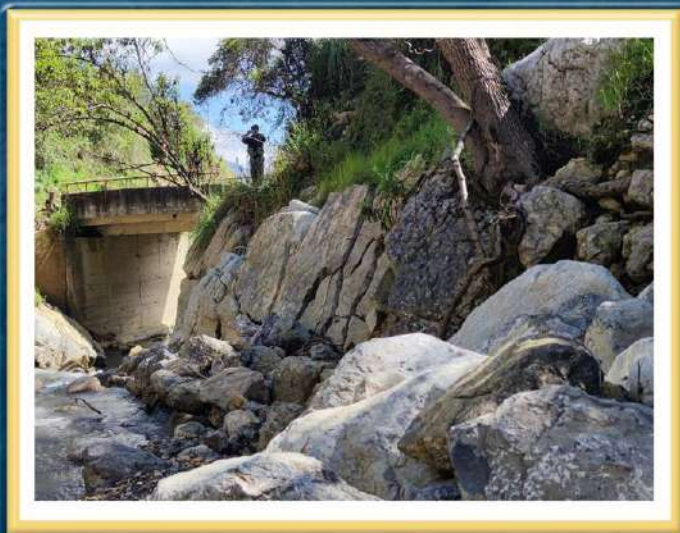


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7309

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES Y FLUJOS DE DETRITOS EN LAS LOCALIDADES DE VISTA ALEGRE Y NUEVO SAN MARTÍN

Departamento Cajamarca
Provincia Chota
Distrito Tacabamba



OCTUBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DERRUMBES Y FLUJOS DE
DETRITOS EN LAS LOCALIDADES DE VISTA ALEGRE Y NUEVO SAN MARTÍN**

(Distrito Tacabamba, provincia Chota, departamento Cajamarca)

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

Equipo de investigación:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por derrumbes y flujos de detritos en las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín, distrito Tacabamba, provincia Chota, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7309, 32p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Aspectos generales.....	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Población.....	6
1.3.3. Accesibilidad.....	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES.....	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	9
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu).....	10
3.1.2. Formación Pariatambo (Ki-pt).....	10
3.1.3. Formación Pulluicana (Ks-pu).....	10
3.1.4. Depósitos cuaternarios.....	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	14
4.2. Pendiente del terreno.....	15
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	15
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	16
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	18
5.1. Derrumbes.....	18
5.1.1. Descripción.....	18
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	20
5.2. Flujos de detritos.....	21
5.2.1. Descripción.....	21
5.2.2. Características visuales y morfométricas.....	21
6. CONCLUSIONES.....	23
7. RECOMENDACIONES.....	24
8. BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXO 1. MAPAS.....	26
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	30

RESUMEN

Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”, que 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, entre otros peligros geológicos) en zonas que tengan elementos vulnerables.

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por derrumbes y flujos de detritos en las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín, distrito Tacabamba, provincia Chota, departamento de Cajamarca.

En la zona evaluada se identificaron y cartografiaron 15 derrumbes y 8 flujos de detritos, detonados por lluvias intensas ocurridas entre marzo a junio el 2022, que afectaron la vía vecinal CA-920 en un tramo de 180 m, 1 puente carrozable, 1 badén, 2 puentes peatonales, canales de regadío en longitud de 60 m y terrenos de cultivos (4 hectáreas).

El substrato rocoso está conformado por lutitas calcáreas y calizas, que se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Pariatambo; mientras que los derrumbes y flujos de detritos han generado depósitos coluvio-deluviales y proluviales en forma respectiva, muy susceptibles a ser removidos.

Los derrumbes se han generado sobre terrenos con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a $>45^\circ$); conformando geoformas de vertientes o piedemontes coluvio-deluviales.

Los flujos de detritos han sido canalizados sobre las quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit, los terrenos presentan pendiente de fuerte (15° a 25°) a moderada (5° - 15°), conformando geoformas de piedemonte proluvial o aluvio torrencial.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, que presenta el sector evaluado, se consideran como de **Peligro Muy Alto y Zona Crítica**.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y por los tomadores de decisiones en las áreas evaluadas; como la construcción de drenes de coronación, impermeabilización de los canales de regadío, evitar el riego por inundación, evitar la deforestación y programar actividades de descolmatación en las quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye con el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas con elementos vulnerables expuestos.

Atendiendo las solicitudes remitidas por la Municipalidad Distrital de Tacabamba, según Oficio N° 089-2022-MDT-A, es en el marco de nuestras competencias, se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Elvis Rubén Alcántara Quispe y Luis Miguel León Ordáz, para realizar la evaluación de peligros geológicos en las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín; los cuales se realizaron el 21 de mayo del 2022.

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

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Distrital de Tacabamba, Municipalidad Provincial de Chota y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por derrumbes y flujos de detritos en las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de derrumbes y flujos de detritos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos identificados durante los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

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

- Boletín N° 38 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Wilson, 1984); donde se describe la geología a una escala 1:100 000, se señala que en la zona de estudio afloran calizas del Grupo Pullucana (Ks-pu) y de la Formación Pariatambo (Ki-pt)
- En Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1/250 000; cuyos centros poblados en estudio se sitúan sobre zonas con susceptibilidad media y alta a la ocurrencia de movimientos en masa.
- En el Reporte Complementario de emergencia N° 091 - 30/06/2022 (COER-Cajamarca, 2022) se reporta la reactivación de los movimientos en masa en los sectores Nuevo San Martín – Vista Alegre, afectando 180 m de la vía vecinal CA-920 y 60 m de canal de regadío.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde al sector de intersección de las quebradas Vista Alegre y Nuevo San Martín, distrito Tacabamba, provincia Chota, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Cuadro 1. Coordenadas del área de evaluación.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	770500	9294650	-6.375458	-78.554787
2	770500	9293800	-6.383140	-78.554749
3	769700	9293800	-6.383174	-78.561981
4	769700	9294650	-6.375492	-78.562012
Coordenada central de los flujos de detritos				
C	770075	9294113	-6.380328	-78.558609

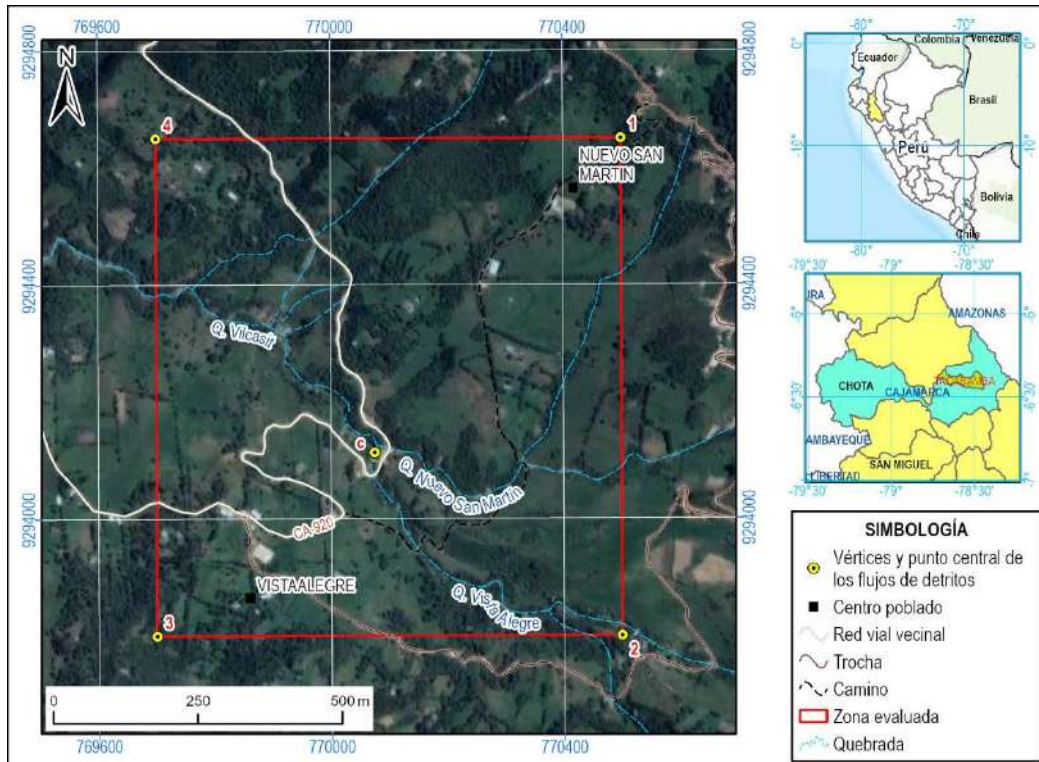


Figura 1. Ubicación de las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín, distritos Tacabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018a), la localidad de Vista Alegre tiene una población de 79 habitantes (39 hombres y 40 mujeres) distribuidos en 46 viviendas (38 ocupadas) con redes públicas de agua y energía eléctrica pero no de desagüe; mientras Nuevo San Martín posee una población de 108 habitantes (50 hombres y 58 mujeres) distribuidos en 52 viviendas (39 ocupadas) con red pública de agua y energía eléctrica pero no desagüe (INEI, 2018b)

