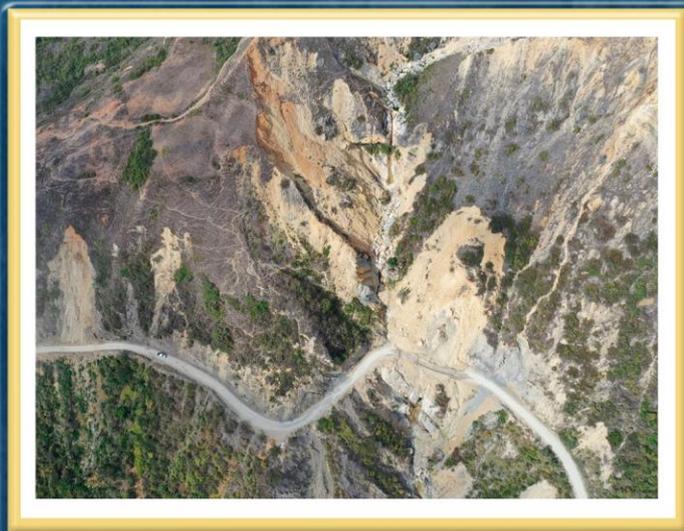


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7311**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE SHUSURO, YANASAMANA Y YANAQUERO

Departamento Cajamarca  
Provincia Celendín  
Distrito Celendín



OCTUBRE  
2022

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS LOCALIDADES DE SHUSURO, YANASAMANA Y YANAQUERO**

*(Distrito Celendín, provincia Celendín, 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 movimientos en masa en las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, distrito Celendín, provincia Celendín, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7311, 52p.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes.....	6
1.3. Aspectos generales .....	6
1.3.1. Ubicación .....	6
1.3.2. Población .....	7
1.3.3. Accesibilidad .....	7
1.3.4. Clima.....	8
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	<b>9</b>
<b>3. ASPECTO GEOLÓGICO</b> .....	<b>11</b>
3.1. Unidades litoestratigráficas .....	11
3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu).....	11
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	14
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	<b>18</b>
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	18
4.2. Pendiente del terreno.....	19
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	21
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	21
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	21
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>23</b>
5.1. Deslizamiento-flujo en la localidad de Shusuro DR1 .....	24
5.1.1. Descripción del deslizamiento-flujo.....	24
5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento.....	25
5.1.3. Características visuales y morfométricas.....	26
5.2. Flujo de detritos de la quebrada Shusuro F1 .....	28
5.2.1. Descripción del flujo de detritos.....	28
5.2.2. Características visuales y morfométricas.....	29
5.3. Flujo de detritos en la localidad de Yanasamana F2 .....	30
5.3.1. Descripción del flujo de detritos.....	30
5.3.2. Características visuales y morfométricas.....	32
5.4. Flujo de detritos en la localidad de Yanaquero Quebrada El Oso F3 .....	34
5.4.1. Descripción del flujo de detritos.....	34
5.4.2. Características visuales y morfométricas.....	36
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>38</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>40</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>41</b>
<b>ANEXO 1. MAPAS</b> .....	<b>42</b>
<b>ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS</b> .....	<b>50</b>

## 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)”. Con este trabajo se cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, distrito Celendín, provincia Celendín, departamento Cajamarca.

En el sector Shusuro se generó un deslizamiento-flujo y un flujo de detritos sobre suelos coluvio-deluviales, que recubren las calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec. Los terrenos corresponden a geoformas de vertientes coluvio-deluviales y piedemontes proluviales de pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°); los movimientos en masa han afectado la vía departamental CA-109 en un tramo de 170 m, terrenos de cultivo en 5 ha y podría afectar 5 viviendas.

En Yanasamana se cartografiaron diversos flujos de detritos que convergen en la vía CA-109, estos eventos se han generado sobre calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Pariatambo y del Grupo Pulluicana, provocando la acumulación de depósitos proluviales en las quebradas. Los terrenos corresponden a geoformas de montañas y montañas estructurales en rocas sedimentarias con laderas de pendientes muy escarpadas (>45°); mientras los flujos han producido piedemontes proluviales con pendiente fuerte (15° a 25°); estos movimientos en masa afectaron la vía departamental CA-109 en un tramo de 50m, terrenos de cultivo en 5 ha y podría afectar una vivienda.

En el sector Yanaquero se identificaron diversos flujos de detritos que convergen en la quebrada El Oso, estos eventos se han formado sobre calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Pariatambo y del Grupo Pulluicana, provocando la acumulación de depósitos proluviales en el cauce de la quebrada El Oso. Los terrenos corresponden a geoformas de montañas y montañas estructurales en rocas sedimentarias con pendientes muy escarpadas (>45°), mientras los flujos han producido piedemontes proluviales con pendiente fuerte (15° a 25°); estos movimientos en masa han afectado la vía departamental CA-109 en un tramo de 48m y terrenos de cultivo en 6 ha.

El factor detonante, corresponde a las precipitaciones pluviales de intensas y/o prolongadas, como las que se presentaron a inicios de marzo 2022, precipitación máxima de 31.4 mm/día.

Las áreas de impacto por movimientos en masa de las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy alto y Zonas Críticas**.

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y tomadores de decisiones, donde se recomienda construir drenes de coronación, gestionar la instalación de sistemas de alerta temprana, reforestar las laderas de montaña, reubicar las viviendas expuestas, construcción de puentes peatonales sobre los cauces críticos y programar actividades de mantenimiento de la vía CA-109.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales 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 Provincial de Celendín, según Oficio N180-2022-MPC-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en las localidades Shusuro, Yanasamana y Yanaquero; llevado a cabo el día 24 de julio 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), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Provincial de Celendín 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 en las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, distrito Celendín, provincia Celendín, departamento de Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en 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, se tienen afloramientos de calizas y lutitas de la Formación Chúlec (Ki-chu) y depósitos aluviales (Q-al). En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); por escala y detalle, se reafirma la presencia de la Formación Chúlec y de los depósitos aluviales.
- En Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se elabora un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; cuyas localidades en estudio se sitúan sobre zonas con susceptibilidad alta y muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

## 1.3. Aspectos generales

### 1.3.1. Ubicación

Las áreas de evaluación corresponden a las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, distrito Celendín, provincia Celendín, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el Cuadro 1; además de las coordenadas centrales referenciales de los evento identificados.

**Cuadro 1.** Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	815500	9248250	-6.7925854	-78.1459274
2	815500	9243150	-6.8386626	-78.1456528
3	810700	9243150	-6.8389182	-78.1890488
4	810700	9248250	-6.7928391	-78.1893158
Coordenada central de los movimientos en masa identificados				
Deslizamiento 1	813910.375	9244169	-6.8295422	-78.16008
Flujo de detritos 1	813533.125	9244414	-6.8273435	-78.1635056
Flujo de detritos 2	812710.313	9246013	-6.8129435	-78.1710281
Flujo de detritos 3	812369.938	9247955	-6.7954211	-78.174202

### 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 (INEI, 2018), la localidad de Shusuro, tiene una población de 14 habitantes, distribuidos en 10 viviendas, sin acceso a red pública de agua, energía eléctrica o desagüe; mientras Yanasamana no posee habitantes estables, pero si 7 viviendas, sin acceso a red pública de agua, energía eléctrica o desagüe; además, Yanaquero posee una población de 7 habitantes en 7 viviendas pero sin servicio de agua por red pública, energía eléctrica o desagüe.

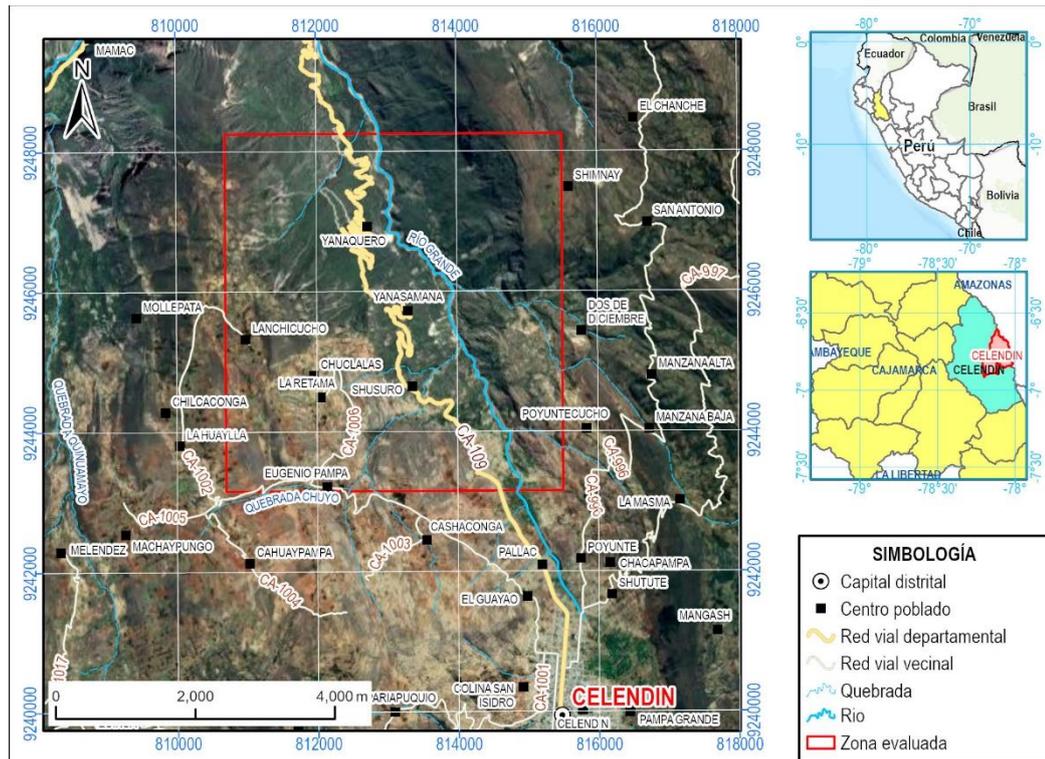


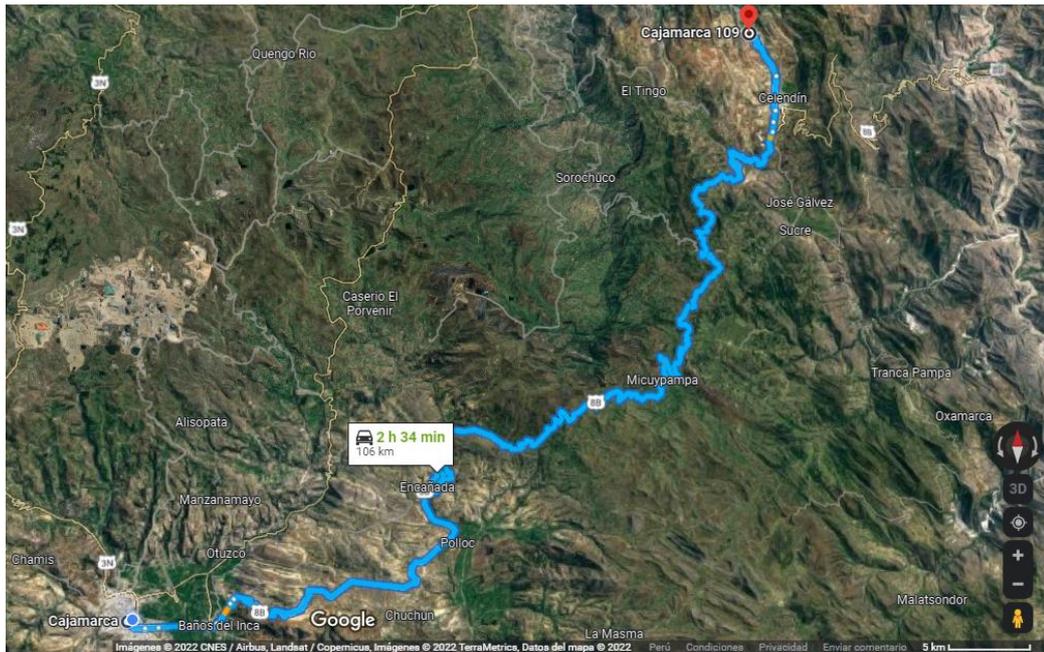
Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas.

### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta las localidades evaluadas, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía nacional PE-3N hasta la ciudad de Celendín; para seguir hasta la zona mediante la vía afirmada departamental CA-109, 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 – Celendín	Asfaltada	102	2 horas 19 minutos
Celendín – Shusuro, Yanasamana y Yanaquero	Afirmada	4	15 minutos

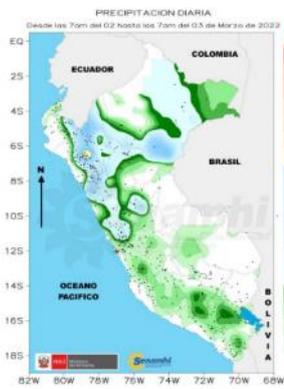


**Figura 2.** Ruta de acceso desde la Cajamarca hasta la zona evaluada. **Fuente:** Google Maps.

### 1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con invierno seco, Templado, C (i) B', con una temperatura máxima promedio entre 15°C a 21°C, una temperatura mínima promedio entre 7°C y 11°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

Los días 2 y 3 el mes de marzo del 2022, en el departamento de Cajamarca, las lluvias marcaron niveles de intensidad extrema; la estación Bambamarca (la más cercana a la zona evaluada) registró 31.4 mm/día (Figura 3), 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 Celendín; 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	ESTACION	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 3.** 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.

