

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7582

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LLICUA ALTA

Departamento: Huánuco
Provincia: Huánuco
Distrito: Amarilis



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LLICUA ALTA

(Distrito Amarilis, Provincia Huánuco, Departamento Huánuco)



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

Equipo técnico:

*Wilson Gomez Cahuaya
Griselda Ofelia Luque Poma
Ricky Martin Gonzáles Salas*

Referencia bibliográfica

Gomez, W.; Luque, G.; Gonzáles, R. (2024). *Evaluación de Peligros Geológicos por deslizamiento en el sector Llicua Alta. Distrito Amarilis, Provincia Huánuco, Departamento Huánuco*. Lima: Ingemmet. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Informe Técnico N°A7582, 40p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	9
1.3.4. Clima	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	13
3.1.1. Complejo Metamórfico del Marañón (CMM)	13
3.1.2. Depósitos cuaternarios	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Pendiente del terreno	16
4.2. Unidades geomorfológicas	18
4.2.1. Unidad de Montañas.....	19
4.2.2. Unidad de Vertiente	19
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	20
5.1. Deslizamiento rotacional.....	21
5.2. Erosión de ladera (cárcavas y surcos).....	25
6. CONCLUSIONES.....	27
7. RECOMENDACIONES.....	28
8. BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1: MAPAS	31
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS.....	36

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Llicua Alta y alrededores, ubicado en el distrito de Amarillis, provincia y departamento de Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el contexto litológico, el substrato rocoso se caracteriza por presentar rocas metamórficas, predominantemente de esquistos micáceos gris verdosos. Estas rocas presentan una esquistosidad y foliación bien definida y una resistencia a la compresión uniaxial que varía entre 50 a 100 Mpa (al golpe con martillo), a su vez, se encuentran fuertemente fracturadas, con tres familias de discontinuidades. Los espaciamientos entre las fracturas oscilan entre 2 y 15 cm, mientras que las aberturas varían de 1 a 2 mm. Las superficies de las discontinuidades presentan una rugosidad ligera. Superficialmente, estas rocas se hallan medianamente a fuertemente meteorizadas.

Desde una perspectiva geomorfológica, el sector de Llicua Alta está situado sobre una montaña labrada y modelada en roca metamórfica, con relieves algo escalonados y con pendientes muy pronunciadas que varían entre fuertes 15° a 25°, a muy fuertes 25° a 45°.

Los peligros geológicos identificados corresponden principalmente a deslizamiento y procesos de erosión de ladera en forma de cárcavas y surcos.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el sector de Llicua Alta, este se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** por deslizamiento. Este nivel de peligro exige la implementación de medidas preventivas y correctivas para mitigar las amenazas a la población asentada ladera abajo y a la infraestructura local.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, así como, la implementación de un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno propenso a deslizarse, sellar los agrietamientos para evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas y prolongadas, revestimiento de las cunetas en la trocha carrozable y reforestación de laderas afectadas por deslizamientos, flujos de detritos y cárcavas. Y, por último, se recomienda realizar el EVAR correspondiente.

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 “Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo las solicitudes de la Municipalidad Provincial de Huánuco y de la Municipalidad Distrital de Amarilis, según Oficios N°297-2024-MPHCO y N°469-2024-MDA/A respectivamente, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Llicua Alta, distrito de Amarilis.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ingenieros Wilson Gomez Cahuaya, Griselda Ofelia Luque Poma y al Geol. Ricky Martin Gonzáles Salas, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva en el sector Llicua Alta, el cual se efectuó en coordinación con la oficina de Gestión de Riesgo de Desastres del Gobierno Regional de Huánuco.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: la etapa de pre-campo empezó con la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET. La etapa de campo se desarrolló el 30 de mayo del año en curso y consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada. Durante la etapa final de gabinete, se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológico-estructural y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales que ofrece la plataforma de Google Earth y Sentinel 2, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Llicua Alta, distrito Amarilis, provincia y departamento de Huánuco.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.

- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos evaluados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a la geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes.

- a) **Boletín N° 35, serie C, Geodinámica e ingeniería geológica: Movimientos en masa que afectan a la ciudad de Huánuco.** Elaborado por Zavala, B. (2006). Infiere que en las microcuencas de Jactay, Tingoragra - Rondos, Florida y Llicua, la actividad y procesos de movimientos en masa (huaicos de gran magnitud), se presentaron de una manera excepcional. Asimismo, los procesos de deslizamientos, derrumbes y cárcavas avanzan estacionalmente en el período lluvioso, generando flujos menores.
- b) **Boletín N° 34, serie C, Geodinámica e ingeniería geológica: Estudios de riesgos geológicos en la región de Huánuco.** Elaborado por Zavala, B & Vilchez, M. (2006). Indica que el sector de Llicua, distrito de Amarilis, presenta procesos geodinámicos (Derrumbes, erosión y deslizamientos) en ambas márgenes de la quebrada Agoragra, el cual, acarrea material suelto en periodos lluviosos. Por esta razón fue calificado, en base a sus características de peligrosidad y vulnerabilidad, como una de las zonas críticas de la región Huánuco (**Tabla 1**).

Tabla 1. Cuadro de zona crítica en el centro poblado de Llicua. Tomado de Zavala & Vilchez (2006).

SECTOR (Distrito)	OBSERVACIONES INGENIERO-GEOLÓGICAS	VULNERABILIDAD Y/O DAÑOS OCASIONADOS	RECOMENDACIONES
Llicua (Amarilis)	<p>Área sujeta a erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos y huaicos.</p> <p>Derrumbes en ambas márgenes de la quebrada Agoragra, la escorrentía superficial socava la base de las laderas produciendo derrumbes y deslizamientos, estos materiales sueltos son acarreados en periodos lluviosos como huaicos.</p> <p>Presencia de cicatriz de deslizamiento antiguo en la margen izquierda de la quebrada.</p> <p>Presencia de erosión en cárcavas.</p>	<p>La generación de nuevos huaicos puede afectar viviendas ubicadas en el cauce o cerca del cauce de la quebrada.</p>	<p>Construir diques disipadores y forestar las laderas de la quebrada.</p>

- c) **Inspección de riesgos geológicos en la ciudad de Huánuco.** Elaborado por Pari, W. & Davila, S. (1998). Identifican otros peligros geológicos como erosión laminar, en surco y en cárcavas, y peligros geológicos por movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes y huaicos temporales, como consecuencia de las precipitaciones pluviales que provoca la sobresaturación del suelo inconsolidado durante la temporada crítica del fenómeno del niño y lluvias torrenciales.

d) **Boletín N°75, seria A, Carta Geológica Nacional (Escala 1:100,000): Geología del cuadrángulo de Huánuco – 20K.** Realizado por Quispesivana, L (1996). Menciona que las unidades estudiadas abarcan edades desde el Neoproterozoico hasta la actualidad, diferenciándose series metamórficas, secuencias sedimentarias, intrusivos graníticos y los depósitos recientes.

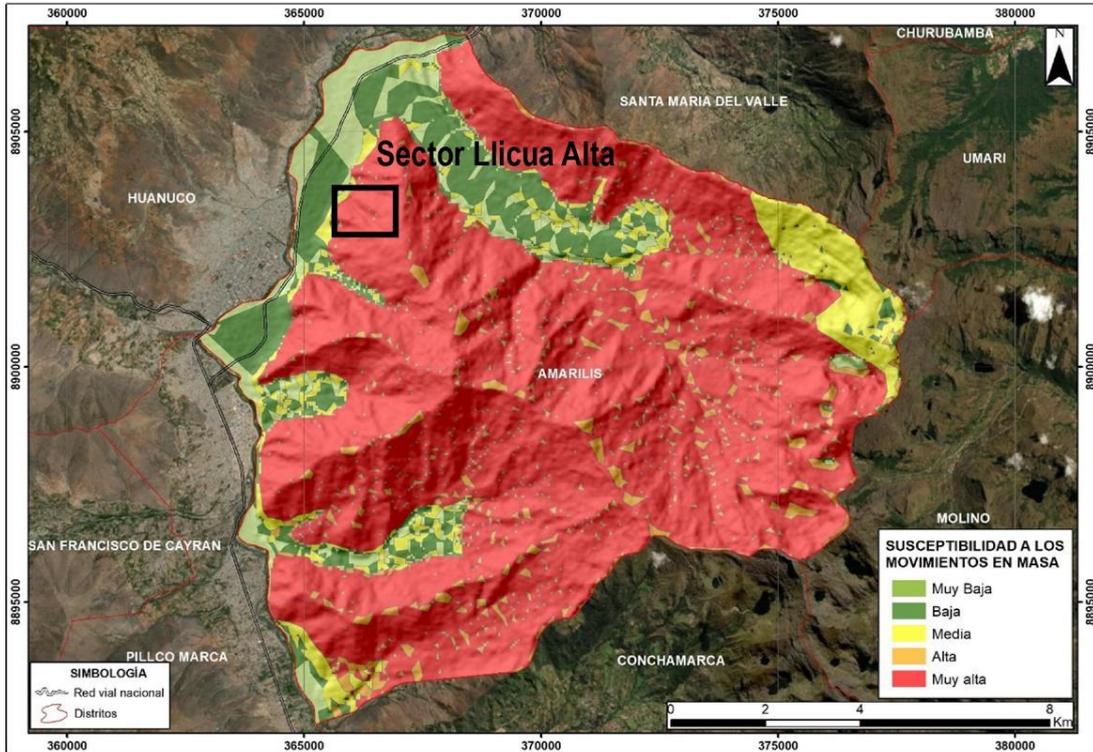


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del distrito de Amarilis, donde el sector Llicua Alta se muestra como Muy Alta. Tomado de Zavala & Vilchez (2006).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El anexo Llicua Alta se ubica en la margen derecha del río Huallaga, a una altura de 2250 m.s.n.m., al noreste del distrito de Amarilis, provincia y departamento de Huánuco. Además, se encuentra en las coordenadas UTM WG84 E: 366036 y N: 8902677 y latitud: -9.924607° y longitud: -76.221981° (**Figura 2**).