Además, Nuevo San Martín cuenta con 2 instituciones educativas: inicial y primaria (Minedu, 2022); y un centro de salud de categoría I-1 (Minsa, 2022).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la ciudad de Tacabamba, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía nacional PE-3N y la vía afirmada departamental CA-105, tal como se detalla en la siguiente ruta (Cuadro 2, Figura 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Tacabamba	Asfaltada	179	5 horas



Figura 2. Ruta desde la ciudad de Cajamarca hasta la ciudad de Tacabamba. **Fuente:** Google Maps.

Desde la ciudad de Tacabamba, para ir hasta las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín se toma la vía vecinal CA-920 (Figura 3), la cual se encuentra afirmada, este tramo es de 12km y toma un tiempo de 20 minutos en auto.

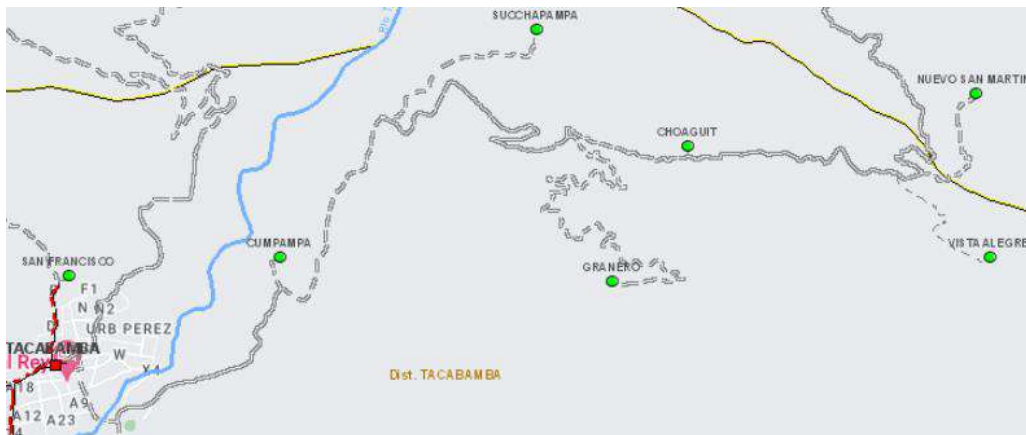


Figura 3. Ruta desde la ciudad de Tacabamba hasta las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín. **Fuente:** Sistema de consulta de centros poblados INEI.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Lluvioso con otoño e invierno secos, Templado (B (o, i) B'); el cual está caracterizado por tener una temperatura máxima entre 19°C a 23°C y temperatura mínima de 3°C a 7°C; además de una precipitación anual entre 700mm y 1500mm, aproximadamente.

Los días 2 y 3 del mes de marzo del 2022, en el departamento de Cajamarca, las lluvias marcaron niveles de intensidad extrema (Figura 4), causando impactos en la población, viviendas, medios de vida, vías e infraestructuras públicas; por lo que se declaró el estado de emergencia (según Decretos Supremos 017 y 018 del 2022-PCM) a 81 distritos de este departamento, entre ellos Tacabamba; debido a que el impacto de daños sobrepasó el nivel de atención local y regional.

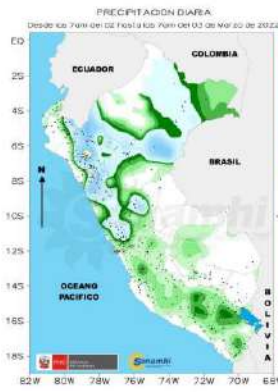


Figura 6



Figura 7

Cuadro 4: Caracterización de la precipitación a nivel nacional.

DEPARTAMENTO	CIUDAD	PP (mm)	CLASIFICACIÓN
AMAZONAS	ARAMANGO	40.5	Ext. lluvioso
AMAZONAS	EL-PALTO	74.3	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	AUGUSTO-WEBERBAUER	40.4	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	JESUS	37.3	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CHOTA	49.5	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CUTERVO	50.6	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	BAMBAMARCA	31.4	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CHUGUR	100.7	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	QUEBRADA-SHUGAR	40.8	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	CHONTALI	103.1	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	LA-CASCARILLA	79.8	Ext. lluvioso
CAJAMARCA	SALLIQUE	60.6	Ext. lluvioso
LA LIBERTAD	CACHICADAN	60.8	Ext. lluvioso
LA LIBERTAD	HUANGACOCCHA	43.6	Ext. lluvioso

Se ha registrado un día «Ext. Lluvioso» en Amazonas, Cajamarca y La Libertad; además se presentó un día «Muy Lluvioso» en Cajamarca, La Libertad y Piura (Cuadro 4 y Figura 7).

Figura 4. Reporte de lluvias entre los días 2 y 3 de marzo del 2022, marcando niveles de lluvia de intensidad extrema a lo largo de todo el departamento de Cajamarca. Fuente Senamhi.

2. DEFINICIONES

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

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

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

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

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

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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).

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

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

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

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín de la serie A, Carta Geológica Nacional, N°38 “Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén” (Wilson, 1984); complementados y validados con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en los alrededores de la zona evaluada corresponden a la secuencia de calizas y lutitas calcáreas de las formaciones Chúlec, Pariatambo y Grupo Pulluicana; en algunos lugares se acumulan depósitos cuaternarios originados por eventos de remisión en masa (coluvio-deluvial y proluvial); a continuación, se detallan las características de estas unidades.

3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu)

Esta unidad se ubica al sur de la zona evaluada, está cubierta con suelos de uso agrícola y solo es posible diferenciarla en cortes de carretera y quebradas; sus suelos superficiales muestran una marcada coloración crema por meteorización y erosión de sus calizas.

Los escasos macizos aflorantes de calizas se presentan medianamente fracturados y moderadamente meteorizadas.

3.1.2. Formación Pariatambo (Ki-pt)

Esta formación está constituida por lutitas calcáreas y calizas con alto contenido orgánico (bituminosas), lo que les da una distinguida coloración negruzca. Sobre esta formación se han cartografiado los derrumbes y flujos de detritos de la zona evaluada.

La resistencia de sus macizos rocosos es muy baja, se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados (Fotografía 1); además, sus discontinuidades tienen paredes lisas y están rellenas con arcillas blandas (Figura 5).

Su Índice de Resistencia Geológica GSI (Hoek, 2007) es muy bajo, de 19 en promedio (Figura 6).

3.1.3. Formación Pulluicana (Ks-pu)

Esta unidad está conformada por estratos gruesos de calizas wackestone de alta resistencia, poco fracturadas y moderadamente meteorizadas por lo que generan un relieve elevado y escarpado, en la zona de estudio se ubica en la zona norte, conformando altas montañas cubiertas de pastos y arbustos naturales.



Fotografía 1. Corte de carretera de la vía CA-920 donde se aprecian estratos disturbados y plegados de la Formación Pariatambo. **Ubicación:** E: 769978; N: 9294480; Z: 2324.



Figura 5. Vista de las calizas y lutitas bituminosas de la Formación Pariatambo en la quebrada Vista Alegre, en su intersección con la vía CA-920. **Ubicación:** E: 770086; N: 9294055; Z: 2309.

<p>ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA ROCAS FRACTURADAS (Hoek y Marinos, 2000) Para la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, estimar el valor promedio del GSI. No intentar ser muy preciso. Citando un rango de 33 a 37 es más realístico que un GSI de 35. Note que las tablas no se aplican a fracturas estructuralmente controladas. Cuando los planos estructurales débiles planares están en una orientación desfavorable con respecto de la cara excavada, estas dominarán el comportamiento de todo el macizo rocoso. La resistencia de cizalla de las superficies en las rocas son propensas a deteriorarse como el resultado de cambios en el contenido de humedad, se reducirá si hay presencia de agua. Cuando se trabaja con rocas en las categorías de debil a muy pobre, se debería hacer un desplazamiento hacia la derecha. La presión del agua es tratada con análisis de esfuerzos efectivos</p>		CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES				
ESTRUCTURA		MUY BUENA Superficies muy rugosas, inalteradas y frescas	BUENA Superficies rugosas, ligeramente intemperizadas, con pátinas de óxidos de hierro	REGULAR Superficies lisas, moderadamente intemperizadas y/o alteradas	MALA Superficies lisas y cizalladas, muy intemperizadas con revestimientos o rellenos compactos o fragmentos angulares	MUY MALA Superficies lisas y cizalladas, muy intemperizadas con revestimientos o rellenos arcillosos blandos
		DECRESE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES →				
<p>INTACTA O MASIVA. Espécimen de roca intacta o roca in-situ masiva con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas. Esp. 100cm</p>	150	90			N/A	N/A
<p>BLOCOSA. Macizo rocoso inalterado bien trabado, definido por bloques cúbicos formados por 3 familias de discontinuidades. Esp. 30cm</p>	80	80	70			
<p>MUY BLOCOSA. Macizo rocoso trabado, parcialmente perturbado, definido por bloques angulares de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades. Esp. 10cm</p>	40	60	50			
<p>BLOCOSA/PERTURBADA/DEFORMADA Plegada, bloques angulares de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de los planos de estratificación o esquistocidad. Esp. 3cm</p>	5		40		30	
<p>DESINTEGRADA. Pobremente trabada, macizo rocoso muy fracturado con mezcla de fragmentos de roca angulares y redondeados Esp. 1cm</p>	2				20	
<p>LAMINADA/ CIZALLADA. Ausencia de blocosidad debido a espaciados cercanos de debil esquistocidad o planos de cizalla</p>		N/A	N/A			10
		DISMINUYE LA TRABAZON DE LAS PIEZAS DE ROCA ↓				

Figura 6. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Formación Pariatambo presentes en la zona de estudio. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.4. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos producto de la acumulación de movimientos en masa desencadenados por acción de la gravedad y sobresaturación; su composición va de bloques de formas angulosos a sub redondeados, en una matriz de arcillas de alta plasticidad (Fotografía 2).

Tienen muy baja compactación y consolidación, siendo fácilmente erosionados por las escorrentías de las quebradas o de las laderas durante las épocas de lluvias intensas, a modo de flujos de detritos.



Fotografía 2. Depósito coluvio deluvial ubicado en un talud de la vía CA-920. **Ubicación:** E: 770021; N: 9294117; Z: 2311.

Depósito proluvial (Q-pr)

Estos depósitos son el producto de la acumulación de los materiales transportados por flujos de detritos; debido a su alta movilidad y energía, sus bloques y gravas son de formas redondeadas a subredondeadas, de composición muy heterogénea; su matriz es de limos de alta plasticidad (Fotografía 3).



Fotografía 3. Bloques de un depósito proluvial en la quebrada Vista Alegre. Fuente: **Ubicación:** E: 770072; N: 9294056; Z: 2309.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional geomorfológica, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se utiliza un Modelo digital de elevaciones de detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011); un ortomosaico y un modelo digital de elevaciones detallado, obtenidos de un levantamientos fotogramétricos con dron en mayo del 2022, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de tener una visión de la zona, a mayor detalle (escala 1/5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

Vista Alegre y Nuevo San Martín, presentan altitudes que van desde los 2 198 m a los 2 620 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (Figura 7), siendo el área con mayor pendiente, terrenos entre los 2 250m y 2 350 m, con pendiente promedio de 25° a 45°; y en algunos sectores superan los 45°; todas estas desarrolladas sobre unidades de calizas y lutitas de la Formación Pariatambo que conforman montañas en rocas sedimentarias.

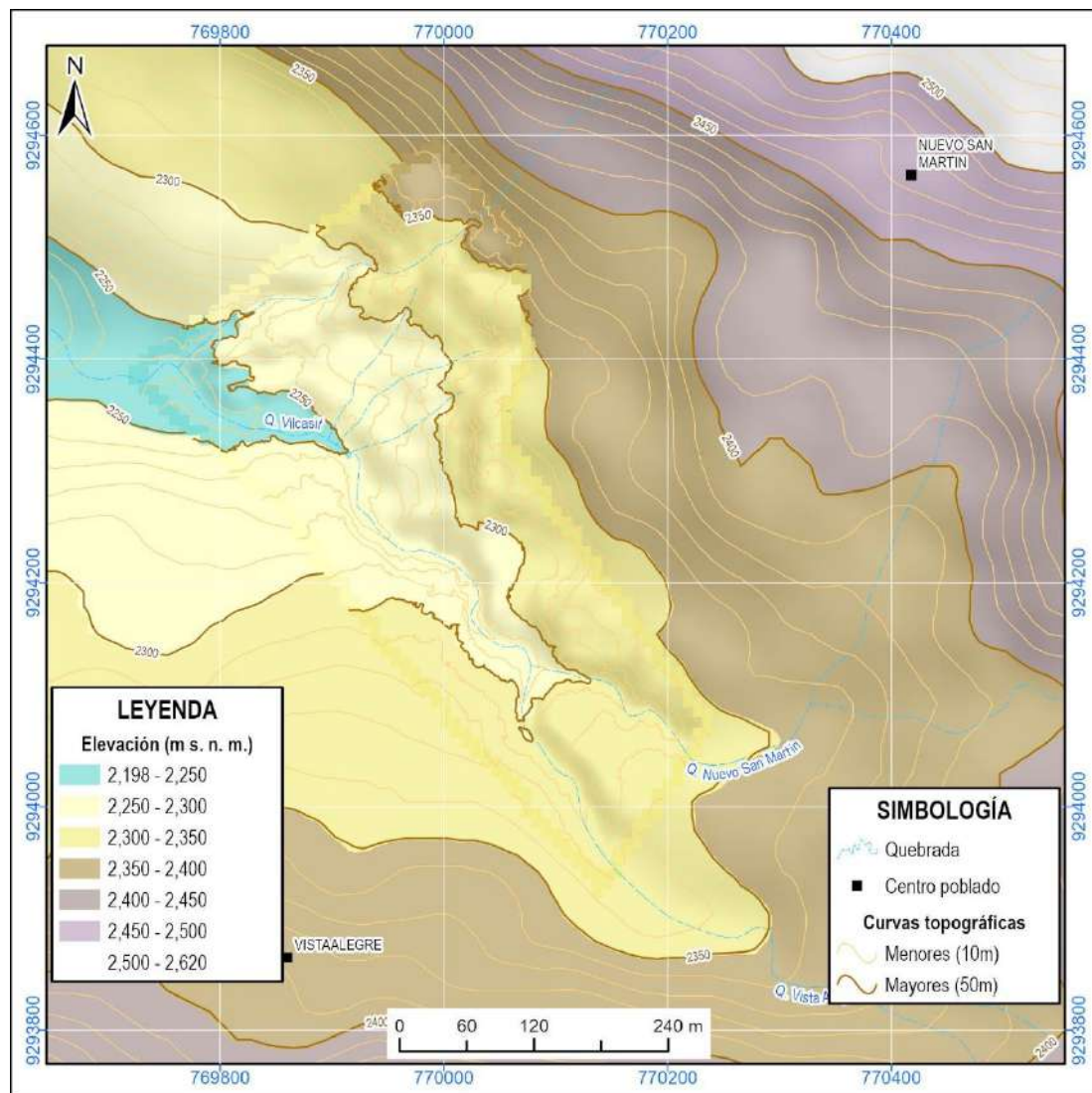


Figura 7. Modelo digital de elevaciones de la zona estudiada.

4.2. Pendiente del terreno

Los eventos de derrumbes se han desencadenado en terrenos con pendiente muy escarpada ($>45^\circ$) o escarpada (de 25° a 45°); y los flujos de detritos canalizados en las laderas y quebradas con pendiente escarpada a fuertes (15° a 25°) (Figura 8, Mapa 2).

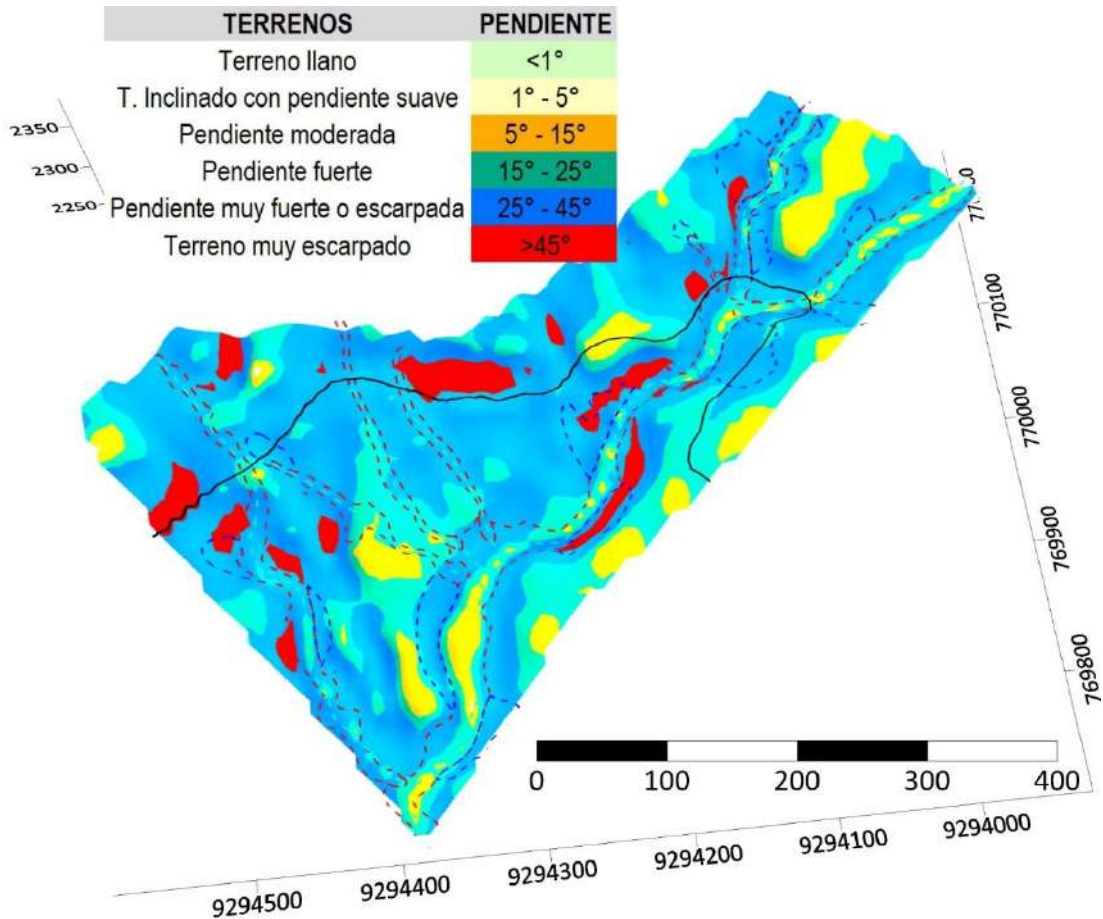


Figura 8. Modelo 3D de las pendientes del terreno de la zona evaluada, en líneas discontinuas azules se delimitan los derrumbes y en rojo los flujos de detritos.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña estructural en rocas sedimentarias y montaña en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio-deluvial y piedemonte proluvial o aluvio-torrencial), la cartografía de geoformas se presenta en el Mapa 3, se grafican en la Figura 9 (parte alta de la zona) y Figura 10 (parte baja de la zona); además se describe a continuación.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30 % (Villota, 2005).

- **Sub unidad de montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs)**

Se presenta al norte de la zona evaluada, donde los macizos rocosos compuestos por rocas sedimentarias de alta resistencia han generado pendientes escarpadas con relieve agreste y escasa vegetación.

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

Se presenta al centro y sur de la zona evaluada, muestran pendientes moderadas o fuertes y una cobertura vegetal más densa, debido a la menor resistencia geológica de sus macizos rocosos.

4.3.2. Geoformas 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 Piedemonte

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

Corresponde a los terrenos originados por la acumulación de los materiales movilizados por los derrumbes; conforman laderas inestables que son fácilmente removidas por escorrentías durante las épocas de lluvias intensas.

- **Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral)**

Estas geoformas se ubican en los terrenos donde los flujos de detritos han acumulado material muy heterogéneo y con estructura caótica, debido a la alta energía durante su recorrido ladera abajo.



Figura 9. Geofomas entre las quebradas Vista Alegre y Nuevo San Martín, en la parte inferior de la fotografía se aprecia su unión y cambio de nombre a quebrada Vilcasit.



Figura 10. Geofomas de la parte baja de la zona evaluada.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín han sido lugar de múltiples derrumbes y flujos de detritos detonados por las lluvias intensas, como las que ocurrieron en marzo del 2022 (Figura 11), que afectó la vía vecinal CA-920, canales de riego y terrenos de las comunidades; debido a la falta de medidas de reducción del riesgo. La cartografía de los peligros se muestra en el Mapa 4 y se describe a continuación.

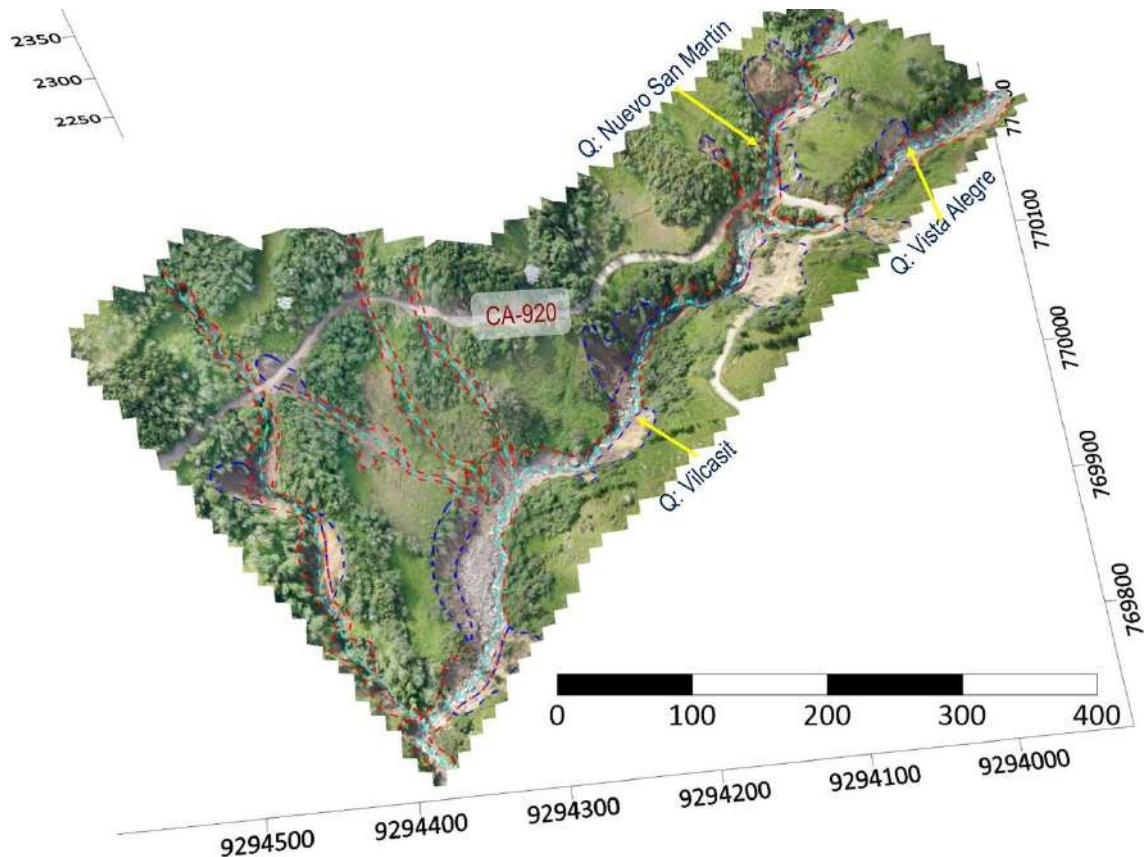


Figura 11. Modelo 3D de la intersección de las quebradas Vista Alegre y Nuevo San Martín, origen de la quebrada Vilcasit; donde se aprecian derrumbes (línea discontinua azul) y flujos de detritos (línea discontinua roja) que afectan a la vía CA-920 y terrenos de los pobladores locales.

5.1. Derrumbes

5.1.1. Descripción

Se han cartografiado 15 de estos movimientos en masa, ubicados tanto en laderas de montaña, riberas de las quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit; así como taludes de la vía CA-920. Muchos de ellos se acumulan como materiales sueltos que son arrastrados por las fuertes escorrentías, formando flujos de detritos ladera abajo (Figura 12).

En junio del 2022, se reportó la reactivación de varios de estos derrumbes (COER-Cajamarca, 2022) que afectaron a la vía, terrenos y tuberías de regadío (Fotografía 4).



Figura 12. Vista de derrumbes (línea discontinua celeste), flujos de detritos (línea discontinua amarilla) y agrietamientos (línea anaranjada) cartografiados al noroeste de la zona que afectan a la vía y terrenos de las comunidades. **Ubicación referencial** - Este: 769977; Norte: 9294470.



Fotografía 4. Daños en 50 m tramo de vía CA-920 (arriba) y 20 m tubería de regadío (abajo) por la reactivación de un derrumbe – flujo en junio de 2022. **Ubicación** - Este: 769971; Norte: 9294482; Altitud: 2307. **Fuente:** Municipalidad Distrital de Tacabamba.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Derrumbe
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Moderado (pocos centímetros al día, según pobladores)
- Composición: Suelo arcillosos con bloques, de alta plasticidad y moderado contenido de materia orgánica (Cuadro 3)
- Deformación del terreno: Ondulado
- Área: 11 856 m²
- Perímetro: 2 018 m

Cuadro 3. Descripción de depósitos superficiales. Ubicación E: 770023; N: 9294124; Z: 2302.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL				GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	10	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	5	Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	5	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	20	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	20	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	35	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input checked="" 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	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.					
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS			
Limos y Arcillas		Arena		Gravas		GW	SW	ML	MH
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	GP	SP	CL	CH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	GM	SM	OL	OH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	GC	SC	PT	
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada				

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por calizas y lutitas calcáreas de muy baja resistencia geológica y depósitos coluvio-deluvial de arcillas de alta plasticidad susceptibles a remoción en masa.
- Ladera con pendiente muy escarpada a escarpada (25° a >45°) y geoformas de vertiente coluvio-deluvial y piedemonte proluvial o aluvio-torrencial, muy susceptibles a erosionarse.
- Canales de regadío desprovistas de impermeabilización.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Chota registró 49.5mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 4).

Daños y pérdidas ocasionados

- Terrenos de agricultura, afectados 2 hectáreas.
- Vía Tacabamba a Rosapampa (CA-920) afectada en 180 m.
- Tubería de regadío, destruida en 60 m.

5.2. Flujos de detritos

5.2.1. Descripción

Por las quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit, se canalizaron flujos de detritos detonados por las intensas precipitaciones del mes de marzo del 2022; estos flujos han sido alimentados por derrumbes originados sobre sus cauces. Se ha documentado la afectación de un badén, un puente carrozable de la vía CA-920 y 2 puentes peatonales, aun sin medidas de rehabilitación definitivas (Figura 13).

Son aproximadamente cinco torrentes de flujos de detritos desarrollados sobre las laderas de alta pendiente (Figura 12).

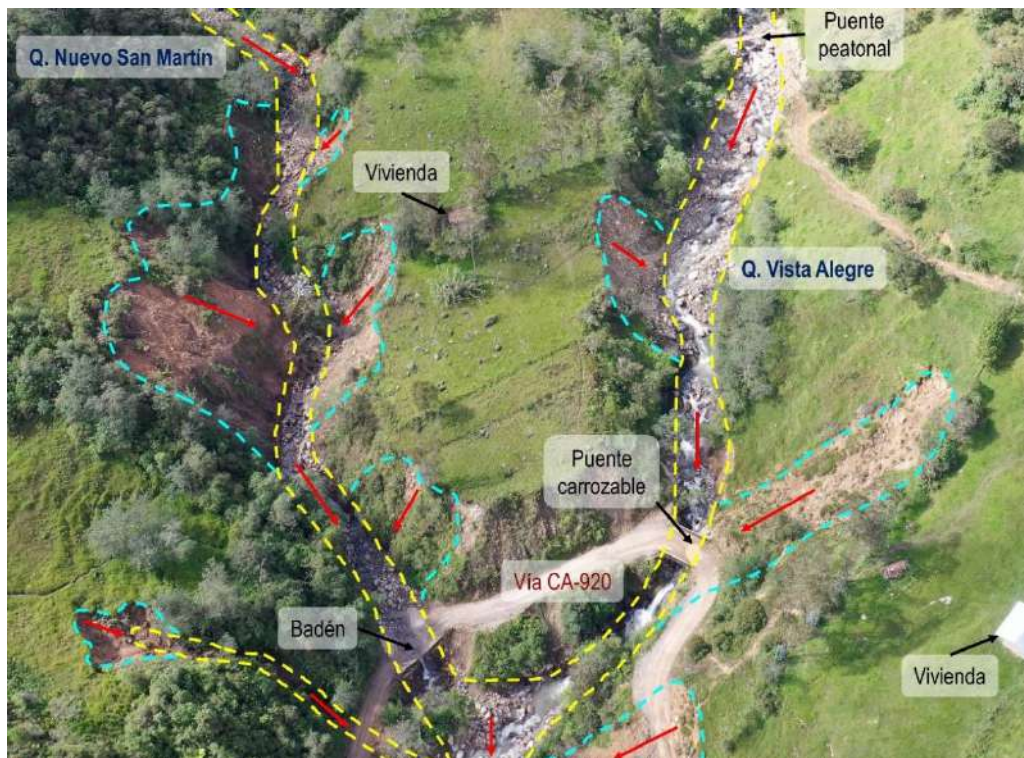


Figura 13. Vista de la intersección de las quebradas Vista Alegre (derecha) y Nuevo San Martín (izquierda) donde los derrumbes (línea discontinua celeste) y flujos de detritos (línea discontinua amarilla) han afectado a la vía CA-920, un puente carrozable, un badén y un puente peatonal.

5.2.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Muy alta (varios metros por minuto, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelos de gravosos con arcillas y limos (Cuadro 4)
- Deformación del terreno: Ondulado
- Área: 31 311 m²
- Perímetro: 7 516 m

Cuadro 4. Descripción de depósitos superficiales. Ubicación E: 770071; N: 9294066; Z: 2298.

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

PLASTICIDAD	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLÓGIA
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

COMPACIDAD		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Factores condicionantes

- Presencia y acumulación de materiales sueltos e inconsolidados, compuesto por bloques, gravas y arenas mal gradadas y de baja plasticidad, que se disponen a lo largo de la quebrada.
- Ladera con pendiente fuerte (15° a 25°) y geoforma de piedemonte proluvial o aluvio torrencial, muy susceptible a erosionarse.
- Quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit, colmatadas y sin mantenimiento

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Chota registró 49.5mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 4).

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 1 puente carrozable afectado.
- 1 badén afectado.
- 2 puentes peatonales colapsados.
- 3 hectáreas de terrenos afectados.

