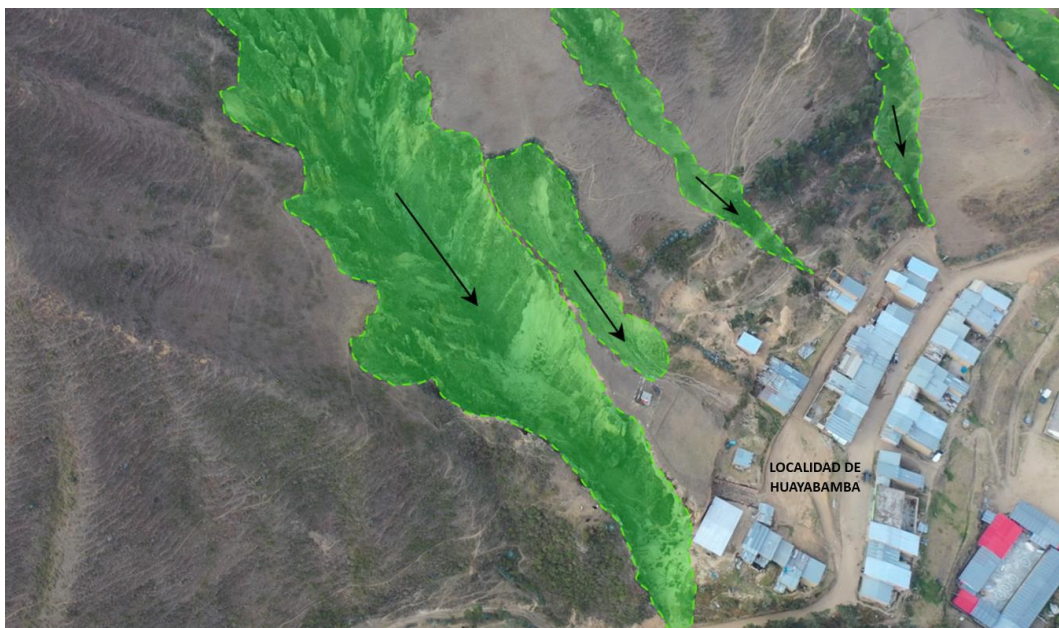


Figura 12. Se observa las cárcavas en dirección del área poblada de la localidad de Huayabamba.

7. CONCLUSIONES

- a. En la localidad de Huayabamba se viene presentando un deslizamiento rotacional y procesos de erosión de laderas; los cuales podrían afectar las viviendas ubicadas en el área de desarrollo urbano.
- b. Dentro del contexto litológico se ha cartografiado depósitos coluvio deluviales antiguos y recientes que se han depositado en la parte baja de la montaña de la zona, presentan una composición bloques angulosos en matriz arenosa, limos y arcillas; también se ha registrado granodioritas, las cuales se encuentran medianamente fracturado y altamente meteorizadas de la Unidad Carrizal.
- c. En el sector evaluado encontramos las sub unidades geomorfológicas de montaña en roca intrusiva (M-ri), con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a $>45^\circ$), piedemonte proluvial con pendiente fuerte (15 a 25°), sub unidad de vertiente coluvio deluvial con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), depósito antrópico con pendiente suave a moderada (1° a 15°).
- d. El área afectada por el deslizamiento rotacional abarca un total de 410 m^2 y un volumen aproximado de 287 m^3 ; el terreno muestra una pendiente promedio de 25° , con una diferencia de alturas de 17 m y una longitud horizontal de 30 m ; mientras que los agrietamientos identificados dentro del cuerpo en movimiento tienen longitudes de 10 m a 20 m , no se descarta que su área de impacto pueda incrementarse si no se implementan medidas de control adecuadas; así mismo se identificó un proceso de erosión de laderas, identificándose 4 procesos de cárcavas en dirección a la zona de desarrollo urbano de la localidad Huayabamba.
- e. Los factores antrópicos que contribuyeron con la generación de los movimientos en masa son deforestación de laderas, sobresaturación de laderas por riego por inundación no controlado y por canales agrícolas sin recubrimiento.
- f. El factor detonante se atribuye a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como las ocurridas en el mes marzo del 2023, que llegaron registrarse de hasta 69.9 mm/día , en la estación Cueva Blanca (provincia de Ferreñafe).
- g. De acuerdo al análisis en el área de impacto por movimientos en masa en la localidad Huayabamba, y por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto** ante deslizamientos y erosión de laderas (cárcavas).