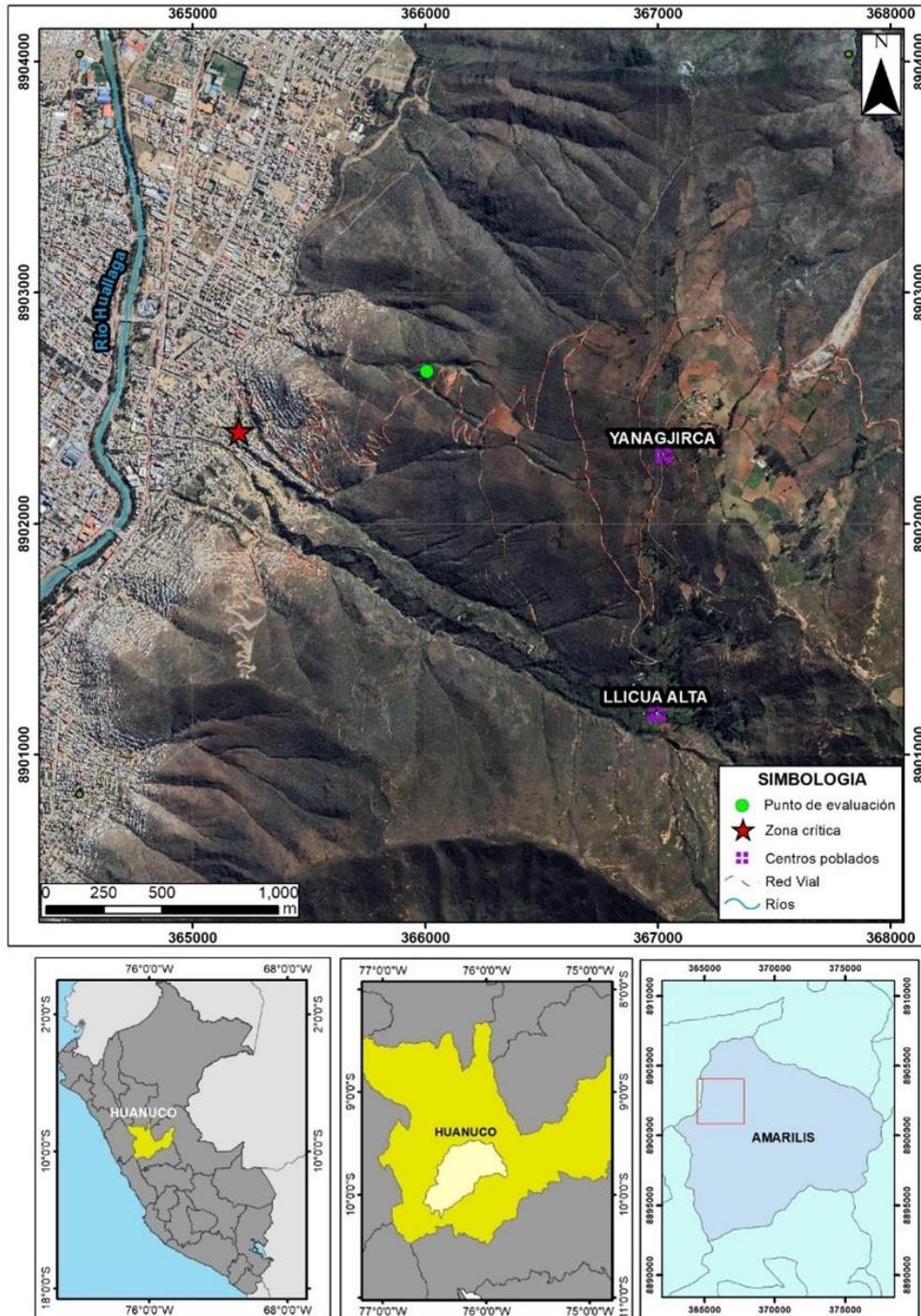


Figura 2: Ubicación de la zona evaluada en el sector Llicua Alta, distrito de Amarilis, provincia y departamento de Huánuco.

1.3.2. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas del 2017, la zona susceptible a peligro geológico por deslizamiento (**Figura 3**), es decir, la zona baja de Llicua Alta, tiene una población total de 4114 habitantes, distribuida en 50 manzanas con 1363 viviendas (**Figura 4**). Asimismo, se encuentran 03 instituciones educativas, la I.E Aplicación Unheval, I.E Smart Kids, y la I.E Nuestra Señora del Pilar, con total de alumnado de 292 y 17 profesores (**Figura 5**).



Figura 3. Zona susceptible por deslizamiento y flujo de detritos en la zona baja del sector Llicua Alta y 03 instituciones educativas propensas a ser afectadas. La zona susceptible de determinó a partir de los elementos expuestos, la pendiente pronunciada y del antecedente de deslizamiento ocurrido en marzo del 2024.

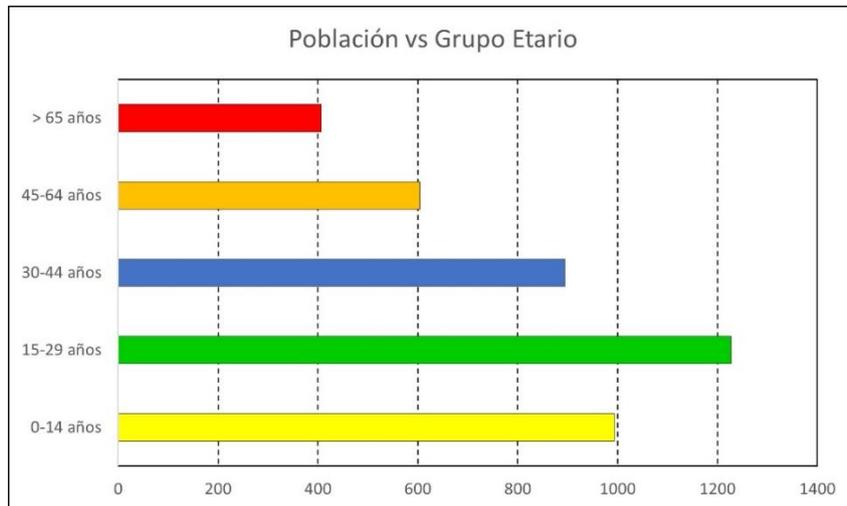


Figura 4. Distribución poblacional de la zona susceptible a peligro geológico por deslizamiento en la parte baja del sector Llicua Alta. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/mapa>

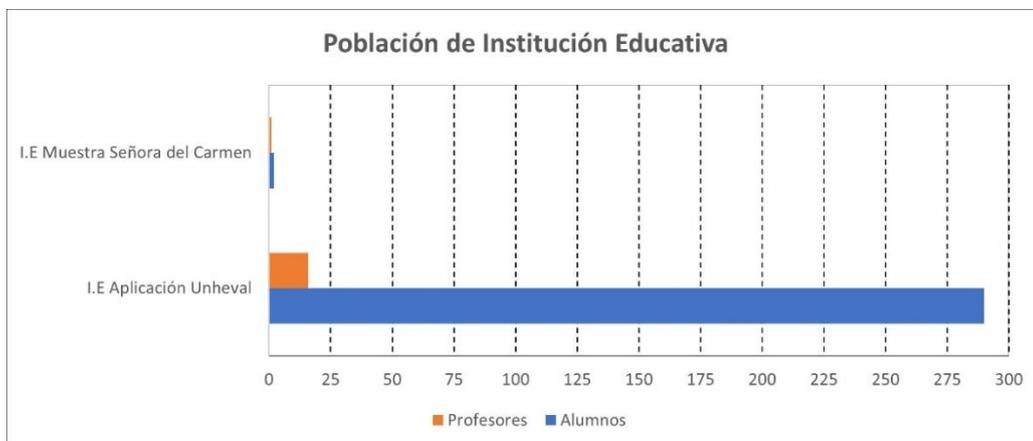


Figura 5. Distribución del alumnado y profesores de las instituciones educativas propensas a deslizamiento en la parte baja del sector Llicua Alta. Fuente: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/mapa>

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder al sector de Llicua Alta, desde la sede principal del INGEMMET, ubicada en el distrito de San Borja, Lima, se sigue la ruta que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Ruta y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Lima (INGEMMET) – Amarilis (Huánuco)	Asfaltada	375	8 h
Amarilis – Anexo Llicua Alta	Trocha	3	10 min

1.3.4. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Amarilis presenta 3 tipos de climas de los 38 definidos en la clasificación a nivel nacional (**Tabla 3**).

Tabla 3. Tipo de climas en el distrito de Amarilis. Fuente:

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Simbología	Descripción
C (r) B'	Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)
B (r) B'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)
B (o, i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. (Frío)

Respecto a las precipitaciones pluviales, según datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos ráster y de satélite), que se muestra en la figura 6, en la zona de evaluación se generó mayor precipitación a inicios de año, entre los meses de enero y abril del 2023. En la que el 19 de febrero, se registró un valor anómalo de 71.5 mm (lluvia extrema según SENAMHI), el cual, coincide con la reactivación de movimientos en masa según versiones de los pobladores.



Figura 6. Precipitaciones máximas diarias en mm, distribuidas a lo largo del año 2023. Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>

De acuerdo a la figura 7 que expresa las temperaturas máximas y mínimas, en base a los datos históricos extraídos del servicio aWhere, se puede observar que la temperatura máxima es de 24°C y la temperatura mínima es de 5°C, a lo largo del año 2023.

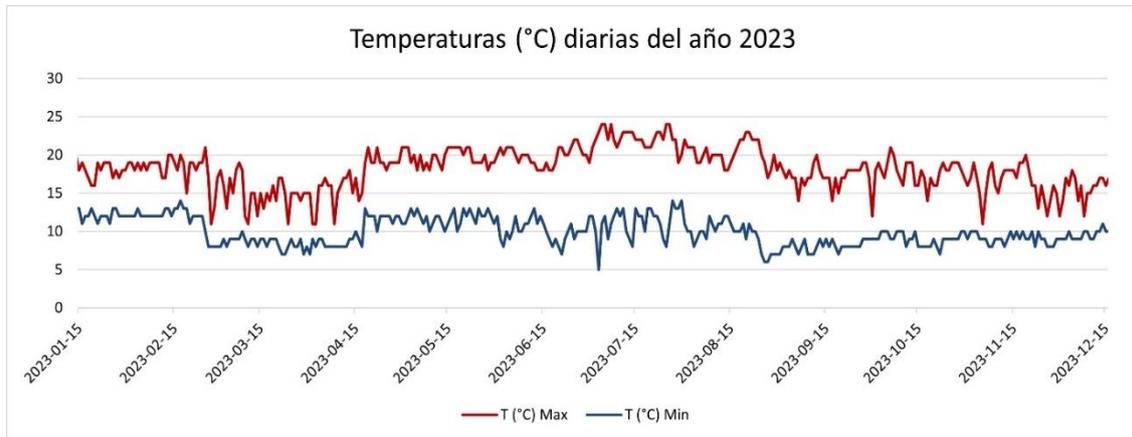


Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del año 2023

Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>

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

presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

- **Buzamiento:** Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.
- **Corona:** Zona adyacente arriba del eskarpe 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.
- **Deslizamiento:** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).
- **Deslizamiento rotacional:** Deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un eskarpe casi vertical, mientras que la superficie superior inclinarse hacia atrás en dirección al eskarpe.
- **Erosión de ladera:** es un proceso normal, inevitable y universal, que consiste en el desgaste y remodelado del paisaje terrestre original; puede ser laminar, surco o en cárcava; puede ser laminar, surco o en cárcava (Villota, 2005).
- **Erosión en cárcavas:** proceso intenso de erosión hídrica causado por escurrimiento superficial concentrado, capaz de remover material de suelo hasta profundidades considerables. La intensidad y la amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y su velocidad (Villota, 2005).
- **Eskarpe:** Superficie vertical o semivertical 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.
- **Eskarpe principal:** En un deslizamiento se refiere a la parte superior vertical o semivertical del plano de falla que queda expuesta en superficie por el movimiento ladera abajo del cuerpo principal.
- **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.
- **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:** Fenómeno de remoción en masa (Colombia, Argentina), proceso de remoción en masa (Argentina), remoción en masa (Chile), 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.
- **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 a generar desastres de acuerdo a los elementos expuestos (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante sismos o la ocurrencia de lluvias excepcionales y es necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

3.1. Unidades litoestratigráficas

El sector de Llicua Alta está conformado por rocas metamórficas del Complejo Metamórfico del Marañón (CMM) de edad Neoproterozoica, en la que los depósitos cuaternarios de material coluvio-deluviales, le sobreyacen de manera discordante (**Figura 8**).