6. CONCLUSIONES

- a. En las inmediaciones de laderas y quebradas de las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín, se han cartografiado e inventariado aproximadamente 15 derrumbes y 8 flujos de detritos, ocurridos entre marzo y junio del 2022, los cuales afectaron la vía vecinal CA-920 en un tramo de 180 m, 1 puente carrozable, 1 badén, 2 puentes peatonales, canales de regadío en un tramo de 60 m y terrenos de cultivo en 5 hectáreas.
- b. El contexto litológico está conformado por rocas sedimentarias de calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Pariatambo; coberturados por depósitos coluvio-deluviales y proluviales de derrumbes y flujos (respectivamente), muy susceptibles a reactivarse y removerse debido a precipitaciones temporales y extraordinarias.
- c. Los terrenos donde se han generado los derrumbes poseen laderas con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a $>45^\circ$), que modelan geoformas de vertientes o piedemontes coluvio-deluviales; y de piedemonte proluvial o aluvio torrencial.
- d. Las quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit, han canalizado los flujos de detritos, a lo largo de cauces y vertientes, que presentan pendientes escarpada a muy fuerte (15° a 25°).
- e. La ausencia de una debida impermeabilización de los canales de regadío, la deforestación con fines agrícolas en las laderas, sumado a las condiciones de sitio mostradas, han condicionado la generación de los derrumbes y flujos de detritos.
- f. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales de intensidad extrema (cerca de 50mm/día), como la que se presentó en marzo del 2022.
- g. El área impactada por los derrumbes y flujos de detritos, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto y Zona Crítica**.

7. RECOMENDACIONES

- a. Construir drenes de coronación sobre los terrenos con derrumbes y agrietamientos e impermeabilizar los canales de regadío con una adecuada sección impermeabilizada o con mangueras flexibles (Anexo 2a – Figura 14).
- b. Evitar riego por inundación en las laderas inestables de las localidades de Vista Alegre y Nuevo San Martín, en su lugar se recomienda utilizar riego tecnificado (goteo o aspersión).
- c. Evitar la deforestación en las laderas y/o remoción de cobertura vegetal para uso de cultivos agrícolas. Reforestar con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – Figura 15 y Fotografía 5).
- d. Programar actividades de descolmatación y mantenimiento de los cauces de las quebradas Vista Alegre, Nuevo San Martín y Vilcasit.
- e. Reforestar las laderas, con especies nativas.
- f. La recomendaciones dadas se deben implementar, para evitar mayores daños que los mencionados.

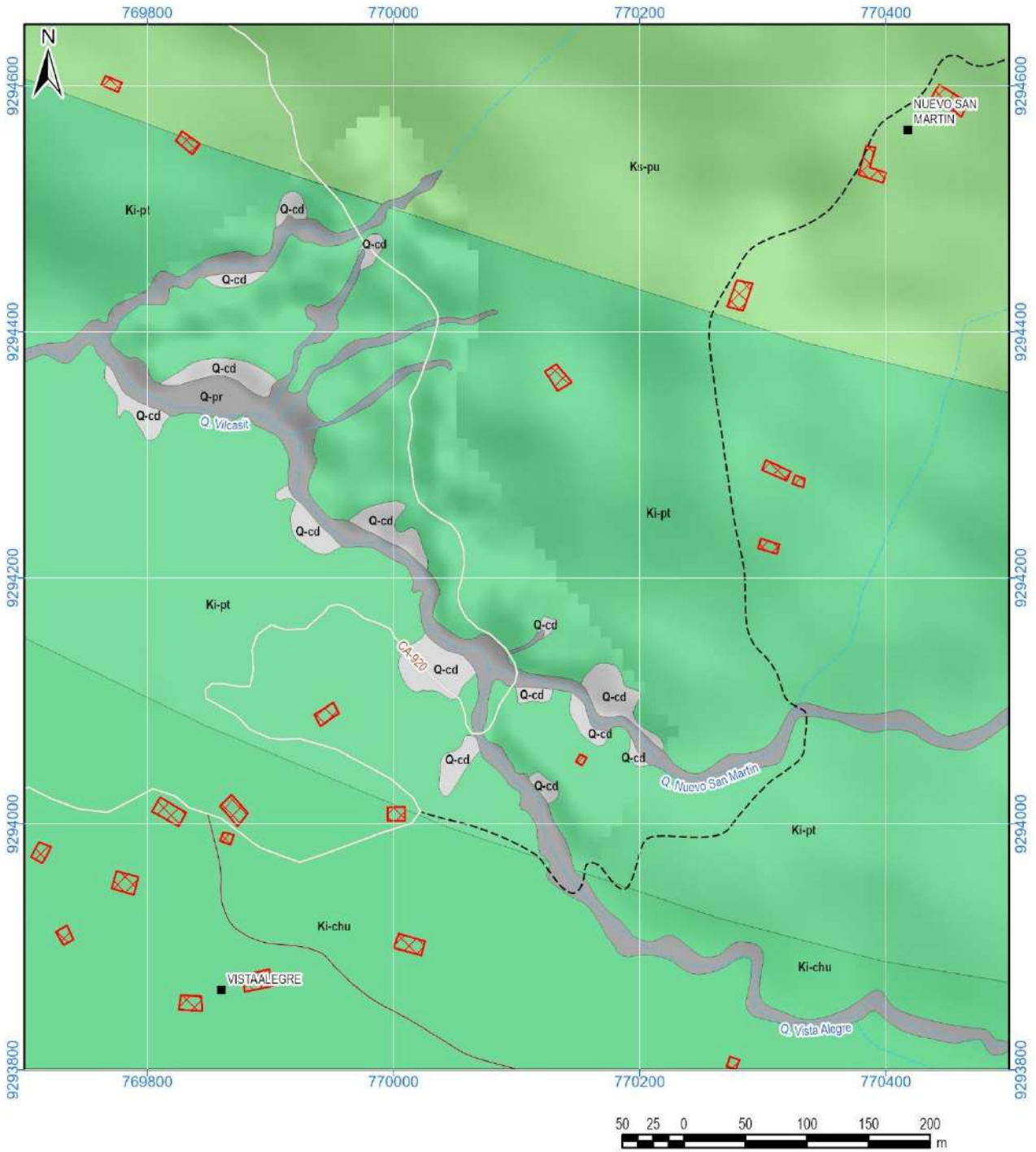

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


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

8. BIBLIOGRAFÍA

- AlosPalsar. (2011). *Modelo Digital de Elevaciones Alos Palsar 26527*. 1. <https://search.asf.alaska.edu/>
- COER-Cajamarca. (2022). *Reporte Complementario de Emergencia N° 098-2022 30/06/2022*.
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. In *Practical Rock Engineering* (2nd ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018a). *Censos Nacionales 2017*. Sistema de Consulta de Base de Datos REDATAM. <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- INEI. (2018b). *Centros Poblados*. Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Minedu. (2022). *ESCALE*. Estadística de Calidad Educativa ESCALE. <http://escale.minedu.gob.pe/padron-de-ieee>
- Minsa. (2022). *RENIPRESS*. Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud. <http://app12.susalud.gob.pe/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1st ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- 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.; 1st ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1st 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* (2nd ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén*. *Ingemmet Boletín N° 38 Serie A* (1st ed.).
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca*. *Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.