7. RECOMENDACIONES

Para los terrenos afectados por deslizamiento

- a) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas el terreno impactado por deslizamiento.
- b) Prohibir el riego por inundación en los terrenos aledaños.
- c) Retirar las plantaciones de eucalipto plantadas en la parte superior al escarpe principal.
- d) Sellar las grietas originadas por los movimientos, evitando la infiltración de agua hacia el terreno, evitando se sature el cuerpo en movimiento.
- e) Capacitar a la población en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, ejecutar simulacros ante movimientos en masa, que contemple el recorrido a través de rutas de evacuación a zonas seguras.
- f) Realizar un drenaje pluvial, para evitar la saturación del terreno
- g) Construir un canal de coronación, evitar que las aguas de escorrentía se infiltren en la zona inestable.

Para la erosión en cárcava

- a) Realizar la captación y la derivación de las aguas de escorrentía que se encuentren cerca de la erosión en cárcava; estas aguas deberán ser conducidas por medio de infraestructuras de drenaje pluvial y/o canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables.
- b) Construir diques o trinchos transversales, con materiales propios de la zona como troncos, ramas o rocas. Esta debe realizarse con un componente poroso para permitir el paso de parte del agua con el fin de reducir las tenciones sobre la estructura.
- c) Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- d) Restringir la construcción de viviendas en el entorno de las cárcavas, especialmente en la parte baja, donde pueden ser afectadas por el material que acarrear durante su activación.