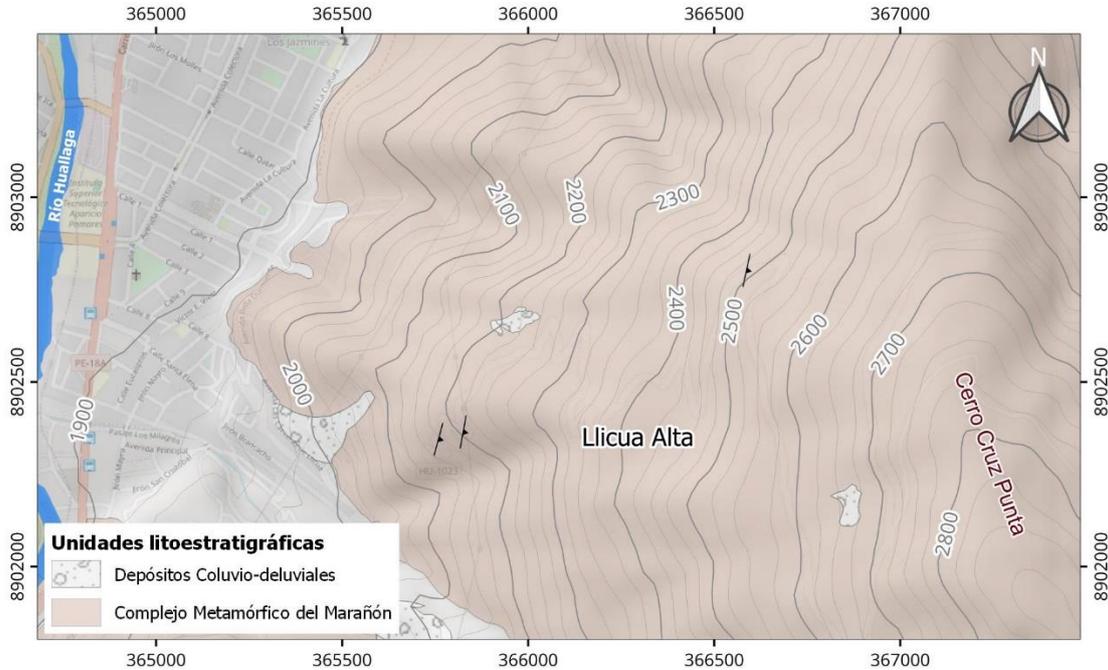


Figura 8. Unidades litoestratigráficas del sector Llicua Alta, donde se muestra el deslizamiento homónimo.

3.1.1. Complejo Metamórfico del Marañón (CMM)

Esta unidad aflora ampliamente y ocupa de manera general la ladera oeste del cerro Cruz Punta.

En el sector sur de la zona estudiada, aflora esquistos micáceos de color gris oscuro con tonalidades verdosas. Estas rocas se encuentran bien foliados con esquistosidad aparentemente paralela a la estratificación, que se inclinan en contra de la pendiente. Geomecánicamente, se trata de un macizo rocoso con resistencia media (50 a 100 Mpa), medianamente fracturadas (con 3 familias de discontinuidades principales), que presentan espaciamiento que van de 2 a 15 cm, con aberturas entre 1 a 2 mm y con rugosidad liso a ligeramente rugoso. Según la clasificación de rocas ISRM (1981), el macizo se encuentra moderadamente meteorizado y muy fracturado (**Figura 9**).

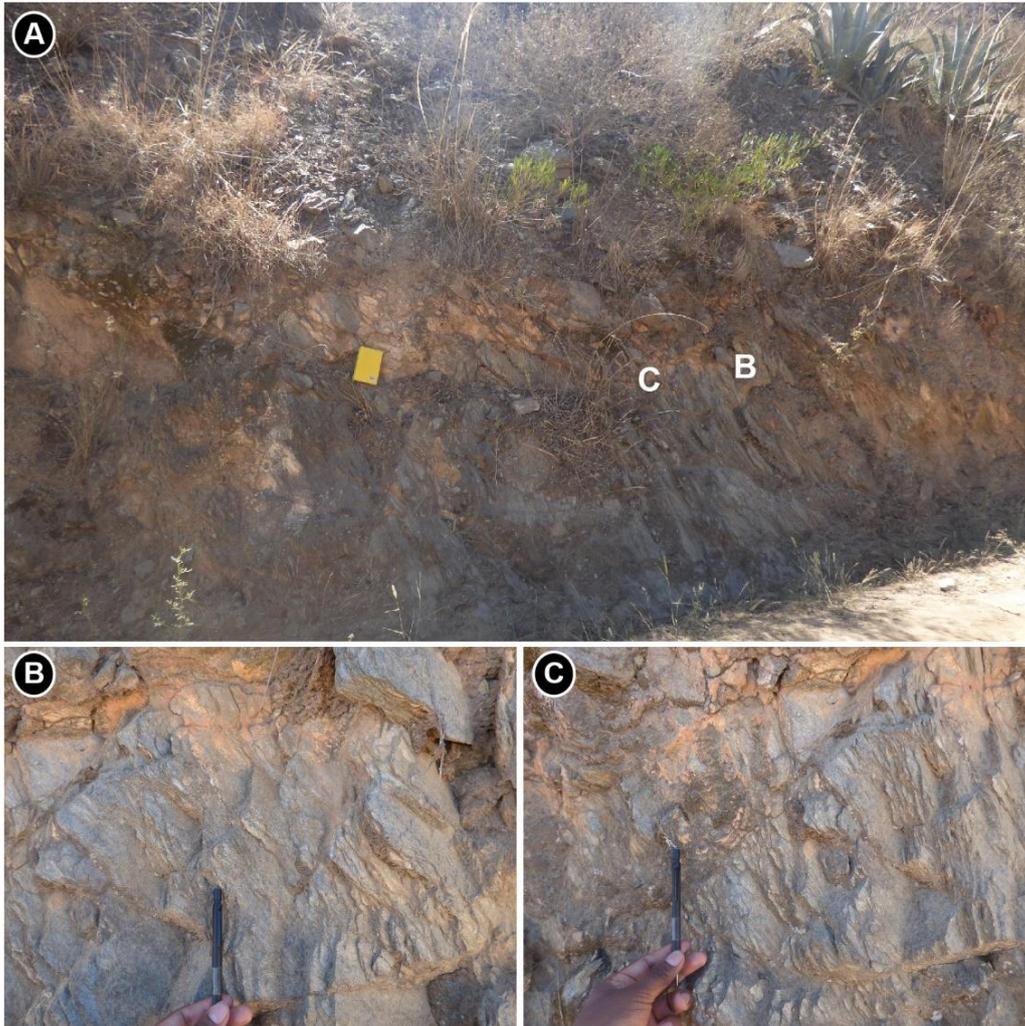


Figura 9. Esquistos micáceos del Complejo Metamórfico del Marañón que aflora en el sector Llicua Alta.

Por otro lado, al norte del sector Llicua Alta, en el escarpe del deslizamiento aflora una secuencia de esquistos micáceos de muscovita con fuerte esquistosidad y muy fracturado, con apariencia de haber sido triturado, producto muy posiblemente de la actividad tectónica a la que fue sometida. Este macizo se encuentra muy meteorizado, entre sus fracturas lisas se forman pátinas de micas de minerales arcillosos (muscovita). Geomecánicamente, las arcillas, que provienen de la muscovita, tienen propiedades expansivas y alto grado de retención de agua, propensas a desencadenar movimientos en masa, tal como se observó en el sector de Llicua Alta (**Figura 10**).

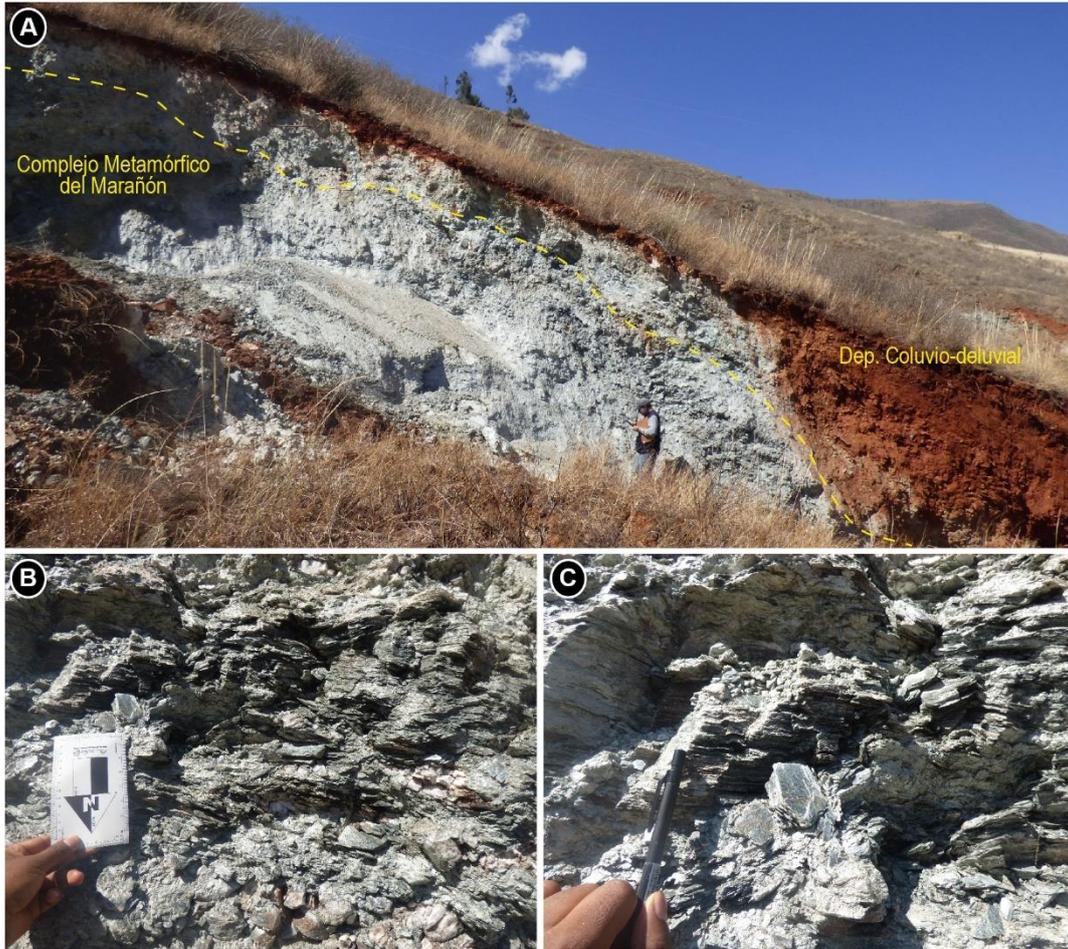


Figura 10. Esquistos micáceos de muscovita fuertemente esquistosas del Complejo Metamórfico del Marañón. A) Roca triturada que forma suelos residuales con alto contenido de arcillas expansivas. B) y C) Detalle de la muscovita en los esquistos fuertemente deformados.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

a) Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

En el sector de Llicua Alta, estos depósitos se alojan en la ladera media al oeste del cerro Cruz Punta. Se trata de secuencias inconsolidadas provenientes de suelos residuales del CMM, combinada con procesos gravitacionales y de dinámica deluvial (**Figura 11**).

Están conformadas esencialmente por fragmentos de esquistos micáceos heterométricos de formas subangulosas a subredondeadas, que van de 2 a 20 cm, dispuestas en una matriz arcillo limosa y arenosa (**Figura 10 y 11**).

Estos depósitos están situados sobre laderas con pendientes que oscilan entre fuertes a escarpadas y a su vez, se encuentran disectadas por cárcavas y surcos, en las que en épocas de precipitación actúan como agentes erosivos por acción de la escorrentía superficial, lo cual, contribuyen a la desestabilización del terreno (**Figura 14**).

Los depósitos coluvio-deluviales, por su naturaleza suelta e inconsolidada, se caracterizan por tener una baja cohesión y, además, dispuestas sobre laderas con pendientes pronunciadas, se muestran como zonas de muy alta susceptibilidad a la

ocurrencia de deslizamientos y derrumbes que ponen en peligro a las poblaciones asentadas ladera abajo (**Figuras 3 y 11**).



Figura 11. Depósitos coluvio-deluviales en el sector Llicua Alta, dispuestas sobre laderas con pendiente fuerte.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendiente del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1°a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5°a 15° pendiente moderada;

15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

El sector Llicua alta se encuentra en la ladera media del cerro Cruz Punta y el deslizamiento de Llicua Alta se produjo en una zona con pendiente muy fuerte, de 25° a 45°. Esto condicionó la ocurrencia de eventos por movimientos en masa (**Figuras 12 y 12.5**).