**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.

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

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

**Deslizamiento:** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden & Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

**Deslizamiento rotacional:** Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe.

**Deslizamiento traslacional:** Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado.

**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.

**Erosión de laderas:** Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar.

**Escarpe o escarpa:** Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

**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 (volcánicos).

**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 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. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín Serie A, Carta Geológica Nacional, N°38 “Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén” (Wilson, 1984); y el reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); 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

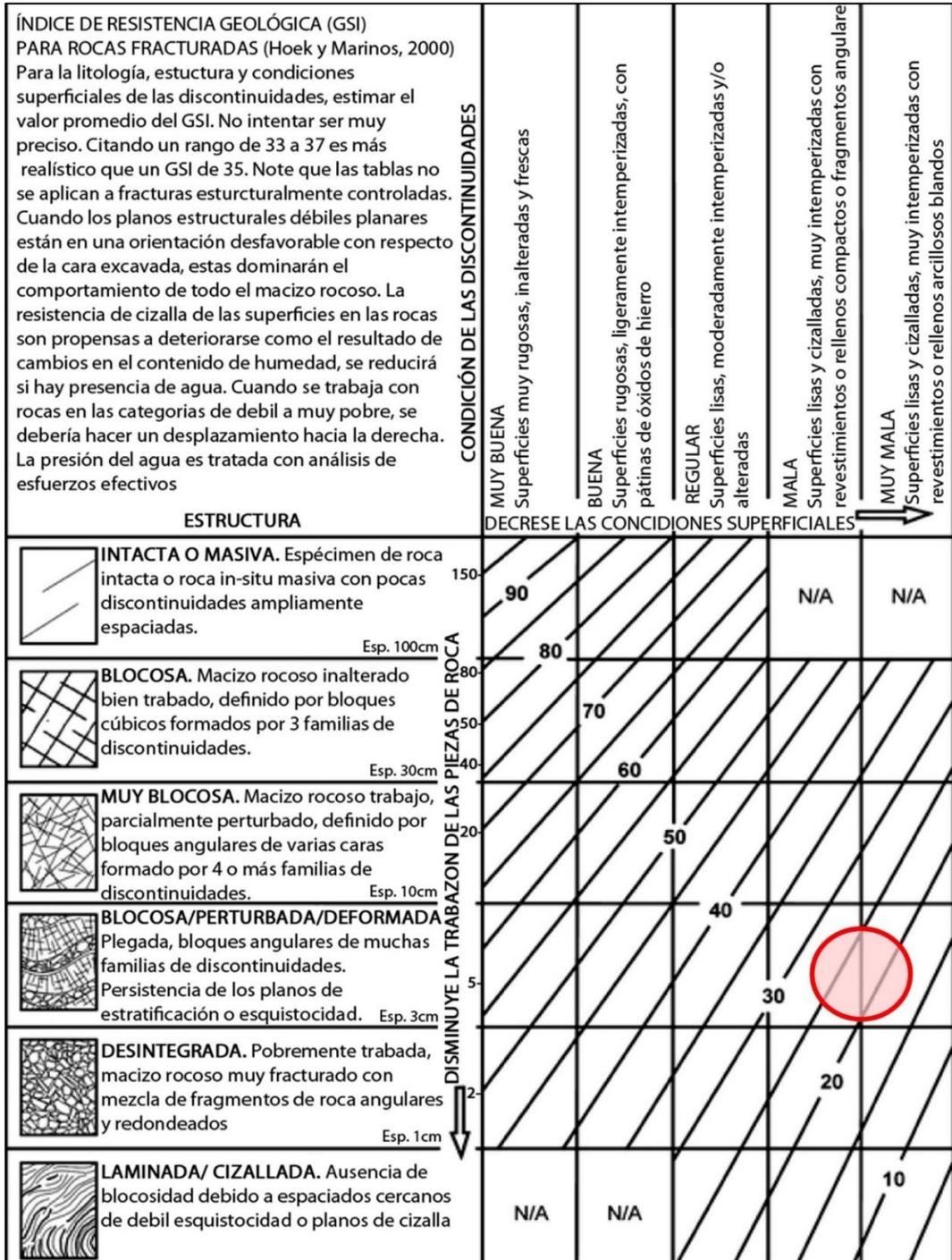
Corresponden a la secuencia carbonatada (calizas y lutitas calcáreas) de la Formación Chúlec; coberturadas por depósitos cuaternarios originados por eventos de remoción en masa (coluvio-deluvial, coluvial, proluvial, aluvial y fluvial).

##### 3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu)

Estas unidades están constituidas por calizas con abundante fauna fósil intercaladas con lutitas calcáreas muy deleznable. Sus afloramientos se encuentran a lo largo de toda la vía CA-109, caracterizado por macizos muy fracturados y altamente meteorizados (Fotografía 1); además, sus discontinuidades están rellenas por calcita cristalizada o arcillas; su Índice de Resistencia Geológica es Bajo (GSI de 23) (Figura 4).



**Fotografía 1.** Vista de macizo rocoso de la Formación Chúlec donde se aprecian los estratos de calizas intercalados con lutitas calcáreas (arriba) y detalle de las lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas (abajo). **Ubicación:** E: 813556; N: 9244426; Z: 2502 (Shusuro).



**Figura 4.** Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Formación Chúlec (Kichu), GSI promedio de 23. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

La resistencia de los estratos de calizas puede llegar a los 50MPa, según la medición con el martillo Schmidt (Figura 5); sin embargo, las constantes intercalaciones con lutitas de resistencia geológica muy baja (<5MPa) y la meteorización química de estas calizas (Fotografía 2) hacen que la resistencia de los macizos rocosos de la Formación Chúlec sea muy baja.



**Figura 5.** Ensayo de resistencia con el martillo Schmidt.



**Fotografía 2.** Detalle de calizas mudstone meteorizadas de la Formación Chúlec. **Ubicación:** E: 813967; N: 9244154; Z: 2533 (Localidad de Shusuro).

### 3.1.2. Depósitos cuaternarios

#### Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos de suelos acumulación por diversos movimientos en masa, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales; su composición va de bloques angulosos a sub redondeados de poco transporte, en una matriz de arcillas y limos.

El río Grande se caracteriza por tener un valle juvenil, por lo cual presenta movimientos en masa, lo que ha generado un grueso depósito coluvio-deluvial. En épocas recientes, se han desencadenado nuevos procesos de remoción en masa (Figura 6 y Fotografía 3) que alimentan al cauce de la quebrada.



**Figura 6.** Vista general del flanco oeste del valle del río Grande, donde se aprecia la zona de erosión (en líneas discontinuas amarillas) y la zona de acumulación a modo de depósitos coluvio-deluviales (Q-cd); además se delimitan los depósitos coluvio-deluviales recientes (en línea discontinua celeste) y depósitos proluviales (en línea discontinua verde).



**Fotografía 3.** Vista del deslizamiento del sector Shusuro, lugar de un depósito coluvio-deluvial reciente. **Ubicación:** E: 813908; N: 9244171; Z: 2524 (Localidad de Shusuro).

### Depósito coluvial (Q-cl)

Son producto de derrumbes, donde la gravedad ha sido el principal agente desencadenante y de transporte, por lo que su composición es mayoritariamente de bloques y cantos angulosos con poca cantidad de suelos finos. En el valle del río Grande se cartografió un depósito coluvial en el flanco este (Figura 7).



**Figura 7.** Vista al flanco este del valle del río Grande, donde se aprecian depósitos coluviales (Q-cl), coluvio-deluvial (Q-cd) antiguos (en línea amarilla) y recientes (en línea discontinua celeste).

### Depósito proluvial (Q-pr)

Estos depósitos son el producto de la sobresaturación de los materiales sueltos, generados por otros movimientos en masa, que se encuentran disponibles en las laderas, los cuales cuando se presentan lluvias se desplazan cuesta abajo; todo el material arrastrado alimenta al cauce de quebrada, que contribuye con su colmatación.

Cuando se generan lluvias intensas, el material disponible en el cauce de la quebrada, se va a saturar y generar fluidez, que se llega a desplazar y canalizar; debido a esta alta movilidad, sus bloques y gravas están más redondeadas y pueden ser de composición muy heterogénea; en esta caso su matriz es arcillosa.

Se han identificado múltiples puntos de flujos de detritos, algunos se han generado a partir de deslizamientos activos (Figura 6) y otros han afectado a la vía CA-109 en las localidades de Shusuro, Yanasamana y Yanaquero (Figura 8).



**Figura 8.** Depósitos proluviales que han afectado a la vía CA-109 en las localidades de Shururo (arriba, E: 813538, N: 9244413), Yanasamana (centro, E: 812720, N: 9246009) y Yanaquero (abajo, E: 812391, N: 9247950).

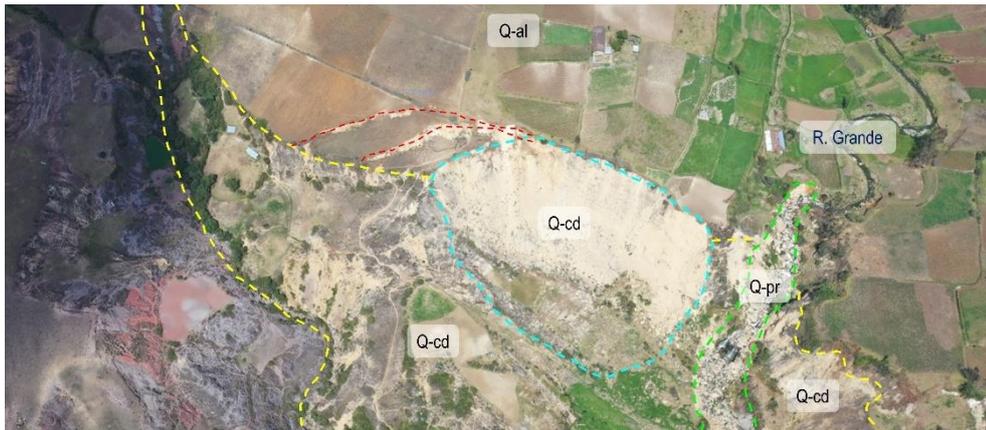


**Fotografía 4.** Acumulación de bloques y cantos en una matriz de arcillas producto de un flujo de detritos en la quebrada El Oso, localidad de Yanaquero. **Ubicación:** E: 812390; N: 9247938; Z: 1817.

### Depósito aluvial (Q-al)

Estos depósitos se caracterizan por haber generado terrenos de pendiente suave a llana, producto de la acumulación cíclica de suelos por el arrastre de cursos de agua estacionales; los suelos resultantes contienen gravas y arenas en una matriz de arcillas de alta plasticidad.

En la zona estudiada se ha cartografiado un antiguo depósito aluvial al sur, que constantemente ha sido erosionando generando otros tipos de depósitos (coluvio-deluviales y proluviales), incluso hoy en día se han registrado escarpes en formación de deslizamientos (Figura 9).



**Figura 9.** Depósito aluvial Q-al en la parte sur de la zona.

### Depósito fluvial (Q-fl)

Este depósito se ubica a lo largo del cauce del río Grande, en el fondo del valle estudiado, donde se van depositando los suelos erosionados de los otros depósitos; así, su composición es muy heterogénea, desde bloques y cantos hasta limos y arcillas, siendo los componentes gruesos muy redondeados.



**Figura 10.** Vista al río Grande, donde se ha generado un depósito fluvial Q-fl, a partir de los suelos movilizados de otros depósitos como coluvio-deluviales Q-cd y proluviales Q-pr.

#### 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 utiliza un Modelo digital de elevaciones de detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011), e imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en mayo del 2022, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

##### 4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 1 710 m hasta los 3 163 m, en los cuales se distinguen ocho niveles altitudinales (Figura 11), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 400 y 2 800 m, con pendiente promedio mayor a 45°, correspondiendo a la Formación Chúlec y a una geoforma de montaña en rocas sedimentarias.

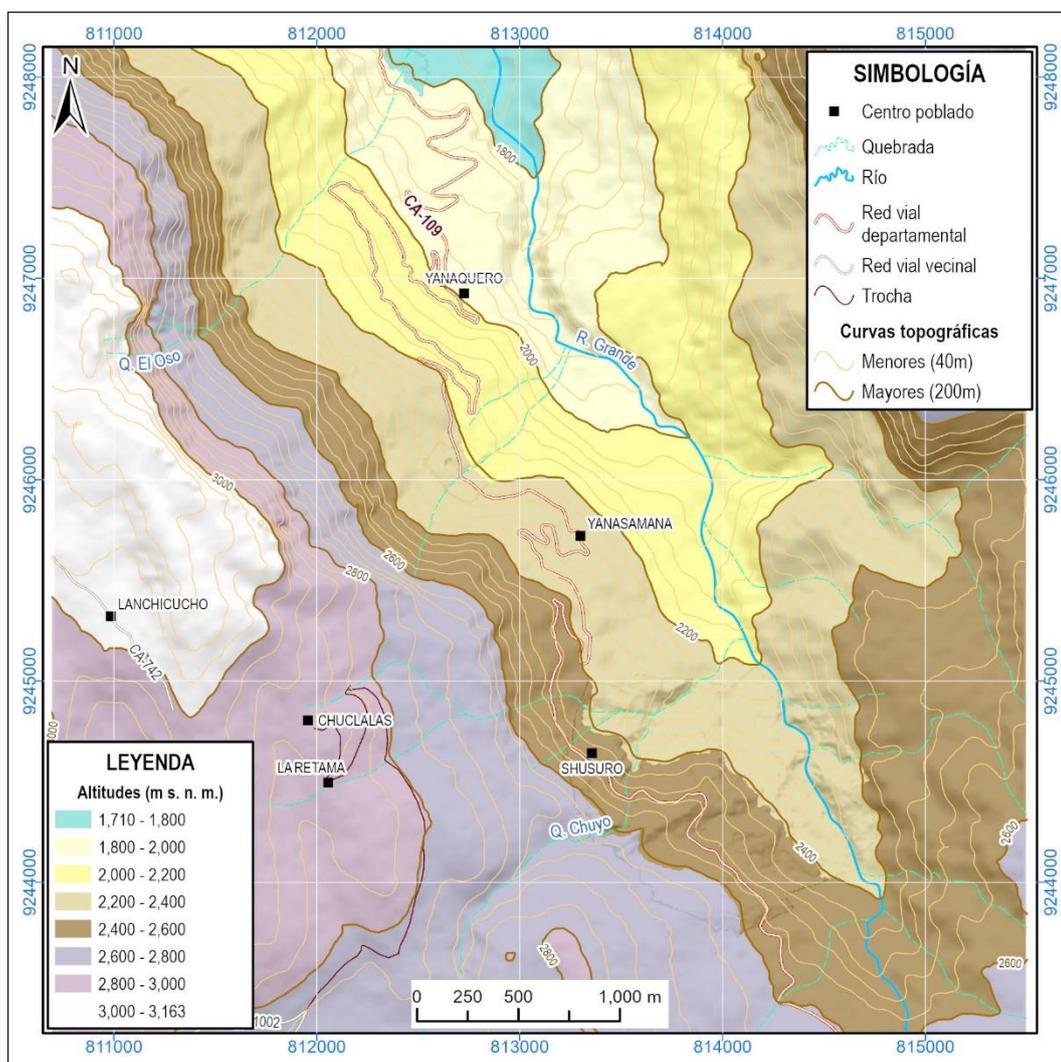
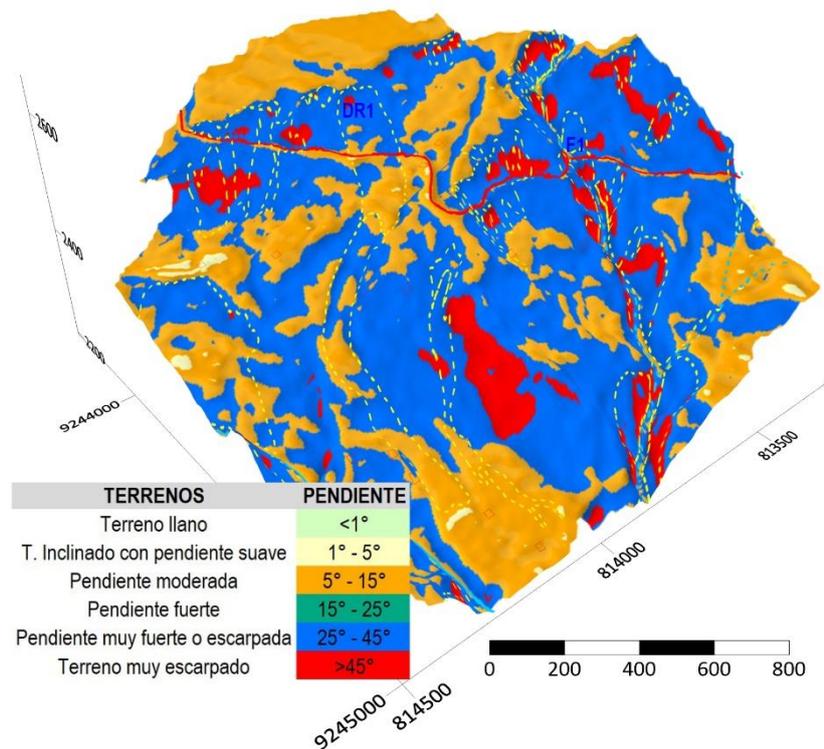


Figura 11. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

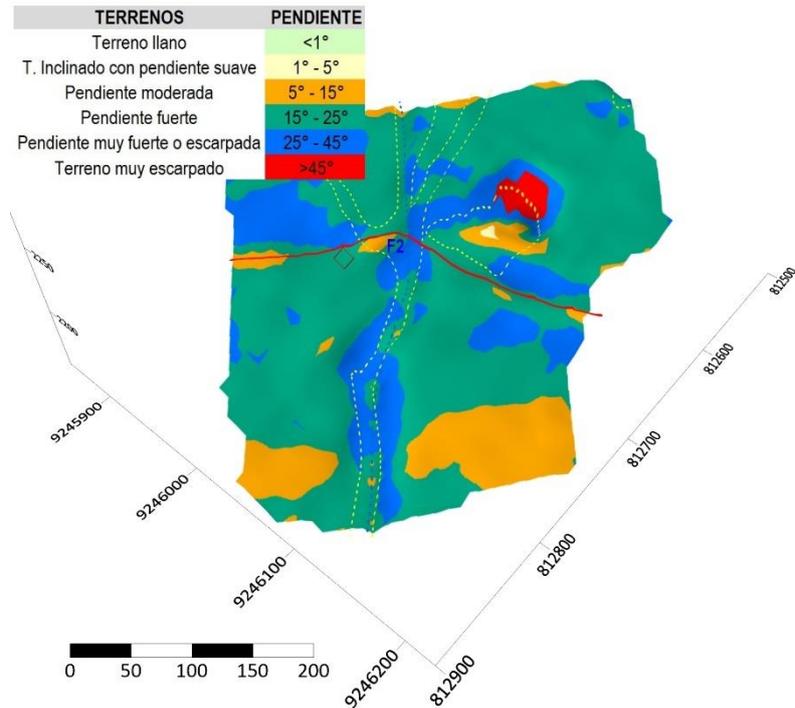
## 4.2. Pendiente del terreno

En la localidad de Shusuro los movimientos en masa se han desencadenado en terrenos con pendiente muy fuerte a muy escarpada ( $25^\circ$  a  $>45^\circ$ ). (Figura 12, Mapa 2).

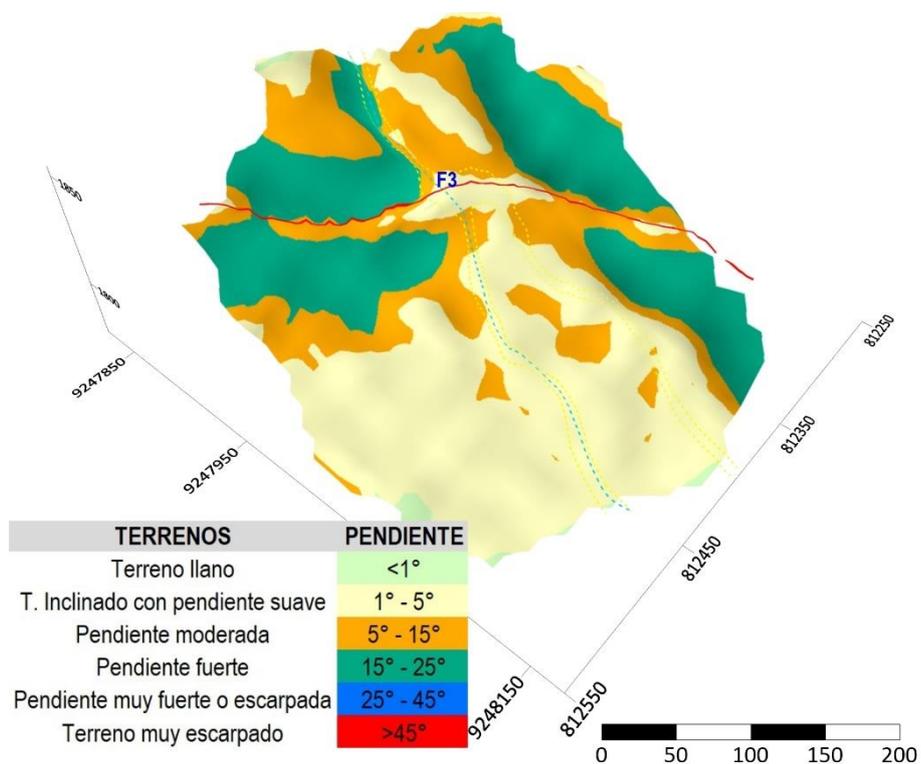
En las localidades de Yanasamana y Yanaquero los flujos de detritos se han originado en terrenos con pendiente muy escarpada ( $>45^\circ$ ); sin embargo, al llegar a la vía CA-109, los trazos longitudinales de las quebradas muestran pendientes de suaves ( $1^\circ$ - $5^\circ$ ) a muy fuertes ( $25^\circ$ - $45^\circ$ ), tal como se aprecia en la figura 14 (Yanaquero) y figura 13 (Yanasamana).



**Figura 12.** Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea amarilla) en la localidad de Shusuro (vía CA-109 en color rojo), utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.



**Figura 13.** Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea amarilla) en la localidad de Yanasamana (vía CA-109 en color rojo), utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.



**Figura 14.** Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por los movimientos en masa (en línea amarilla) en la localidad de Yanaquero, quebrada El Oso (vía CA-109 en color rojo), utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

### 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, vertiente coluvial, vertiente con depósito de deslizamiento, piedemonte proluvial o aluvio torrencial, terraza aluvial y terraza fluvial); las geoformas se grafican en la Figura 15 y en el Mapas 3.

#### 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 en las partes altas de la zona evaluada, donde los macizos rocosos están compuestos por rocas sedimentarias de alta resistencia, forman laderas con pendientes escarpadas y relieve agreste, se observa poca vegetación.

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

Se presentan en los terrenos inmediatamente inferiores a la unidad anteriormente descrita, teniendo superficies suaves debido a que sus macizos rocosos son de menor resistencia; muestran laderas con pendientes moderadas o fuertes y una cobertura vegetal más densa.

#### 4.3.2. Geoformas de carácter deposicional 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)**

Esta geoforma se ubica en laderas debajo de las unidades de montañas; donde existen suelos removidos por la acción de la gravedad y la sobresaturación, existiendo materiales finos hasta grandes bloques.

- **Subunidad de vertiente o piedemonte coluvial (V-c)**

Esta geoforma se ubica en el segmento este del valle, donde un reciente derrumbe ha depositado suelos de granulometría de bloques y cantos muy angulosos en una matriz de arenas sueltas.

- **Subunidad de vertiente o piedemonte con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Son zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa de limitada distancia de transporte. Su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, de corto a mediano recorrido. Se presentan en los deslizamientos activos del flanco oeste del valle del río Grande.

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

Son unidades ubicadas en las quebradas por donde han discurrido avenidas torrenciales y han dejado tras de sí terrenos desprovistos de vegetación, con suelos de estructura caótica y de granulometría variable. Se ubican en la mayoría de las quebradas del valle del río Grande.

**Unidad de Planicies y Terrazas**

- **Subunidad de Terraza aluvial (T-a)**

Son terrenos con pendiente llana (<1°) a suave (1°-5°) donde las avenidas estacionales han hecho que los suelos se depositen de forma gradual y con una estratificación uniforme. En la zona evaluada la encontramos al sur, siendo lugar de constante generación de nuevos movimientos en masa.

- **Subunidad de Terraza fluvial (T-f)**

De igual manera que la unidad anterior, estos terrenos muestran una pendiente de llana (<1°) a suave (1°-5°) y se ubican a lo largo del cauce del río Grande, donde se están depositando constantemente suelos arenosos con bloques y cantos bien redondeados.

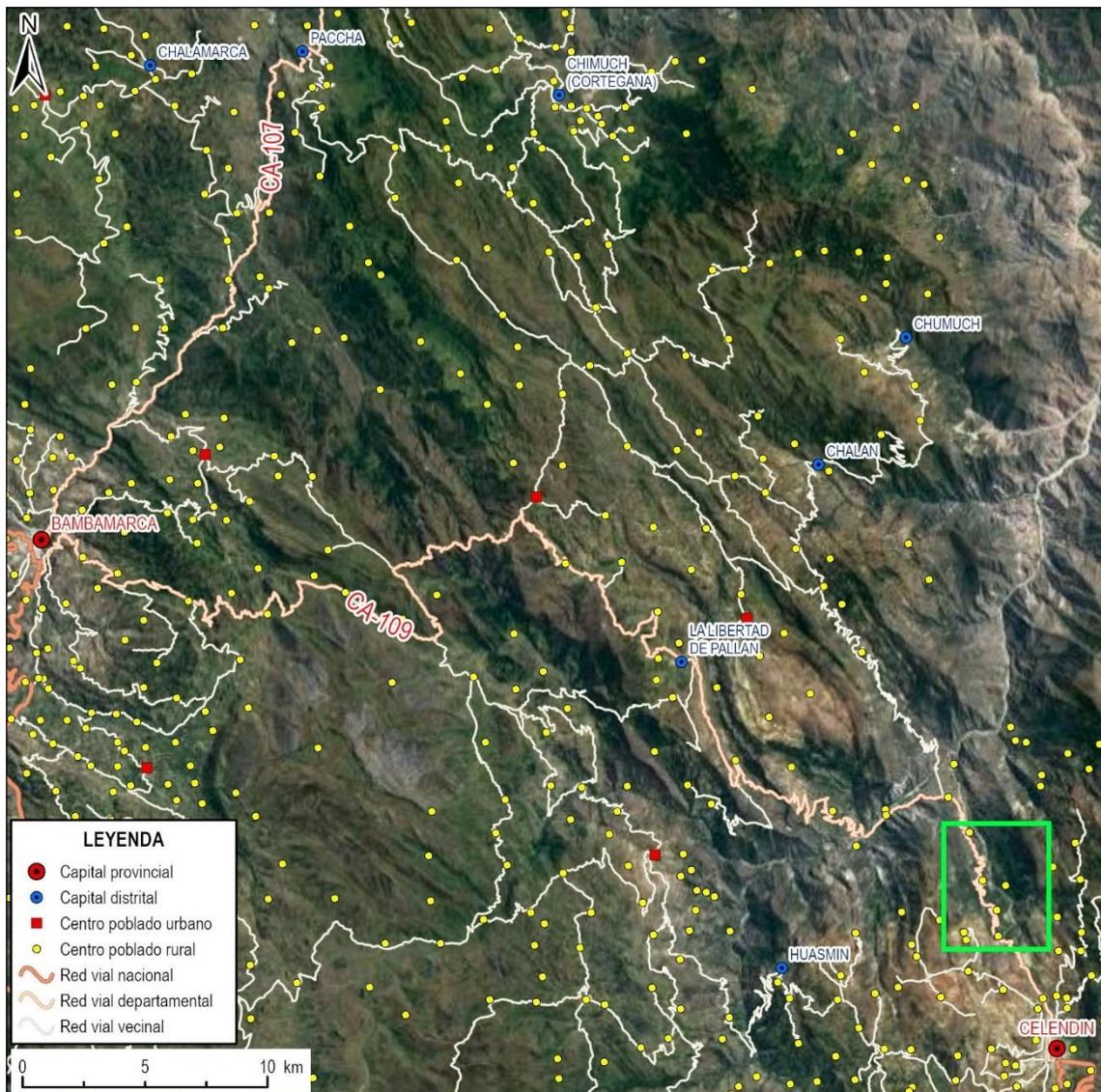


**Figura 15.** Vista de las geoformas del valle del río Grande: Montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs), montaña en rocas sedimentarias (M-rs), vertiente coluvio-deluvial (V-cd), vertiente coluvial (V-c), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), piedemonte proluvial o aluvio-torrencial (P-pral), terraza aluvial (T-a) y terraza fluvial (T-fl)

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En general, el valle del río Grande es juvenil, por lo que se registran constantes movimientos en masa, desencadenados por lluvias intensas, principalmente; las laderas de fuerte pendiente y los episodios de movimientos en masa, hacen que sean pocas las viviendas edificadas en la zona; sin embargo, la vía departamental CA-109 ha sido la principal infraestructura afectada durante las temporadas de lluvias.

La vía CA-109 conecta directamente a las capitales provinciales de Celendín y Bambamarca (Hualgayoc), además son de acceso a las capitales distritales de La Libertad de Pallán, Chalán (Miguel Iglesias), Chumuch y Cortegana; así como ser vital para muchos otros centros poblados de estos distritos (Figura 16).



**Figura 16.** Vista de la extensión de la vía departamental CA-109 y la zona de estudio (rectángulo verde).

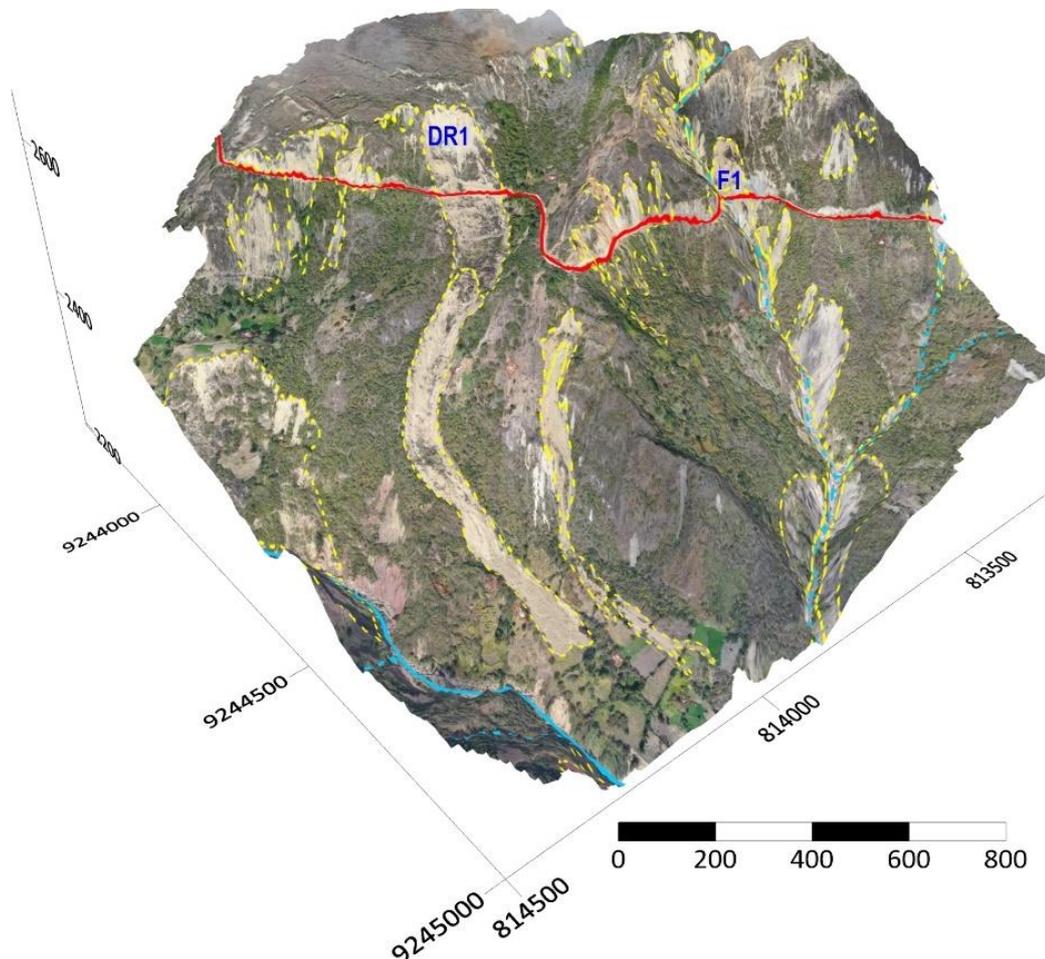
Se han cartografiado 36 derrumbes, 17 flujos de detritos y 10 deslizamientos, haciendo uso de ortofotos y modelos digitales de elevación generados con levantamientos fotogramétricos con dron y trabajos de campo, desarrollados el 24 de julio del 2022; esta cartografía se presenta en los Mapas 4-7 y los principales se describen a continuación.

## 5.1. Deslizamiento-flujo en la localidad de Shusuro DR1

### 5.1.1. Descripción del deslizamiento-flujo

Ubicado en sector de Shusuro, este movimiento en masa fue desencadenado por las intensas lluvias de marzo del 2022, iniciando a modo de deslizamiento rotacional, pero volviéndose un flujo de detritos. La zona de deslizamiento tiene un área de 2.97 ha y un largo horizontal de 272 m, mientras la zona de flujo tiene un área de 3.45 ha. y una longitud horizontal de 640 m.

Este movimiento en masa provocó el colapso de un tramo de la vía CA-109 (Figura 17) y la consecuente interrupción del tránsito por varios días; además de la pérdida de terrenos de cultivos por varias hectáreas.

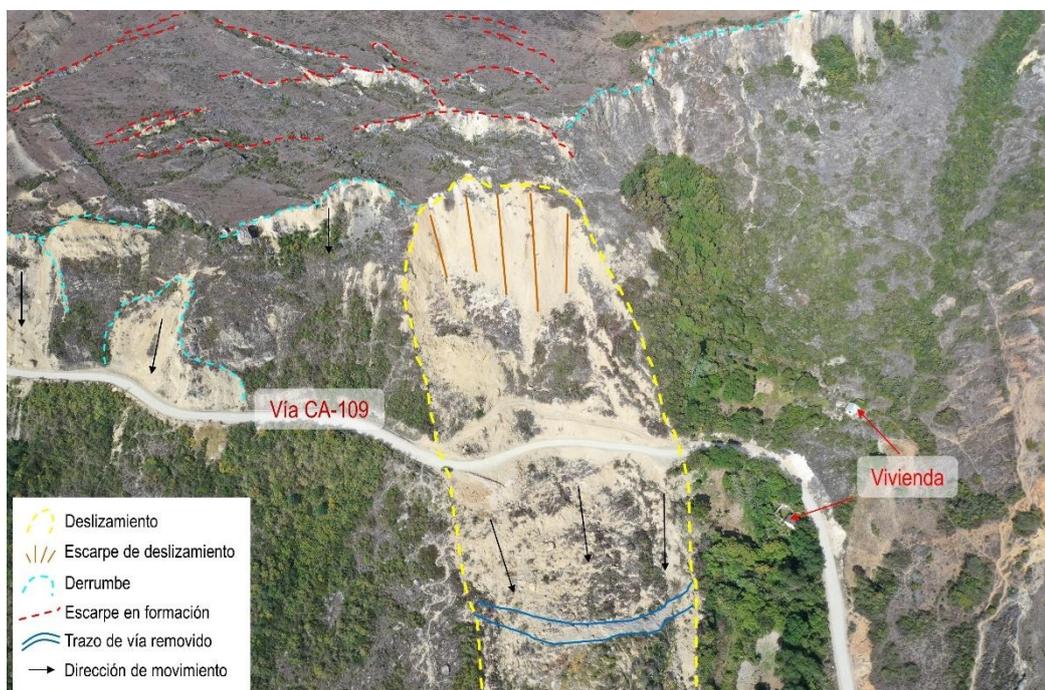


**Figura 17.** Modelo 3D de los movimientos en masa (línea discontinua amarilla) en la localidad de La Shusuro que afectan la vía CA-109 (línea roja), viviendas y medios de vida.

### 5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento

En el perfil A-A'-A''-A''' (Figura 27), corta la localidad de Shusuro (Mapa 4 y 5) se muestra el recorrido del movimiento complejo (deslizamiento-flujo), iniciado sobre la Vía CA-109 y su transcurso hasta la parte inferior del valle del río Grande; interpretando suelos coluvio deluviales antiguos sobre los cuales se originaron los movimientos en masa recientes y las unidades sedimentarias infrayacentes como las calizas de la Formación Chúlec, las lutitas de la Formación Inca y las areniscas del Grupo Goyllarisquizga.

En la figura 18 se muestra la parte superior del deslizamiento, apreciando el salto vertical del escarpe de más de 43 m y el desplazamiento horizontal de la calzada de la vía CA-109 en 90 m. Además, se resaltan escarpes en formación sobre los movimientos actuales, que podrían activarse en futuras lluvias intensas.



**Figura 18.** Vista de la parte superior del deslizamiento Shusuro, en la zona de afectación de la vía CA-109.

En la figura 19 se muestra la parte inferior del movimiento, donde, debido a la pendiente y sobresaturación de los materiales, se ha comportado como un flujo de detritos; además, se han delimitado otros movimientos en masa activos como deslizamientos, derrumbes y flujos; se destaca la presencia de diversas viviendas a pocos metros de los movimientos en masa.



**Figura 19.** Vista de la parte inferior del deslizamiento Shusuro, en el límite con el río Grande.

### 5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: movimiento complejo (derrumbe-flujo)
- Estado: Activo
- Estilo: Único
- Distribución: Retrogresivo-avanzando
- Velocidad: Rápido (Varios metros en un día, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelos coluvio-deluviales arcillosos de alta plasticidad (CH) y alto contenido de carbonatos; compuestos por bloques (15%), cantos (10%), gravas (3%), gránulos (2%), arenas (10%), limos (20%) y arcillas (40%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub redondeados (Cuadro 3 y Fotografía 5).
- Deformación del terreno: Escalonado

#### Morfometría:

- Área: 64 194 m<sup>2</sup>
- Perímetro: 2 252 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 350 m
- Longitud horizontal corona a punta: 912 m
- Ángulo de corona a punta: 20.9°
- Dirección del movimiento: N27°
- Ancho de la superficie de falla: 112 m.

**Cuadro 3.** Descripción de formaciones superficiales – deslizamiento Shusuro.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES	
	Eluvial	Lacustre	15	Bolos			Redondeado
X	Deluvial	Marino	10	Cantos	X		Sub redondeado
X	Coluvial	Eólico	3	Gravas			Anguloso
	Aluvial	Orgánico	2	Gránulos		X	Sub anguloso
	Fluvial	Artificial	10	Arenas			
	Proluvial	Litoral	20	Limos			
	Glaciar	Fluvio glaciar	40	Arcillas			

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
X	Alta plasticidad	X	Masiva	X	Harinoso		Materia orgánica		Intrusivos
	Med. plasticidad		Estratificada		Arenoso	X	Carbonatos		Volcánicos
	Baja plasticidad		Lenticular		Áspero		Sulfatos		Metamórficos
	No plástico							X	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
X	Blanda	Suelta	Suelta	GP	SP	CL	CH
	Compacta	Densa	Med. consolidada	GM	SM	OL	OH
	Dura	Muy Densa	Consolidada	GC	SC	PT	
			Muy consolidada				



**Fotografía 5.** Detalle del depósito coluvio-deluvial originado por el deslizamiento Shusuro.  
**Ubicación:** E: 813888; N: 9244184; Z: 2521.

### Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por arcillas de alta plasticidad de un depósito coluvio-deluvial, sobre calizas y lutitas calcáreas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec (Ki-chu).
- Ladera de pendiente muy fuerte o escarpada de 25° a 45°, que conforman geofomas de vertiente coluvio-deluvial y piedemonte proluvial o aluvio-torrencial, muy susceptibles a erosionarse.
- Ausencia de drenajes adecuados.

### Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Bambamarca registró 31.4 mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 3).

### Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 115m de calzada de la vía departamental CA-109 destruidos
- 4 hectáreas de terrenos perdidos
- 5 viviendas en peligro por cercanía a los movimientos activos.

## 5.2. Flujo de detritos de la quebrada Shusuro F1

### 5.2.1. Descripción del flujo de detritos

Ubicado a 750 m al norte del deslizamiento de Shusuro, este flujo está encausado en la quebrada Shusuro, donde ha afectado a la vía CA-109 durante las intensas lluvias del mes de marzo del 2022; este evento ha recibido aportes de detritos de diversos derrumbes ubicados en las laderas contiguas de la quebrada (Figura 20).



**Figura 20.** Intersección del flujo de detritos de la quebrada Shusuro con la vía CA-109.

El tramo afectado de la vía CA-109 ha sido erosionado en un tramo de 55 m durante la época de lluvias intensas, tramo que actualmente está rehabilitado, pero sin medidas de control definitivas (Fotografía 6).



**Fotografía 6.** Detalle del tramo afectado de la vía CA-109.

### 5.2.2. Características visuales y morfológicas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos
- Estado: Activo
- Estilo: Único
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Muy rápido (varios metros por hora, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Suelos de un depósito proluvial, gravosos mal gradados (GP) con alto contenido en carbonatos; compuestos por bloques (25%), cantos (20%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (10%), limos (10%) y arcillas (15%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica a sub redondeados (Cuadro 4 y Fotografía 7).
- Deformación del terreno: Ondulado

#### Morfometría:

- Área: 30 302 m<sup>2</sup>
- Perímetro: 3 081 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 366 m
- Longitud horizontal corona a punta: 1 012 m
- Ángulo de corona a punta: 19.8°
- Dirección del movimiento: N38°
- Ancho de la superficie de falla: 55 m

**Cuadro 4. Descripción de formaciones superficiales – Flujo de detritos quebrada Shusuro.**

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES			
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	25	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	20	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	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	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	10	Arenas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	10	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	15	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLÓGIA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input checked="" type="checkbox"/>	No plástica							<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					
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	CL
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	OL
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	PT



**Fotografía 7.** Vista de los suelos depositados en el cauce de la quebrada Shusuro por el flujo de detritos.  
**Ubicación:** E: 813540; N: 9244426; Z: 2497.

### **Factores condicionantes**

- Naturaleza incompetente de materiales, representada por depósitos de suelos proluviales poco consolidados, compuesto por gravas mal gradadas con poca matriz de arcillas.
- Presencia de ladera con pendiente muy escarpada ( $>45^\circ$ ) en la zona de arranque y geoformas de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial, muy susceptible a erosionarse.
- Ausencia de medidas de control.

### **Factor detonante**

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Bambamarca registró 31.4 mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 3).

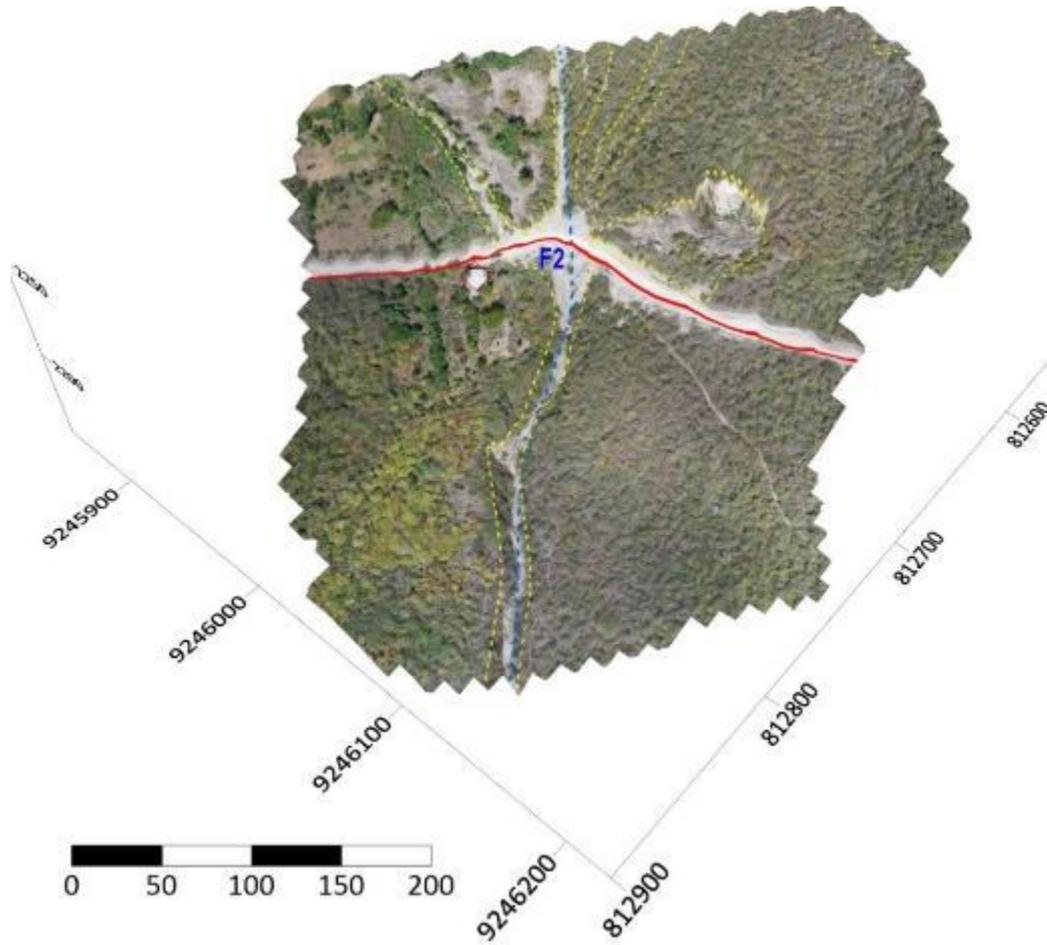
### **Daños ocasionados por el movimiento en masa**

- Afectó vía CA-109 en un tramo de 55 m.

## **5.3. Flujo de detritos en la localidad de Yanasamana F2**

### **5.3.1. Descripción del flujo de detritos**

En la localidad de Yanasamana convergen diversos flujos de detritos en la vía CA-109 (Figura 21) donde se ha afectado 50 m de la calzada (Fotografía 8) durante el mes de marzo del 2022, además de poner en peligro a una vivienda aledaña a la zona afectada (Figura 23).



**Figura 21.** Modelo 3D de los flujos de detritos F2 que convergen en la vía CA-109 en la localidad de Yanasamana.



**Fotografía 8.** Vista de los suelos proluviales depositados en el Tramo de la vía CA-109 en la localidad de Yanasamana.

En la figura 22 se observa la parte alta, donde se han iniciado los flujos de detritos, se tienen terrenos con pendiente muy escarpada ( $>45^\circ$ ), cuyos canales convergen en la vía CA-109 (Figura 23), a partir de donde transcurren sobre un solo canal.



**Figura 22.** Vista de la parta alta de diversos flujos de detritos que convergerán en la vía CA-109 en la localidad de Yanasamana.



**Figura 23.** Tramo afectado de la vía CA-109 por flujos de detritos en la localidad de Yanasamana.

### 5.3.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según comentario de los pobladores locales)
- Deformación del terreno: Escalonado
- Composición: Bloques (35%), cantos (30%), gravas (10%), gránulos (5%), arenas (5%), limos (5%) y arcillas (10%); teniendo los fragmentos de roca son de forma esférica a sub redondeados (Cuadro 5 y Fotografía 9). Conforman un depósito proluvial, clasificado como suelo gravoso mal gradado (GP). Además, se observó un alto contenido en carbonatos.

**Morfometría:**

- Área: 176 137m<sup>2</sup>
- Perímetro: 8 375 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 1 129 m
- Longitud horizontal corona a punta: 1 940 m
- Ángulo de corona a punta: 30.2°
- Dirección del movimiento: N51°
- Ancho de la superficie de falla: 642 m

**Cuadro 5. Descripción de formaciones superficiales – Flujo de detritos Yanasamana.**

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<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				
		35	Bolos				
		30	Cantos				
		10	Gravas				
		5	Gránulos				
		5	Arenas				
		5	Limos				
		10	Arcillas				

PLASTICIDAD	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLÓGIA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Metamórficos
<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico	<input checked="" type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sedimentarios

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



**Fotografía 9.** Detalle de la quebrada sur en el sector Yanasamana donde se aprecian los bloques y cantos arrastrados por el flujo de detritos. **Ubicación:** E: 812725; N: 9245996; Z: 2222.

### Factores condicionantes

- Naturaleza incompetente de materiales, representada por depósitos de suelos proluviales poco consolidados, compuesto por gravas mal gradadas con poca matriz de arcillas.
- Presencia de ladera con pendiente muy escarpada ( $>45^\circ$ ) en la zona de arranque y geoformas de piedemonte proluvial o aluvio-torrencial, muy susceptible a erosionarse.
- Ausencia de medidas de control.

### Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (La estación Bambamarca registró 31.4 mm/día el día 3 de marzo del 2022 – Figura 3).

### Daños ocasionados por el movimiento en masa

- Afectó la vía CA-109 en un tramo de 50 m
- Puede afectar una vivienda, por estar cerca al cauce de la quebrada.

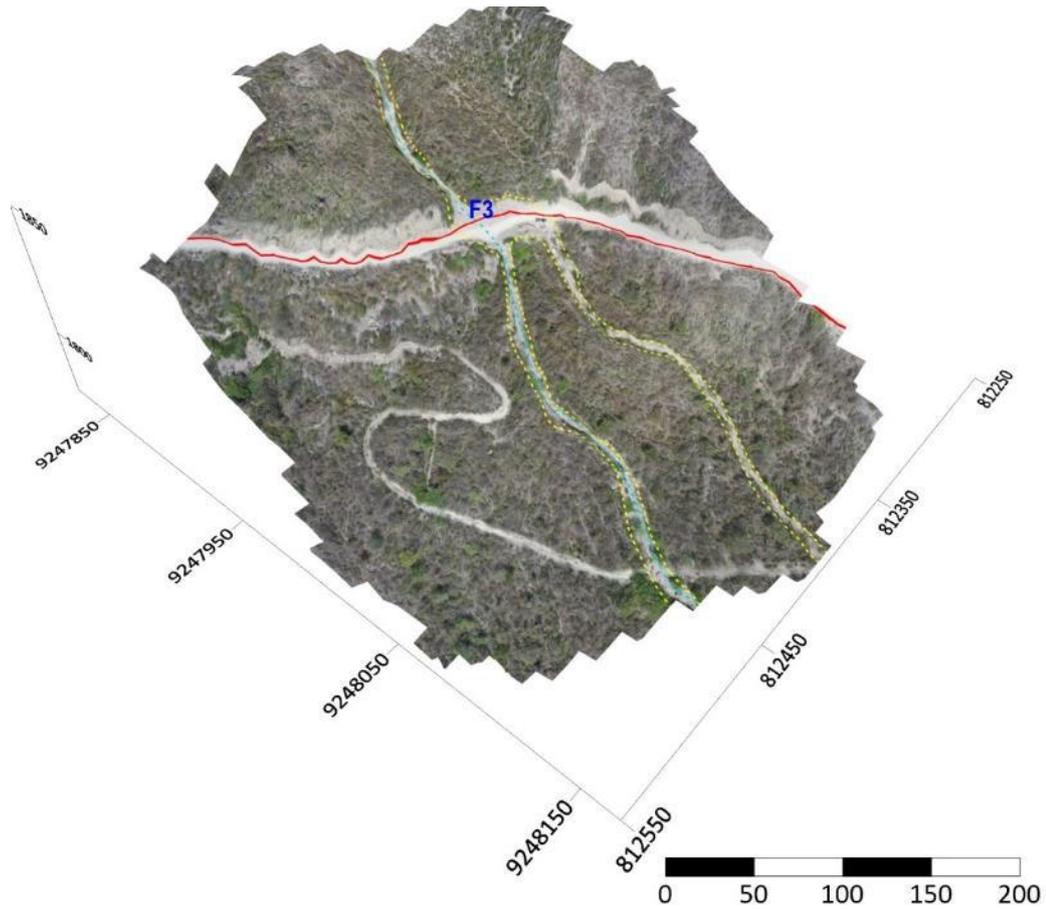
## 5.4. Flujo de detritos en la localidad de Yanaquero Quebrada El Oso F3

### 5.4.1. Descripción del flujo de detritos

Otro punto impactado por flujos de detritos ha sido la quebrada El Oso, localidad de Yanaquero, donde en marzo del 2022 un flujo de detritos afectó a la vía CA-109 (Fotografía 10 y figura 24).



**Fotografía 10.** Flujo de detritos encausado en la Quebrada El Oso, localidad de Yanaquero, que ha depositado bloques y cantos en la vía CA-109.



**Figura 24.** Modelo 3D del flujo de detritos F3 de la quebrada El Oso, localidad de Yanaguero.

En la figura 25 se observa la parte alta de los flujos de detritos que se han generado sobre terrenos con pendiente muy escarpada ( $>45^\circ$ ), cuyos canales convergen en la quebrada El Oso y afectan a la vía CA-109 Figura 26, a partir de donde el cauce se divide en dos sub quebradas ladera abajo.



**Figura 25.** Vista de la parte alta de diversos flujos de detritos que son canalizados por la quebrada El Oso en la localidad Yanaguero.



**Figura 26.** Vista del tramo afectado de la vía CA-109 por el flujo de detritos de la quebrada El Oso, desde donde el flujo se ha dividido en 2 cauces secundarios ladera abajo.

#### 5.4.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos
- Estado: Activo
- Estilo: Múltiple
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Rápido (varios metros por minuto, según comentario de los pobladores locales)
- Composición: Bloques (40%), cantos (30%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (2%), limos (3%) y arcillas (5%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica a sub redondeados (Cuadro 5 y Fotografía 9). Son suelos gravosos mal gradados (GP) con alto contenido en carbonatos. Conforman un depósito proluvial.
- Deformación del terreno: Ondulado

#### Morfometría:

- Área: 183 059m<sup>2</sup>
- Perímetro: 14 798 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 1 454 m
- Longitud horizontal corona a punta: 2 884 m
- Ángulo de corona a punta: 26.8°
- Dirección del movimiento: N42°
- Ancho de la superficie de falla: 738 m



## 6. CONCLUSIONES

### A. Localidad de Shusuro

- a. Se ha cartografiado un deslizamiento-flujo y un flujo de detritos que afectaron la vía departamental CA-109 en un tramo de 170 m, terrenos de cultivo en 5 hectáreas y podría afectar 5 viviendas.
- b. Los movimientos en masa se han desarrollado sobre suelos arcillosos de alta plasticidad provenientes de antiguos depósitos coluvio-deluviales, producto de continuos fenómenos de geodinámica externa del valle del río Grande, los pocos afloramientos rocosos encontrados corresponden a intercalaciones de calizas y lutitas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec.
- c. Las geoformas corresponden a vertientes coluvio-deluviales, tanto los terrenos antiguos como los producidos recientemente por los movimientos en masa evaluados; además de piedemontes proluviales o aluvio-torrenciales a lo largo de las quebradas, estos terrenos tienen pendiente muy fuerte o escarpa (25° a 45°).
- d. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales intensa (31.4 mm/día) que se generó a inicios de marzo del 2022.
- e. El material que conforman los depósitos coluvio-deluviales corresponden a suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) y de alto contenido de carbonatos; compuestos por bloques (15%), cantos (10%), gravas (3%), gránulos (2%), arenas (10%), limos (20%) y arcillas (40%); teniendo las formas de los fragmentos de rocas es de forma discoidal y sub redondeados.
- f. Las áreas de impacto por movimientos en masa, cartografiados en la localidad de Shusuro, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto y Zona Crítica**.

### B. Localidad de Yanasamana

- a. Se han cartografiado diversos flujos de detritos que convergen en una sola quebrada, la misma que ha afectado la vía departamental CA-109 en un tramo de 50 m, terrenos de cultivo en 5 hectáreas y podría afectar una vivienda.
- b. Los flujos de detritos se inician en la parte alta del valle del río Grande, correspondiente a calizas de la Formación Pariatambo y del Grupo Pulluicana, según el cartografiado geológico vigente.
- c. Las geoformas donde se produjeron los flujos corresponden a montañas sedimentarias y montañas estructurales en rocas sedimentarias con pendiente muy escarpada (>45°); mientras los flujos han producido piedemontes proluviales con pendiente fuerte (15°-25°).

- d. Los depósitos proluviales están conformado por gravas mal gradadas (GP) con alto contenido en carbonatos; compuestos por bloques (35%), cantos (30%), gravas (10%), gránulos (5%), arenas (5%), limos (5%) y arcillas (10%); Las gravas y bloques son de forma esférica a sub redondeados.
- e. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales (31.4 mm/día) que se dieron a inicios de marzo del 2022.
- f. Las áreas de impacto por los flujos de detritos cartografiados en la localidad de Yanasamana, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto y Zona Crítica**.

### C. Localidad de Yanaquero

- a. Se han cartografiado flujos de detritos que convergen en la quebrada El Oso, que afectaron la vía departamental CA-109 en un tramo de 48 m y terrenos del cultivo en 6 hectáreas.
- a. Los flujos de detritos generados en las partes altas del valle del río Grande, se tienen afloramientos de calizas de la Formación Pariatambo y del Grupo Pulluicana, las cuales son de mala calidad geotécnica; generando depósitos proluviales a lo largo de la quebrada El Oso.
- b. Las geoformas donde se produjeron los flujos corresponden a montañas y montañas estructurales en rocas sedimentarias con pendiente muy escarpada (>45°); mientras los flujos han producido piedemontes proluviales con pendiente fuerte (15°-25°).
- c. El material que conforman los depósitos proluviales está conformado por bloques 40%), cantos (30%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (2%), limos (3%) y arcillas (5%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica a sub redondeados.
- d. El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales (31.4 mm/día) que se dieron a inicios del mes de marzo del 2022.
- e. Las áreas de impacto por los flujos de detritos cartografiados en la localidad de Yanaquero, 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 movimientos en masa evaluados, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 28), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- b. Instalar sistemas de alerta temprana, que contemplen la comunicación oportuna de eventos adversos (lluvias intensas) a la población.
- c. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 29 y fotografía 12).
- d. Reubicar las 5 viviendas expuestas de la localidad de Shusuro y la vivienda de Yanasamana.
- e. Construir puentes en la vía CA-109 sobre las quebradas Shusuro, Yanasamana y Yanaquero, con mayor longitud y luz, para ello hay que considerar las mayores avenidas que pueden generarse sobre las quebradas en mención.
- f. Programar actividades de mantenimiento de la calzada de la vía CA-109 debido a la gran actividad geodinámica del valle del río Grande.

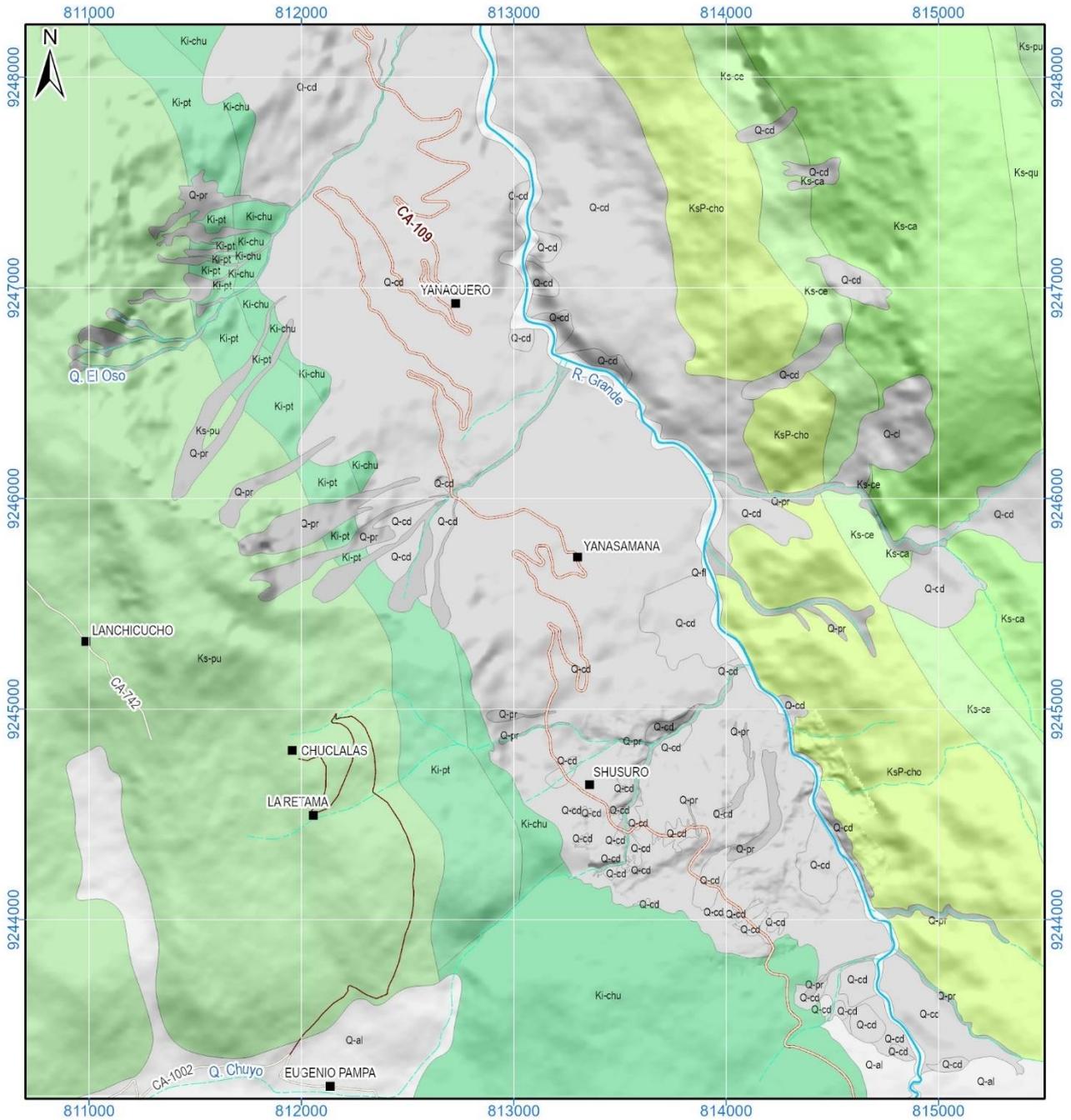
  
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610

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

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AlosPalsar. (2011). *Modelo Digital de Elevaciones Alos Palsar 15098*.  
<https://search.asf.alaska.edu/>
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides Investigation and Mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report, 247*, 36–75.
- 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](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*.  
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- 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.
- Wilson, J. (1984). *Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén*. Ingemmet Boletín N° 38 Serie A (1a 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**

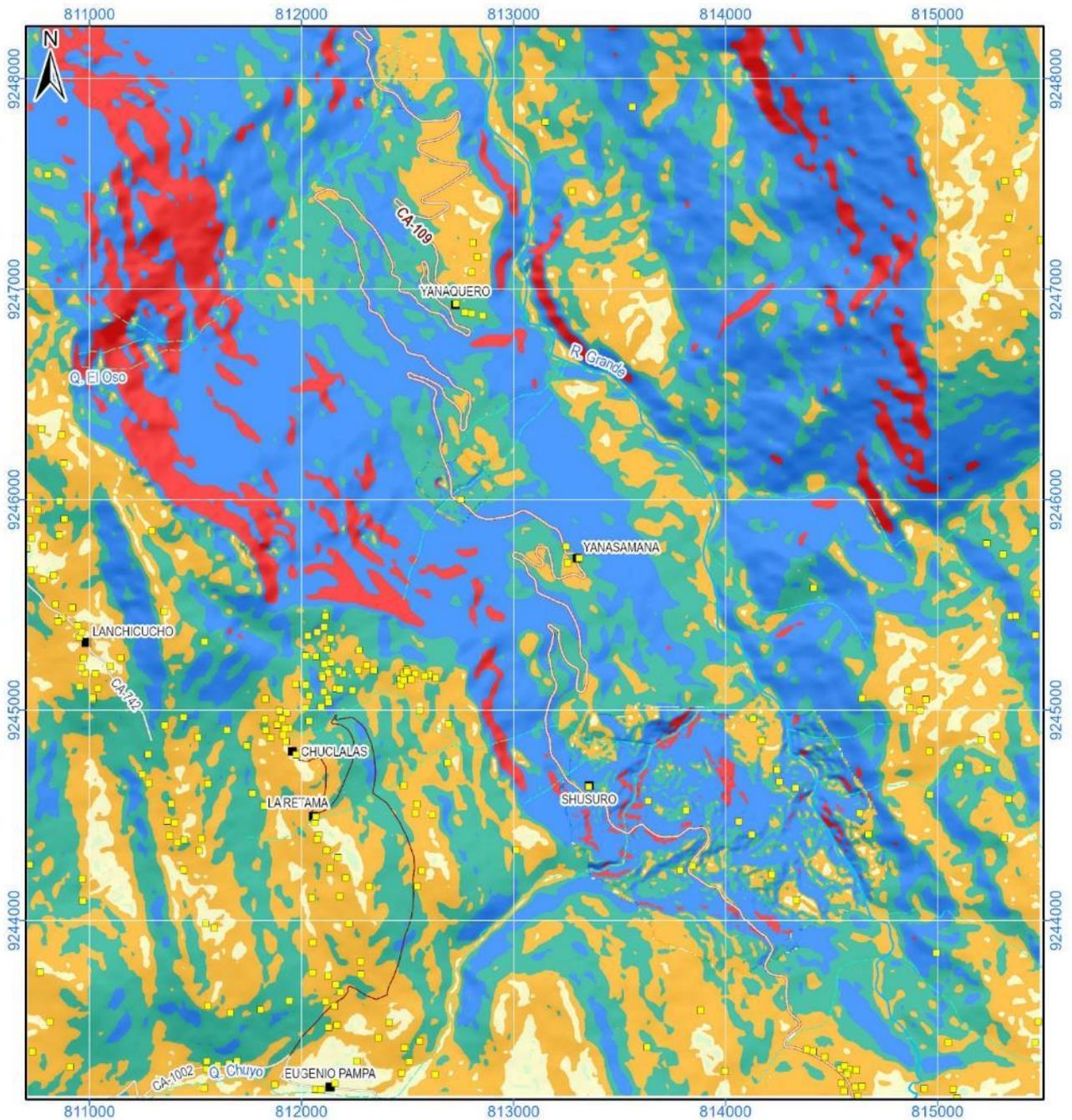


SIMBOLOGÍA	
<span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	zona
	Quebrada
	Río
	Red vial departamental
	Red vial vecinal
	Trocha
	Centro poblado

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
	Q-c: Depósito coluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	KsP-cho: Formación Chota
	Ks-ce: Formación Celendín
	Ks-ca: Formación Cajamarca
	Ks-qu: Grupo Quilquiñán
	Ks-pu: Grupo Pullucana
	Ki-pt: Formación Pariatambo
	Ki-chu: Formación Chúlec



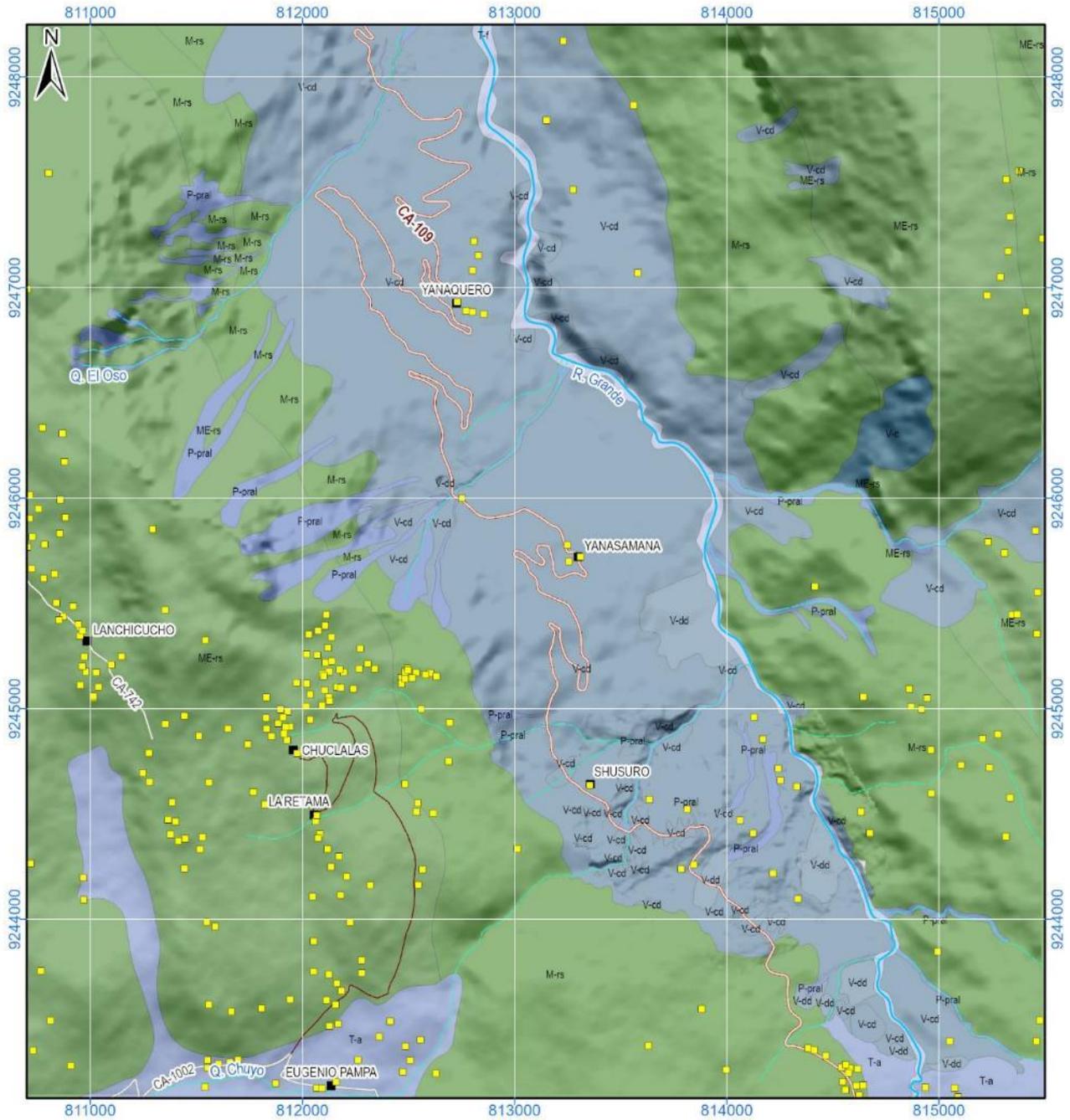
SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CELENDÍN - CELENDÍN	
<b>MAPA GEOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/30,000	Versión digital: 2022
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Red vial departamental
	Red vial vecinal
	Trocha
	Centro poblado
	Vivienda

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 <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
CAJAMARCA - CELENDÍN - CELENDÍN	
<b>MAPA DE PENDIENTES</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/30,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 2</b>	

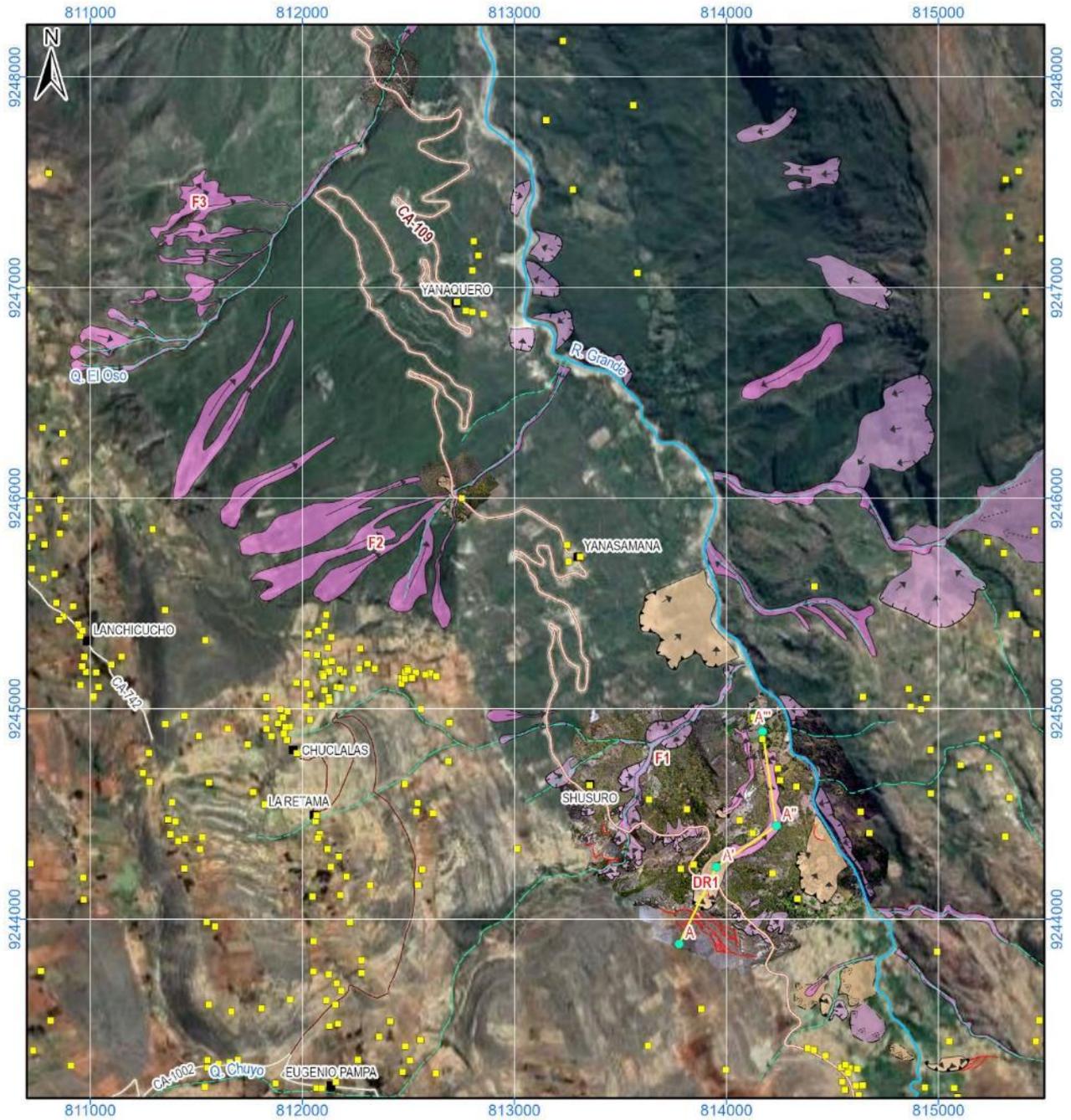


SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Red vial departamental
	Red vial vecinal
	Trocha
	Centro poblado
	Vivienda

LEYENDA	
	ME-rs: Montaña estructural en rocas sedimentarias
	M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
	V-c: Vertiente coluvial
	V-cd: Vertiente coluvio-deluvial
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	P-pral: Piedemonte proluvial o aluviotorrencial
	T-a: Terraza aluvial
	T-f: Terraza fluvial



 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
CAJAMARCA - CELENDÍN - CELENDÍN	
<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/30,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 3</b>	



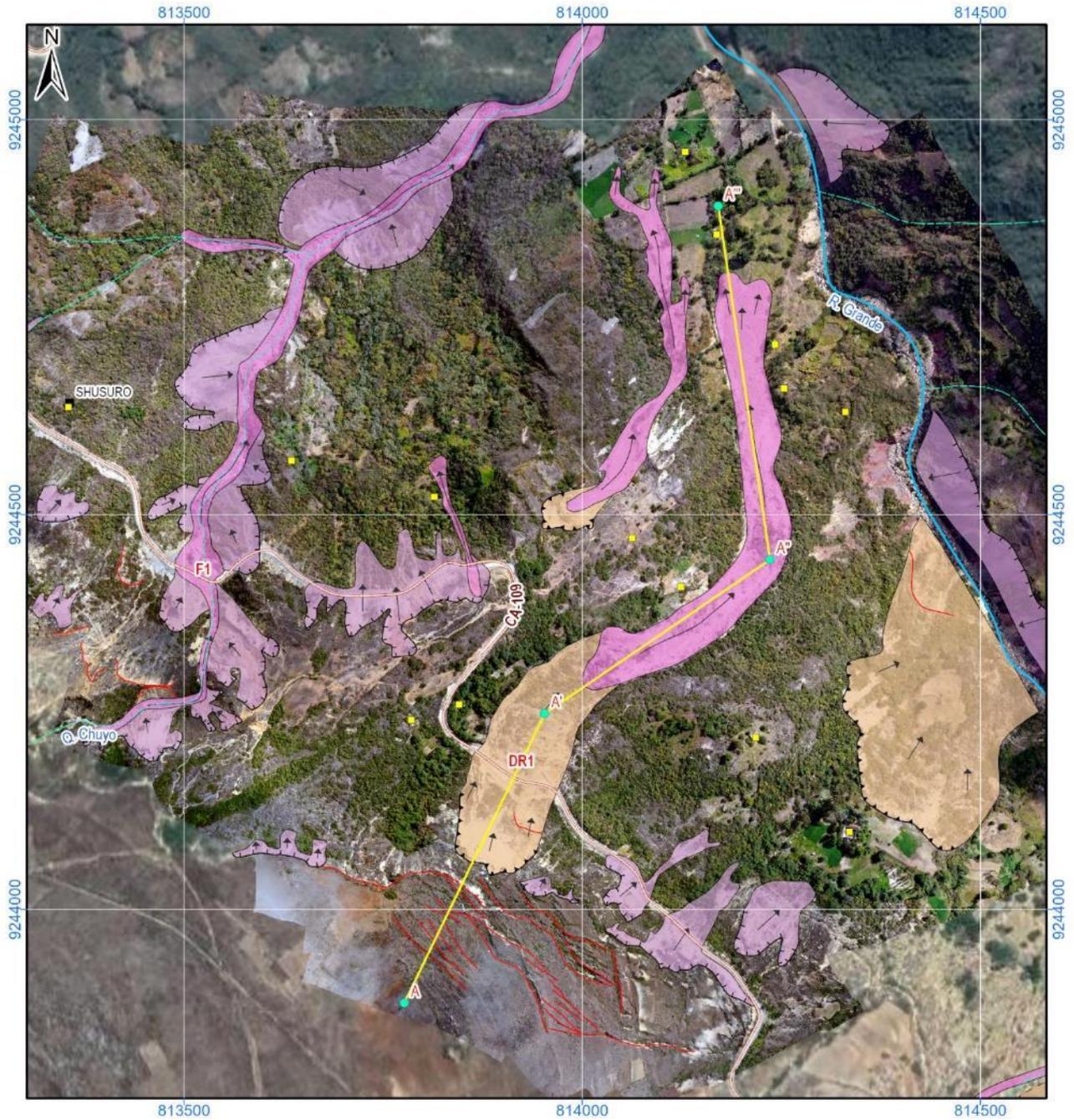
SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Red vial departamental
	Red vial vecinal
	Trocha
	Centro poblado
	Vivienda
	Línea de perfil

TRAMA	
	Agrietamiento
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de derrumbe inactivo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Escarpe de deslizamiento inactivo
	Dirección de movimiento inactivo
	Dirección de movimiento activo

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Derrumbe inactivo
	Deslizamiento rotacional activo
	Deslizamiento rotacional inactivo
	Flujo de detritos activo



SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
CAJAMARCA - CELENDÍN - CELENDÍN	
<b>MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/30,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 4</b>	



**SIMBOLOGÍA**

- Quebrada
- Río
- Red vial departamental
- Centro poblado
- Vivienda
- Línea de perfil
- Agrietamiento
- Escarpe de derrumbe activo
- Escarpe de deslizamiento activo
- Escarpe de deslizamiento inactivo
- Dirección de movimiento inactivo
- Dirección de movimiento activo

**LEYENDA**

- Derrumbe activo
- Deslizamiento rotacional activo
- Deslizamiento rotacional inactivo
- Flujo de detritos activo

100 50 0 100 200 300 400 m

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 - CELENDÍN - CELENDÍN

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS**

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	<b>MAPA 5</b>
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/8,000	Versión digital: 2022	