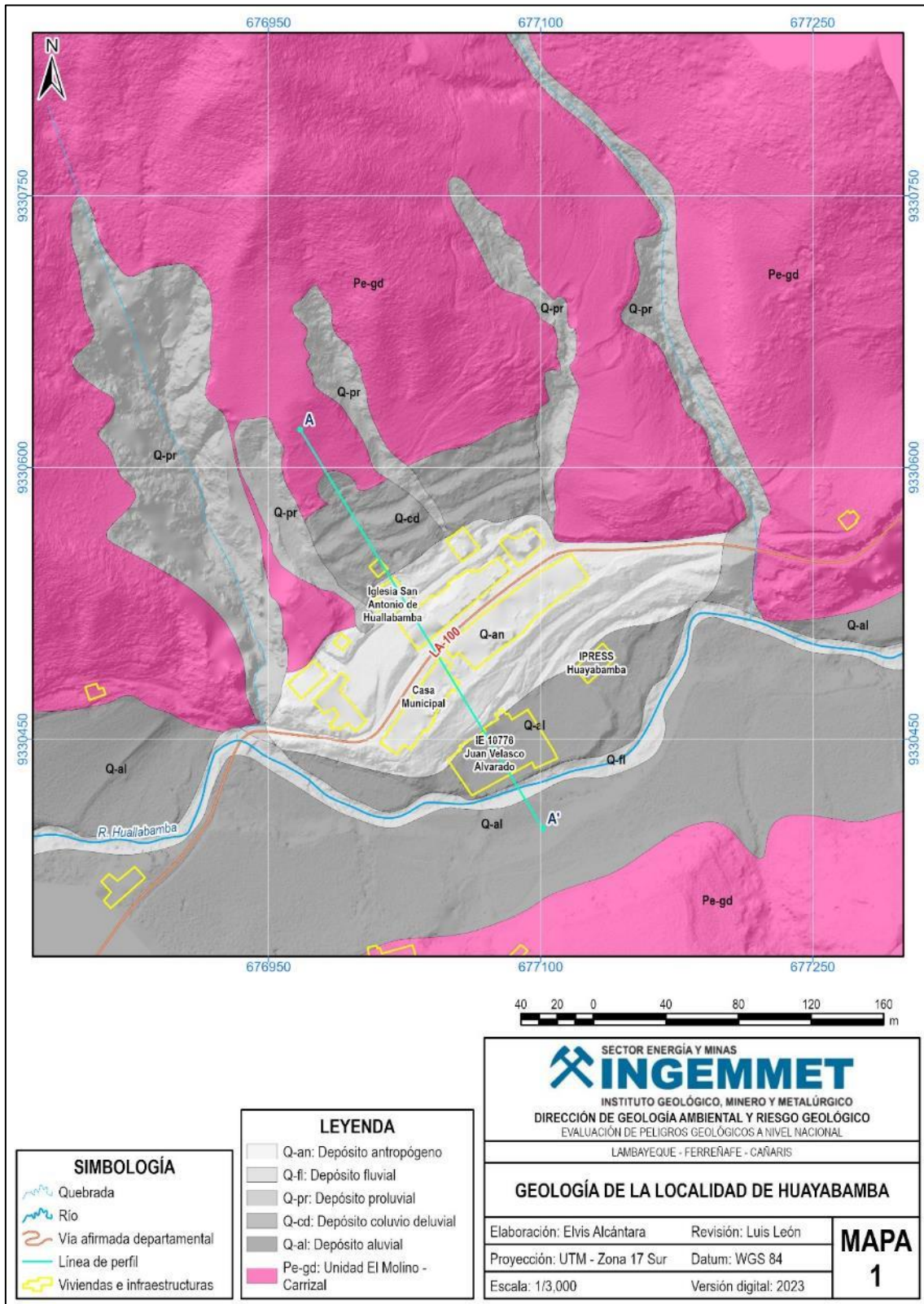

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610

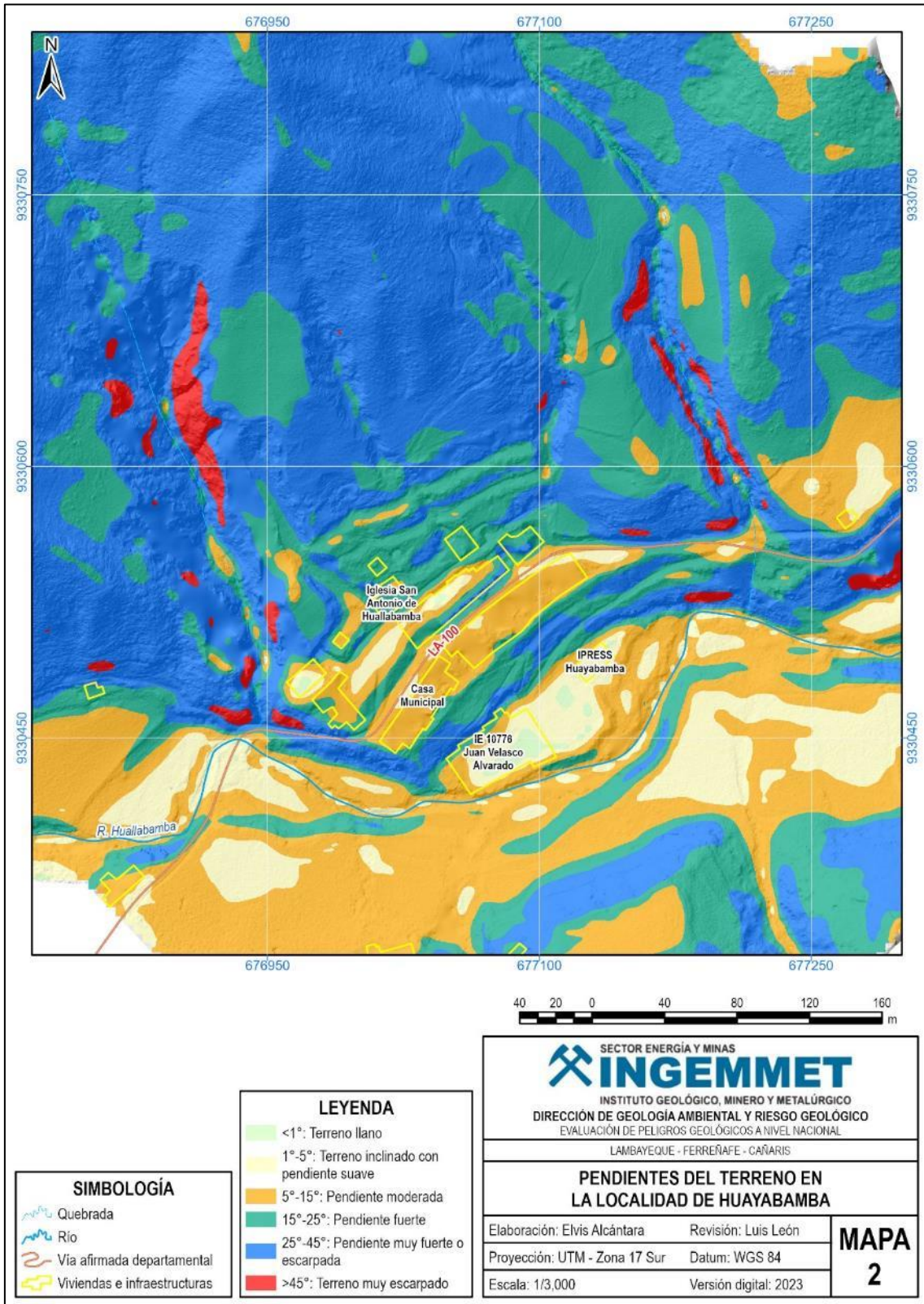

Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2022*.
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- 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.
- Salcedo, F. et al (2013). *Geología del Cuadrángulo de Incahuasi, Hoja 13-e, Boletín N° 148 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- 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.
- Núñez, S. et al, (2010). *Riesgo Geológico en la Región Lambayeque. Ingemmet Boletín N° 43, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.