Tabla 4. Rango de pendientes del terreno en el sector Llicua Alta.

RANGOS DE PENDIENTES DE TERRENO		
Pendiente	Rango	Descripción
0° - 1°	Muy baja	Comprende terrenos planos a semillanos situados en la parte baja de ladera oeste del cerro Cruz Punta y adyacente al río Huallaga. Se encuentra ocupada principalmente por viviendas de la zona urbana del distritito de Amarilis.
1° - 5°	Baja	Terrenos semillanos con ligera inclinación que se distribuyen al pie de la ladera oeste del cerro Cruz Punta, estas áreas se encuentran propensas a ser afectadas de reactivarse el deslizamiento, el cuál involucre gran volumen de material debido a precipitaciones intensas y prolongadas.
5° - 15°	Media	Sector inferior baja de la ladera y pie del talud natural del cerro Cruz Punta, caracterizado por una alta susceptibilidad a movimientos en masa debido a las condiciones topográficas y geológicas. En esta zona se localizan los asentamientos humanos de Manuel Gonzáles Prada, 6 de Enero y Las Lomas, los cuales se encuentran expuestos a peligros asociados a la inestabilidad del terreno.
15° - 25°	Fuerte	Terrenos inestables dispuestos inmediatamente en la parte inferior del deslizamiento ocurrido en el sector Llicua Alta, están ocupadas por algunas viviendas pertenecientes a un asentamiento humano situado en la zona baja de la ladera del cerro Cruz Punta.
25° - 45°	Muy fuerte	Estas pendientes ocupan gran parte la ladera del cerro Cruz Punta, donde se originó el deslizamiento de Llicua Alta. Se trata de zonas disectadas por incisiones de cárcavas que atraviesan depósitos coluvio-deluviales, lo que favorece y conducen a la sobresaturación de suelos, aumentando la inestabilidad de la ladera.
>45°	Muy escarpado	Este rango de pendientes se localiza en la cresta del cerro montañoso Cruz Punta, se trata de terrenos con relieve algo escalonada, el cual representa zonas altamente susceptibles a movimientos en masa.



Figura 12. Relieve irregular y accidentado con pendientes que van de 1° hasta > 45° en el sector Llicua Alta. Imagen tomada de Google Earth.



Figura 12.5. Ladera oeste del cerro Cruz Punta con pendiente muy fuerte que oscila entre 25° a 45°, donde se emplazó en deslizamiento de Llicua Alta. Vista mirando al sur.

4.2. Unidades geomorfológicas

Las geformas presentes en el área de estudio, comprenden unidades de relieves montañosos, emplazadas en rocas metamórficas, que conforman ambientes propios de las zonas altitudinales que han sido modelados por la dinámica de los procesos exógenos, en la que se agrupan en geformas de carácter degradacional y

agradacional. En el área de estudio se han identificado y agrupado una unidad de carácter degradacional, es decir, montaña en roca metamórfica. Y otra de carácter agradacional, así como vertiente coluvial-deluvial.

4.2.1. Unidad de Montañas

Subunidad de Montaña en Roca Metamórfica (M-rm)

Geoforma labrada y modelada en roca metamórfica del Complejo Metamórfico del Marañón. Presenta un relieve irregular y accidentado con pendientes que van de moderado a muy fuerte. Esta unidad se encuentra tapizada por suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales y de deslizamientos en el sector Llicua Alta, asimismo se encuentra disectado por cárcavas y surcos que erosionan sus laderas en épocas de precipitación a manera de canales por escorrentía superficial (**Figura 13**).



Figura 13. Unidades geomorfológicas de Montaña en Roca Metamórfica y Vertiente con Depósito de Deslizamiento Coluvio-deluvial en el sector Llicua Alta.

4.2.2. Unidad de Vertiente

Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Esta unidad se emplaza en la parte media de la ladera oeste del cerro Cruz Punta. Está conformada por material residual, coluvial y deluvial, que fueron depositados a manera de secuencias poco potentes sobre pendientes fuertes a muy fuertes. Esta unidad representa secuencias poco consolidadas e incompetentes que ofrecen poca resistencia a la erosión y son fácilmente removidas por escorrentía superficial sumadas con procesos gravitacionales, lo que le convierte en zonas propensas a ocurrir deslizamientos que afecten a la población ubicadas en ladera baja.

Vertiente con Depósito de Deslizamiento (V-dd)

Se trata del depósito de un deslizamiento que ocurrió en el mes de marzo del 2024. Este evento dejó material inconsolidado acumulado en la parte media del cerro Cruz Punta,

además, dispuesto sobre una ladera con pendiente fuerte que oscila entre 25° a 45°. Se caracterizan por formar suelos incompetentes que ofrecen poca resistencia a la erosión y que podrían ser removidos fácilmente por escorrentía superficial a través de cárcavas, lo que les convierte en zonas propensas a ocurrir flujo de detritos hacia la población asentada ladera abajo (**Figura 13**).

Cárcavas (CR)

Son geoformas de erosión lineal caracterizadas por cárcavas poco profundas y relativamente estrechas que se desarrollan en terrenos poco consolidados debido a la acción de la escorrentía superficial. Estas geoformas se emplazaron en la ladera norte del cerro Cruz Punta, su morfología suelen tener una geometría en forma de “Y” o pueden ramificarse dando un aspecto dendrítico. Estas cárcavas representan un indicador de inestabilidad del terreno, actuando como agentes o canales por donde discurre el agua en época de precipitaciones, lo que las convierte en áreas propensas a producirse flujo de detritos (**Figura 13**).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada se identificaron y cartografiaron varios procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

En la localidad de Llicua Alta, se describen los principales peligros geológicos que es objeto de estudio del presente informe. Estos peligros están localizados en la ladera oeste del cerro Cruz Punta y se trata de deslizamiento y erosión en cárcavas y surcos (**Figura 14**).

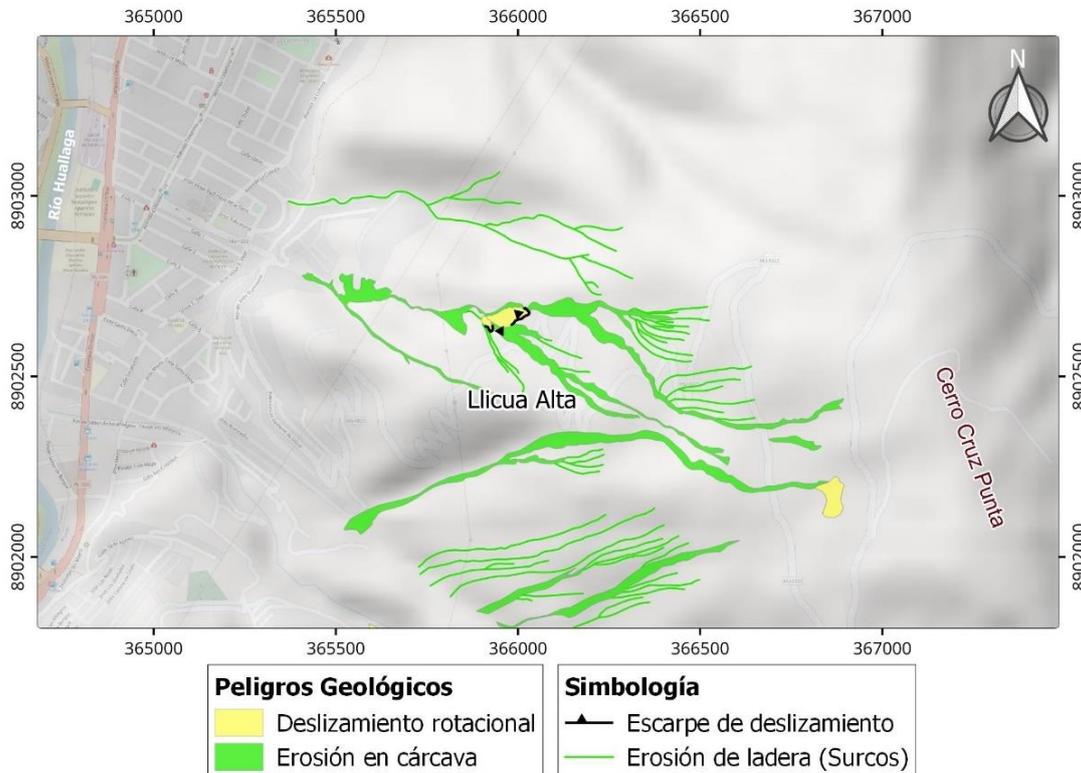


Figura 14. Mapa de peligros geológicos en el sector Llicua Alta.

5.1 Deslizamiento rotacional

Este evento se suscitó en el mes de marzo del 2024, según versiones de los pobladores. Se trata de un deslizamiento que involucró material residual proveniente de rocas del Complejo Metamórfico del Marañón y de depósitos coluvio-deluviales, dispuestos sobre una ladera con pendiente muy fuerte, situados al oeste del cerro Cruz Punta, además, que se emplaza en una montaña labrada y moldeada en roca metamórfica.

El deslizamiento posee una geometría circular elongada. En la parte proximal (zona de escarpe y hundimiento) tiene un ancho de 22 m, mientras que, en la zona distal (acumulación), tiene un ancho de 50 m. La longitud total del deslizamiento, es decir, del escarpe al pie es de 115 m (**Figura 15**).

El escarpe principal nace en la cota 2249 m.s.n.m. y tiene una forma semicircular de 86 m de longitud, el escarpe dejó expuesta una superficie subvertical que va de 0.8 a 5 m de desnivel. Por su parte, los escarpes secundarios se sitúan en el cuerpo principal del deslizamiento, están dispuestos de manera semiparalela y dan un aspecto escalonado al terreno. Estos escarpes tienen aberturas que van de 30 a 60 cm de ancho (**Figuras 16 y 17**).

Finalmente, de acuerdo a las características morfométricas y condiciones del terreno, el deslizamiento podría reactivarse en gran magnitud, logrando desplazar grandes cantidades de volumen de material, lo suficiente como para comprometer y afectar a la población asentada ladera abajo, a los asentamientos humanos Manuel Gonzáles Prada, 6 de Enero y Las Lomas. Asimismo, instituciones educativas, como el colegio de “Aplicación UNHEVAL” que se localizan a 825 m del escarpe principal del deslizamiento.