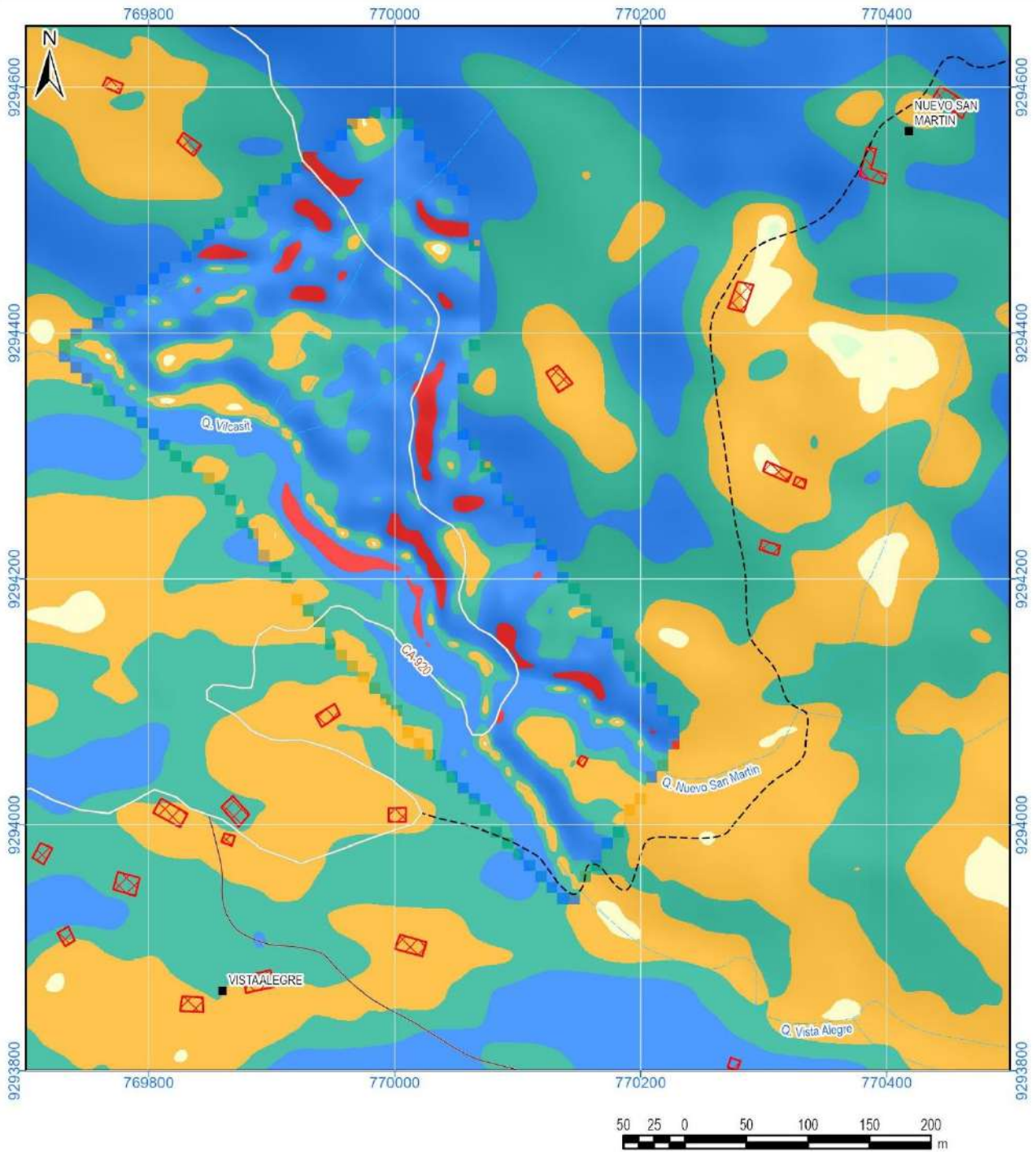
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
■	Centro poblado
~	Quebrada
—	Red vial vecinal
~	Trocha
- - -	Camino
⊠	Vivienda

LEYENDA	
■	Q-pr: Depósito proluvial
■	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
■	Ks-pu: Grupo Pullucana
■	Ki-pt: Formación Pariatambo
■	Ki-chu: Formación Chúlec

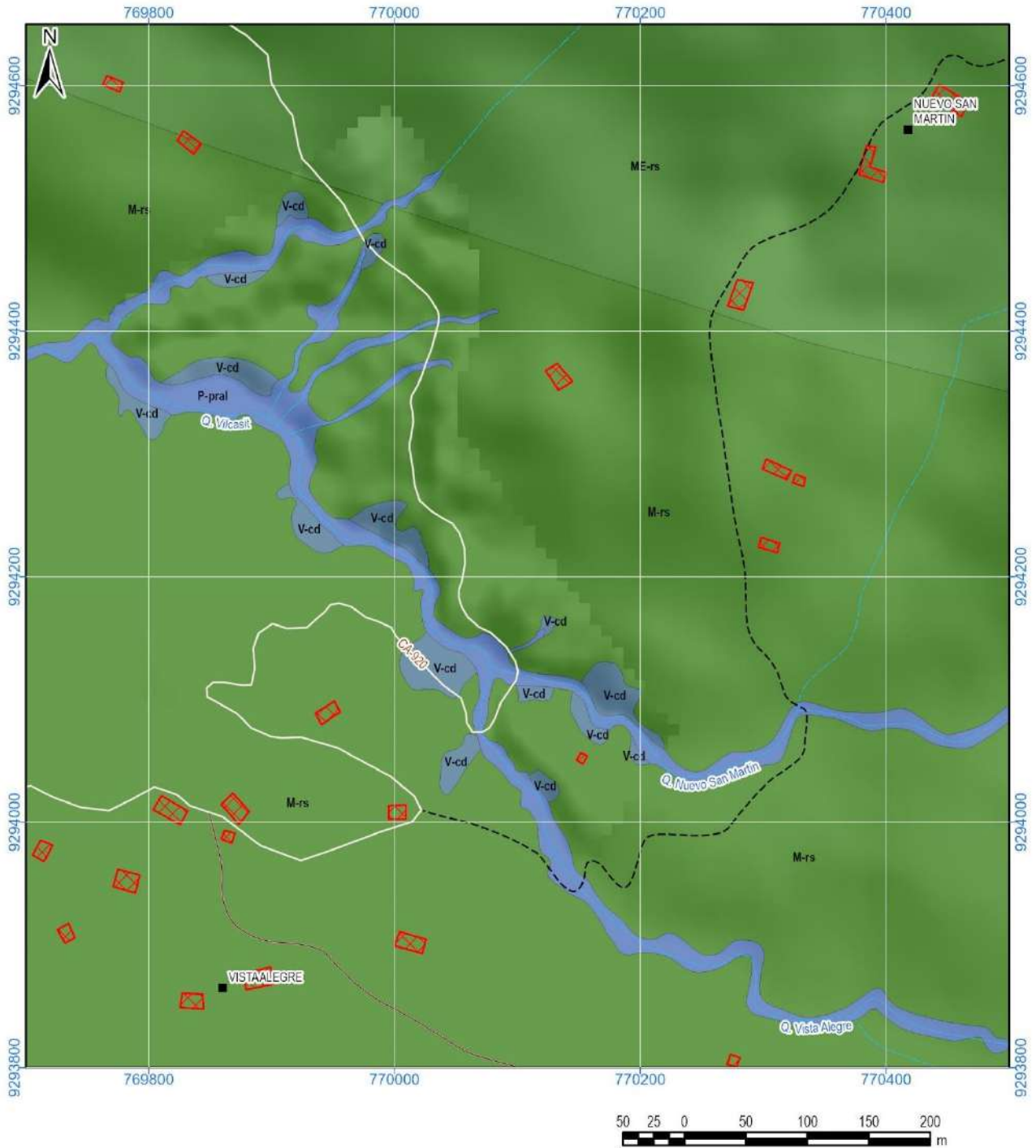
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA	
MAPA GEOLÓGICO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2022
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
■	Centro poblado
	Quebrada
	Red vial vecinal
	Trocha
	Camino
	Vivienda

LEYENDA	
	<math><1^\circ</math>: Terreno llano
	$1^\circ-5^\circ$: Terreno inclinado con pendiente suave
	$5^\circ-15^\circ$: Pendiente moderada
	$15^\circ-25^\circ$: Pendiente fuerte
	$25^\circ-45^\circ$: Pendiente muy fuerte o escarpada

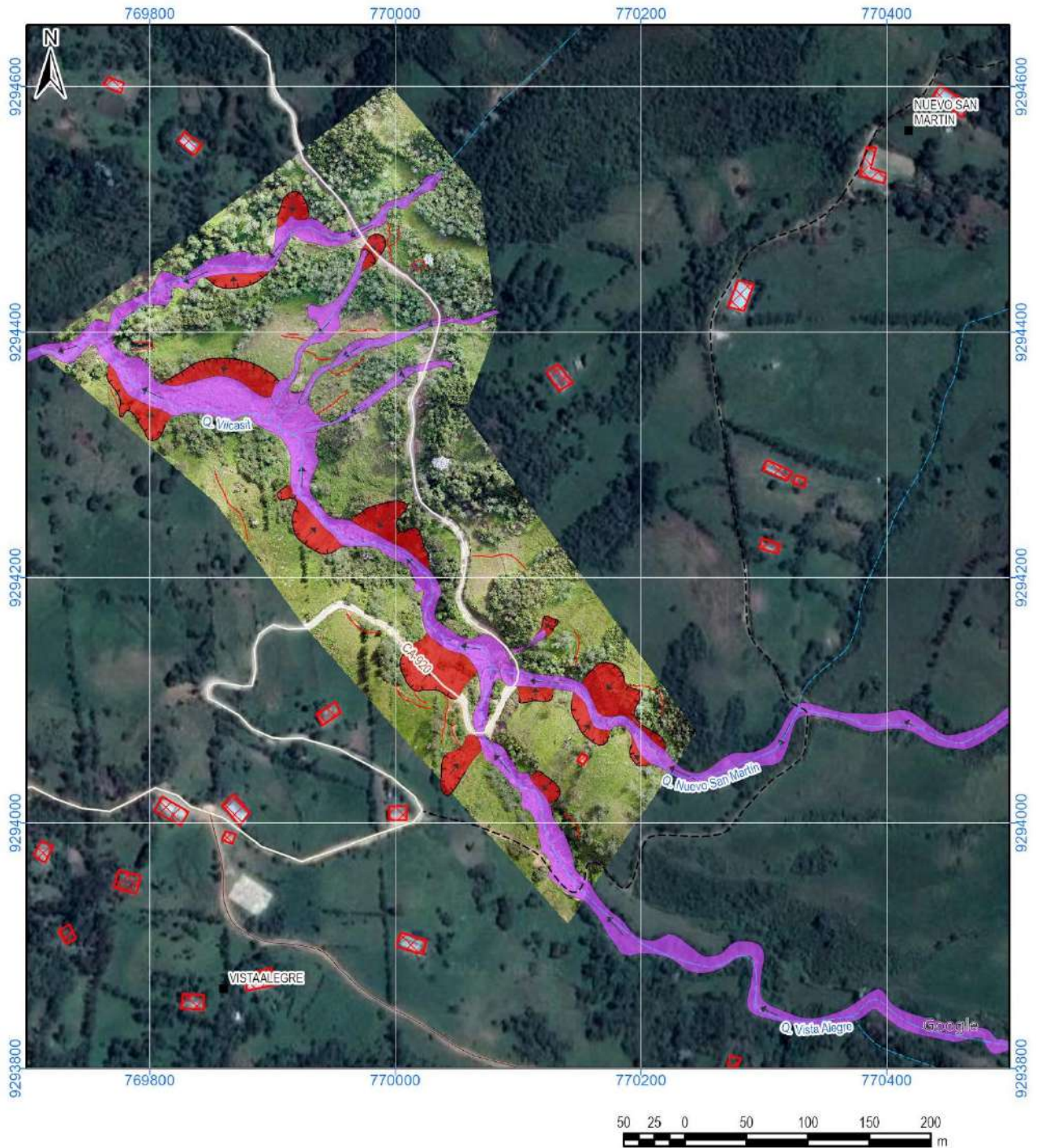
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA	
MAPA DE PENDIENTES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2022
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
■	Centro poblado
	Quebrada
	Red vial vecinal
	Trocha
	Camino
	Vivienda

LEYENDA	
	ME-rs: Montaña estructural en rocas sedimentarias
	M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	P-pral: Piedemonte proluvial o aluvio torrencial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CHOTA - TACABAMBA	
MAPA GEOMORFOLÓGICO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2022
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
■	Centro poblado
	Quebrada
	Red vial vecinal
	Trocha
	Camino
	Agrietamiento
	Escarpe de derrumbe activo
	Dirección de movimiento activo
	Vivienda

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Flujo de detritos reciente

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 - CHOTA - TACABAMBA	
MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/5,000	Versión digital: 2022
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para los deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (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 deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 14). 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.

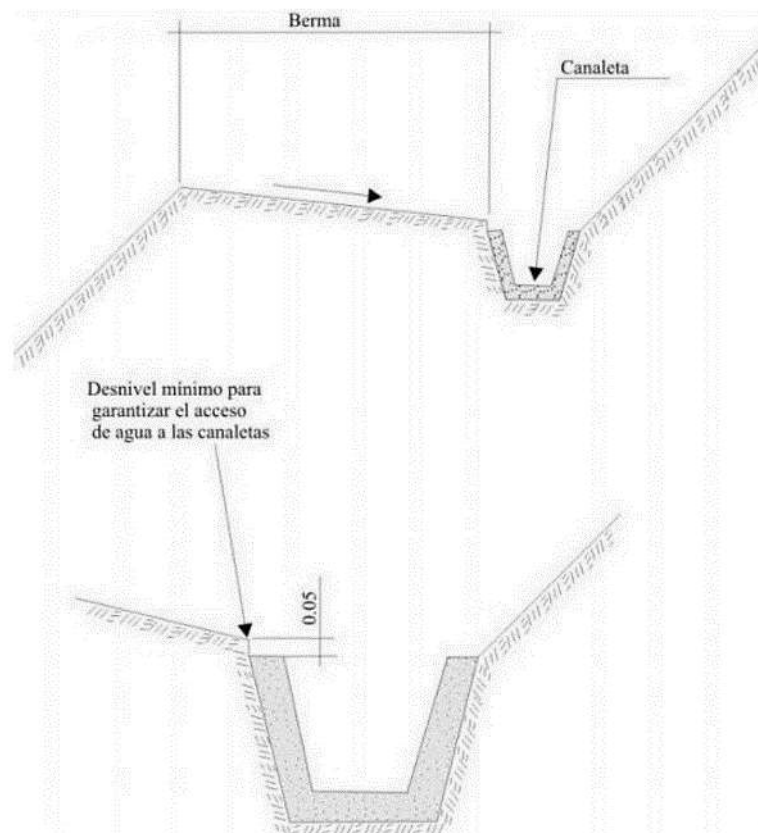


Figura 14. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda les 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 deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

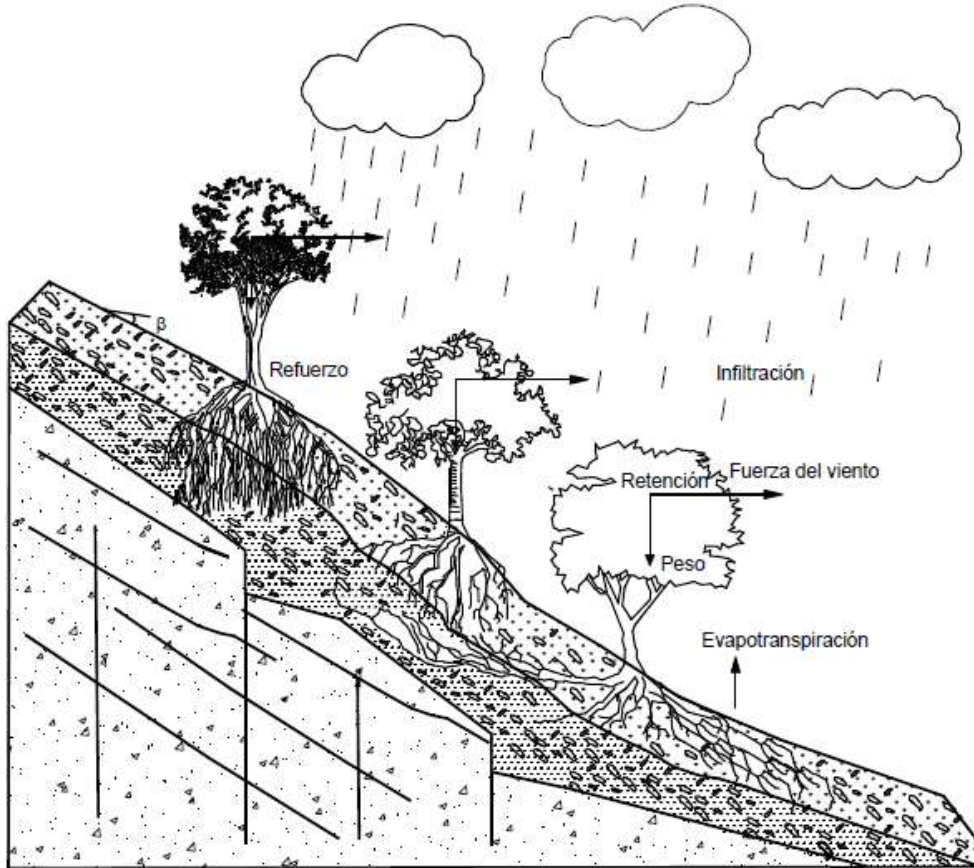


Figura 15. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 5. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.