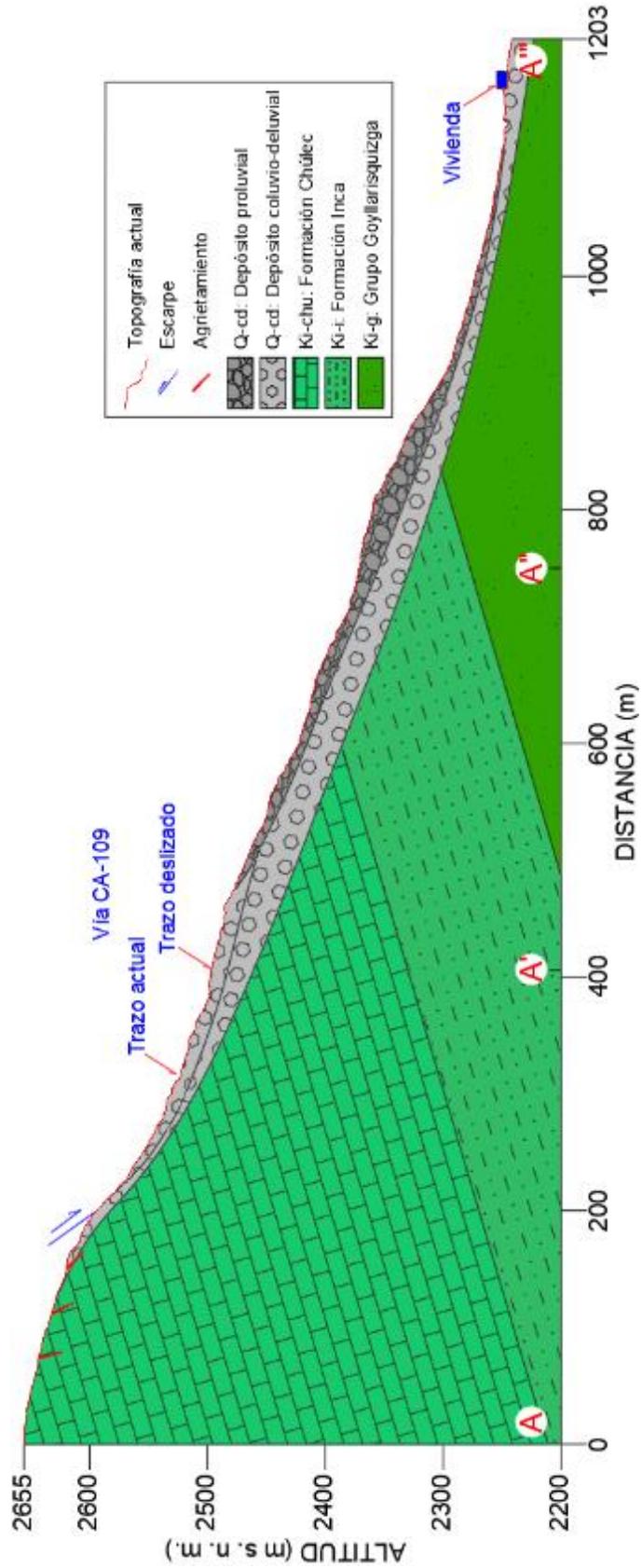
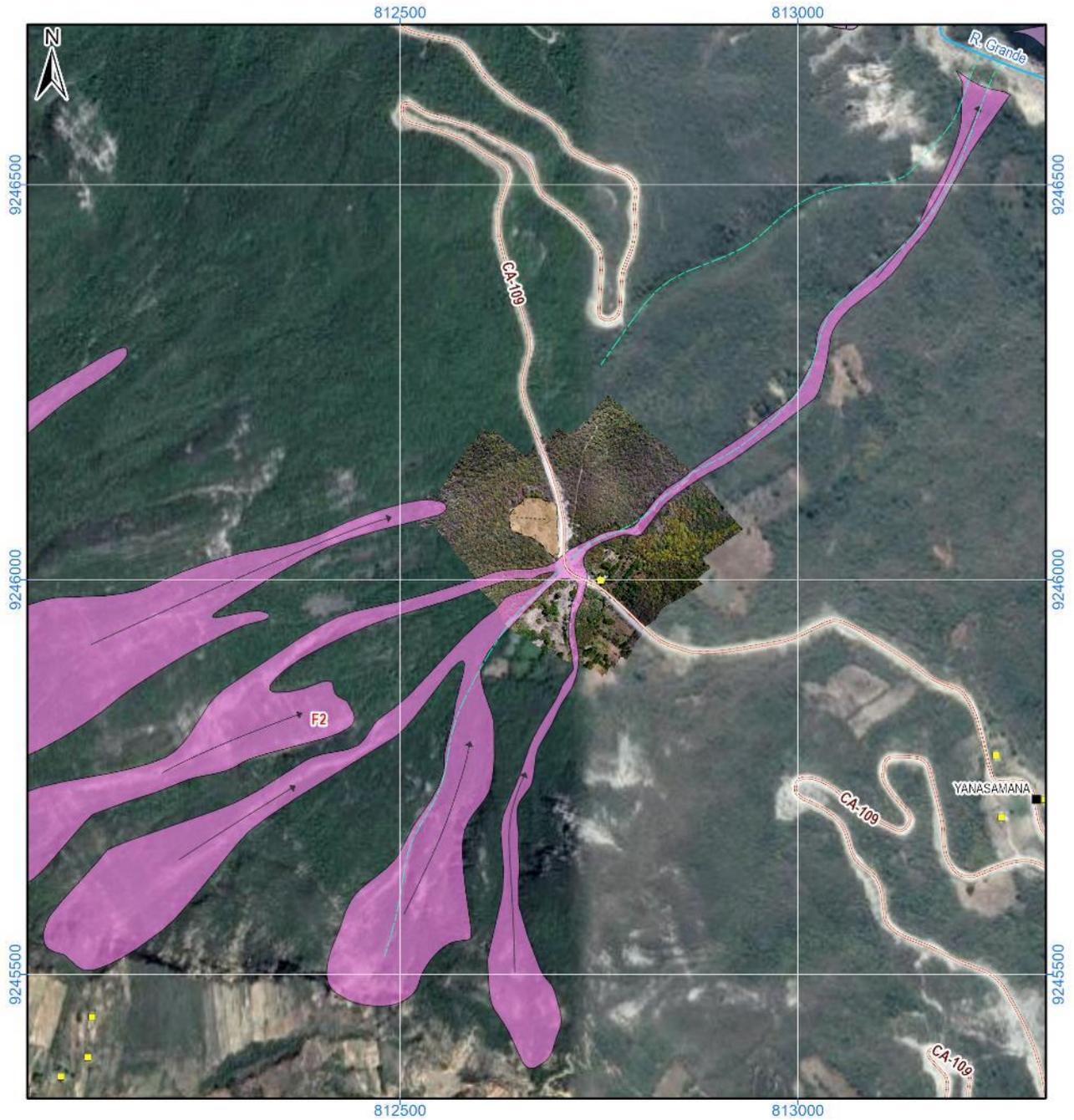


Figura 27. Perfil longitudinal A-A'-A''-A''' en la Localidad de Shusuro.

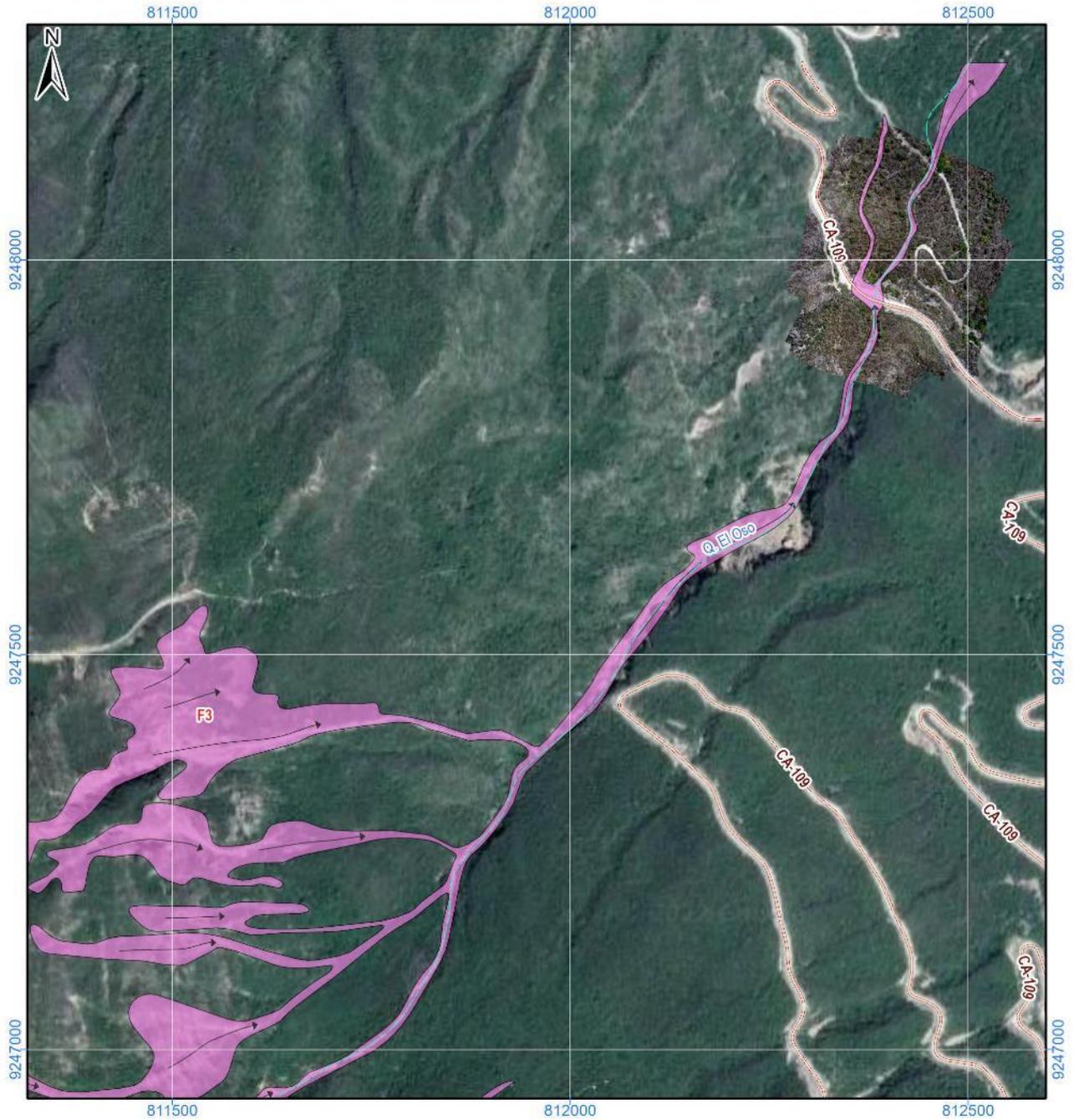


SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Río
	Red vial departamental
	Centro poblado
	Vivienda

TRAMA	
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de deslizamiento inactivo
	Dirección de movimiento inactivo
	Dirección de movimiento activo

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Deslizamiento rotacional inactivo
	Flujo de detritos activo

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CELENDÍN - CELENDÍN	
<b>MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/8,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA</b>	
<b>6</b>	



**TRAMA**  
 → Dirección de movimiento activo

**SIMBOLOGÍA**  
 Quebrada  
 Red vial departamental

**LEYENDA**  
 Flujo de detritos activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CELENDÍN - CELENDÍN	
<b>MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/8,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 7</b>	

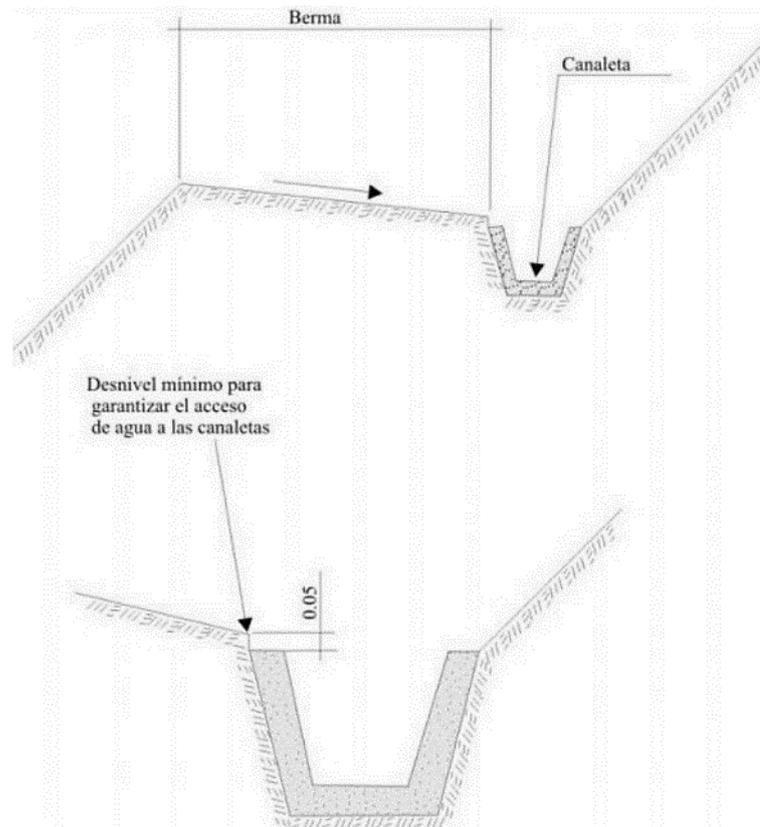
## ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

### 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

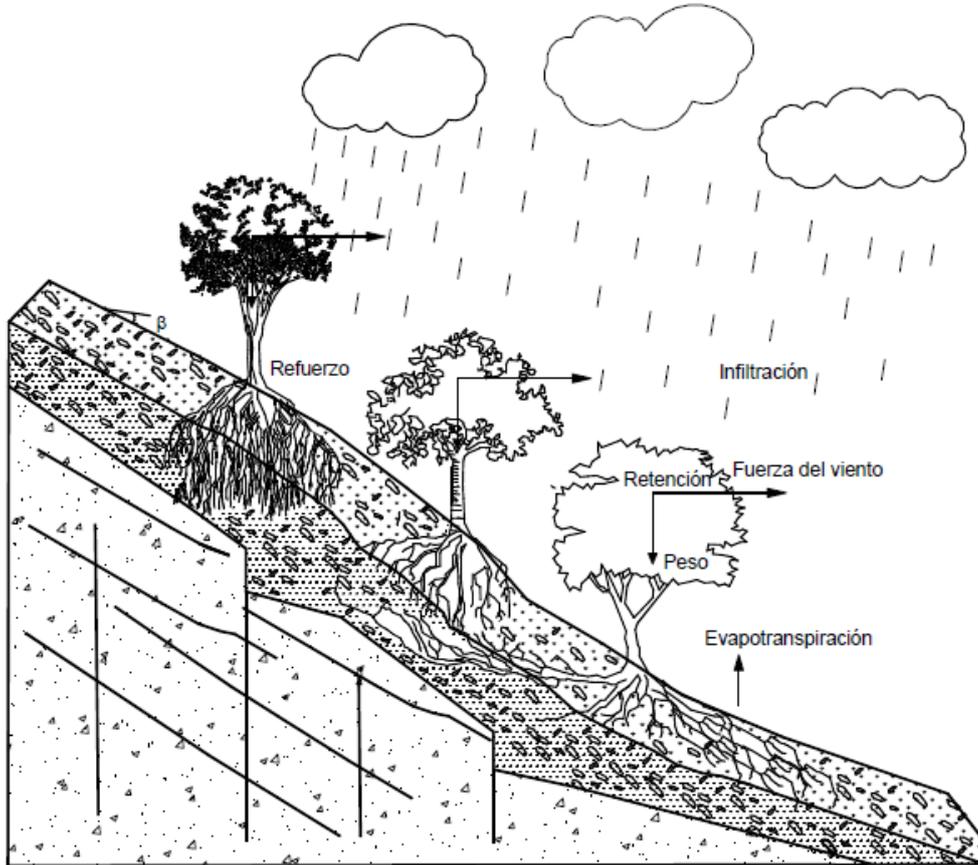
Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 28). 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 28.** Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

**b. Revegetación y bioingeniería**

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



**Figura 29.** Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



**Fotografía 12.** Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.