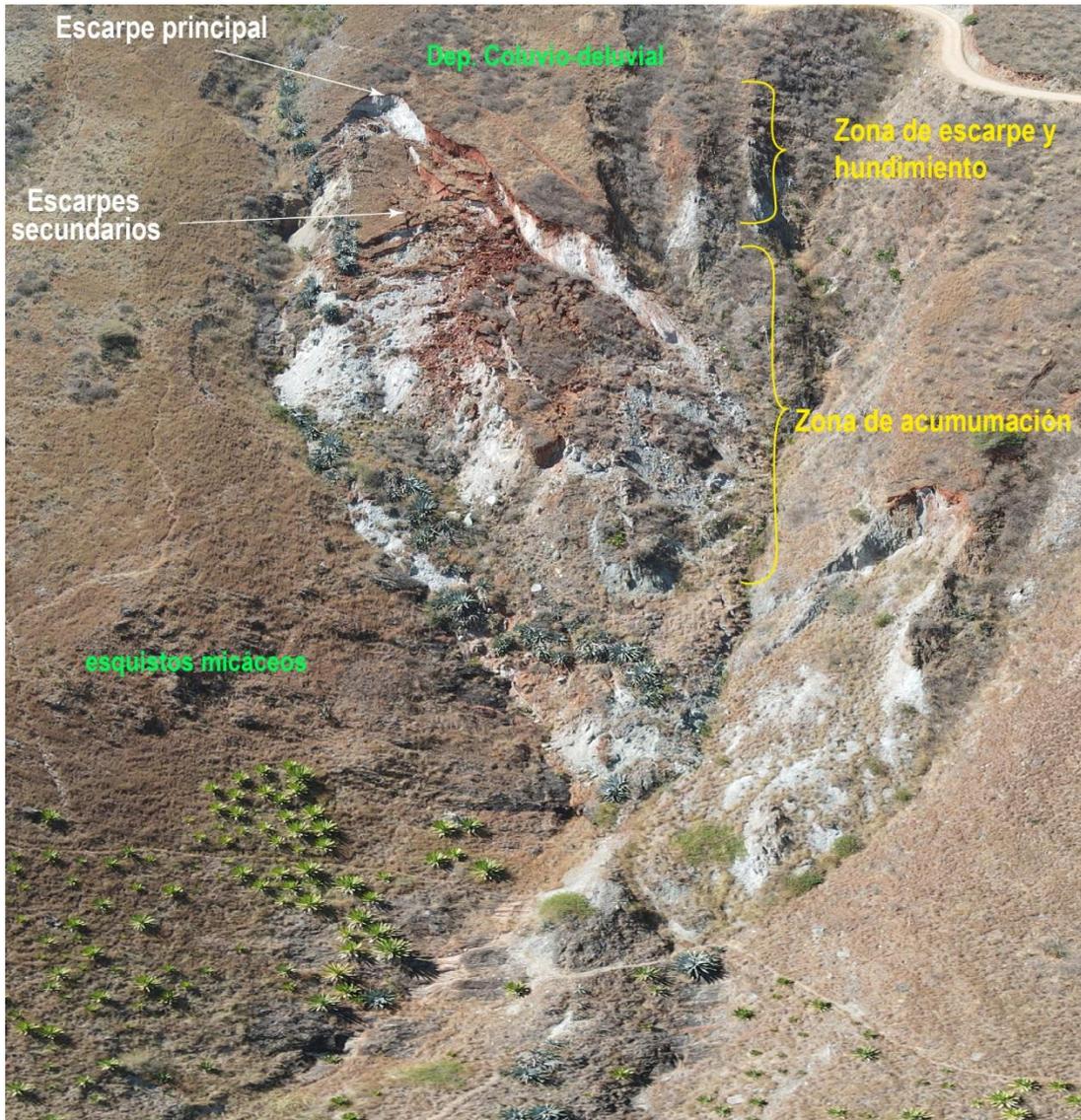


Figura 15. Deslizamiento rotacional en el sector Llicua Alta. Vista mirando al sureste.

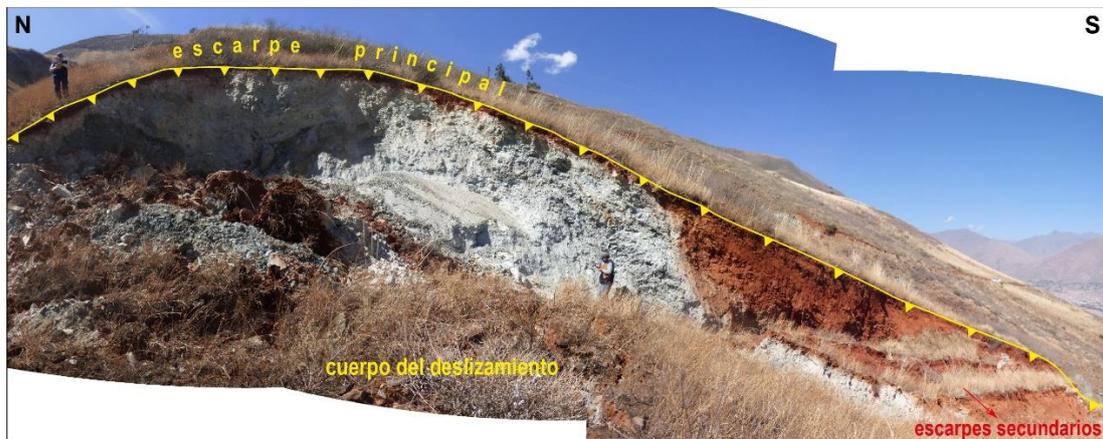


Figura 16. Escarpe principal. Nótese la superficie subvertical y el desnivel del deslizamiento de Llicua Alta. Vista panorámica mirando al este.



Figura 17. Detalle del escarpe principal en la parte lateral izquierda del deslizamiento de Llicua Alta. Vista mirando al noreste.

5.1.1. Análisis estructural del deslizamiento

Desde el punto de vista estructural, para determinar la cinemática del movimiento del deslizamiento de Llicua Alta, se ha analizado dos estaciones microestructurales (E1 y E2) ubicadas en el plano del escarpe principal. Las estrías que dejó el movimiento nos permiten caracterizar el plano sobre el cuál falló el deslizamiento, para el cuál, se muestran en las siguientes estaciones (**Tablas 5 y 6**):

De las estaciones analizadas, se tiene una orientación de distensión N285°, donde el vector del movimiento se deslizó en dirección NNO-SSE. El cuál, nos sugiere que los planos de debilidad podrían reactivarse en el mismo sentido y que podría afectar a la población ladera abajo (**Figura 18**).

Tabla 5. E1 donde muestra los indicadores cinemáticos para cada estría.

Estación	N° estría	Rumbo	Buzamiento	Pitch	Cinemática
E1	1	N200°	35°NO	81°N	Nx
	2	N198°	40°NO	85°N	Nx
	3	N205°	36°NO	82°N	Nx

Tabla 6. E2, donde muestra los indicadores cinemáticos para cada estría.

Estación	N° estría	Rumbo	Buzamiento	Pitch	Cinemática
E2	1	N230°	80°NO	65°N	Nx
	2	N220°	75°NO	63°N	Nx
	3	N210°	36°NO	67°N	Nx

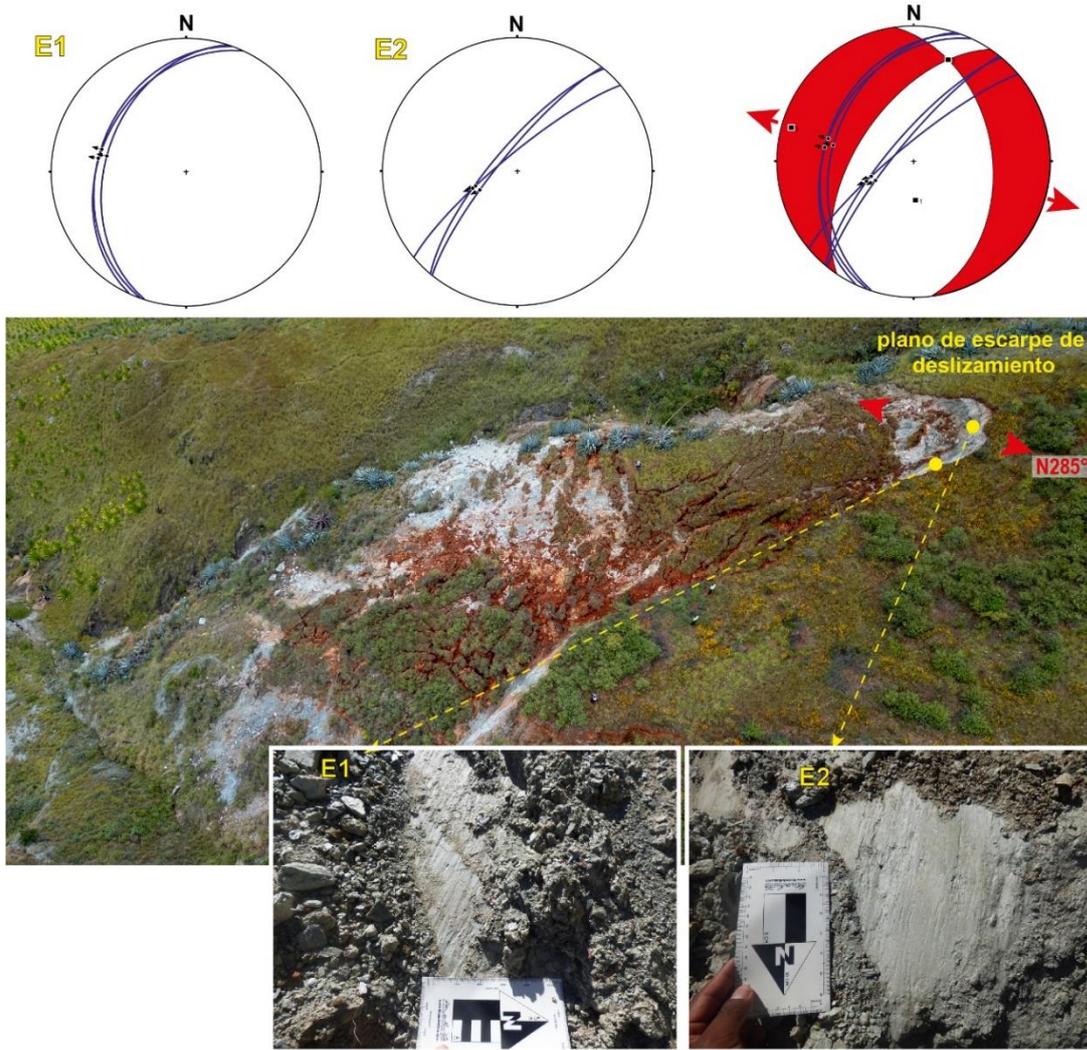


Figura 18. Características estructurales de la cinemática y del mecanismo del movimiento del deslizamiento Llicua Alta. Arriba, las proyecciones estereográficas de los planos de deslizamiento de la E1 y E2 y estrías (pequeñas flechas) y los ejes del momento tensor de Bringham son representadas por 1, 2 y 3 (σ_1 , σ_2 y σ_3), donde nos indica una máxima distensión de dirección N285° representada en los diedros rectos de color rojo.

5.1.2. Factores condicionantes

Los factores condicionantes para la ocurrencia de deslizamientos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa. Deslizamiento en el sector de Llicua Alta.

Factores	Características asociadas
Litológico	<ul style="list-style-type: none"> El substrato rocoso está constituido por secuencias deformadas de esquistos micáceos muy fracturados y meteorizados. Estas rocas se caracterizan por presentar secuencias incompetentes altamente inestables asociadas al origen de los procesos gravitacionales. Suelos residuales y depósitos coluvio-deluvial inconsolidados poco resistentes y de poca cohesión que se emplazan en la ladera media y baja dispuestas en pendientes fuertes a muy

	fuertes, lo cual las convierten en zonas inestables propicias a la generación de deslizamientos.
Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> • El deslizamiento de Llicua Alta se instala en la parte media de la ladera de montañas con morfología labrada y esculpida en roca metamórfica. • El relieve con morfología accidentada presenta pendientes que van de fuerte a muy fuerte.

5.1.3. Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes ante la ocurrencia de deslizamientos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores desencadenantes	Características asociadas
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de noviembre a abril.
Hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas de escorrentía superficial que discurren sobre la parte media alta de la ladera y desembocan en el cuerpo del deslizamiento inactivo latente. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales y sobresaturan el suelo.
Antrópicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la zona de escarpe del deslizamiento. • La ocupación inadecuada de habitantes sobre el pie del talud que inestabiliza la ladera baja del cerro Cruz Punta.

5.2 Erosión de ladera (cárcavas y surcos)

En la zona de estudio ocurren procesos erosivos que se manifiestan predominantemente a través de cárcavamiento y surcamiento, los cuales aprovecharon en desarrollarse a lo largo de las incisiones generadas producto de la escorrentía superficial. Estas cárcavas y surcos se alinean y recorren en dirección del movimiento del deslizamiento de Llicua Alta, lo que pone en evidencia una interacción dinámica entre la erosión superficial y la inestabilidad del terreno (**Figuras 14 y 20.5**).

