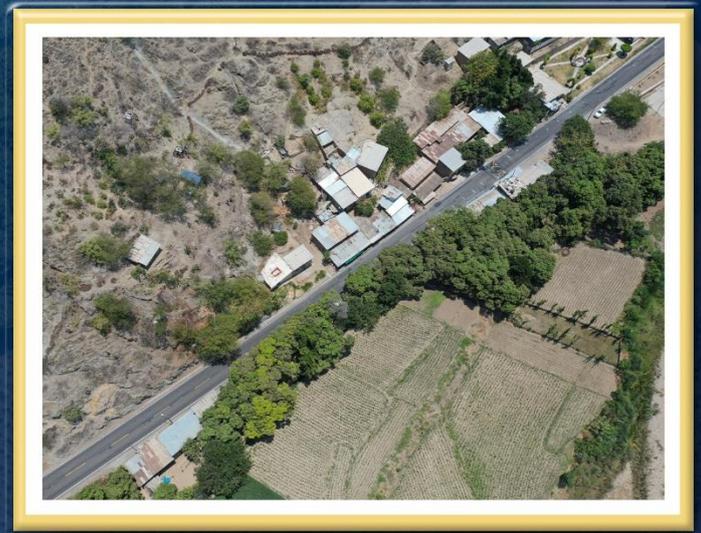
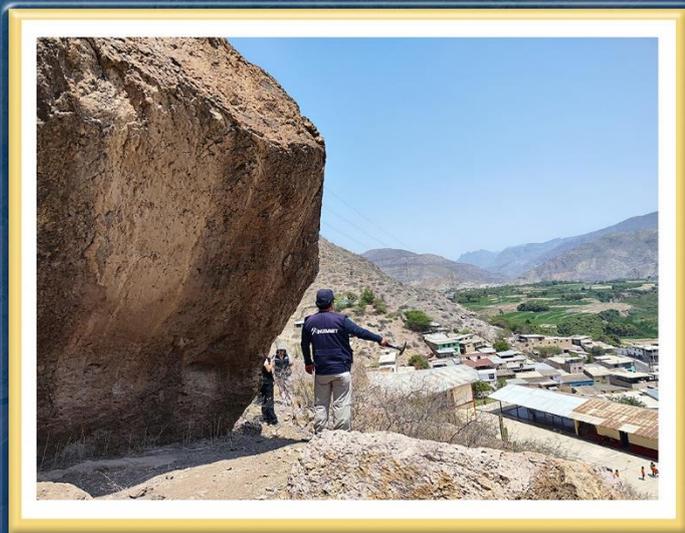


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7581

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR CAÍDA DE ROCAS Y FLUJO DE DETRITOS EN LAS LOCALIDADES DE LLALLÁN Y LA MÓNICA

Departamento: Cajamarca
Provincia: Contumazá
Distrito: Chilete



DICIEMBRE
2024

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR CAÍDA DE ROCAS Y FLUJO DE
DETRITOS EN LAS LOCALIDADES DE LLALLÁN Y LA MÓNICA**

***Distrito Chilete
Provincia Contumazá
Departamento Cajamarca***



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

Equipo Técnico:

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Luis Miguel León Ordáz

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). “Evaluación del peligro geológico por caída de rocas y flujo de detritos en las localidades de Llallán y La Mónica, distrito Chilete, provincia Contumazá, departamento Cajamarca”. INGEMMET, Informe Técnico N° A7581, 43p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad	6
1.3.3. Población	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Etapa Volcánica Chilete - Evento 1 (Pe-chE1)	10
3.1.2. Etapa Volcánica Chilete - Evento 2 (Pe-chE2)	11
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	14
4.2. Pendiente del terreno.....	16
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	17
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	17
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	17
4.3.3. Otras unidades.....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	19
5.1. Caída de rocas en Llallán	19
5.2. Flujo de detritos Llallán (F-LL)	24
5.3. Flujo de detritos La Mónica (F-LM)	26
6. CONCLUSIONES.....	28
7. RECOMENDACIONES.....	30
7.1. Transversales a autoridades y población.....	30
7.2. Ante flujos de detritos	30
7.3. Ante caídas de rocas	30
8. BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXO 1. MAPAS	33
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	41

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación del peligro geológico por caída de rocas y flujos de detritos, realizado en las localidades de Llallán y La Mónica, jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Chilete, provincia Contumazá, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a flujos de lavas y flujos piroclásticos de la Etapa Volcánica Chilete, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas; mientras que los movimientos en masa generan depósitos coluviales, coluvio deluviales y proluviales; además de depósitos aluviales.

En el contexto geomorfológico, las áreas urbanas están asentadas sobre piedemontes proluviales antropizado (Llallán) y piedemontes coluvio deluviales antropizados (La Mónica) de pendiente suave a moderada (1° a 15°); en los alrededores de ambos sectores se ubican laderas de colinas modeladas en rocas volcano sedimentarias con pendiente escarpada a muy escarpada ($>25^{\circ}$). En las partes bajas se distinguen terrazas aluviales y planicies inundables de pendiente suave a llana ($<5^{\circ}$).

Los procesos identificados en la localidad de Llallán son caídas de rocas y en el sector La Mónica corresponden a flujos de detritos.

En la localidad de Llallán se ubica un sector con caída de rocas que abarca un área de 1.8 ha, donde se presentan bloques sueltos con longitudes de hasta 12 m. este proceso afectó tres viviendas y están expuestas al peligro dos instituciones educativas y 75 m de la vía nacional PE-08.

En el sector La Mónica se presentan flujos de detritos con áreas de 0.68 ha y 0.12 ha; donde se tienen expuestas al peligro 24 viviendas y 70 m de la vía nacional PE-08.

Como factor detonante, se considera a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas que pueden superar los 80 mm de lluvia al día, según los registros de la estación meteorológica Contumazá.

Además, como factores antrópicos que contribuyen a estos tipos de peligros se consideran la ausencia de drenajes, quebradas sin canalización, deforestación de laderas y excavaciones de laderas para infraestructuras urbanas.

Se concluye que el área expuesta a caída de rocas de Llallán se considera como **Zona Crítica de Peligro Alto**; mientras que las áreas expuestas a flujos de detritos de Llallán y La Mónica son consideradas de **Peligro Alto**.

Finalmente, se brinda las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la canalización de las quebradas, construcción de drenajes urbanos, desquinchar los bloques sueltos, y elaboración de una evaluación de riesgos EVAR, a fin de determinar medidas de control complementarias; entre otras.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Chilete Oficio N° 14-SGGRDD/MDCH-2024JLAAC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por caída de rocas y flujo de detritos en las localidades de Llallán y La Mónica, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrido en marzo del 2023.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros geólogos Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el 24 de setiembre del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del Ingemmet; ii) Campo, donde a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada se analiza el origen de los peligros; iii) Gabinete, final donde se procesa y analiza de toda información adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Chilete, Municipalidad Provincial de Contumazá, Gobierno Regional de Cajamarca, 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 y caracterizar el peligro geológico por caída de rocas y flujo de detritos que se presentan en las localidades de Llallán y La Mónica respectivamente, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación en las zonas de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye a las localidades de Llallán y La Mónica, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 31 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba” (Reyes, 1980) donde describen las unidades geológicas que afloran a una escala 1:100 000; corresponden a brechas piroclásticas andesíticas de la Formación Llama.
- Cartografiado geológico a escala 1/50,000 (Ingemmet, 2022) donde, por detalle, las unidades geológicas han sido definidas como parte de la Etapa Volcánica Chilete, conformada por intercalaciones de depósitos de lavas andesíticas, depósitos volcanoclásticos y flujos de cenizas.
- (Zavala & Rosado, 2011) Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca donde se presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; las localidades de Llallán y La Mónica se ubican en terrenos con susceptibilidad media a alta ante movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área corresponde a las localidades de Llallán y La Mónica que pertenecen al distrito Chilete y provincia Contumazá, departamento Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en las tabla 1 y 2, además de las coordenadas centrales referenciales de los eventos principales identificados.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio – Llallán.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	729995	9201955	-7.215030	-78.917154
2	729995	9201605	-7.218194	-78.917139
3	729670	9201605	-7.218207	-78.920081
4	729670	9201955	-7.215043	-78.920095
Coordenada central de los peligros identificados				
C	729895	9201785	-7.216573	-78.918055

Tabla 2. Coordenadas de las áreas de estudio – La Mónica.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	731750	9200660	-7.226664	-78.901213
2	731750	9200395	-7.229059	-78.901202
3	731510	9200395	-7.229069	-78.903375
4	731510	9200660	-7.226674	-78.903386
Coordenada central de los peligros identificados				
C	731659	9200505	-7.228069	-78.902034

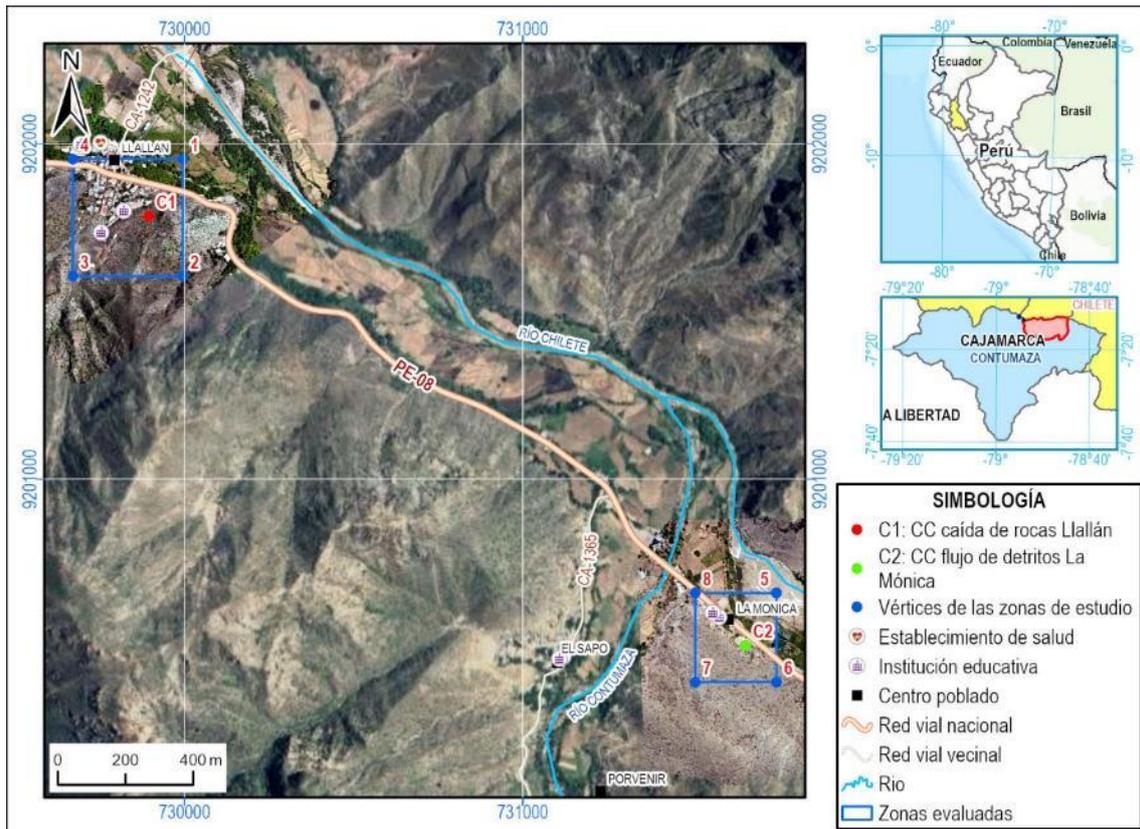


Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas (en línea azul) y de las coordenadas centrales (CC) de los eventos principales.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta las localidades de Lllallán o La Mónica se realiza a través de la vía nacional asfaltada PE-08; tal como se detalla en la siguiente ruta (tabla 3, figura 2):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Lllallán	Asfaltada	96.5	2 horas 11 minutos

1.3.3. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Lllallán, tiene una población de 366 habitantes, distribuidos en 219 viviendas con acceso a red pública de agua, energía eléctrica y desagüe; mientras que la localidad de La Mónica, tiene una población de 116 habitantes, distribuidos en 46 viviendas con acceso a red pública de agua y energía eléctrica, pero no de desagüe.