ANEXO 1. MAPAS

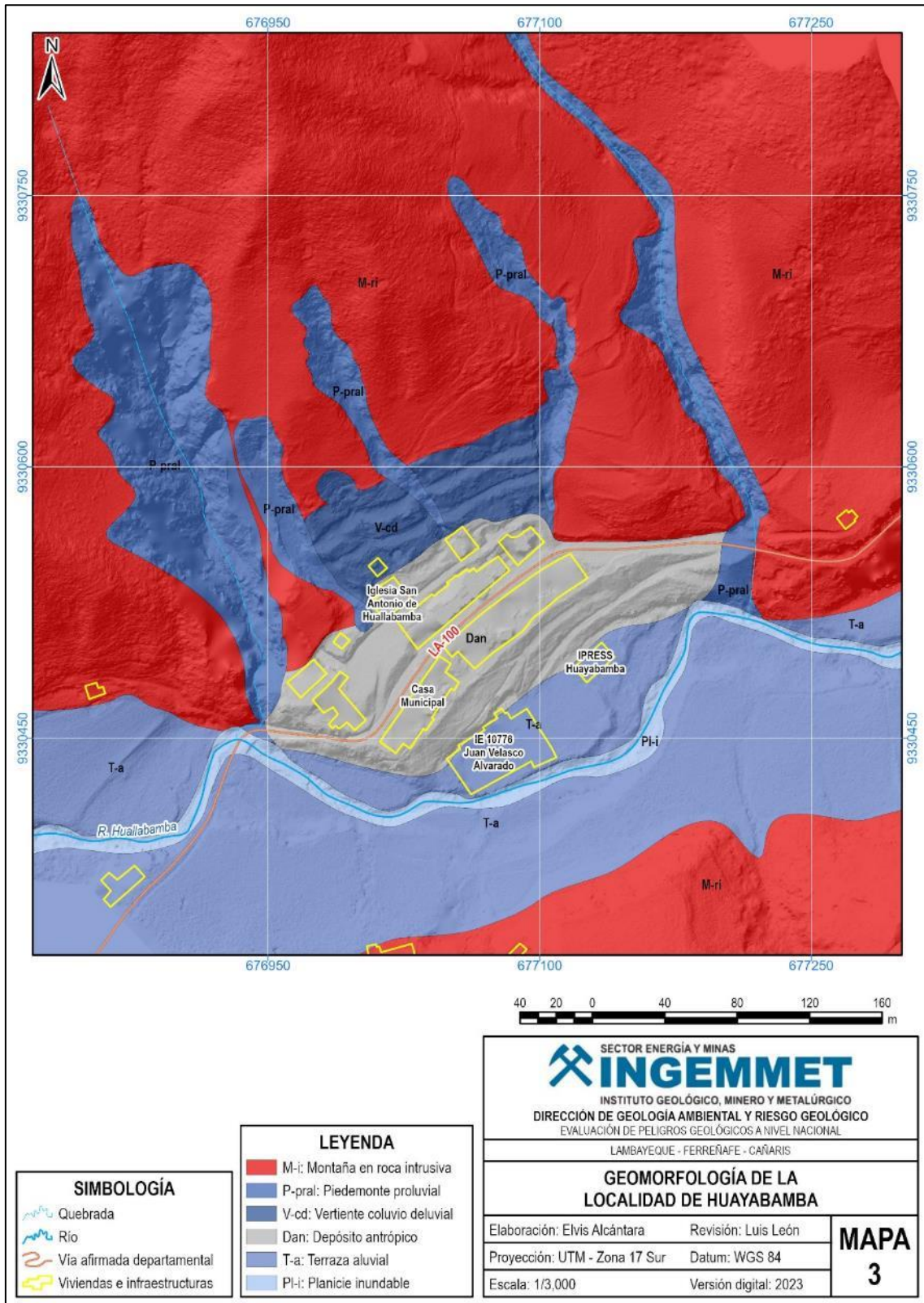




SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Via afirmada departamental
	Viviendas e infraestructuras