Las cárcavas se desarrollaron principalmente en la ladera oeste del cerro Cruz Punta. El ensanchamiento y profundización de éstas se encuentran condicionadas a las fuertes precipitaciones, que, a su vez, causan la aceleración de los procesos erosivos, y la sobresaturación del suelo inconsolidado (**Figura 20**).

En el caso del deslizamiento de Llicua Alta, se observa una cárcava que se abre en dos ramales dando una estructura en forma de “Y”, que, en conjunto recorren una distancia de 1500 m en dirección al cerro Cruz Punta y logran tener en promedio un ancho de 15 m. En la unión de estas dos cárcavas se localiza el deslizamiento de Llicua Alta, lo que pone en evidencia, de que, en épocas con precipitaciones anómalas y prolongadas, las cárcavas actúan como canalizadores de agua que sobresaturan el suelo y que podrían estar relacionados con la contribución en el origen o reactivación de procesos de movimientos en masa (**Figuras 14 y 20.5**).



Figura 20. Cárcava de 15 m de ancho. Está cárcava se comporta en épocas de precipitación como canales de agua que desembocan justo en la zona donde ocurrió el deslizamiento de Llicua Alta (E:366024, N: 8902575). Vista mirando al sureste.



Figura 20.5. Interacción de procesos erosivos tipo cárcava y deslizamiento en la ladera media del cerro Cruz Punta, que ponen en peligro latente a la población asentada ladera abajo. Fotografía proporcionada por la oficina de GRD del Gobierno Regional de Huánuco.

6. CONCLUSIONES

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

- a. El substrato rocoso está conformado por rocas metamórficas de esquistos micáceos gris verdosas muy deformadas y foliadas, con baja resistencia entre 50 a 100 Mpa, fuertemente fracturadas (con tres familias de discontinuidades), con espaciamentos que van de 2 a 15 cm y aberturas de 1 a 2 mm y ligeramente rugosos. Superficialmente, estas rocas se encuentran medianamente a fuertemente meteorizadas.
- b. Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordantemente sobre las rocas del Complejo Metamórfico del Marañón. Se trata de secuencias dispuestas sobre pendientes fuertes a escarpadas. Su litología consiste de fragmentos monomíticos de esquistos micáceos heterométricos de formas subangulosas a subredondeadas, que van de 2 a 20 cm de diámetro, envueltos en una matriz arcillo limosa y arenosa.
- c. Geomorfológicamente, el sector de Llicua Alta se emplaza sobre una montaña labrada y modelada en roca metamórfica, con relieves algo escalonadas, con pendientes fuertes que varían de 15° a 25° y muy fuertes que van de 25° a 45°.
- d. El evento ocurrido en marzo del 2024, corresponde a un deslizamiento que afectó la ladera media al oeste del cerro Cruz Punta. El movimiento se caracteriza por su geometría circular y elongada, típica de un deslizamiento tipo rotacional. El material involucrado se compone por material coluvio-deluvial, acumulado sobre una pendiente pronunciada. Su escarpe principal tiene una forma semicircular y continua de 86 m y dejó un desnivel de 0.8 a 5 m en el terreno, asimismo, del escarpe al pie del deslizamiento comprende una distancia total de 115 m.
- e. Las características geológico-estructurales del deslizamiento indican un movimiento de distensión de N285°, es decir, un deslizamiento en dirección NNO-SSE, el cuál sugiere que los planos de debilidad podrían reactivarse en el mismo sentido y que podría afectar a los asentamientos humanos situados ladera abajo.
- f. Las cárcavas y surcos originados por escorrentía superficial, afectan peligrosamente la ladera oeste del Cerro Cuz Punta. En el caso del deslizamiento de Llicua Alta, estas geoformas contribuyen significativamente a la inestabilidad del terreno, favoreciendo la sobresaturación del suelo durante épocas de precipitaciones anómalas y prolongadas, lo que, podrían desencadenar deslizamientos o flujos de detritos que afecten población establecida ladera abajo.
- g. De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Llicua Alta como **Zona Crítica** y **Peligro Alto** por deslizamiento que comprometería a los asentamientos humanos de Manuel González Prada, 6 de Enero y Las Lomas, así como, instituciones educativas

como es el caso del colegio de “Aplicación UNHEVAL”, ubicada a 825 m del escarpe principal del deslizamiento.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los peligros geológicos identificados en el sector de Llicua Alta. En tanto, la implementación de estas mismas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura y medios de vida expuesta.

Transversales a autoridades y población

- 1) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la gestión del riesgo de desastres de la Municipalidad distrital de Amarilis.
- 2) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
- 3) Revestir la cuneta y obras de arte a lo largo de la trocha carrozable para el desfogue de los flujos que discurren por las cárcavas.
- 4) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata evacuación de la población ante la inminente ocurrencia de un movimiento en masa.
- 5) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con el fin de determinar las medidas de control de riesgo definitivas frente a los peligros. Es necesario esta medida en sectores o poblados donde estos peligros puedan ocurrir y causar daños a la infraestructura, así como, vías de acceso, viviendas, colegios, entre otros.

Ante deslizamientos

- a. Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento y alrededores.
- b. Construir canales de drenaje/coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.
- c. Sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- d. Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.

Ante cárcavas y surcos

- a. Implementar una infraestructura o sistema de drenaje pluvial, teniendo como referencia las quebradas adyacentes como principales recolectores de la escorrentía superficial, a fin de disminuir la saturación del terreno.
- b. Realizar la limpieza de las cárcavas y surcos ubicados en la ladera oeste del cerro Cruz Punta, con la finalidad de tener un adecuado drenaje, esto evitará desbordes hacia zonas inestables.
- c. Realizar el monitoreo del avance retrogresivo, ensanchamiento y profundización de las cárcavas y surcos, los cuales contribuyen a la inestabilidad y sobresaturación del terreno.
- d. Realizar un control en los procesos de erosión de laderas y flujos de detritos (huaicos), mediante la construcción de muros de retención de detritos (**Figura 21**) y barras dinámicas para el caso de flujos de detritos y canalización en la zona urbana de la parte baja.



Ing. **BILBERTO ZAVALA CARRIÓN**
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET



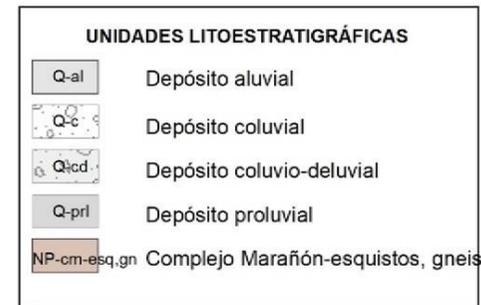
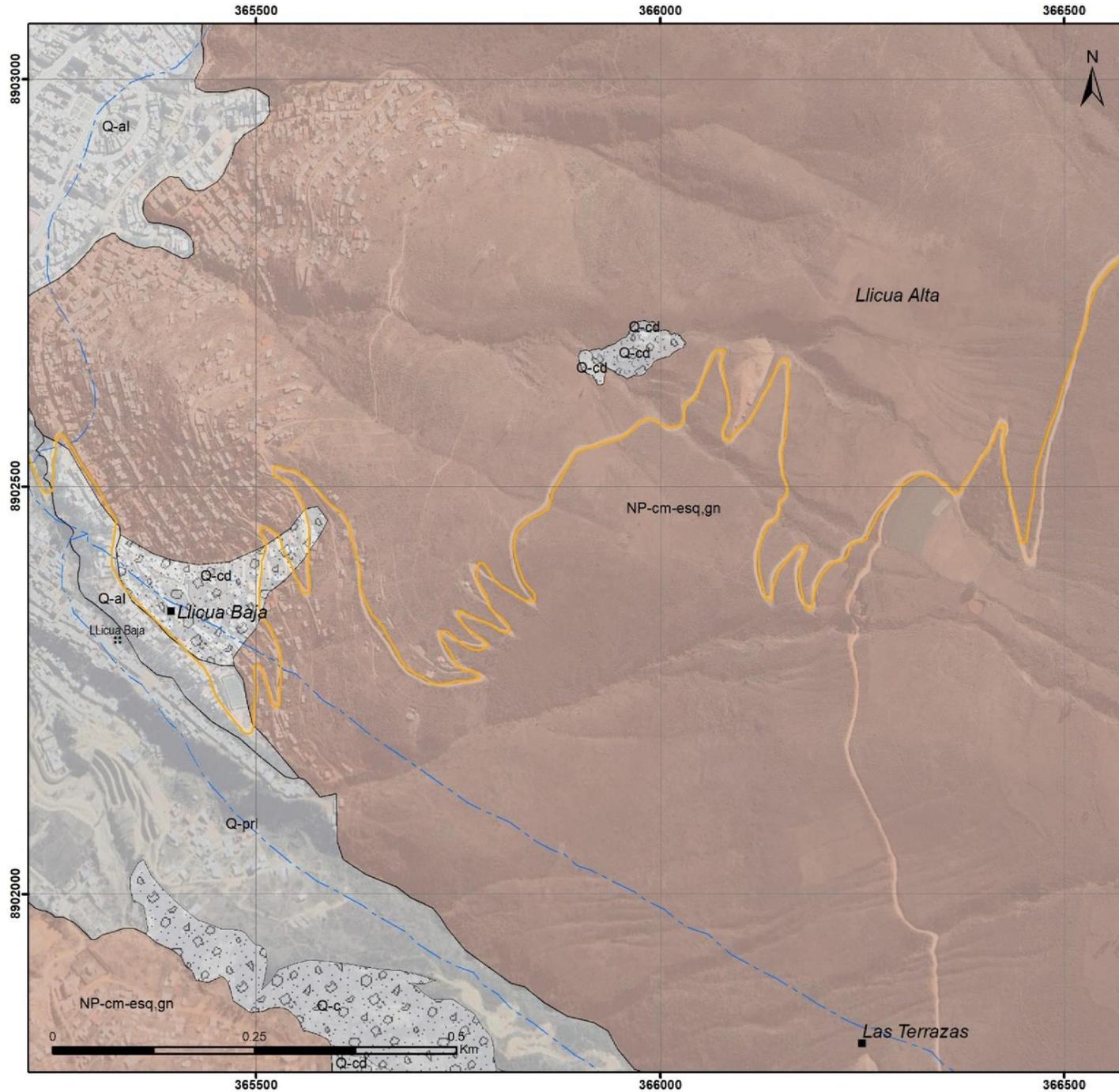
Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