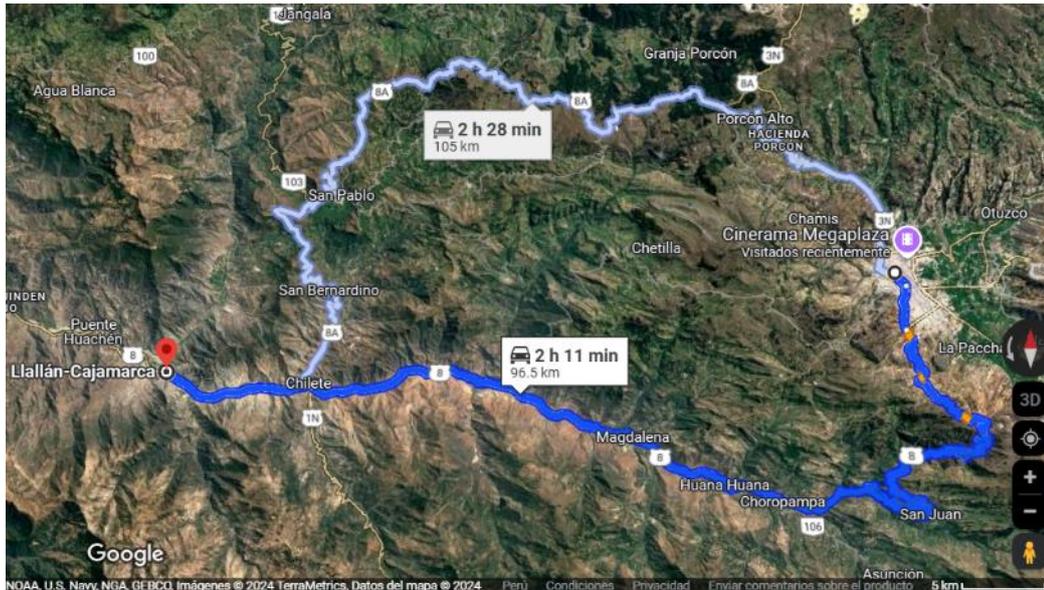


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de Llálan. Fuente: Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), las zonas de estudio poseen un clima árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, templado (E (d) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 31°C, una temperatura mínima promedio desde 21°C y una precipitación anual entre 500 mm a 700 mm.

Entre los años 2017-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado puede registrar presipitaciones pluviales que superan los 80 mm/día (figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

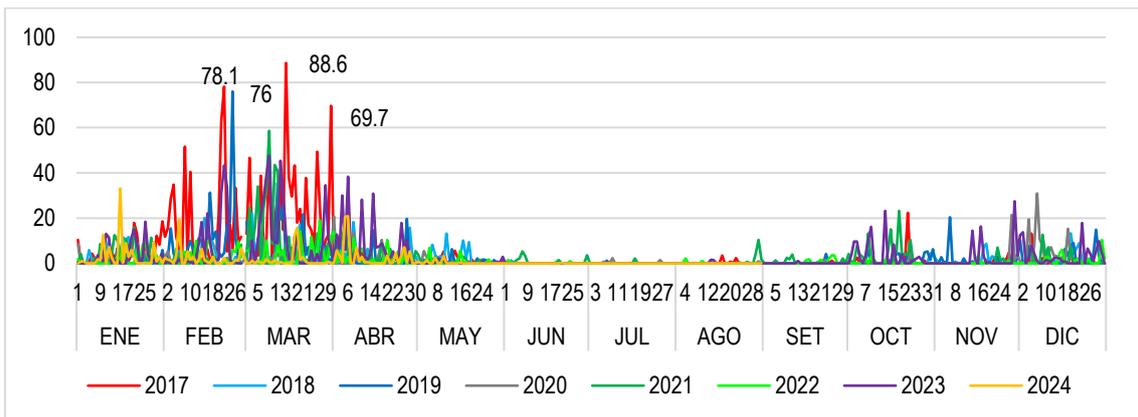


Figura 3. Precipitación diaria entre los años 2017-2024, en la Estación Contumazá. Fuente: Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA: GCA, 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; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

Caída: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

Caída de rocas: Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

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.

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.

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 detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Cajamarca (Reyes, 1980); además del reciente cartografiado a escala 1:50 000 (Ingemmet, 2022) donde se describen principalmente rocas piroclásticas de composición andesítica. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (mapas 1 y 2).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades volcano sedimentarias del Paleógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados.

3.1.1. Etapa Volcánica Chilete - Evento 1 (Pe-chE1)

Corresponde a una secuencia de depósitos de flujos de lava andesítica intercalada con depósitos volcanoclásticos del tipo lahares y flujos de cenizas gris violáceos, conformando en conjunto un espesor aproximado de 800 m. Esta unidad se presenta en la localidad de Llallán, mostrando afloramientos en cortes de laderas y en las partes altas de las colinas de la zona, donde se aprecian a los flujos de lavas andesíticas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas (fotografía 1).

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial de entre 100 a 125 MPa (tabla 4) en afloramientos rocosos frescos; además de un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 50 a 60 (figura 4).



Fotografía 1. Corte de talud donde en la Institución Educativa N° 82555, donde se aprecian secuencias de lavas andesíticas muy fracturadas y altamente meteorizadas.

3.1.2. Etapa Volcánica Chilete - Evento 2 (Pe-chE2)

Corresponde a una secuencia de depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas de composición dacítica ricos en fragmentos líticos. Con algunos flujos de lava andesítica intercalados; su espesor promedio es de 300 m.

Esta unidad se presenta a lo largo de la localidad de La Mónica, donde se aprecian a los flujos piroclásticos medianamente fracturados y moderadamente meteorizados (fotografía 2).

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial de entre 50 a 100 MPa (tabla 4) en afloramientos rocosos frescos; además de un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 45 a 55 (figura 4).



Fotografía 2. Corte de talud en la localidad de La Mónica, donde se aprecian secuencias de flujos piroclásticos muy fracturados y altamente meteorizados. Ubicación: E: 731701 y N: 9200501.

Tabla 4. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial; de fuerte a muy fuerte para la Etapa Volcánica Chilete - eventos 1 (en amarillo) y 2 (en verde). **Fuente:** Hoek, 2007.

Grado	Término	Estimación en campo de la resistencia	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
R6	Extremadamente fuerte	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
R5	Muy fuerte	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R4	Fuerte	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R3	Medianamente fuerte	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R2	Débil	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5-25
R1	Muy débil	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R0	Extremadamente débil	Se raya con la uña	0.25-1

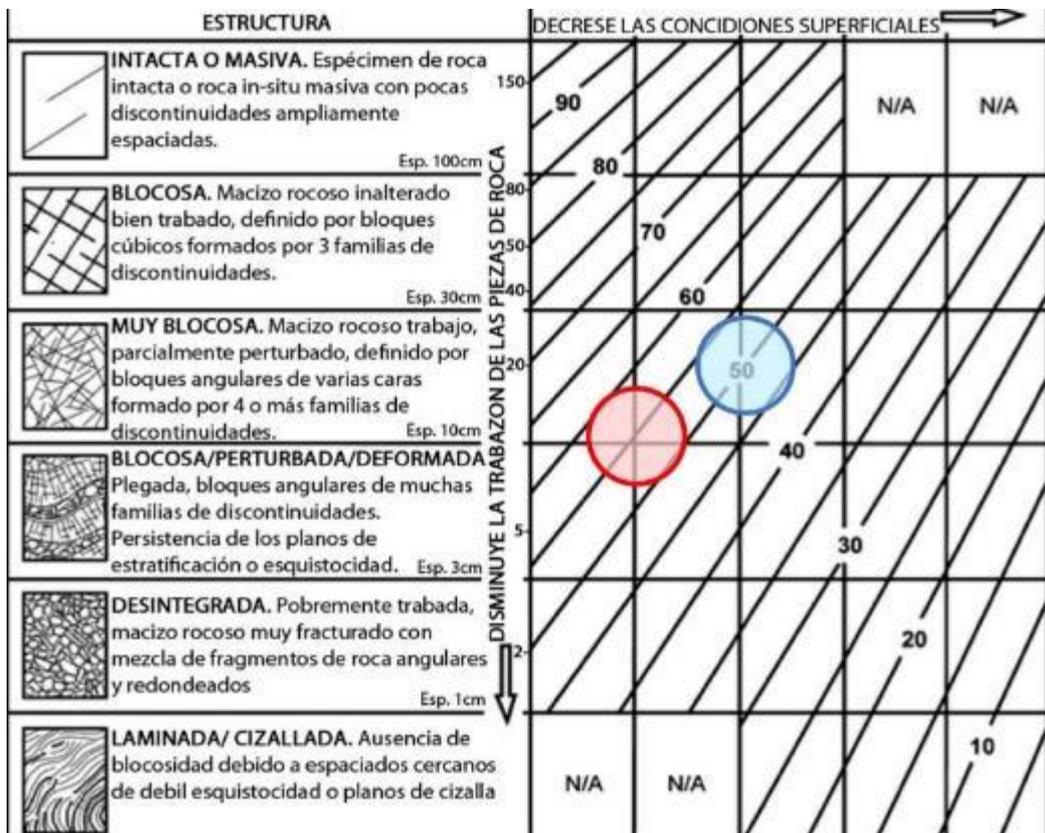


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Etapa Volcánica Chilete - Evento 1 (en rojo) y Evento 2 (en azul), GSI promedio de entre 50 a 60 y 45 a 55, respectivamente. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial (Q-al)

Son suelos compuestos de arenas finas a gruesas, intercaladas con limos, conformando terrazas recientes; tienen espesores de entre 3 a 20 m; estos suelos se ubican al norte de las localidades de Llallán y La Mónica.

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Estos suelos se ubican en las faldas de las colinas de las zonas de Llallán y La Mónica, donde se ha producido movimientos en masa desencadenados, tanto por acción gravitacional como por sobresaturación de suelos; así, su composición muestra suelos finos como bloques sub angulosos.

Depósito coluvial (Q-cl)

Son suelos acumulados en las partes bajas de colinas con pendiente escarpada a muy escarpada, principalmente detonados por acción gravitatoria, por lo que son comunes bloques angulosos en matriz de arenas y gravas, con pocos finos.

Depósito proluvial (Q-pr)

Corresponden a depósitos producidos por flujos de detritos tanto en la localidad de Llallán y de la Mónica, su composición es principalmente de limos de baja plasticidad con arenas y arcillas; además, de bloques sub angulosos de naturaleza volcánico sedimentaria (fotografía 3 y tabla 5).

Depósito fluvial (Q-fl)

Esta unidad corresponde a suelos compuestos por grava, arenas y limos en el cauce de los ríos y quebradas; se presenta al norte de la localidad de La Mónica, en el cauce y sus proximidades del río Chilete.



Fotografía 3. Depósito proluvial en la localidad de La Mónica. **Ubicación: E: 731678, N: 9200518.**

Tabla 5. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación: E: 731678, N: 9200518.**

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	5	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	5	Cantos	X	Discoidal	X	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	10	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	5	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	15	Arenas				
X	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	45	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	15	Arcillas				

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

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

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron; información que permitió evaluar el relieve, generar la pendiente del terreno y demás características; con el fin de describir las subunidades a detalle (escala 1/5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

Las localidades de Lllallán y La Mónica presentan elevaciones que van desde los 756 m hasta los 914 m, en los cuales se distinguen 8 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre 800 y 840 m s. n. m., con terrenos de pendiente promedio entre escarpada a muy escarpada (>25°) correspondiente a colinas en rocas volcano sedimentarias.