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

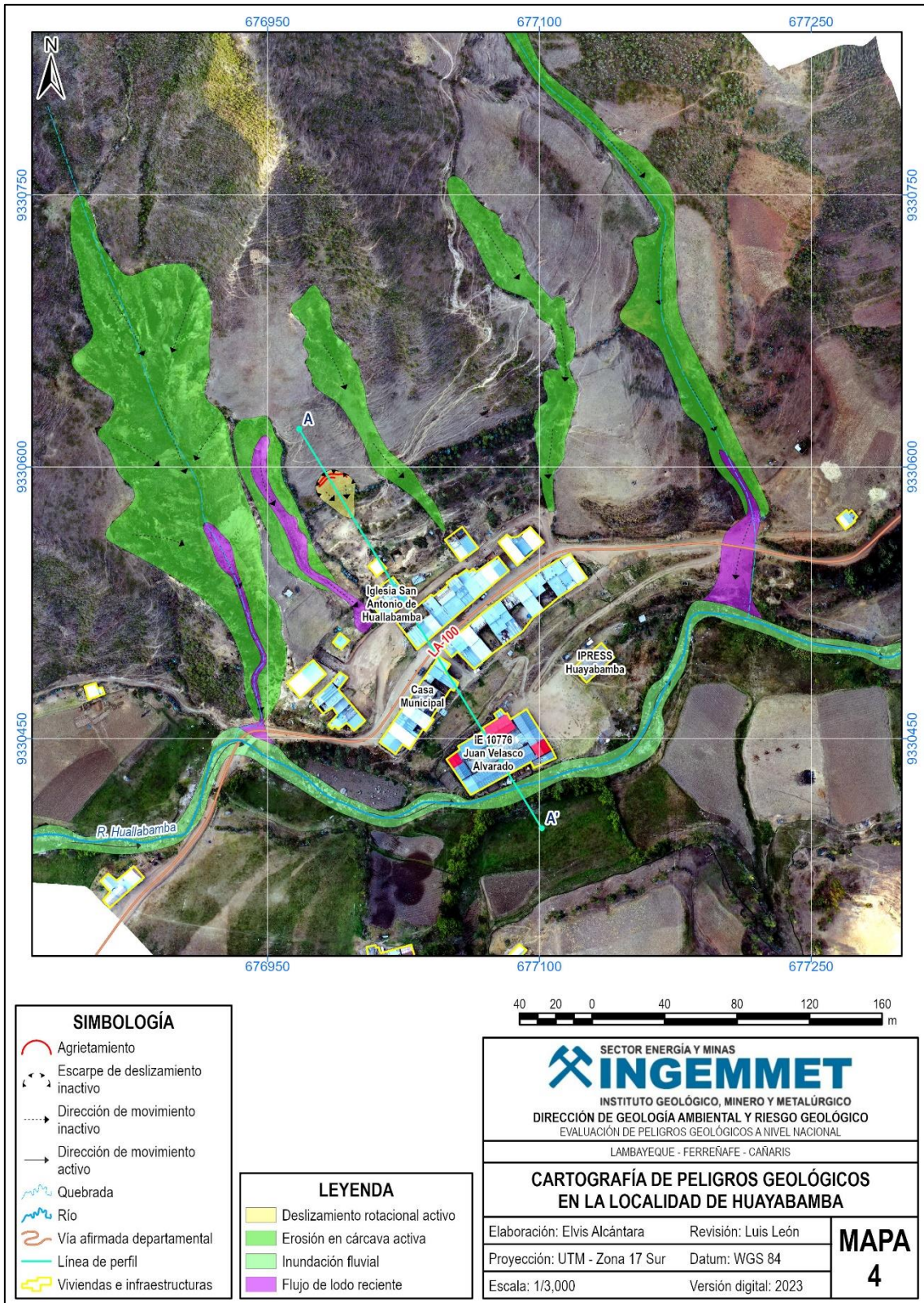
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LAMBAYEQUE - FERREÑAFE - CAÑARIS		
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD DE HUAYABAMBA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Vía afirmada departamental
	Viviendas e infraestructuras

LEYENDA	
	M-ri: Montaña en roca intrusiva
	P-pral: Piedemonte proluvial
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	Dan: Depósito antrópico
	T-a: Terraza aluvial
	Pl-i: Planicie inundable

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL LAMBAYEQUE - FERREÑAFE - CAÑARIS	
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE HUAYABAMBA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para el deslizamiento

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 8). 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.

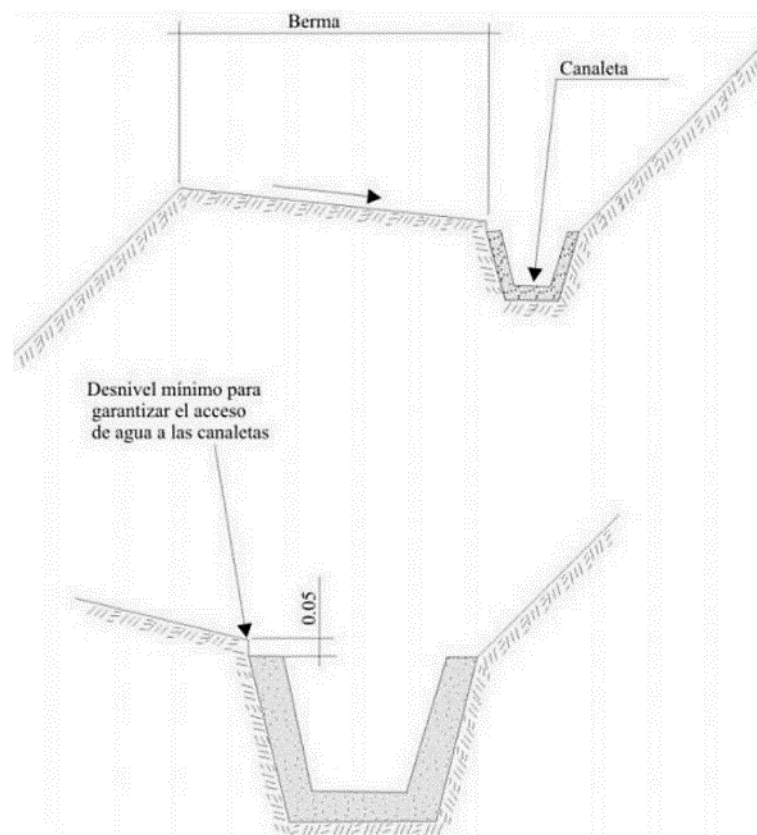


Figura 8. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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 (figura 14, fotografía 6), facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

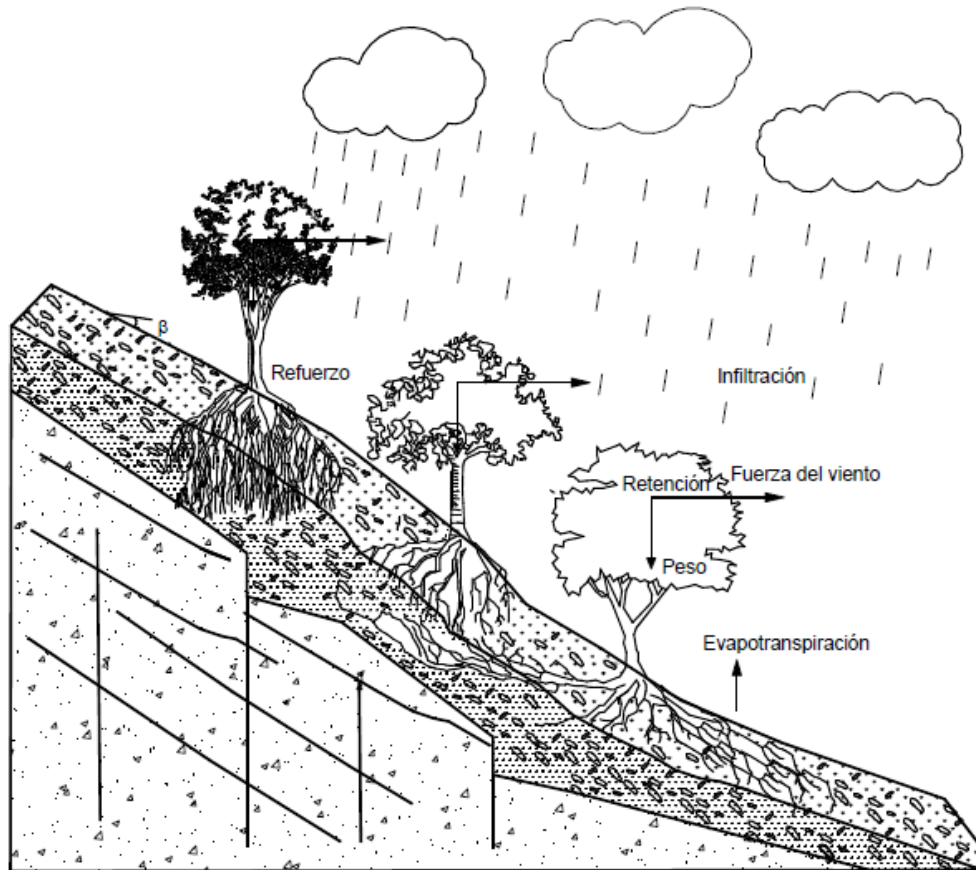


Figura 9. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



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

Para erosión en laderas – cárcavas

Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

- Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
- Favorecer la infiltración de agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación son las siguientes:

- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 15), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 16, 17, 18 y 19).
- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos

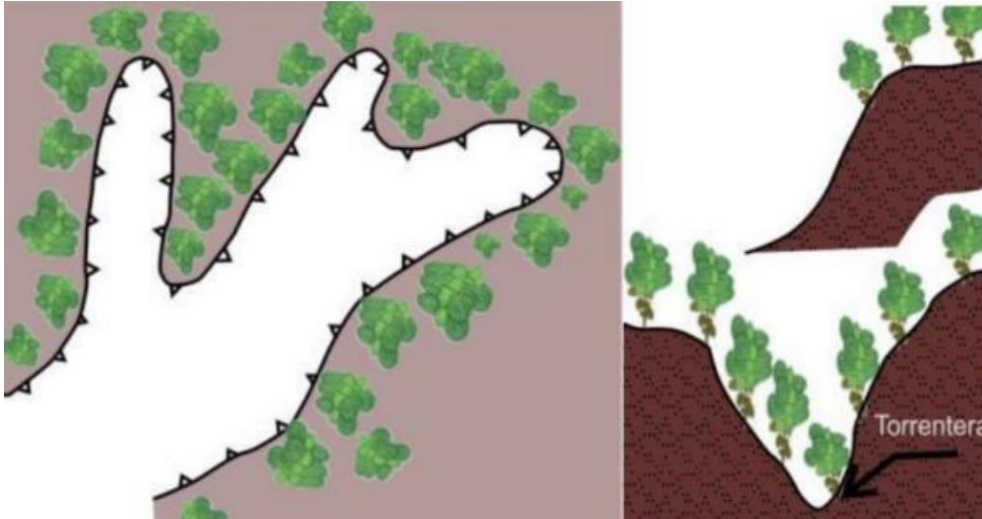


Figura 10. Vista en planta y perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

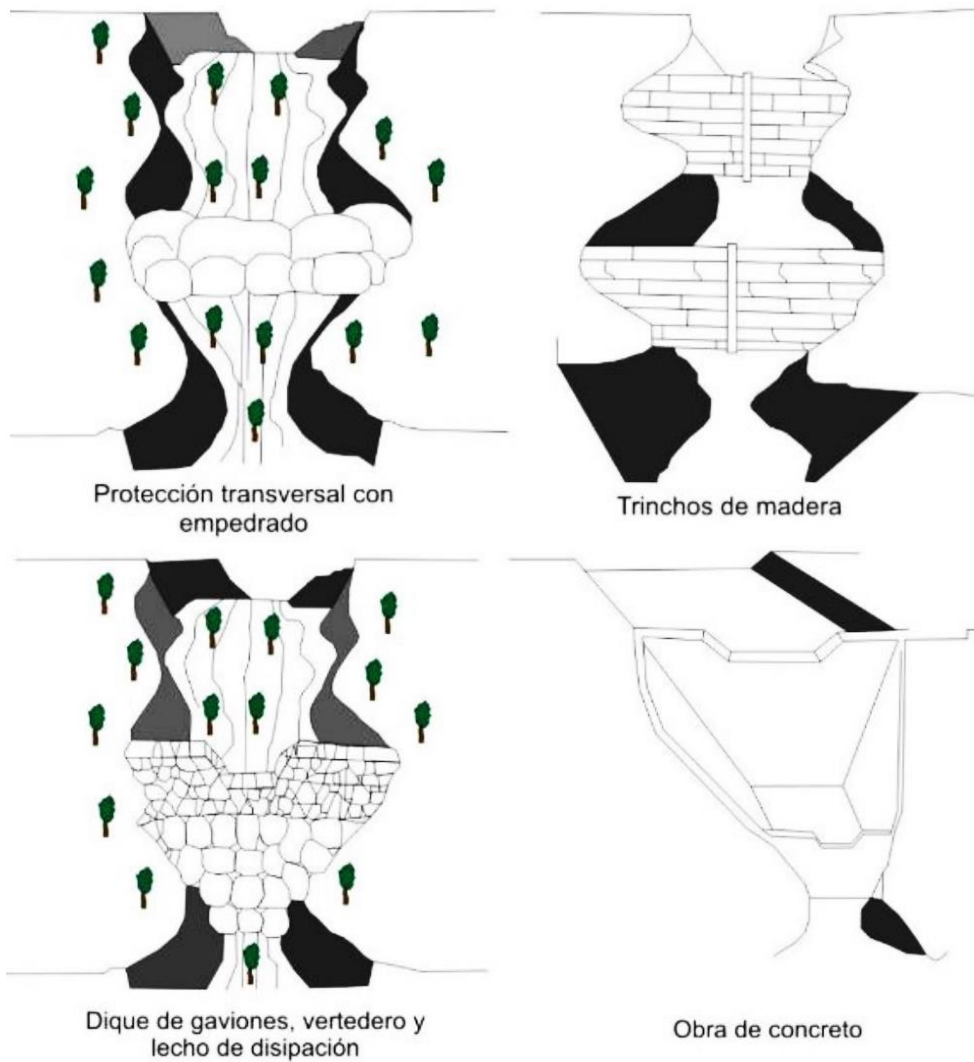


Figura 11. Obras hidráulicas transversales para el control de erosión en cárcavas.