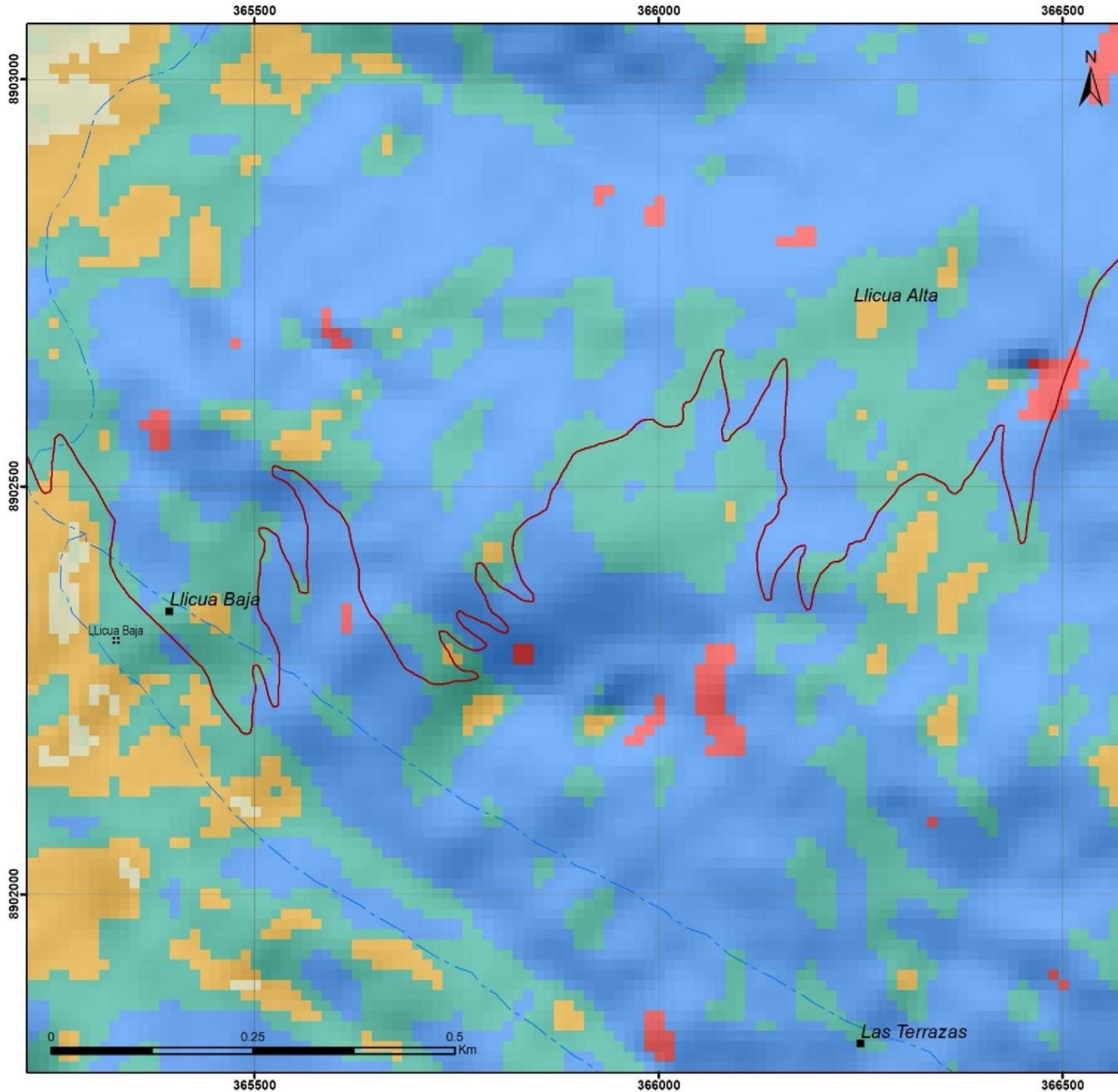
8. BIBLIOGRAFÍA

- Davila, S. & Pari, W. (1998). Inspección de riesgos geológicos en la ciudad de Huánuco. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geotecnia.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – Directorio nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Senamhi. (2020). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Quispesivana, L. (1996). Geología del cuadrángulo de Huánuco, Hoja 20k. INGEMMET. Boletín N° 75, Serie A. Carta Geológica Nacional.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/198>
- Zavala, B. & Vilchez, M. (2006). Estudio de riesgos geológicos en la región Huánuco. INGEMMET. Boletín N° 34, Serie C. Geodinámica e ingeniería geológica.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/278>
- Zavala, B. (2006). Movimientos en masa que afectan a la ciudad de Huánuco. INGEMMET, Boletín N° 35, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica.

ANEXO 1: MAPAS

Mapas del sector Llicua Alta





Símbolos

● Área en consulta	— Río principal
⊙ Capital regional	--- Quebrada
⊠ Capital provincial	▭ Limite regional
⊙ Capital distrital	■ Océano, lagos, lagunas
— Via Nacional MTC	▭ Países limítrofes
— Via Departamental MTC	▭ Distritos
— Via Vecinal MTC	

Rango de pendientes

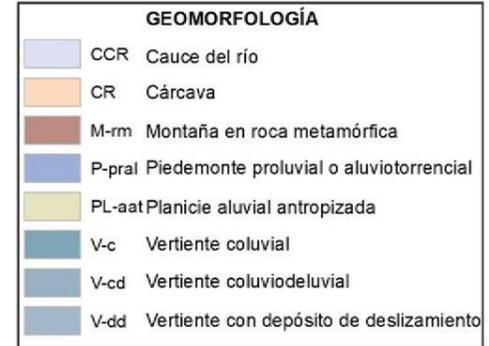
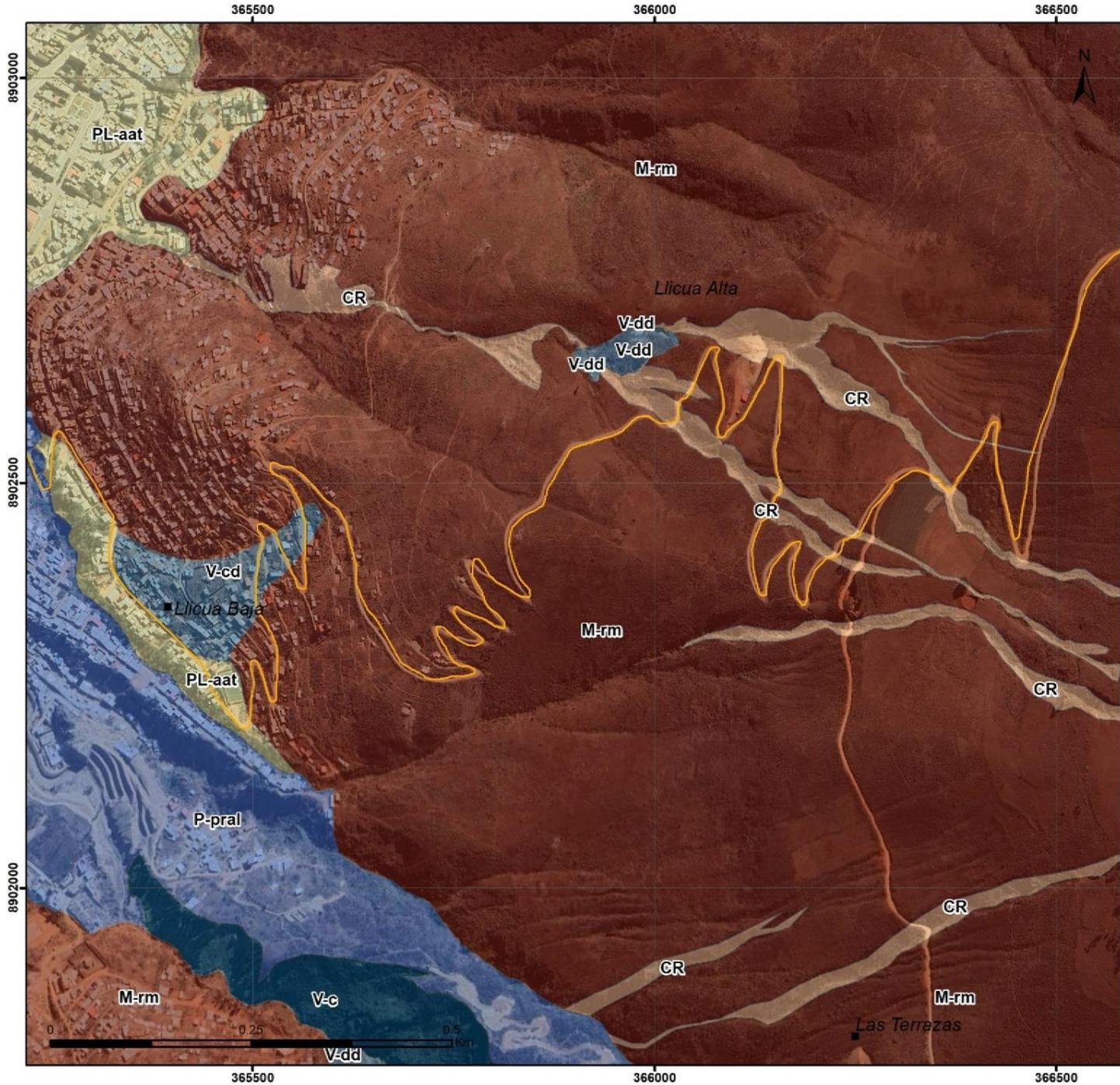
0° - 1°	Pendiente muy baja o llano
1° - 5°	Pendiente baja o inclinación suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte a escarpada
> 45°	Pendiente muy escarpada a abrupto

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO HUANUCO
 PROVINCIA HUANUCO
 DISTRITO AMARILIS

**MAPA DE PENDIENTES
 SECTOR LLICUA ALTA**

Escala: 1/6,500	Elaborado por: Graciela Luque	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Data: WGS 84	
Versión digital 2024		Impreso: Agosto de 2024

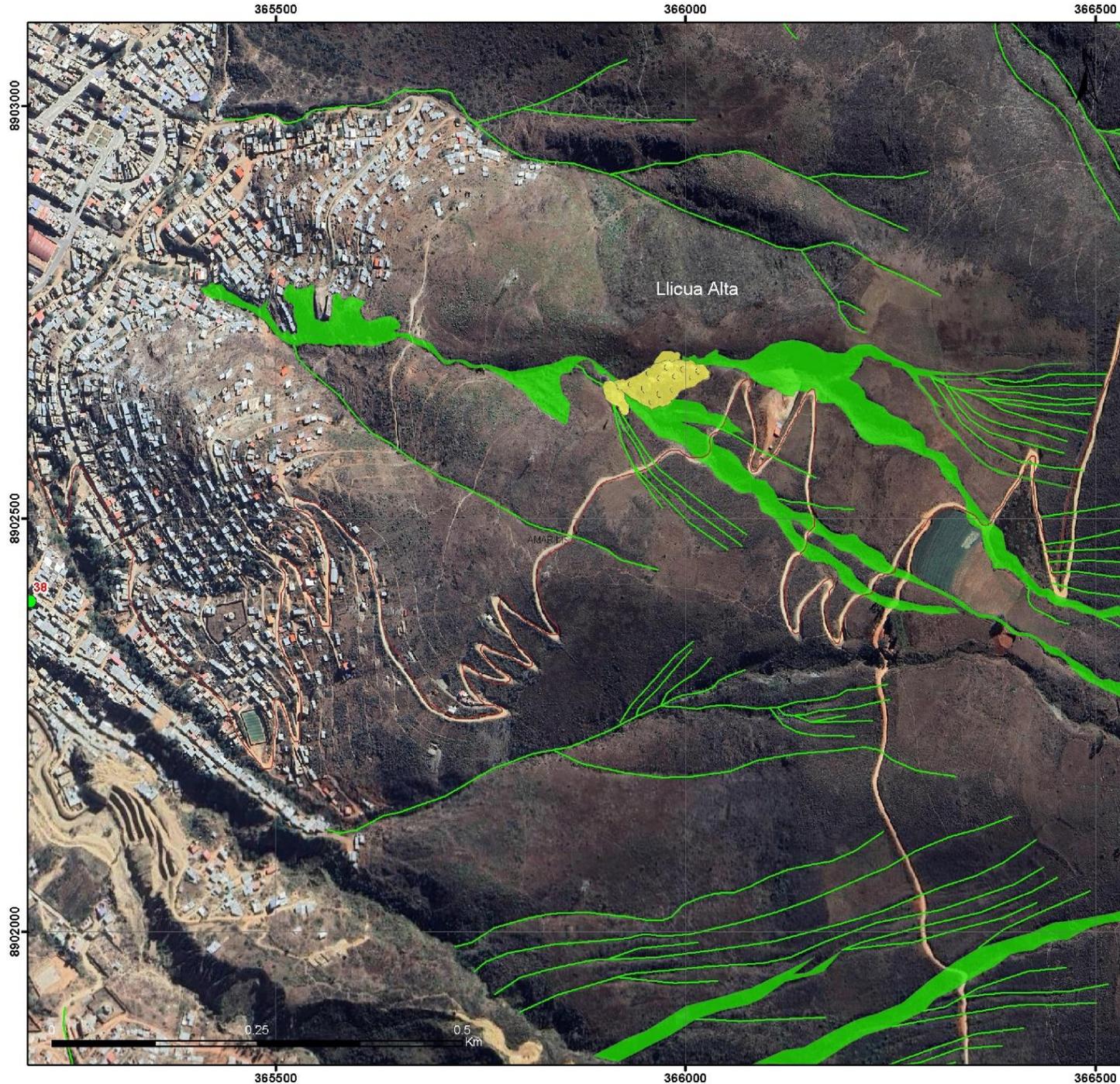


SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

DEPARTAMENTO HUÁNUCO
 PROVINCIA HUÁNUCO
 DISTRITO AMARILLOS

**MAPA GEOMORFOLÓGICO
 SECTOR LLICUA ALTA**

Escala: 1/6,500	Elaborado por: Griselda Luque	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: Agosto de 2024	