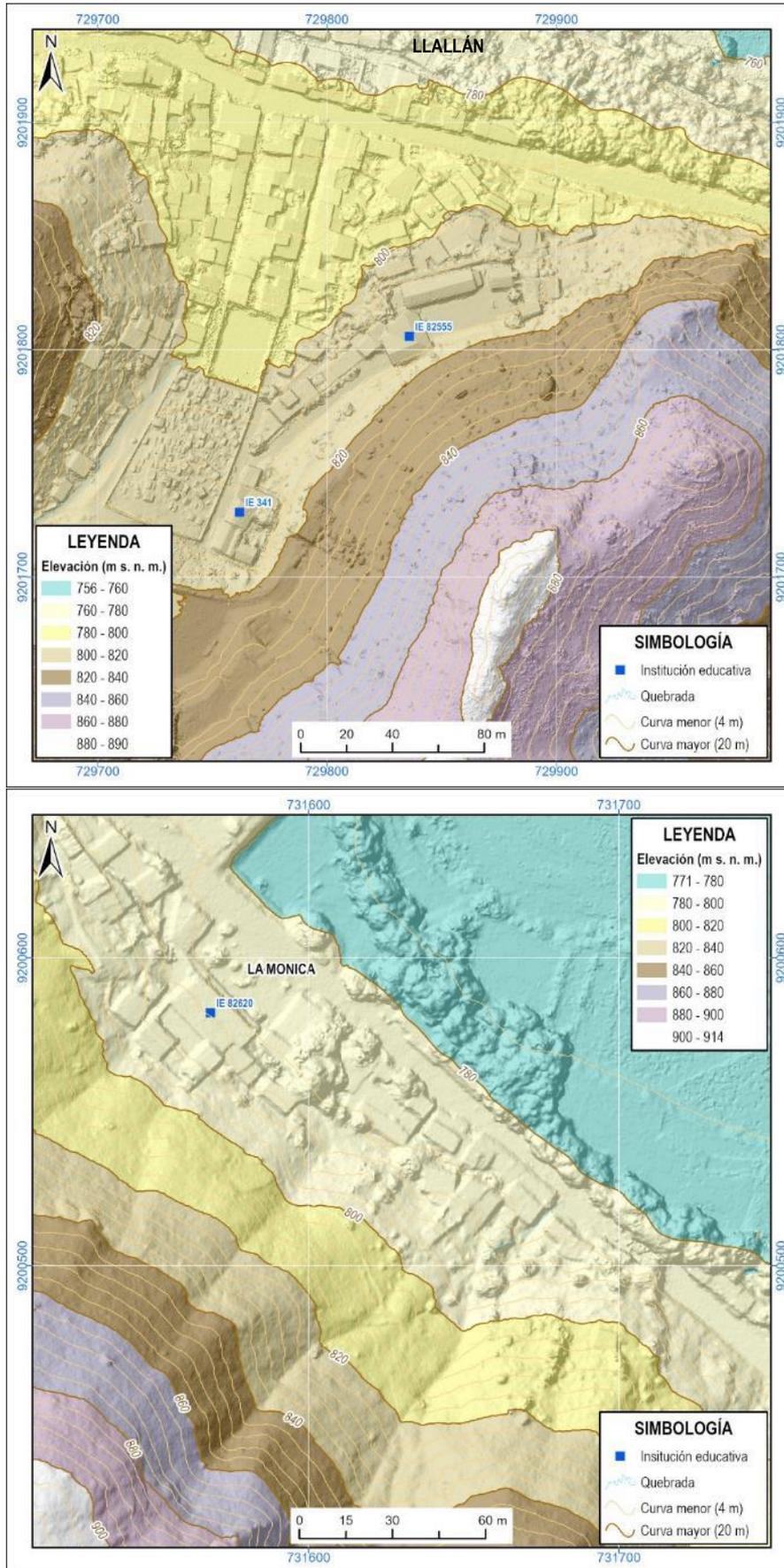


Figura 5. Modelo digital de elevaciones de las localidades de Llalán (arriba) y La Mónica (abajo).

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colina en roca volcano sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvial de detritos, vertiente coluvio deluvial, piedemonte proluvial, terraza aluvial y planicie inundable); se grafican en la figura 7 y en los mapas 5 y 6.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Unidad de Colina

Relieves que presentan menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Las colinas presentan una inclinación promedio en sus laderas superior a 9° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha de base aproximadamente circular. (Villota, 2005).

- **Sub unidad de colina en roca volcano sedimentaria (C-rvs)**
Corresponde a colina modelada en roca volcano sedimentaria con pendiente en la ladera superiores a 15°, cubierta por poca vegetación. Se ubica tanto en la localidad de Llallán como La Mónica

4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional

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

Unidad de Piedemontes

- **Subunidad de vertiente coluvial de detritos (V-d)**
Esta unidad se ubica en las faldas de las colinas de Llallán, formado por depósitos acumulados por caídas de rocas constantes y de composición de bloques en matriz de arenas y gravas, con pendiente fuerte a muy fuerte.
- **Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd)**
Son terrenos de pendiente de moderada a fuerte, ubicados en las partes bajas de las colinas de Llallán y La Mónica, con mayor contenido de finos que la unidad de anterior, presentan arbustos y pastos esporádicos.
- **Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio torrencial (P-pral)**
Se ubica en las partes bajas de la localidad de Llallán y La Mónica, donde los flujos de detritos ocasionales han generado acumulaciones de suelos limosos formando terrenos de pendiente de suave a moderada.

Unidad de Planicies

- **Subunidad de terraza aluvial (T-a)**
 Son terrenos ubicados al norte de Llallán y La Mónica, corresponden a antiguos cauces fluviales que han formado terrenos de pendiente de llana a suave y son ampliamente utilizados en la agricultura local.
- **Subunidad de planicie inundable (PI-i)**
 Corresponde a terrenos ubicados en el cauce del río Chilote y en sus cercanías, con llana a suave pendiente y ausencia de vegetación.

4.3.3. Otras unidades

Corresponden a terrenos de piedemontes coluviales (P-cdat), piedemontes proluviales (P-prat) y terrazas aluviales (T-aat), con reciente infraestructura antropogénica como viviendas, vías, entre otras.

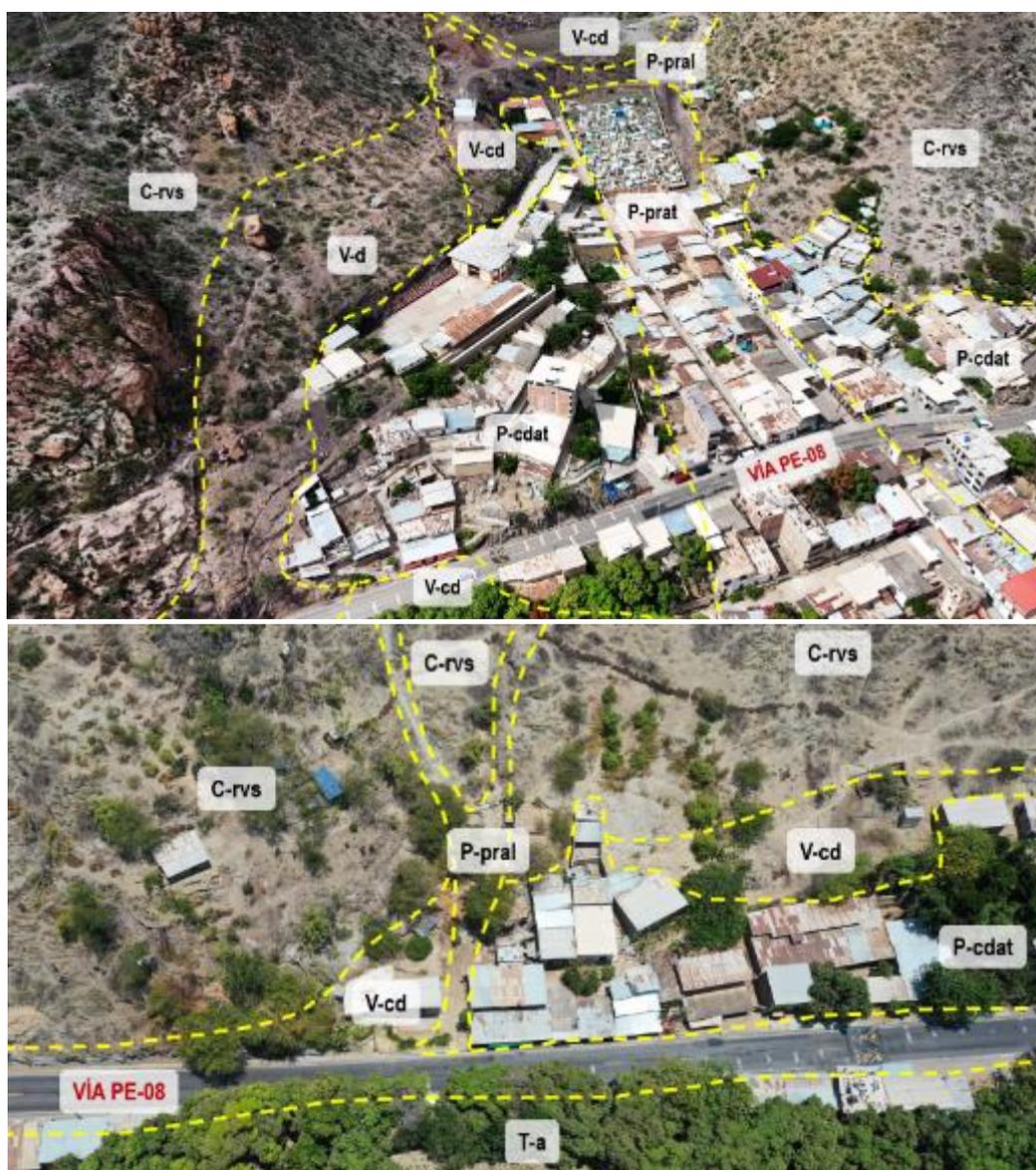


Figura 7. Subunidades cartografiadas en las localidades de Llallán (arriba) y La Mónica (abajo).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, tipo caída de rocas y flujos de detritos (PMA:GAC 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, modificando la topografía original de los terrenos y movilizandocantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.1. Caída de rocas en Llallán

En la colina sur de la localidad de Llallán se encuentra bloques rocosos sueltos (los principales denominados R1-4) y macizos rocosos fracturados desde donde se pueden desprender otros bloques rocosos (figura 8). Como resultado pueden afectar viviendas y población del sector, que se encuentran ubicados en la parte baja; como también las instituciones educativas primara N° 82555 e inicial N° 341.

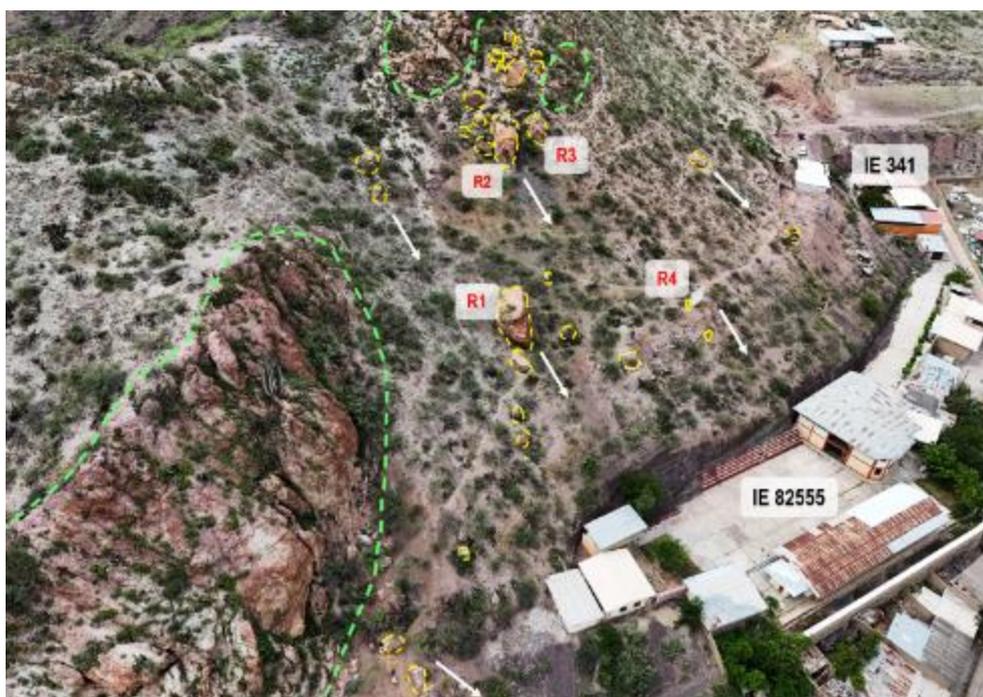


Figura 8. Bloques sueltos (en amarillo) y macizos rocosos fracturados (en verde) en talud superior de las instituciones educativas y viviendas de Llallán.