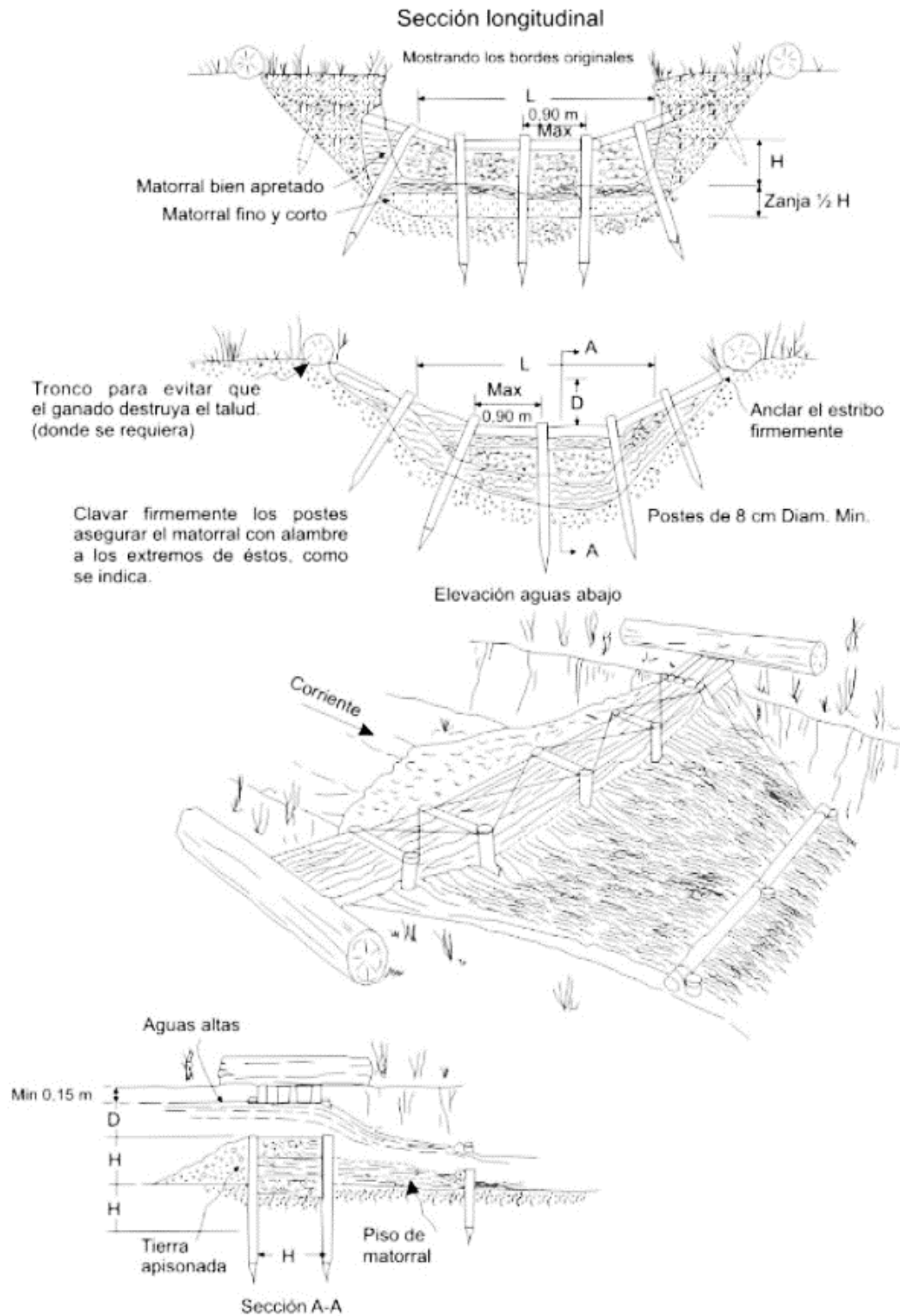


Figura 12. Presa de matorral tipo doble hilera de postes.