Símbolos

● Área en consulta	— Río principal
⊙ Capital regional	— Quebrada
⊠ Capital provincial	▭ Límite regional
⊙ Capital distrital	— Océano, lagos, lagunas
— Via Nacional MTC	— Países limítrofes
— Via Departamental MTC	▭ Distritos
— Via Vecinal MTC	

PELIGROS GEOLÓGICOS

	Deslizamiento rotacional
	Erosión en cárcava
	Erosión en surco

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 DEPARTAMENTO HUANUCO
 PROVINCIA HUANUCO
 DISTRITO AMARILLES

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS
 SECTOR LLICUA ALTA**

Escala: 1/6.376	Elaborado por: Criselda Luque	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024		Impreso: Diciembre de 2024

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de estabilización de los movimientos en masa, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento 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 la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (**Figura 15**). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

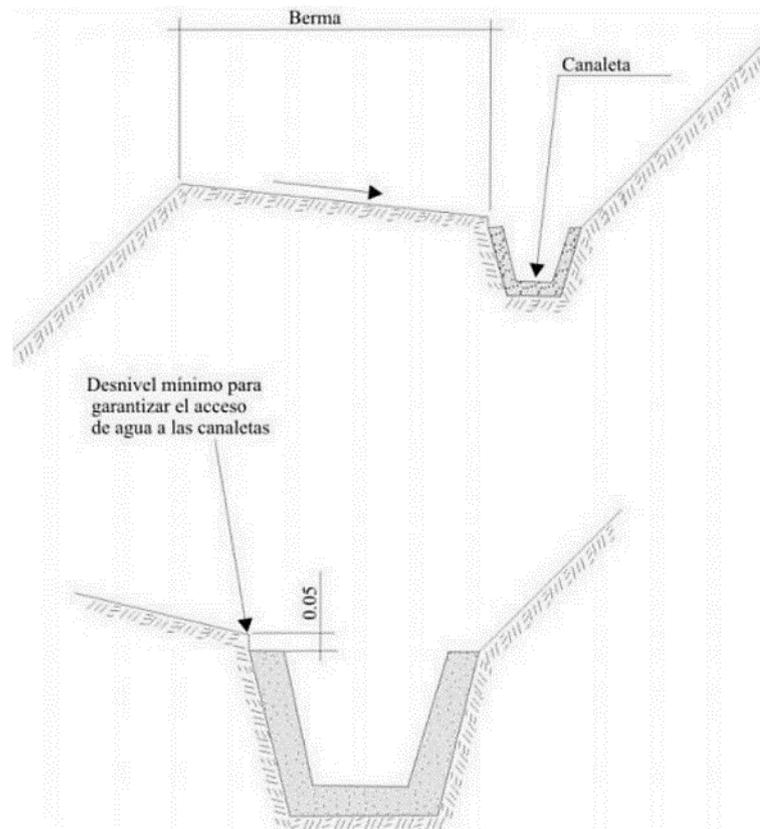


Figura 21. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación

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

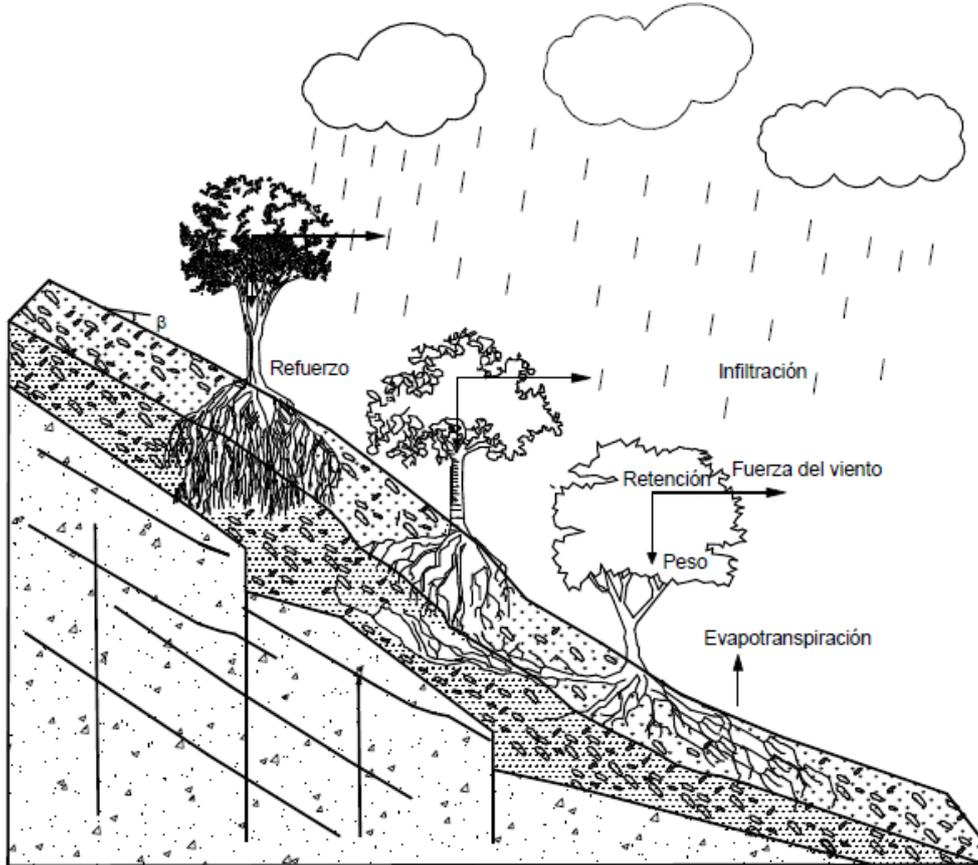


Figura 22. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 23. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.

Para cárcavas y surcos

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 del agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana del sector evaluado, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (**Figura 24**), 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. (**Figura 25**).
- 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.

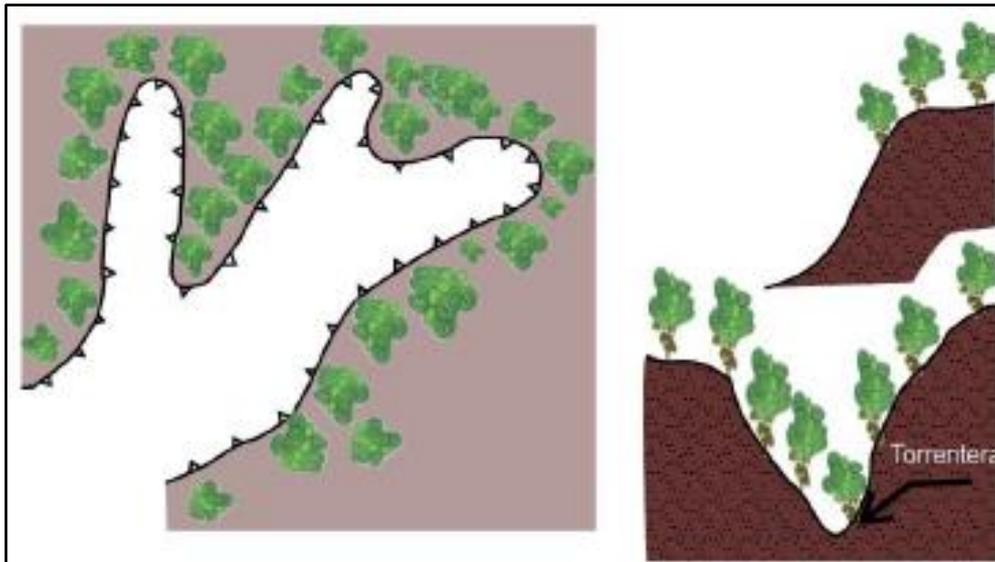


Figura 24. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas (CENICAFÉ, 1975)

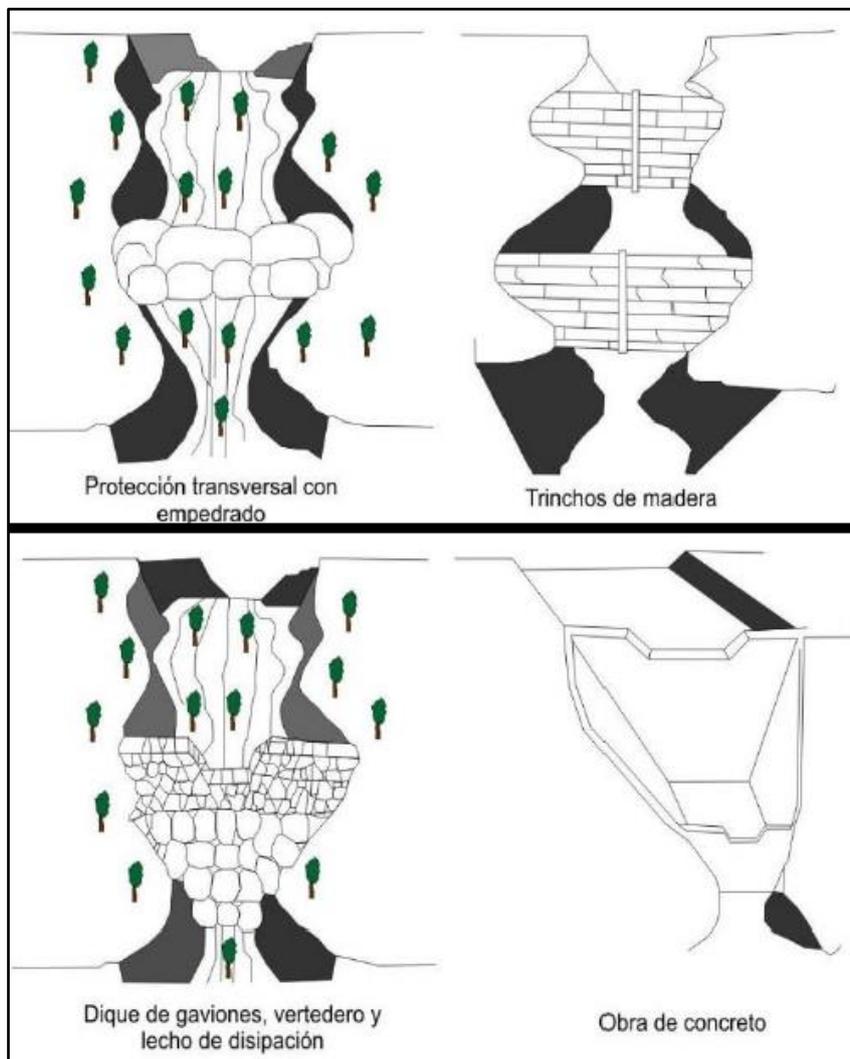


Figura 25. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables en el caso de cárcavas.