El bloque rocoso R1 tiene una longitud de 12 m, ancho de 5.5 m y altura de 4.5 m, con un volumen aproximado de 158.3 m³ y una masa estimada de 356 toneladas (fotografía 4 y figura 9); este bloque no muestra medidas de control que eviten un posible desprendimiento colina abajo.



Fotografía 4. Bloque rocoso R1. Ubicación: E 729894 y N 9201789.

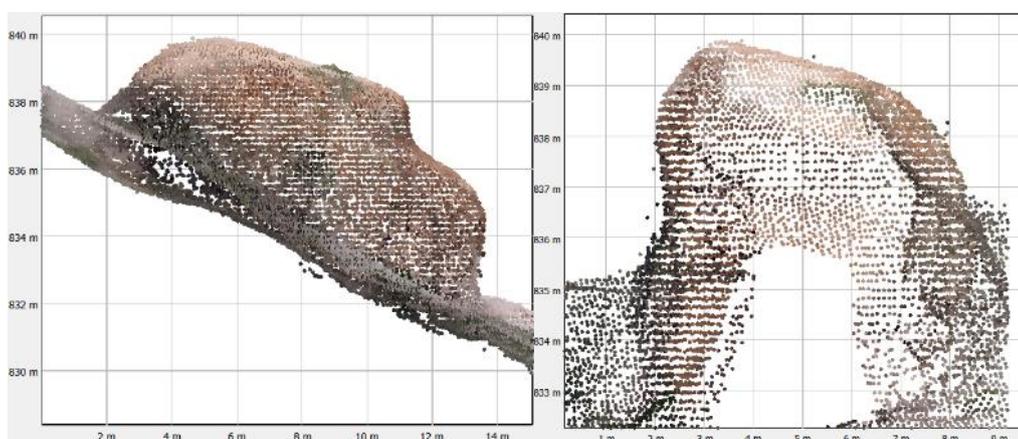


Figura 9. Corte longitudinal (izquierda) y transversal (derecha) al bloque rocoso R1.

El bloque rocoso R2 tiene una longitud de 10.5 m, ancho de 4.5 m y altura de 3.5 m, con un volumen aproximado de 86.5 m³ y un peso estimado de 195 toneladas; mientras que el bloque R3 tiene una longitud de 7 m, ancho de 3 m y altura de 1.5 m, con un volumen aproximado de 16.5 m³ y un peso de unas 37 toneladas (fotografía 5 y figura 10).



Fotografía 5. Bloques rocosos R2 (izquierda) y R3 (derecha). Ubicación: E 729883 Y N 9201752.

Ambos bloques R2 y R3 tienen estructuras de soporte (falso piso) que se han construido en sus partes bajas para evitar la erosión y fortalecer la estabilidad de estos bloques.

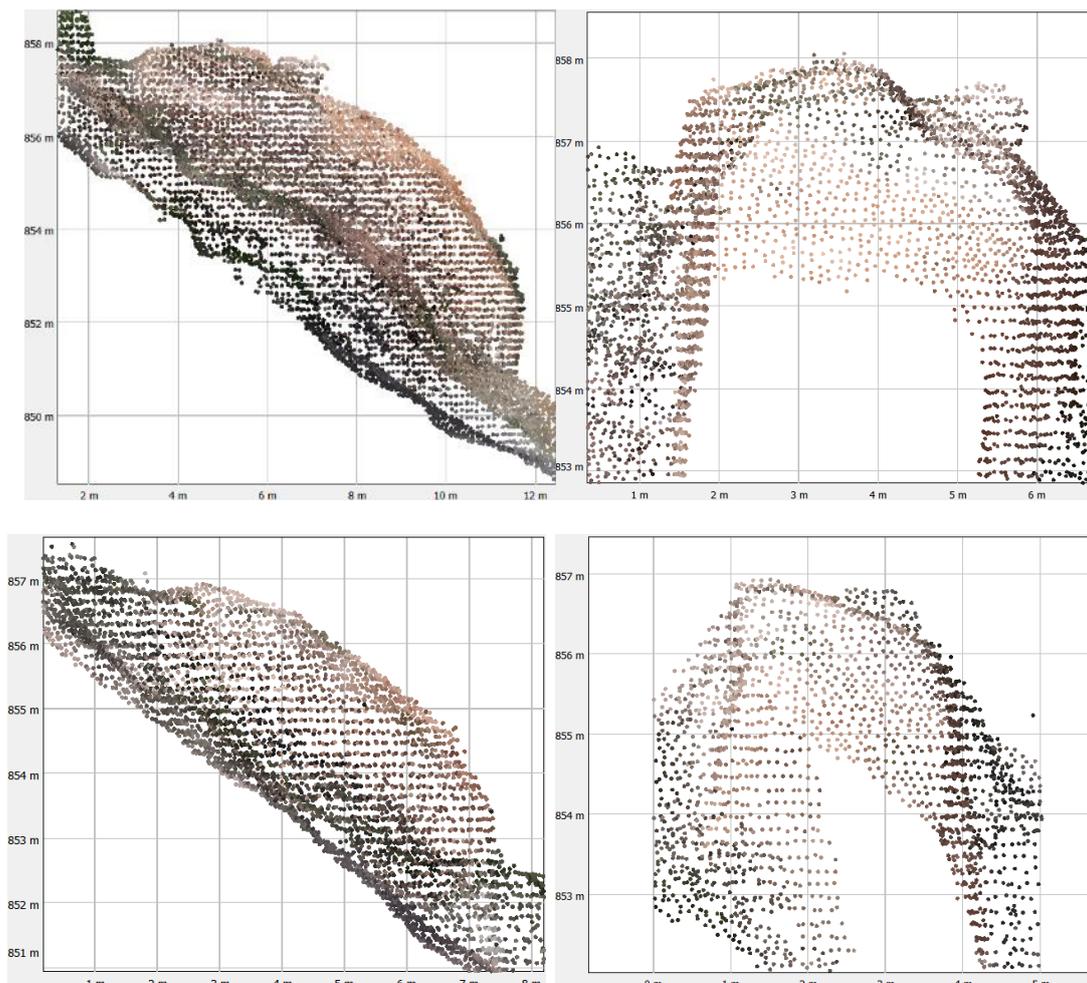


Figura 10. Corte longitudinal (izquierda) y transversal (derecha) al bloque rocoso R2 (arriba) y R3 (abajo).

El bloque rocoso R4 tiene una longitud de 3 m, un ancho de 2.4 m y una altura de 2 m, con un volumen aproximado de 17 m³ y una masa estimada de unas 38 toneladas (fotografía 6 y figura 1); este bloque no muestra medidas de control que eviten un posible desprendimiento colina abajo.



Fotografía 6. Bloque rocoso R4. Ubicación E 729875 y N 9201790.

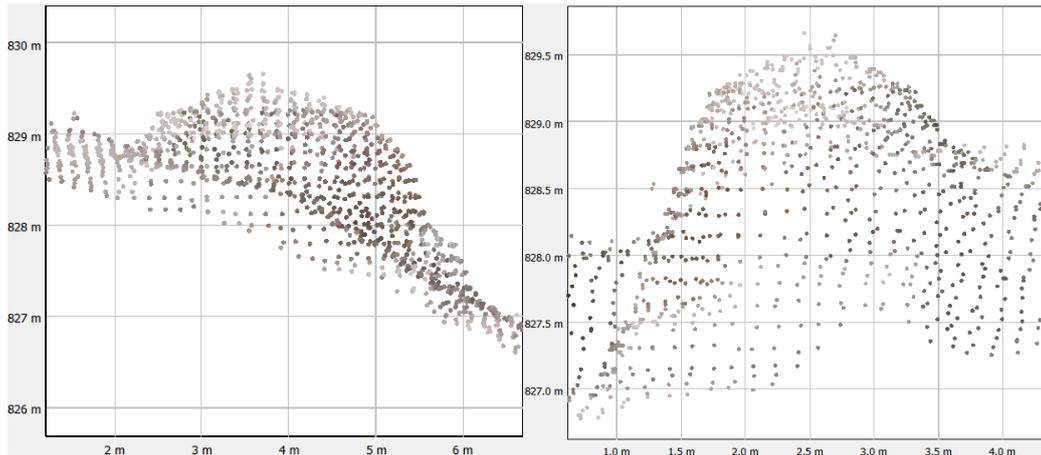


Figura 11. Corte longitudinal (izquierda) y transversal (derecha) al bloque rocoso R4.

Los bloques R1-4 se ubican en el talud superior de la institución educativa primaria N° 82555, poniendo en peligro a 44 estudiantes del nivel primario que la ocupan, además del personal docente y de servicios; en los perfiles A-A' y B-B' (figura 12) se distingue la proximidad de los bloques R1 (27 m), R2 (60 m) y R4 (18 m).

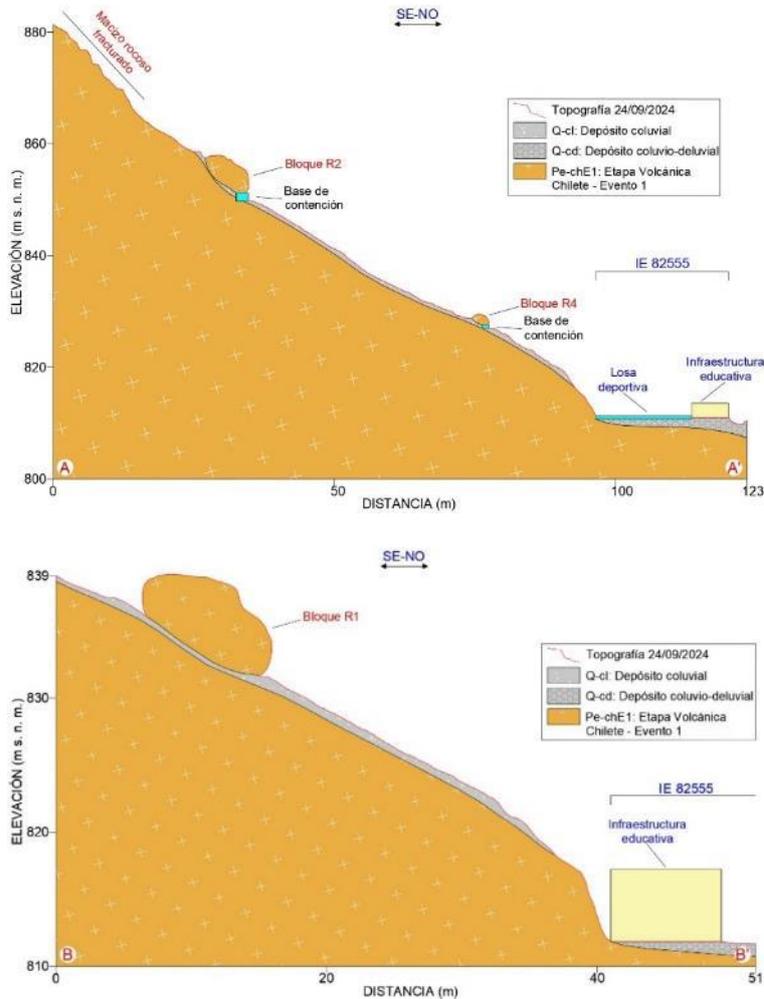


Figura 12. Perfiles A-A' (arriba) y B-B' (abajo) que muestra la ubicación de los bloques R1, 2 y 4. Talud superior de la IE 82555.

En el talud superior de la IE 82555 también presenta un muro de retención que ha sido afectado por una caída de rocas reciente, esto demuestra la alta actividad de caída de rocas en el sector.



Fotografía 7. Muro de retención afectado por una caída de rocas reciente. Ubicación: E 729858 y N 9201780.

Hacia el noreste de la IE 82555 se ubica un macizo rocoso fracturado desde donde se desprenden bloques rocosos que ponen en peligro a 5 viviendas; en el perfil C-C' se muestra la pendiente muy escarpada de estos macizo rocoso fracturado, motivo por el cual los bloques rocosos pueden alcanzar una alta velocidad (figura 13)

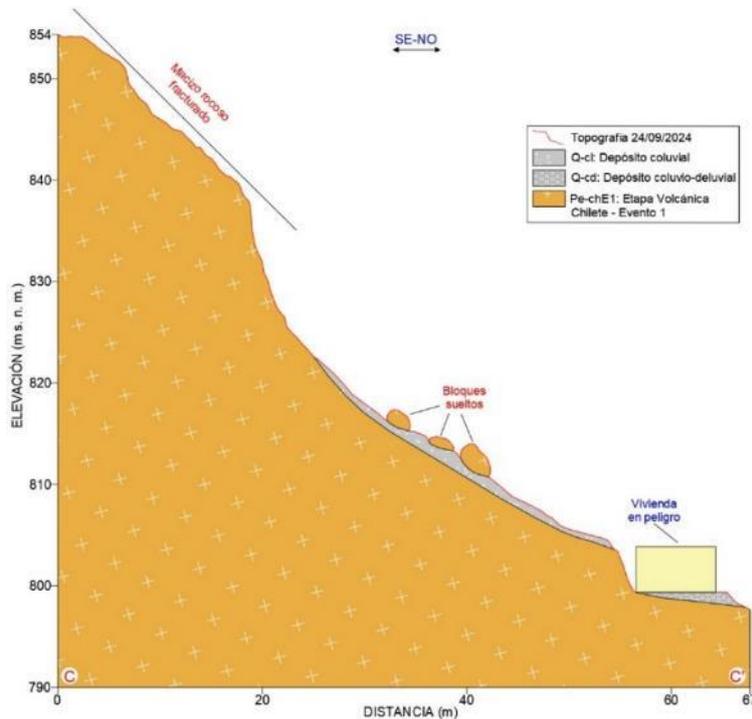


Figura 13. Perfil C-C' donde se muestra la ubicación de un macizo rocoso fracturado y bloques sueltos sobre viviendas de Llallán.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Caída de rocas.
- Estado: Inactivo – latente.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Muy rápido (varios metros por segundo, según reporte del COE local).
- Composición: Bloques de lavas andesíticas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

Morfometría

- Área en peligro: 1.8 ha.
- Alcance horizontal de los bloques: 100 m.
- Largo de los bloques: de 0.5 m a 12 m.
- Ancho de los bloques: de 0.2 a 5.5 m
- Alto de los bloques: de 0.1 a 4.5 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por macizos rocosos medianamente fracturados y moderadamente meteorizados, además de bloques rocosos sueltos de lavas andesíticas de la Etapa Volcánica Chilete - Evento 1.
- Ladera de pendiente escarpada a muy escarpada (>25°) en las partes altas de las laderas de colina, que conforman geoforma de vertiente coluvial de detritos.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación de las laderas.
- Excavaciones de las laderas para viviendas e instituciones educativas.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas que pueden superar los 80 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 3 viviendas afectadas y 5 en peligro.
- 2 instituciones educativas (82555 y 341) y 75 m de la vía PE-08 en peligro.

5.2. Flujo de detritos Llallán (F-LL)

La localidad de Llallán se asienta en antiguos depósitos proluviales formados por los constantes arrastres de materiales sueltos por flujos de detritos; sin embargo, se presentan episodios de activación de quebradas antiguas que no han sido canalizadas, que afectan a viviendas y vías construidas en las proximidades de los cursos naturales de las antiguas quebradas.

En la figura 14 se muestra el curso principal por donde discurren los flujos de detritos en Llallán, actualmente conforma una vía de acceso para viviendas de la localidad.



Figura 14. Demarcación de la zona afectada por flujo de detritos durante la temporada de lluvias en Llálan.

En la figura 15 se muestra un modelamiento numérico de flujos con el programa ArcGIS Pro, a una tasa de 88.6 mm de lluvias en un día, donde se aprecia la activación de un flujo que discurre por la vía señalada en la figura 14.



Figura 15. Modelamiento de flujos considerando lluvias intensas en Llálan, donde se aprecia la altura de inundación que pueden alcanzar los flujos.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos.
- Estado: Latente.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según reporte del COE local).
- Composición: Suelos proluviales de limos de baja plasticidad (tabla 5).

Morfometría

- Área: 0.68 ha.
- Alcance horizontal: 150 a 250 m.
- Altura promedio del flujo: 0.1 a 0.3 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos proluviales poco consolidados de composición de limos de baja plasticidad.
- Ladera de pendiente suave a moderada (1° a 15°), que permite la depositación de bloques, gravas y arenas arrastradas por los flujos.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes adecuados.
- Quebradas sin canalizar
- Deforestación de las laderas.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas que pueden superar los 80 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 20 viviendas en peligro.
- 50 m de la vía nacional PE-08 en peligro.

5.3. Flujo de detritos La Mónica (F-LM)

El sector urbano de La Mónica está ubicado en las faldas de colinas en roca volcánica sedimentaria con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), donde son periódicos los eventos de flujos de detritos en la época de lluvias, debido a la ausencia de medidas de control de su evolución, prevención y mitigación

En la figura 16 se muestra el flujo de detritos principal que afecta a 4 viviendas del sector La Mónica.



Figura 16. Demarcación de la zona afectada por flujo de detritos durante la temporada de lluvias en La Mónica.

En la figura 17 se muestra un modelamiento numérico de flujos con el programa ArcGIS Pro, a una tasa de 88.6 mm de lluvia por día, donde se aprecia la activación de las quebradas que afectarían las viviendas de la localidad La Mónica, en especial la quebrada mostrada en detalle en la figura 16.



Figura 17. Modelamiento de flujos debidos a lluvias intensas en La Mónica, se aprecia la altura de inundación debida a los flujos producidos.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos.
- Estado: Latente.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según reporte del COE local).
- Composición: Suelos proluviales de limos de baja plasticidad (tabla 5).

Morfometría

- Área: 0.12 ha.
- Alcance horizontal: 150 a 175 m.
- Altura promedio del flujo: 0.1 a 0.2 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos proluviales poco consolidados de composición de limos de baja plasticidad.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que permite una alta energía de arrastre de bloques, gravas y arenas dentro de los flujos.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes adecuados.
- Quebradas sin canalizar
- Deforestación de las laderas.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas que pueden superar los 80 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- 4 viviendas en peligro.
- 20 m de la vía nacional PE-08 en peligro.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica obtenida de las localidades de Llallán y La Mónica, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

6.1. Localidad de Llallán

- a. La localidad de Llallán está asentada sobre piedemontes proluviales antropizados de pendiente suave a moderada (1° a 15°); en los alrededores se ubican laderas de colinas en rocas volcano sedimentarias con pendiente escarpada a muy escarpada ($>25^{\circ}$), desde donde se producen caída de rocas y flujos de detritos que alcanzan y afectan viviendas, instituciones educativas y vías de comunicación. En las partes bajas se distinguen terrazas aluviales y planicies inundables de pendiente suave a llana ($<5^{\circ}$).
- b. Litológicamente, el basamento rocoso está representado por flujos de lava andesítica y flujos piroclásticos de la Etapa Volcánica Chilete, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.
- c. Al este de Llallán se ubica un sector de caída de rocas que puede afectar un área 1.8 ha, en la ladera se presentan bloques sueltos con longitud de hasta 12 m, además de macizos rocosos fracturados desde donde se pueden desprender otros bloques. El proceso evaluado afectó 3 viviendas y están expuestas también al peligro dos instituciones educativas y 75 m de la vía nacional PE-08.
- d. El factor detonante ha sido las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, las mismas que pueden alcanzar más de 80 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Contumazá.
- e. Como factores antrópicos se tienen:
 - Ausencia de drenajes adecuados.
 - Deforestación de las laderas.
 - Excavaciones de las laderas para viviendas e instituciones educativas.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por caída de rocas en Llallán, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera **Zona Crítica de Peligro Alto**.

6.2. Localidad de La Mónica

- a. La localidad de La Mónica está asentada sobre piedemontes coluvio deluviales antropizados de pendiente suave a moderada (1° a 15°); al suroeste se ubican laderas de colinas en rocas volcano sedimentarias con pendiente escarpada a muy escarpada ($>25^{\circ}$), desde donde se producen flujos de detritos que alcanzan y afectan viviendas y vías de comunicación.
- b. Litológicamente, el basamento rocoso está representado por flujos piroclásticos y flujos de cenizas de la Etapa Volcánica Chilete, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

- c. En La Mónica se presentan flujos de detritos debido a la presencia de cauces de quebradas sin canalizar; el área de impacto es de 0.12 ha y abarca 4 viviendas y 20 m de la vía nacional PE-08 en peligro.
- d. El factor detonante ha sido las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, las mismas que pueden alcanzar más de 80 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Contumazá.
- e. Como factores antrópicos se tienen:
 - Quebradas sin canalización.
 - Deforestación de las laderas.
- f. De acuerdo al análisis en el área de impacto por flujo de detritos en La Mónica se considera de **Peligro Alto**.



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



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

7. RECOMENDACIONES

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

7.1. Transversales a autoridades y población

- a) Implementar las medidas correctivas recomendadas en el presente informe técnico, en el marco de sus competencias y obligaciones (Congreso de la República del Perú, 2018; Presidencia de la República del Perú, 2023).
- b) Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al “Principio de Oportuna Información” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).
- c) Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades que forman parte del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros del Perú, 2021).
- d) Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras; en base al principio de “Autoayuda” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

7.2. Ante caídas de rocas en Llallán

- a) Desquinchar los bloques sueltos con medidas de control adecuadas.
- b) Reforestar las laderas a fin de evitar la erosión.
- c) Construir drenajes de coronación.
- d) Construir muros de contención y/o instalar enmallados o barreras dinámicas.
- e) Elaborar un estudio de evaluación de riesgos EVAR a fin de determinar el probable reasentamiento de viviendas e instituciones expuestas; además de proponer medidas de control complementarias.

7.3. Ante flujos de detritos en Llallán y La Mónica

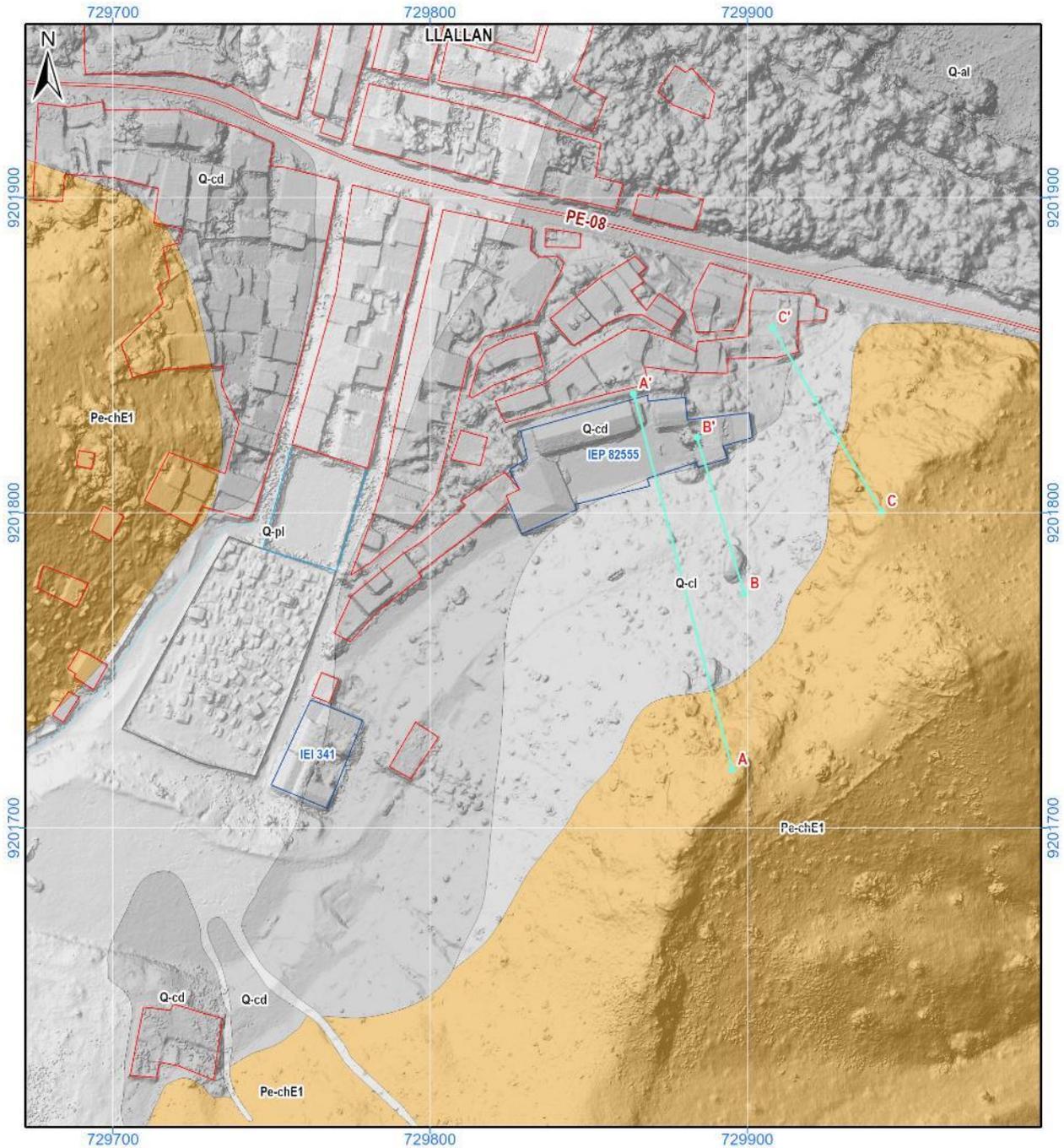
- a) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas.
- b) Canalización definitiva de las quebradas.
- c) Construcción de un sistema de drenaje urbano impermeabilizado.
- d) Construcción de defensas ribereñas adecuadas en las bases de las viviendas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Congreso de la República del Perú. (2018, junio 5). *Ley N° 30779, ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*. 2. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-para-el-fortalecimiento-del-sistema-ley-n-30779-1655993-1/>
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k versión 2022*. Geocatmin. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA:GCA. (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. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Presidencia de la República del Perú. (2023, noviembre 24). Decreto Legislativo N° 1587. *Decreto Legislativo que Modifica la Ley 29664, Ley que Crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, 4. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2238192-1>
- Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. (2021). *Lineamientos para la organización y funcionamiento de los Centros de Operaciones de Emergencia - COE. Resolución Ministerial N° 258-2021-PCM*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2370158/RM%20N%C2%B0%20258-2021-PCM%20%281%29...pdf.pdf?v=1636130560>
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 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.

- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. *In Special Report 176: Landslides: Analysis and control* (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), *Transportation and Road research board*, 9–33.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.*
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/300>

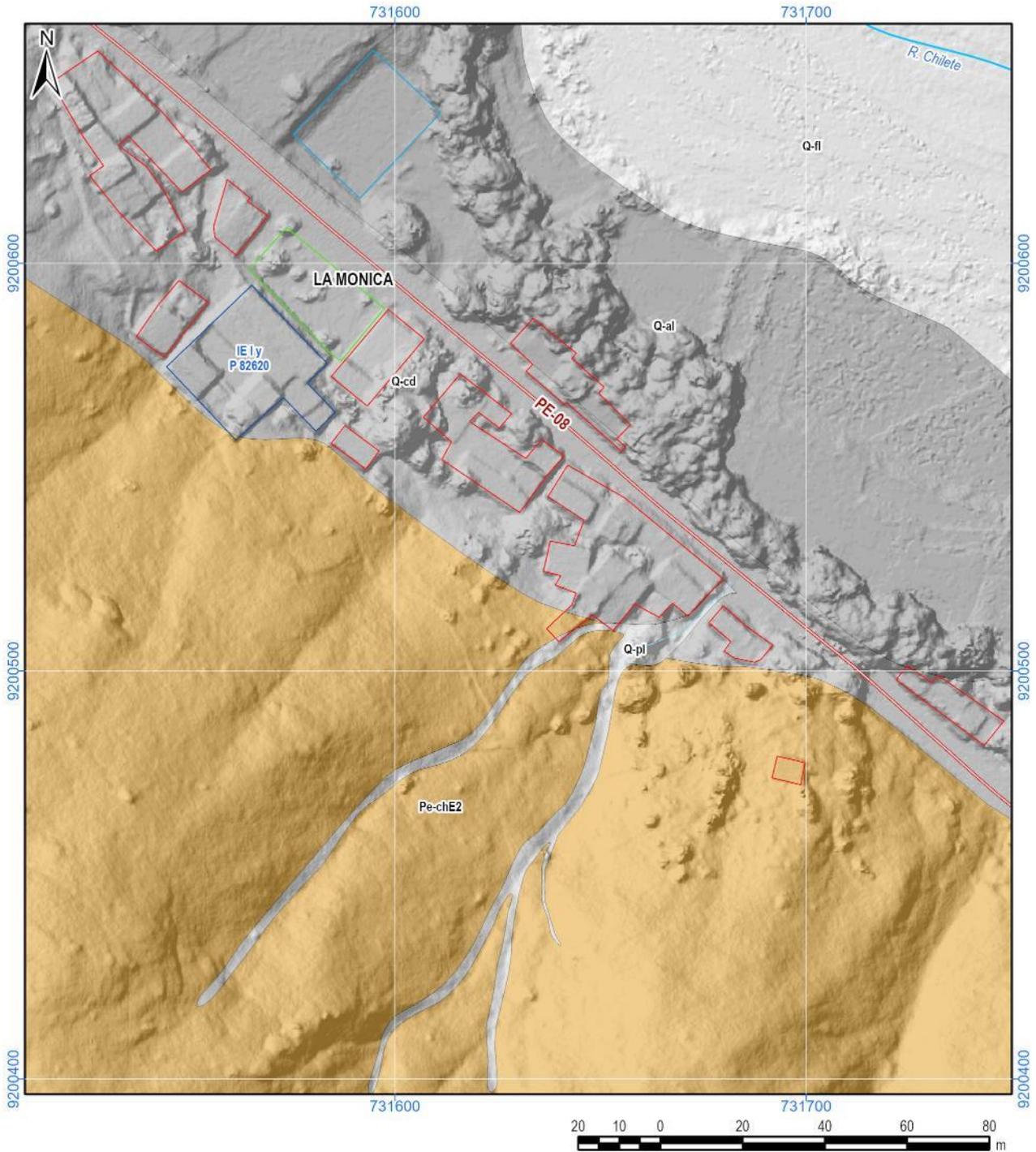
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada
	Línea de perfil
	Cementerio
	Institución educativa
	Losa deportiva
	Viviendas

LEYENDA	
	Q-pl: Depósito proluvial
	Q-cl: Depósito coluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Etapa Volcánica Chilete - Evento 1

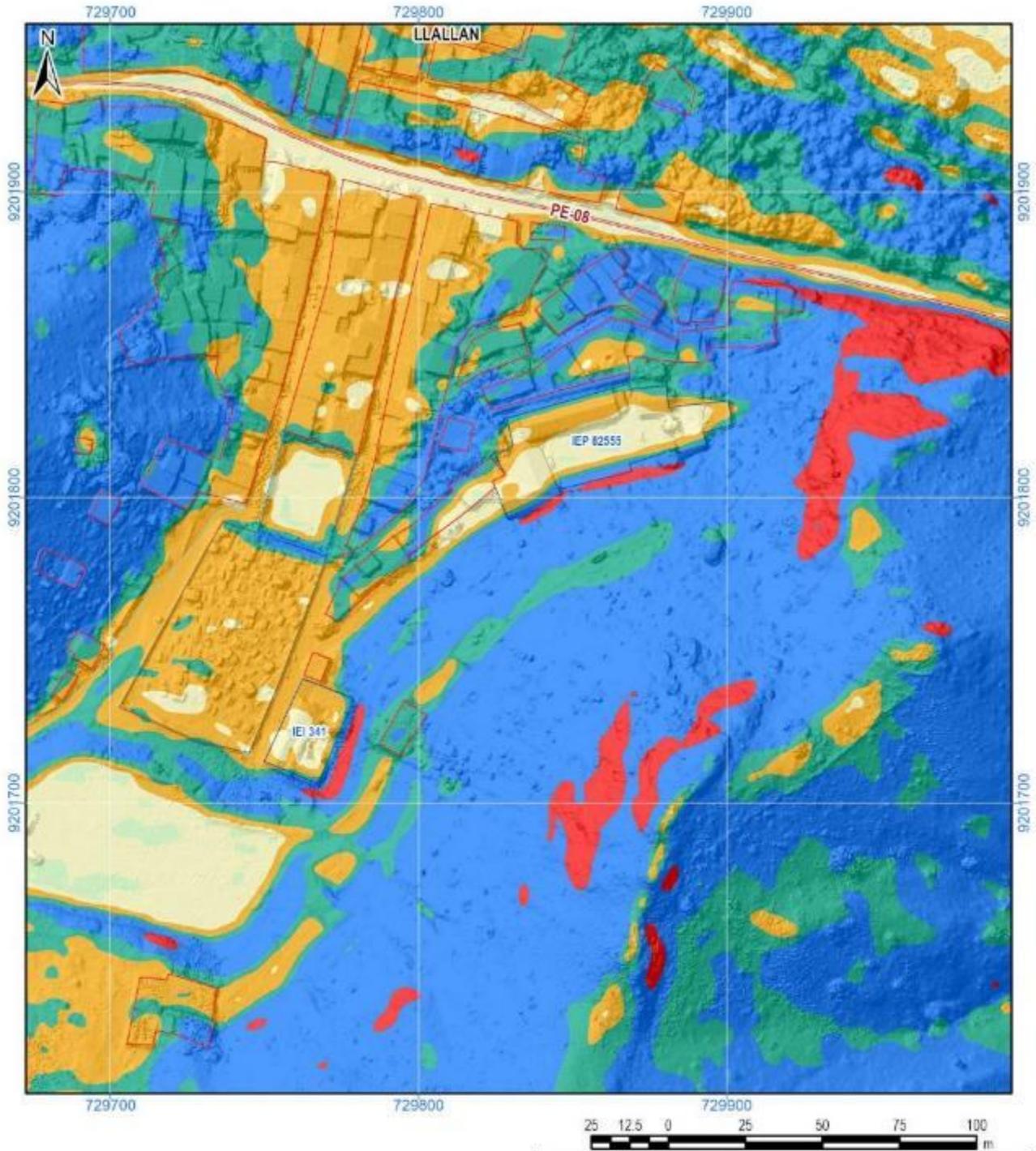
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUWAZÁ - CHILETE	
GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE LLALLÁN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Río
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada
	Institución educativa
	Losa deportiva
	Parque
	Viviendas

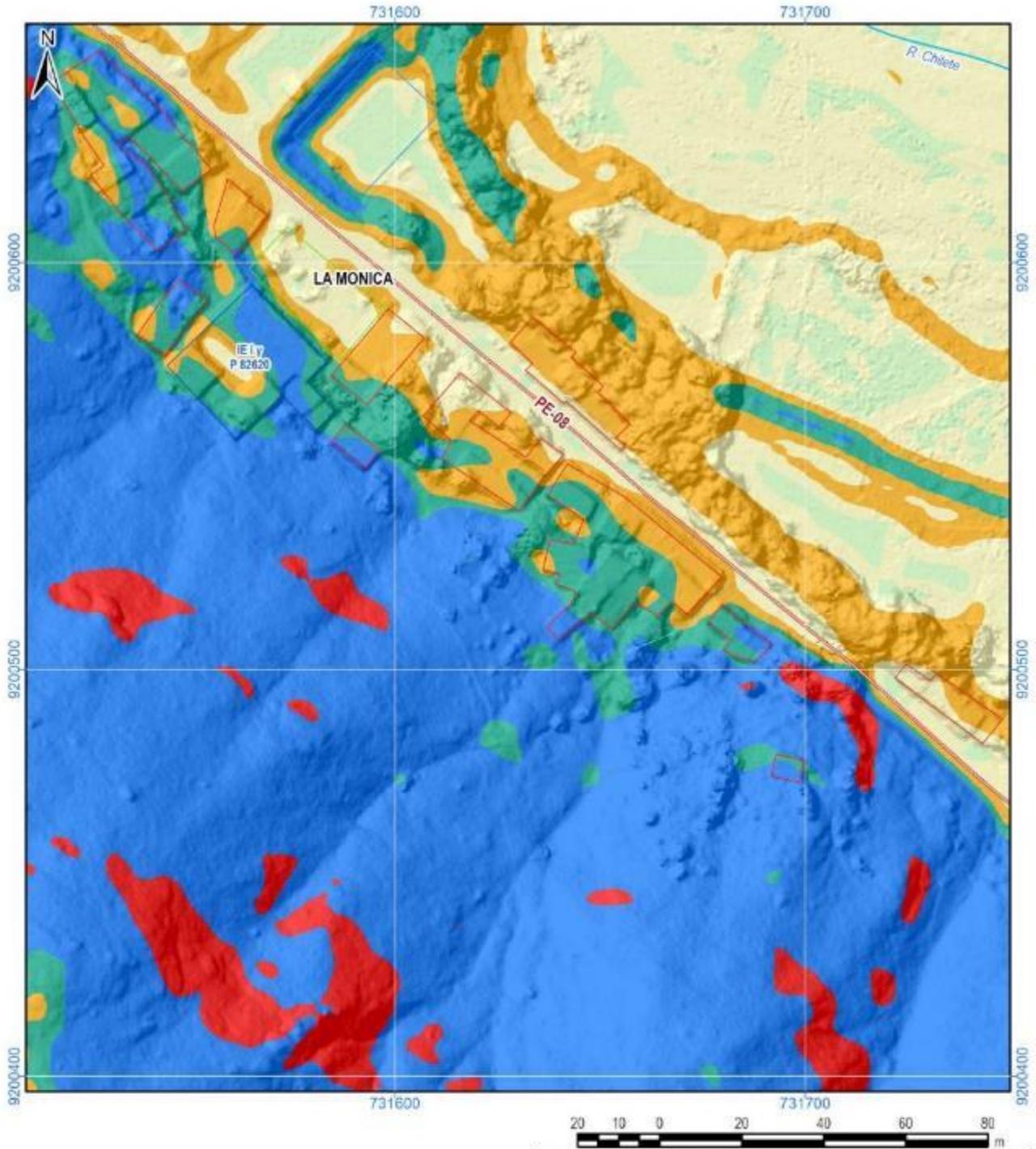
LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-pl: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Etapa Volcánica Chilete - Evento 2

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZÁ - CHILETE	
GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE LA MÓNICA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2024
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA		LEYENDA	
	Quebrada		<1°: Terreno llano
	Vía nacional asfaltada		1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	Cementerio		5°-15°: Pendiente moderada
	Institución educativa		15°-25°: Pendiente fuerte
	Losa deportiva		25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	Viviendas		>45°: Terreno muy escarpado

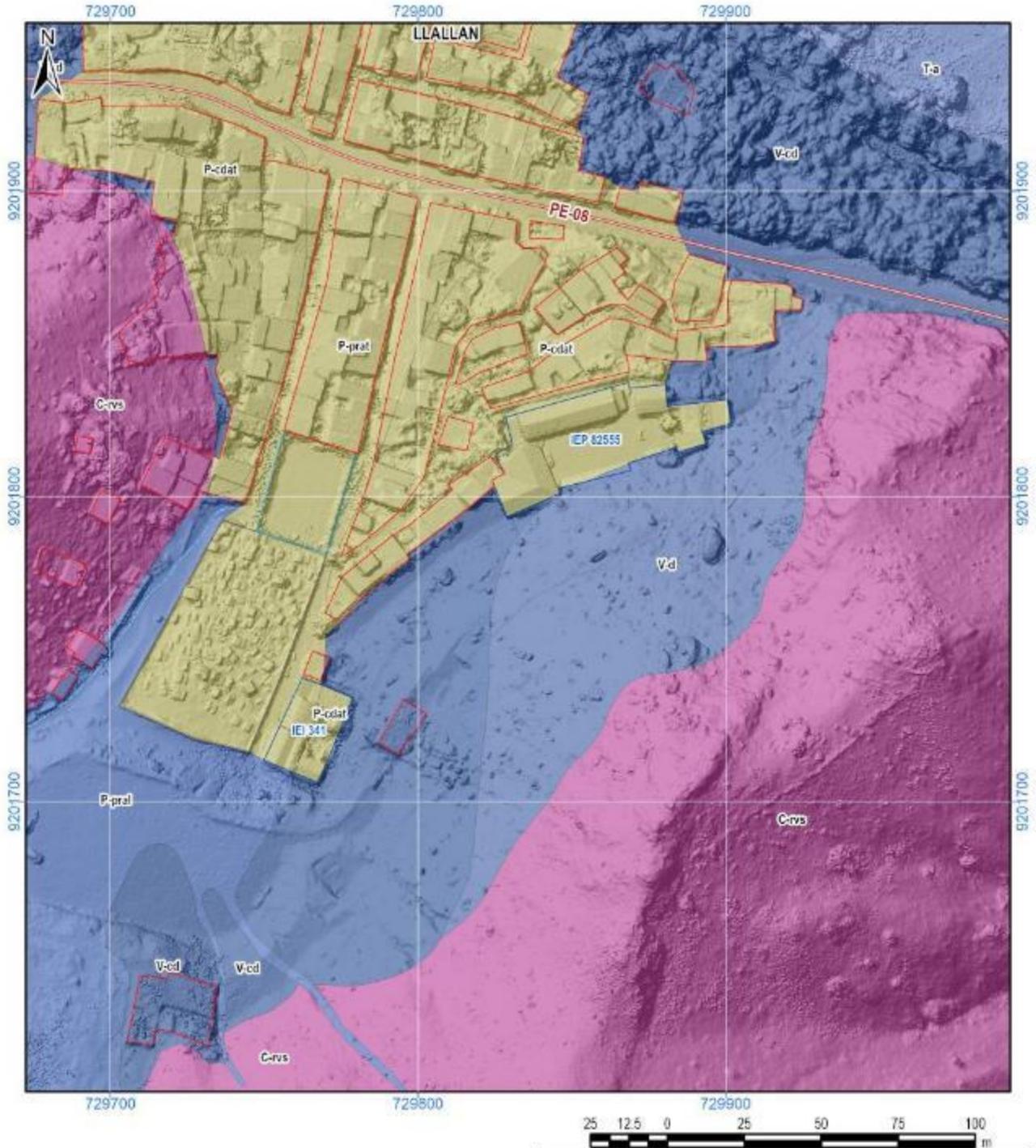
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZA - CHILETE	
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD DE LLALLÁN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2024
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Río
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada
	Institución educativa
	Losa deportiva
	Parque
	Viviendas

LEYENDA	
	<1°: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°: Terreno muy escarpado

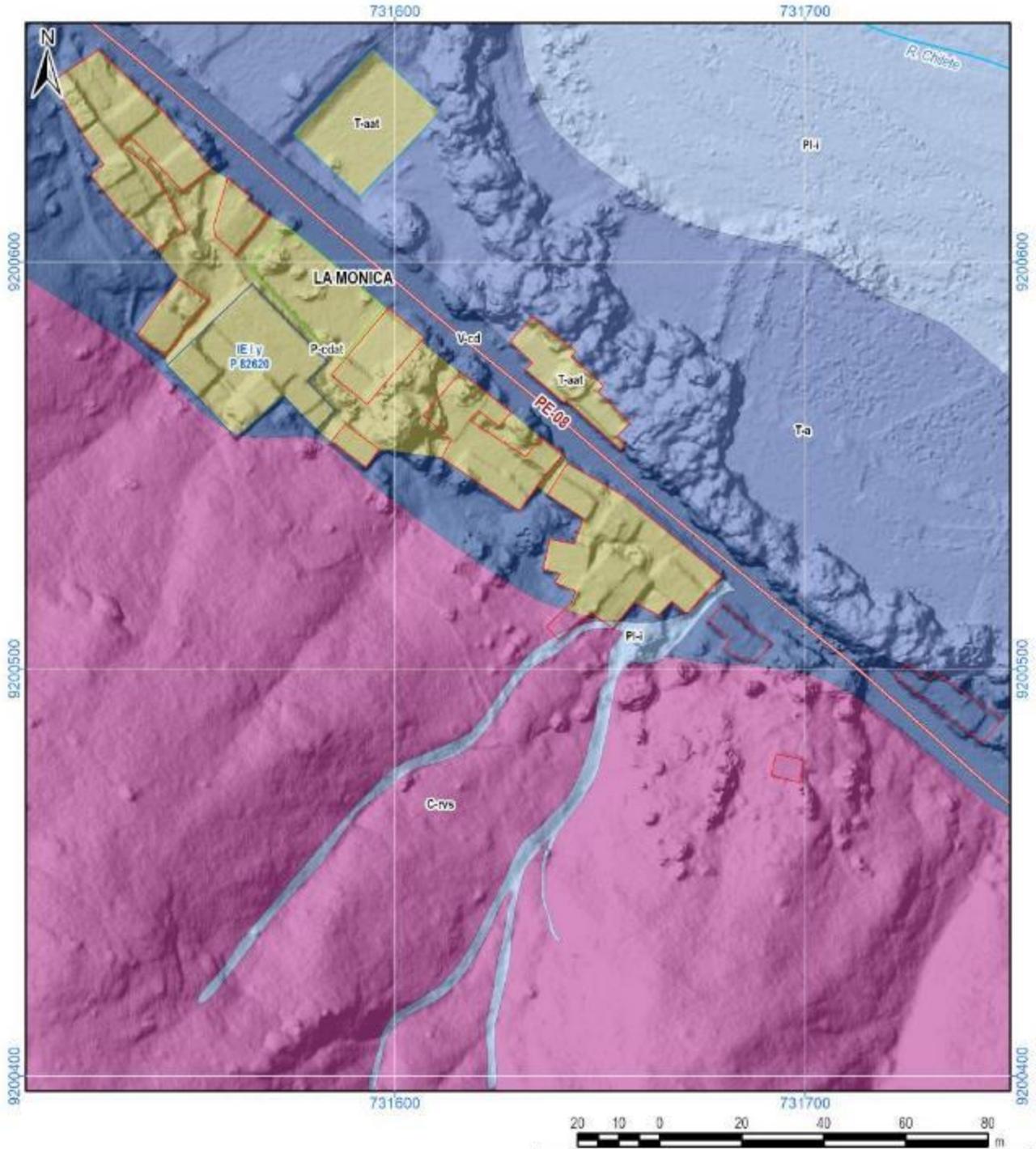
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZA - CHILETE		
PENDIENTES DEL TERRENO EN LA LOCALIDAD DE LA MÓNICA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 4
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada
	Cementerio
	Institución educativa
	Losa deportiva
	Viviendas

LEYENDA	
	C-rvs: Colina en roca volcánico sedimentaria
	V-d: Vertiente coluvial de detritos
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	P-cdat: Piedemonte coluvio deluvial antropizado
	P-pral: Piedemonte proluvial
	P-prat: Piedemonte proluvial antropizado
	T-a: Terraza aluvial

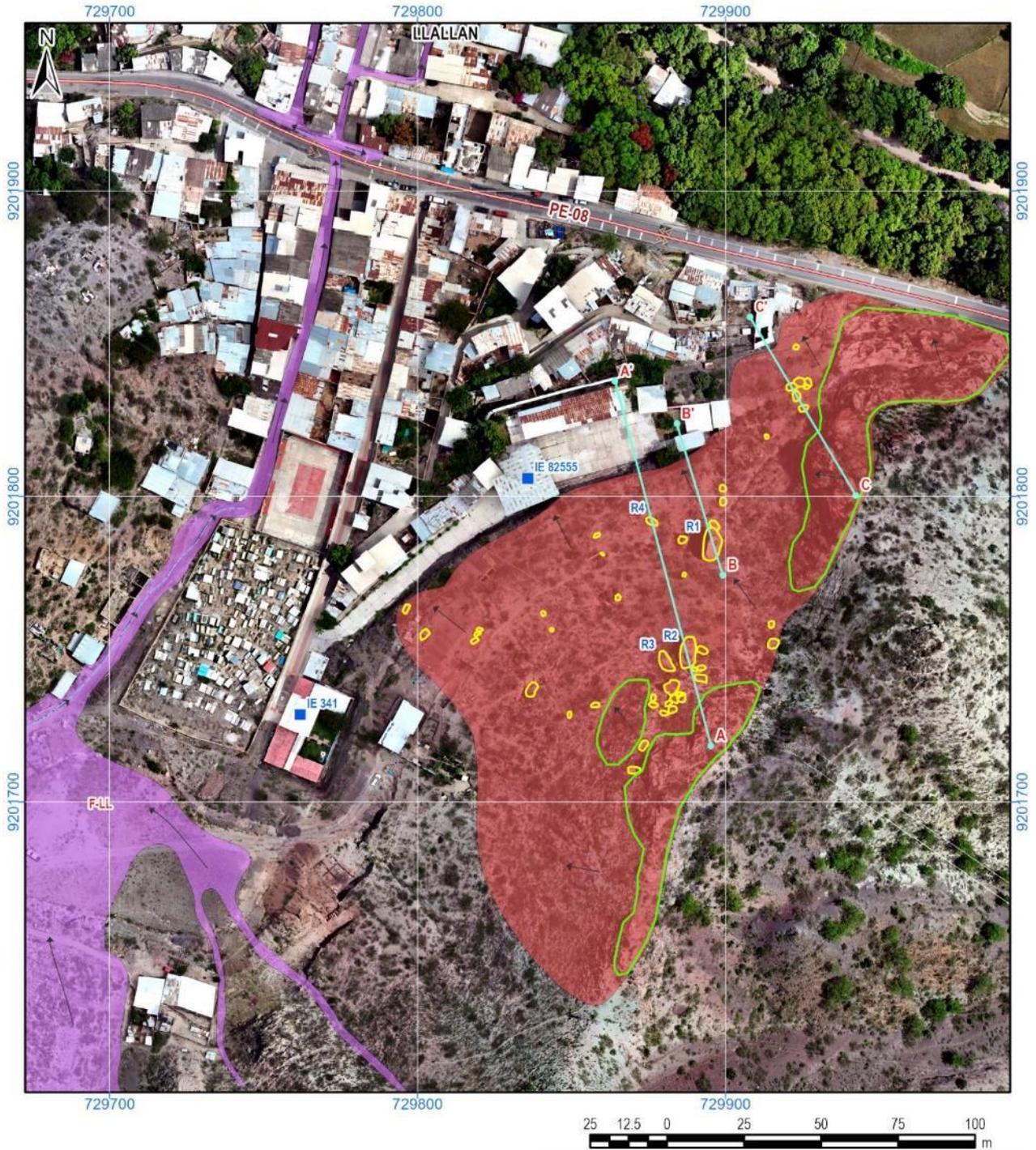
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZA - CHILETE	
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE LLALLÁN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2024
MAPA	
5	



SIMBOLOGÍA	
	Río
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada
	Institución educativa
	Losa deportiva
	Parque
	Viviendas

LEYENDA	
	C-rvs: Colina en roca volcano sedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	P-cdat: Piedemonte coluvio deluvial antropizado
	T-a: Terraza aluvial
	T-aal: Terraza aluvial antropizada
	PI-I: Planicie inundable

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZA - CHILETE		
GEMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE LA MÓNICA		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 6
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2024	



SIMBOLOGÍA	
■	Institución educativa
\rightarrow	Dirección de movimiento
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada
	Línea de perfil
	Bloques sueltos
	Macizo rocoso fracturado

LEYENDA	
■	Caída de rocas
■	Flujo de detritos

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZÁ - CHILETE	
CARTOGRAFIA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE LLALLÁN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2024
MAPA	
7	



SIMBOLOGÍA	
■	Institución educativa
\rightarrow	Dirección de movimiento
	Río
	Quebrada
	Vía nacional asfaltada

LEYENDA	
	Flujo de detritos
	Inundación y erosión fluvial

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZÁ - CHILETE	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE LA MÓNICA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2024
MAPA 8	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para flujos de detritos y caídas de rocas

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 flujos, 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 18). 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.

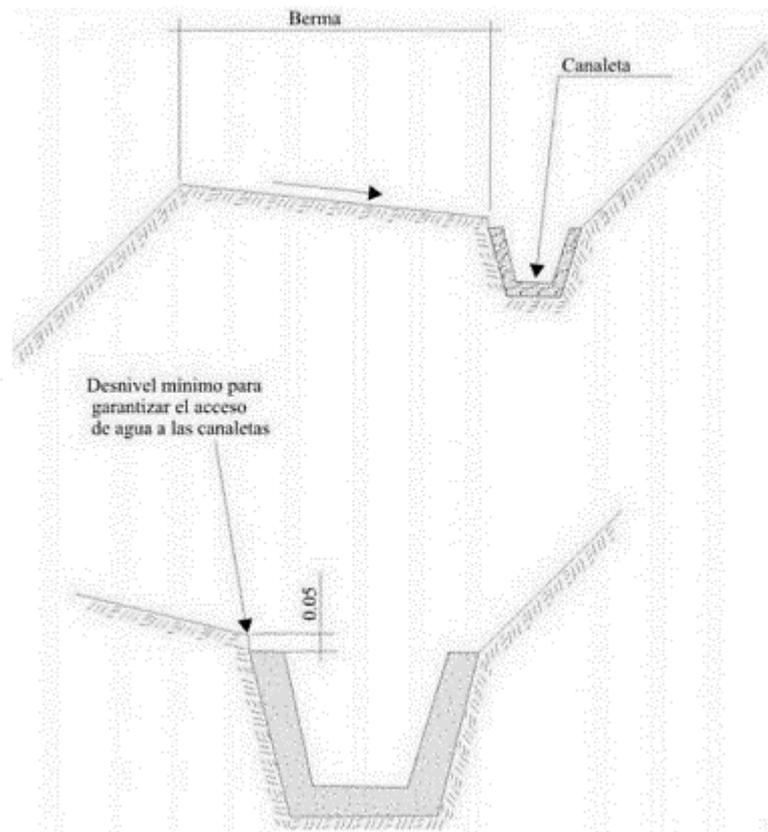


Figura 18. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b) Mallas dinámicas

Las mallas dinámicas consisten en estructuras de metal que son instaladas para disminuir la energía de bloques rocosos y/o retenerlos (figura 19). Las dimensiones y calidad de resistencia deben ser evaluados previo modelamiento numérico de los bloques rocosos sueltos.

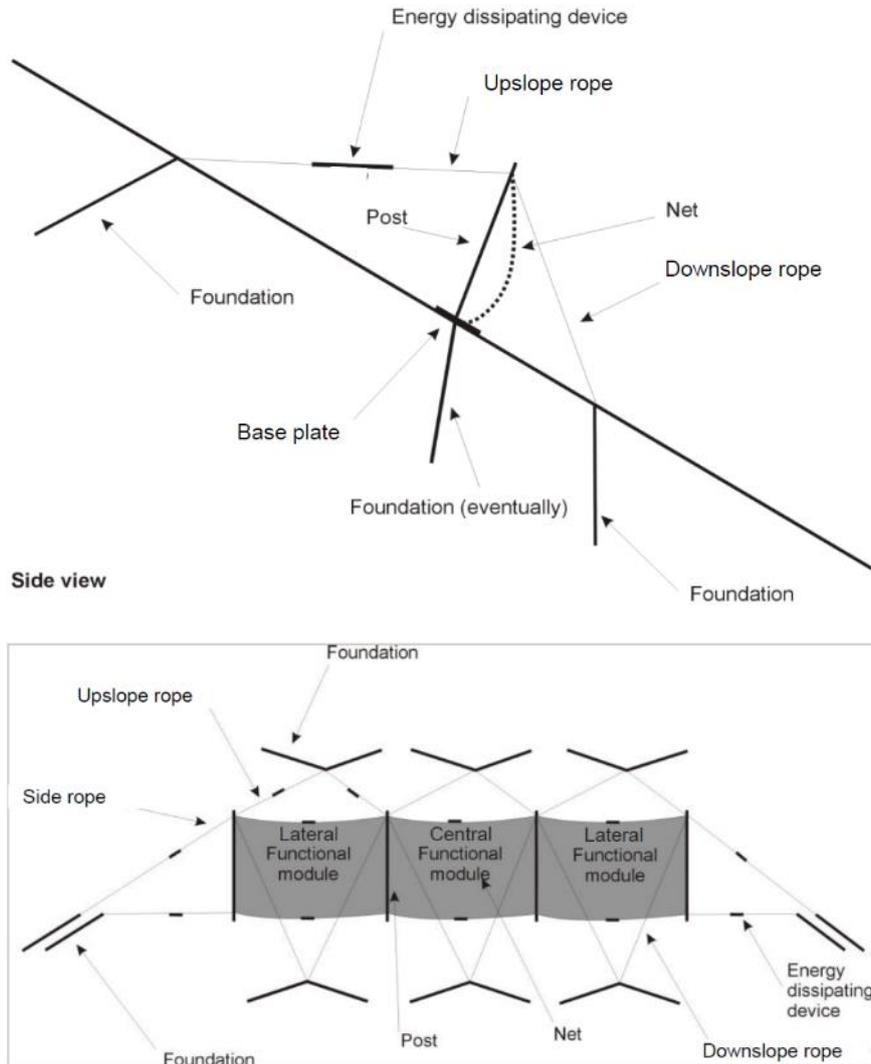


Figura 19. Esquema de la instalación de mallas dinámicas para detener caídas de rocas.

c) Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos muestran una resistencia adicional contra los bloques que son desprendidos de la ladera, sirviendo como un cerco vivo, además de servir para mantener la cohesión de los suelos y evitar su erosión por medio de agentes meteorológicos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (figura 20 y fotografía 8).

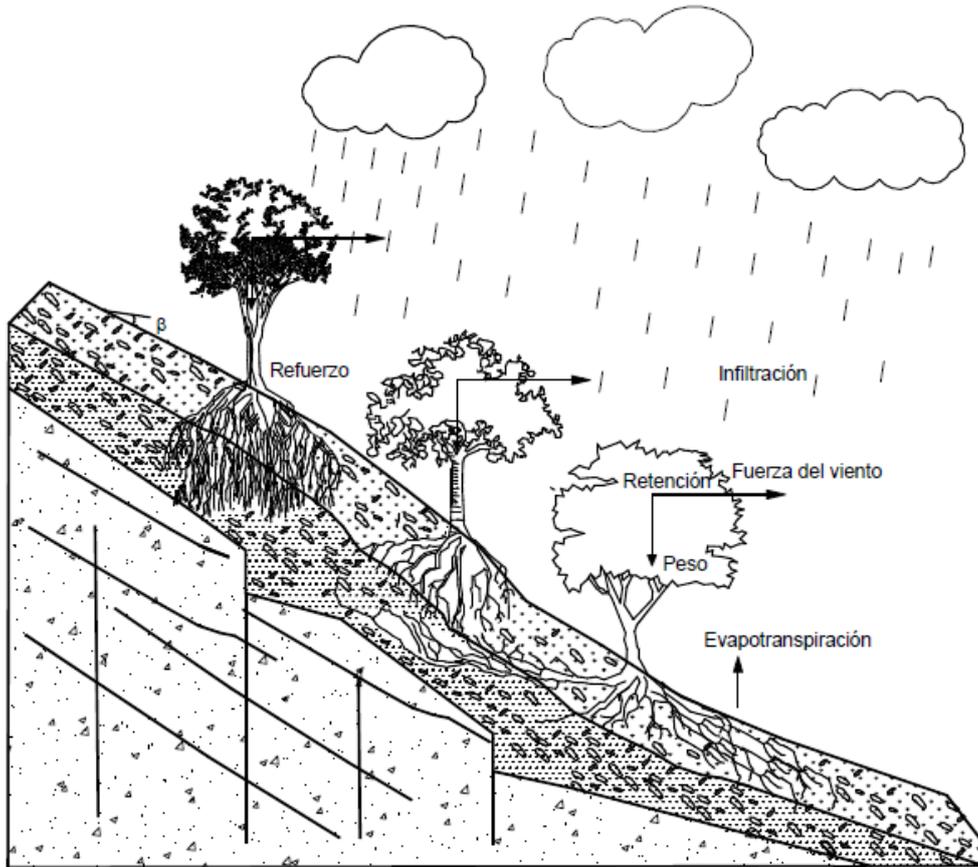


Figura 20. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 8. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales