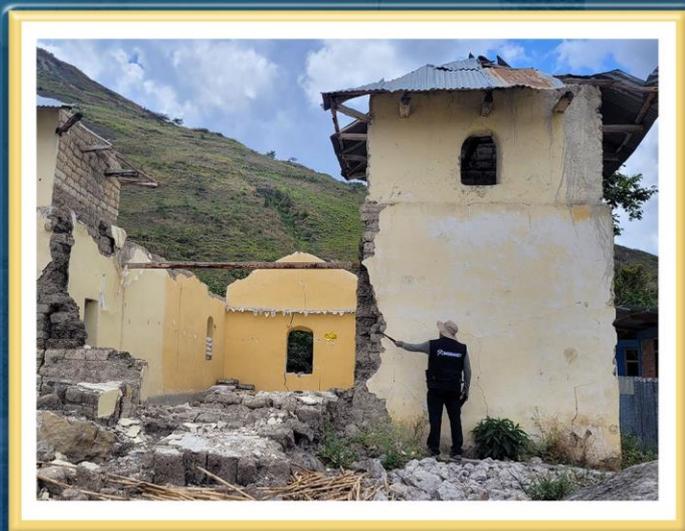


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7363

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO CHAUPE Y EN EL TERRENO DE ACOGIDA CHAUPE

Departamento Cajamarca  
Provincia Cutervo  
Distrito Querocotillo



MARZO  
2023

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN  
EL CASERÍO CHAUPE Y EN EL TERRENO DE ACOGIDA CHAUPE***

Departamento Cajamarca, provincia Cutervo, distrito Querocotillo.

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 (2023). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Chaupe y en el terreno de acogida Chaupe, distrito Querocotillo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7363, 43p.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Aspectos generales.....	3
1.3.1. Ubicación.....	3
1.3.2. Población.....	4
1.3.3. Accesibilidad.....	4
1.3.4. Clima.....	5
<b>2. DEFINICIONES.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ASPECTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	8
3.1.1. Formación Chúlec (Ki-chu).....	8
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	11
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>12</b>
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	12
4.2. Pendiente del terreno.....	13
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	15
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	15
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>17</b>
5.1. Zona de reptación-deslizamiento del caserío Chaupe.....	19
5.1.1. Descripción.....	19
5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento principal.....	19
5.1.3. Características visuales y morfométricas.....	20
<b>6. EVALUACIÓN DEL TERRENO DE ACOGIDA CHAUPE.....</b>	<b>24</b>
6.1. Erosión en cárcavas.....	24
6.2. Características visuales y morfométricas.....	25
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO 1. MAPAS.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....</b>	<b>39</b>

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y reptación de suelos en el caserío Chaupe, distrito Querocotillo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En el contexto litológico, en el sector, afloran calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec, cubiertas por depósitos coluvio deluviales arcillosos de alta plasticidad, compuestos por bloques (5%), cantos (3%), gravas (5%), gránulos (2%), arenas (10%), limos y arcillas (75%).

Además, en el contexto geomorfológico se presentan vertientes coluvio deluvial y de depósito de deslizamiento; en terrenos con pendiente muy fuerte (25° a 45°).

Se ha cartografiado una zona de reptación de 3.8 hectáreas, que presenta agrietamientos con longitudes promedio de 30 m, con aperturas de entre 5 y 30 cm, y desniveles menores a 1 m. Movimiento en masa que ha afectado a 20 viviendas, 4 instituciones educativas, 2 locales públicos y 100 m de vías locales. Además, se tiene un deslizamiento rotacional de 1.1 hectáreas, con un escarpe con longitud de 90 m y salto vertical de 4 m, que solo ha afectado pastos naturales.

El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas que se presentaron el 02 marzo 2022 (42.4 mm/día).

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, que presentan los terrenos con deslizamientos y reptación de suelos, se le considera como **Zona Crítica de Peligro Alto a Muy Alto**.

El terreno de acogida propuesto se ubica en calizas arenosas medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas, en un terreno de moderada a fuerte pendiente (5° a 25°) que conforman una montaña en roca sedimentaria; es afectada por procesos de erosiones en cárcavas, por lo cual se considera de **Peligro Medio**; para considerarlo apto para la reubicación, se deben implementar de medidas correctivas que se detallan en las recomendaciones.

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, para ser tomadas en cuenta, por autoridades competentes y tomadores de decisiones.

Como la zona de reubicación de viviendas se encuentra influenciada por procesos de erosión de laderas, antes que la población ocupe el terreno, se debe estabilizar, mediante la construcción de drenes de coronación, impermeabilizar los canales de regadío, reforestar las laderas, prohibir el riego por inundación, monitorear la actividad de las cárcavas y elaborar Evaluaciones de Riesgo (EVAR) para determinar medidas de control a largo plazo. En caso que se realicen cortes en talud, realizar estudios geotécnicos o de estabilidad, con especialistas.

## **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 Cutervo, según Oficio N°005-MPC-SGDGDRDD, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en el caserío Chaupe.

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 el caserío Chaupe; llevado a cabo el día 14 de setiembre 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 Cutervo, Municipalidad Distrital de Querocotillo 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 el caserío Chaupe, distrito Querocotillo, provincia Cutervo, 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). 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.
- 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; donde la zona evaluada se sitúa sobre áreas con susceptibilidad alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde al caserío Chaupe, distrito Querocotillo, provincia Cutervo, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el Cuadro 1; además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado, los vértices del terreno de acogida propuesto por la comunidad para su reubicación (Cuadro 2)

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio afectada por la reptación de suelos.

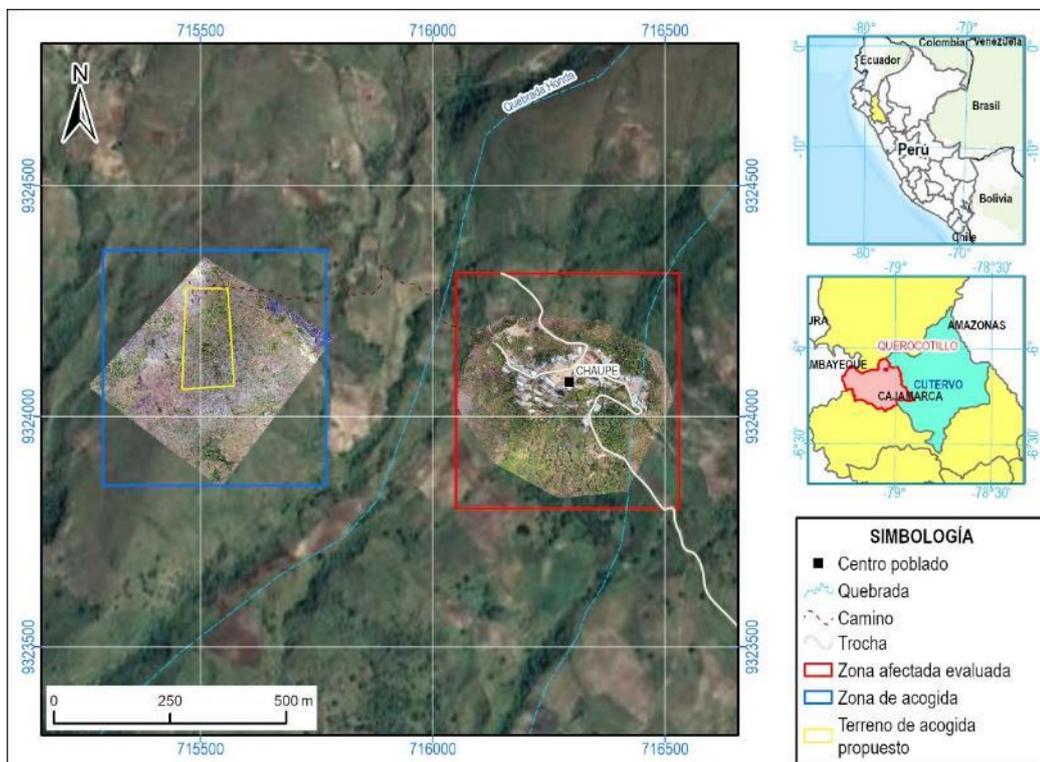
N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	716530	9324310	-6.109386	-79.043434
2	716530	9323800	-6.113998	-79.043419
3	716050	9323800	-6.114013	-79.047752
4	716050	9324310	-6.109402	-79.047768
<b>Coordenada central de los movimientos en masa identificados</b>				
C	716299	9324081	-6.111463	-79.045509

**Cuadro 2.** Coordenadas del terreno de acogida propuesto.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	715559	9324277	-6.109714	-79.052208
2	715573	9324066	-6.111622	-79.052071
3	715460	9324059	-6.111694	-79.053085
4	715469	9324276	-6.109725	-79.053017

### 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), el caserío Chaupe, tiene una población de 155 habitantes, distribuidos en 74 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.



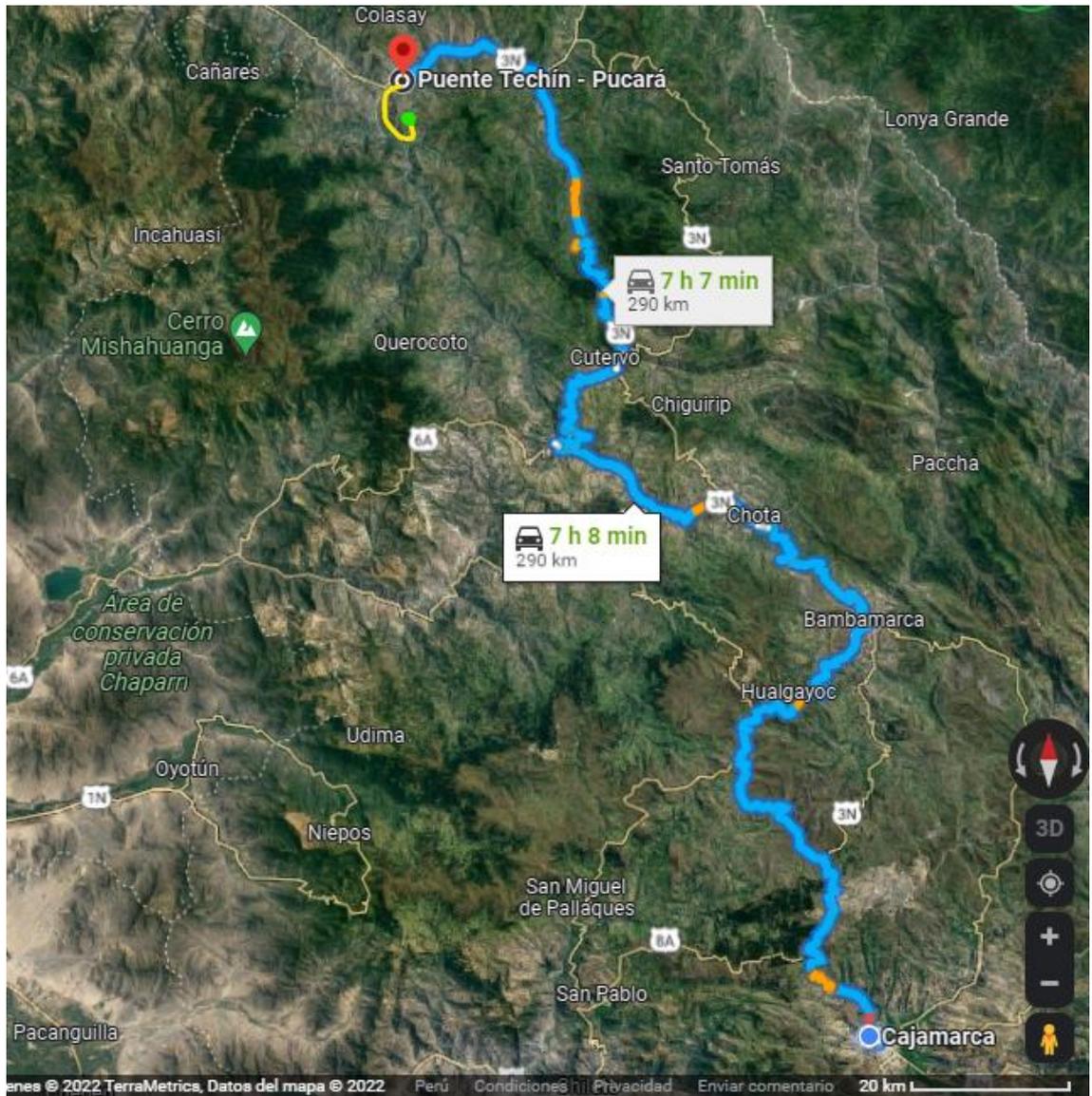
**Figura 1.** Ubicación del área evaluada de caserío Chaupe (en rojo), el terreno de acogida propuesto (en amarillo) y su zona de estudio (en azul).

### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la localidad evaluada, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía asfaltada nacional PE-3N hasta la localidad de Puente Techín Pucará, luego por la vía afirmada CA-824 hasta una trocha que llega al mismo caserío Chaupe (Cuadro 3, Figura 2):

**Cuadro 3.** Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Puente Techín Pucará	Asfaltada	290	7 horas 7 minutos
Puente Techín Pucará – Chaupe	Afirmada	16	30 minutos

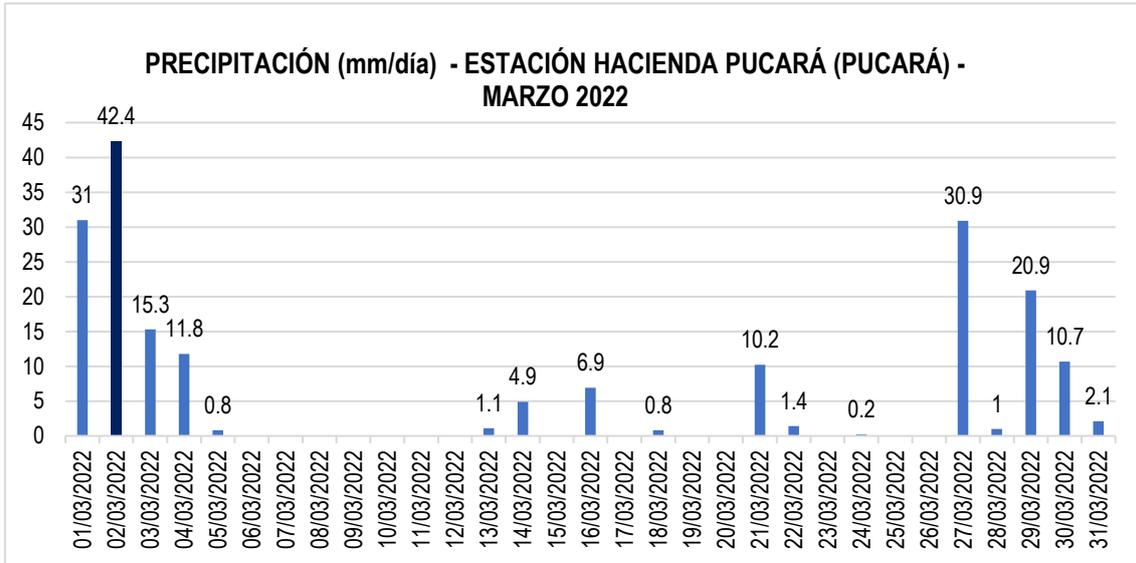


**Figura 2.** Ruta de acceso desde la Cajamarca hasta El Puente Techín - Pucará (en celeste) y de luego hasta el caserío Chaupe (en amarillo). **Fuente:** Google Maps.

#### 1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, templado (C (r) B'), con una temperatura máxima promedio entre 21°C a 25°C, una temperatura mínima promedio entre 7°C y 11°C y una precipitación anual entre 700 mm a 2000 mm.

Durante el mes de marzo del 2022, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 42.4 mm/día (Gráfico 1) considerados por el Senamhi como de Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).



**Gráfico 1.** Precipitación diaria durante marzo del 2022 en la Estación Pucará (Pucará), la más cercana a la zona evaluada. **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:

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

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

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

**Arcilla:** Suelo 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.

**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.

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

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

**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 desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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

**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.

**Reptación de suelos:** Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

**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 N° 38 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de 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 y 5).

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Solo se ha determinado la presencia de la Formación Chúlec que se encuentran coberturadas por depósitos cuaternarios inconsolidados.

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

Esta unidad marca el inicio de las secuencias calcáreas del cretácico en la cuenca sedimentaria Cajamarca, presenta secuencias de calizas arenosas en su miembro inferior y calizas micríticas gris azuladas en su miembro superior.

El miembro inferior tiene afloramientos en la zona de acogida propuesto (Fotografía 1) y se presenta con estratos masivos de calizas fosilíferas de color pardo, sus macizos se encuentran poco a medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas, con un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) promedio de 68 (Gráfico 2).

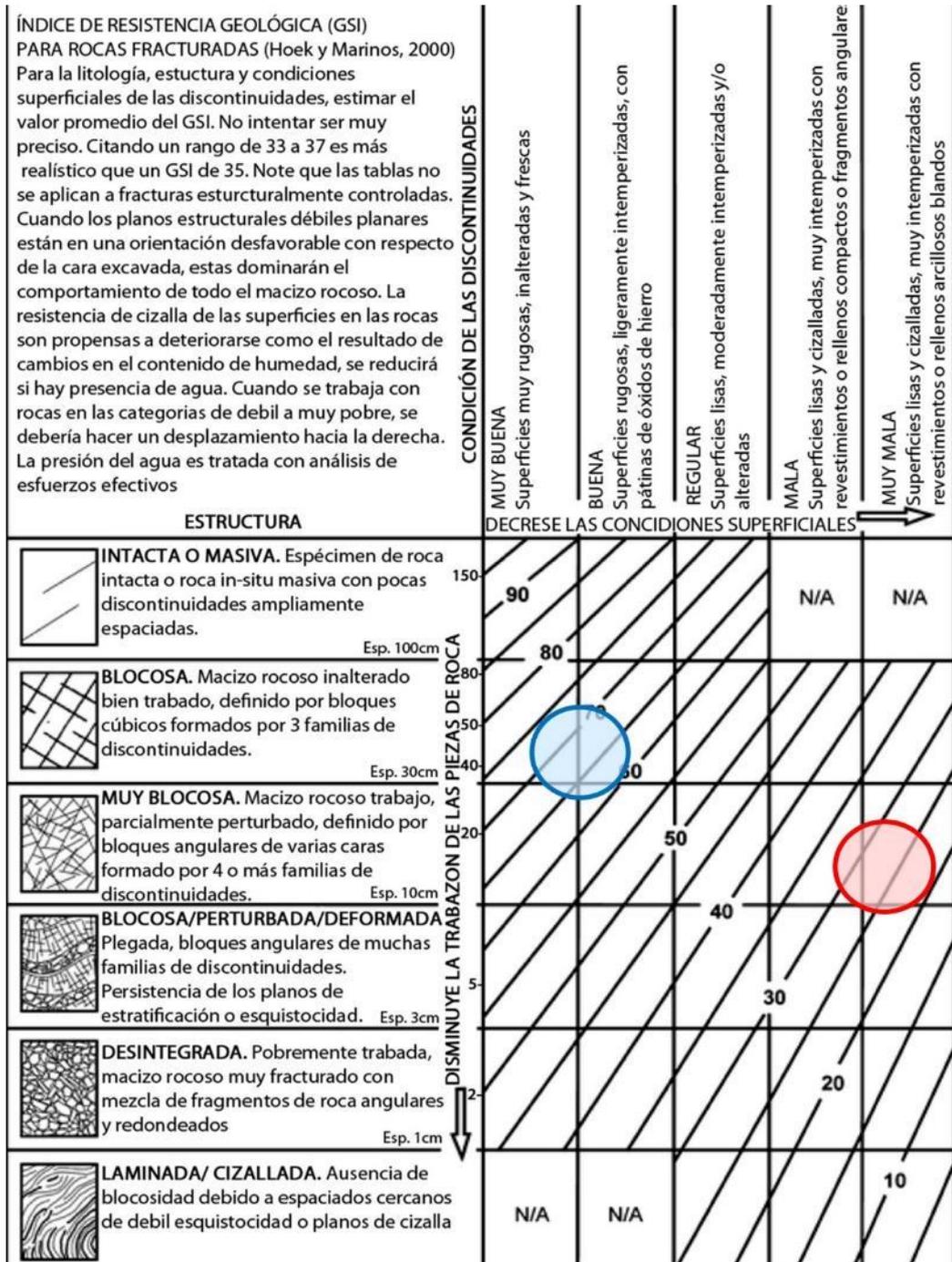


**Fotografía 1.** Macizo rocoso de la Formación Chúlec en el terreno de reubicación propuesto. **Ubicación:** E: 715602; N: 9324277; Z: 1575.

El miembro superior se encuentra en la zona del caserío Chaupe (Fotografía 2) y muestra localizados afloramientos, estando normalmente cubierta por depósitos cuaternarios producto de diversos procesos de remoción en masa, debido a su menor resistencia geológica, GSI promedio de 27 (Gráfico 2), estando sus macizos rocosos muy fracturados y altamente meteorizados.



**Fotografía 2.** Macizo rocoso de la Formación Chúlec en la zona del caserío Chaupe. **Ubicación:** E: 716324; N: 9324158; Z: 1578.



**Gráfico 2.** Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Formación Chúlec (Ki-chu), GSI promedio de 68, para el miembro inferior ubicado en el terreno de acogida propuesto, y de 27 para el miembro superior ubicado en la zona del caserío Chaupe. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

### 3.1.2. Depósitos cuaternarios

#### Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos de suelos acumulados 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.

Se ubican a lo largo de todo el caserío Chaupe, donde los materiales transportados por diversos movimientos en masa han cubierto al macizo rocoso; su granulometría es de alta plasticidad (CH); compuestos por bloques (5%), cantos (3%), gravas (5%), gránulos (2%), arenas (10%), limos (20%) y arcillas (55%) (Fotografía 3).



**Fotografía 3.** Muestra de los suelos coluvio-deluviales en la parte sur del caserío Chaupe.  
**Ubicación:** E: 716274; N: 9324029; Z: 1535.

#### Depósito proluvial (Q-pr)

Corresponden a depósitos en zonas de quebradas donde avenidas torrenciales han ido depositando interrumpidamente bloques gravas y arenas con una matriz de arcillas de alta plasticidad; su composición es de bloques (5%), cantos (10%), gravas (30%), gránulos (10%), arenas (10%), limos (15%) y arcillas (20%).

#### 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 imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en setiembre 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 1 484 m hasta los 1 611 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (Figura 3), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 520 y 1 560 m, con pendiente promedio de escarpada a muy escarpada (<25°), correspondiendo a depósitos coluvio deluviales y a una geoforma de vertiente coluvio-deluvial.

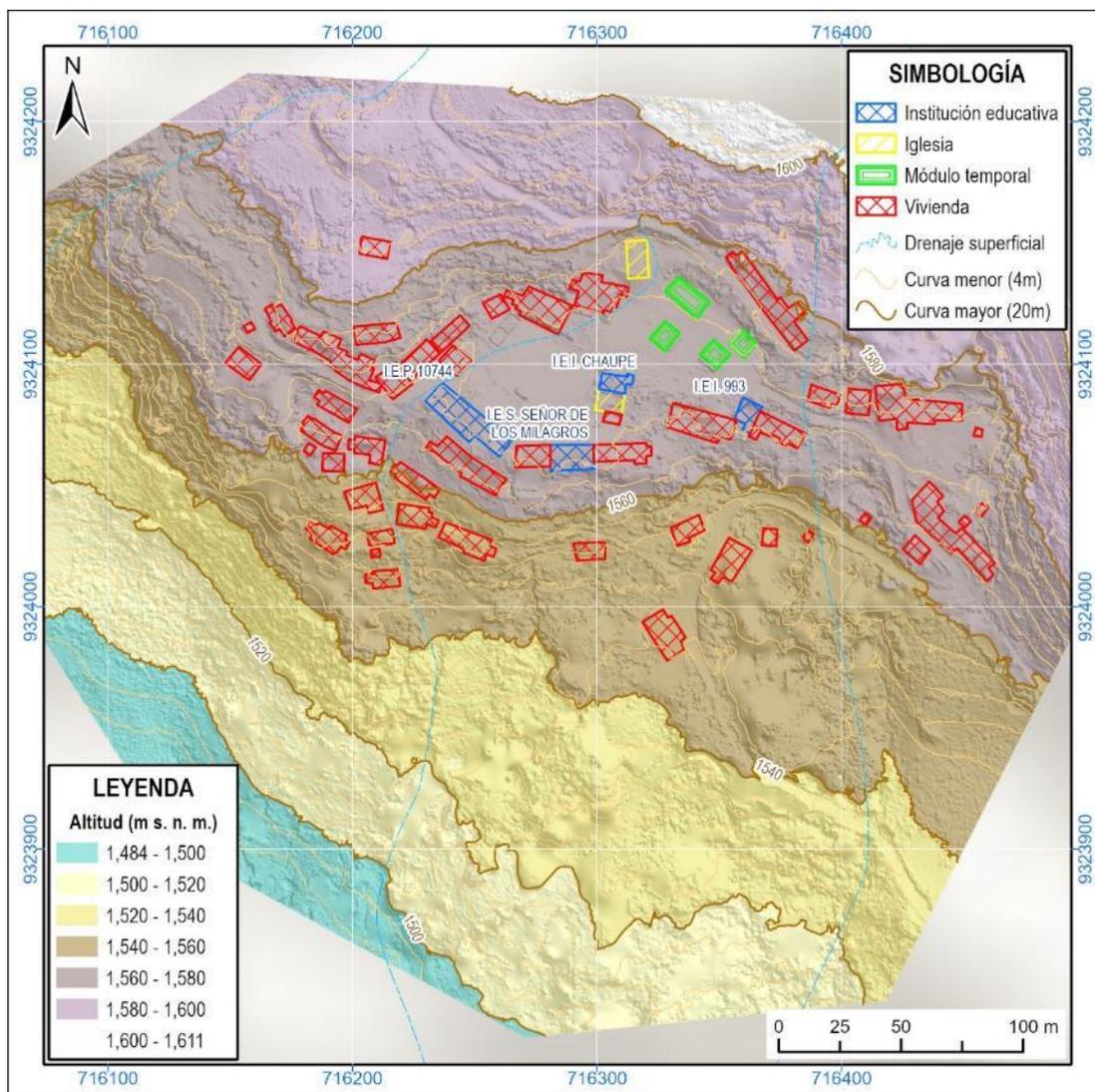


Figura 3. Modelo digital de elevaciones de la zona del caserío Chaupe.

La zona del terreno de acogida propuesto las altitudes que van desde los 1 425 m hasta los 1 588 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (Figura 4) con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 475 y 1 525 m, con pendiente promedio de escarpada ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), correspondiendo a calizas de la Formación Chúlec y a una geoforma de montaña en rocas sedimentarias.

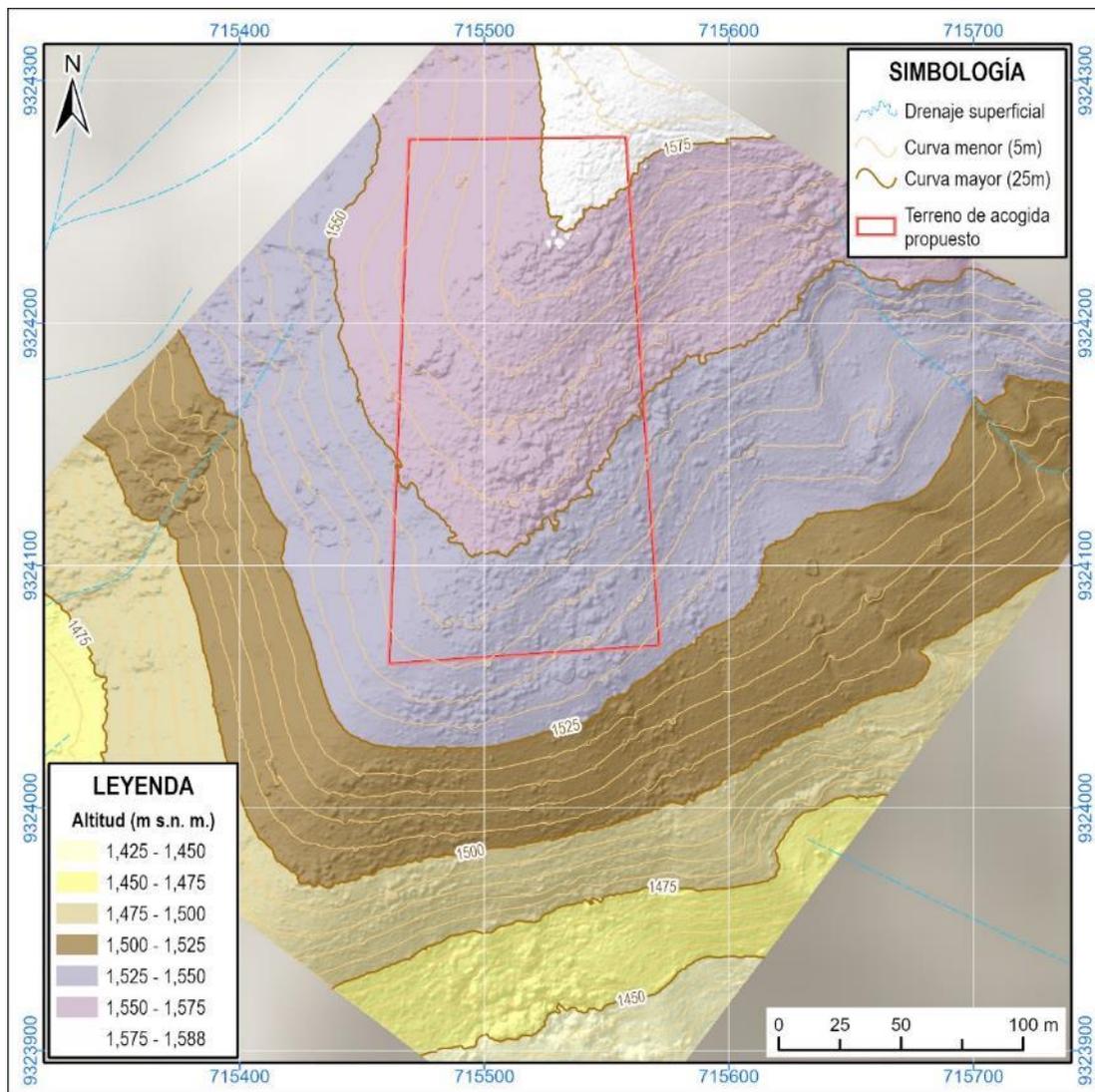
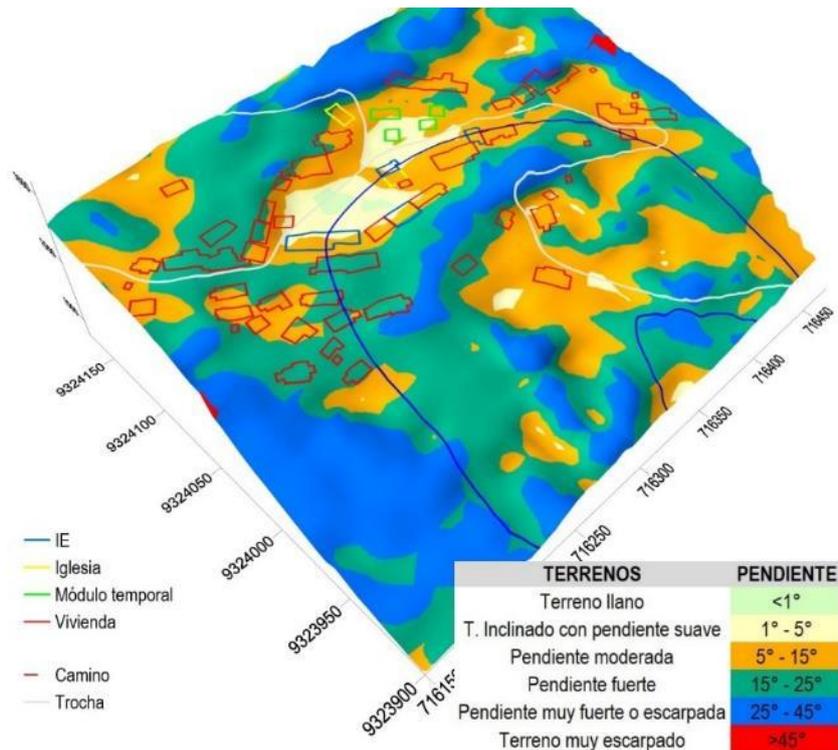


Figura 4. Modelo digital de elevaciones de la zona de la zona del terreno de acogida propuesto.

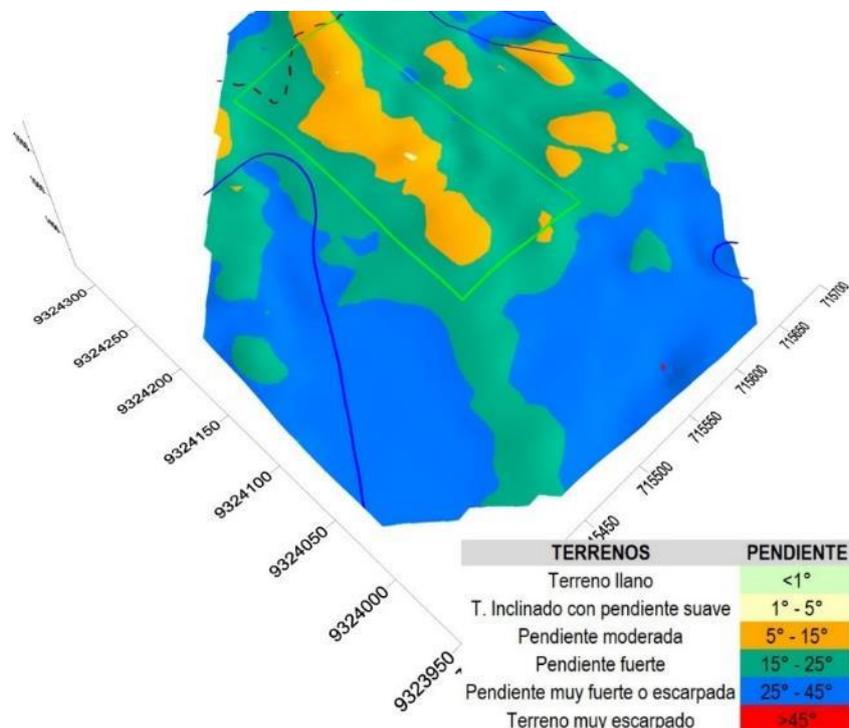
#### 4.2. Pendiente del terreno

En el caserío Chaupe, la zona con deslizamiento activo se encuentra en un terreno con pendiente muy fuerte ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ), mientras que el centro del caserío está asentado sobre un terreno con pendiente de suave a moderada ( $1^\circ$  a  $15^\circ$ ) (Figura 5, Mapa 2).



**Figura 5.** Modelo 3D de las pendientes de la zona del caserío Chaupé utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

En la zona del terreno de acogida propuesto se presentan pendientes de moderadas a fuertes (5° a 25°), pero también se han documentado terrenos con pendiente muy fuerte (25° a 45°) en las cercanías (Figura 6 y Mapa 6).



**Figura 6.** Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por reptación (en línea azul) en el terreno de acogida propuesto 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 en rocas sedimentarias), como de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial, vertiente con depósito de deslizamiento y piedemonte proluvial o aluvio torrencial); las geoformas de la zona del caserío Chaupe se grafican en la Figura 7 y en el Mapa 3 y de la zona del terreno de acogida propuesto en la Figura 8 y Mapa 7.

#### **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 en rocas sedimentarias (M-rs)**

Se presentan en las partes altas del caserío Chaupe y a lo largo de toda la zona del terreno de acogida propuesto, donde los terrenos conforman montañas de moderada a fuerte pendiente, con escasa vegetación forestal, principalmente solo pastos y arbustos.

#### **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)**

Conforman los terrenos donde se ubican las viviendas del caserío Chaupe, donde los continuos movimientos en masa han ido acumulando suelos arcillas de alta plasticidad con bloques sub angulosos a sub redondeados.

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

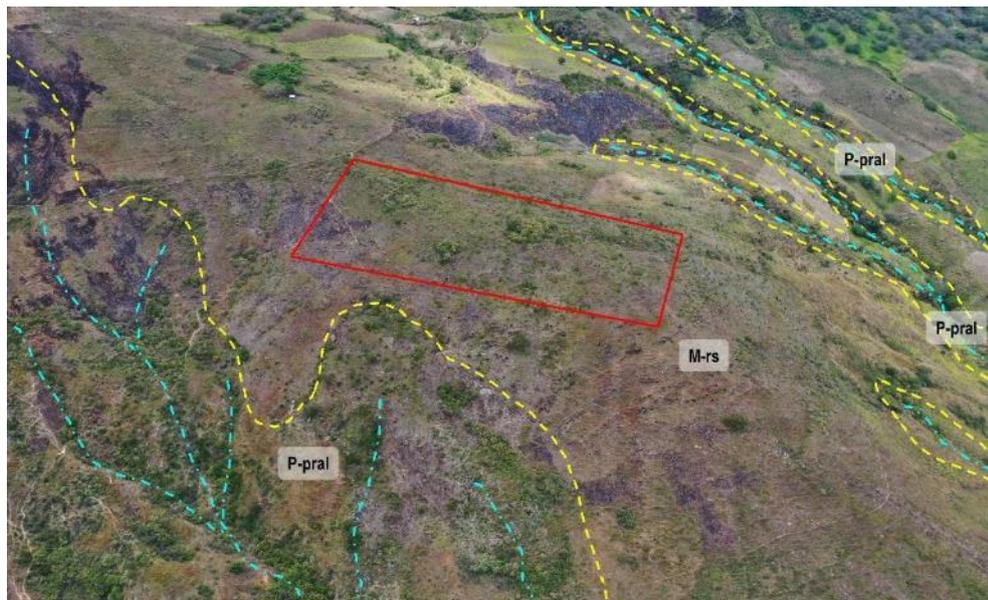
Se ubica en la parte sur del caserío Chaupe donde existe un deslizamiento rotacional activo y que ha movilizó suelos ladera abajo, pero a una corta distancia; su composición granulométrica es similar a la unidad anterior.

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

Se ubican en los cauces y cercanías de drenajes superficiales, donde esporádicos eventos de lluvias intensas generan flujos de detritos los mismos que van acumulando suelos de gravas arcillosas.



**Figura 7.** Vista de las geoformas del caserío Chaupe: Montaña en rocas sedimentarias (M-rs), vertiente coluvio deluvial (V-cd), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) y piedemonte proluvial o aluvio torrencial (P-pral).



**Figura 8.** Vista de las geoformas de la zona del terreno de acogida: Montaña en rocas sedimentarias (M-rs) y piedemontes proluviales o aluvio torrenciales (P-pral).

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el caserío Chaupe se presentan movimientos en masa de tipo reptación de suelos deslizamiento rotacional, así como diversos agrietamientos en la parte baja del sector urbano del caserío en mención, que en total han afectado a 20 viviendas (Fotografía 4), 4 instituciones educativas, 2 locales públicos (Fotografía 5) y 100 metros de vía local.



**Fotografía 4.** Afectaciones a diversas viviendas del caserío Chaupe ubicados en la zona de reptación.



**Fotografía 5.** Vista de daños en infraestructuras pública del caserío Chaupe: Iglesia local (arriba), institución educativa primaria 10744 (centro) y losa deportiva (abajo); debido a los agrietamientos de la reptación progresiva de suelos.

## 5.1. Zona de reptación de suelos en el caserío Chaupe

### 5.1.1. Descripción

Corresponden a un movimiento en masa que se encuentra activo siguiendo una dirección NO-SE, que ha comprometido diversas viviendas e instalaciones públicas del caserío Chaupe (Figura 9); sin embargo, solo se aprecian agrietamientos discontinuos, pero podría desencadenarse en un deslizamiento si no se toman las medidas de control de peligros adecuados.



**Figura 9.** Vista 3D del caserío Chaupe resaltando sus infraestructuras expuestas; la zona de deslizamiento está delimitada en amarillo y de reptación en líneas discontinuas celestes.

### 5.1.2. Análisis longitudinal

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 10) se aprecia la extensión de la zona con reptación de suelos, además de un deslizamiento en la parte baja; movimientos en masa desarrollados en los suelos coluvio deluviales superficiales que cubren a las calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec (miembro superior).

En la figura 11 se ha delimitado las zonas afectadas por los movimientos en masa en el caserío Chaupe, resaltando el área de reptación de suelos que es altamente propensa al desencadenamiento de un deslizamiento, que afectaría infraestructuras y pondría en riesgo a la vida y seguridad de los pobladores.



**Figura 10.** Perfil A-A' que muestra la distribución de los materiales geológicos e infraestructura afectadas del caserío Chaupe.



**Figura 11.** Vista del caserío Chaupe donde se muestra el área afectada por la reptación (en amarillo) y la distribución de los agrietamientos (demarcados en líneas discontinuas rojas).

### 5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Reptación de suelos.
- Estado: Activo.
- Área afectada 3.8 ha.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes, según comentario de los pobladores del caserío Chaupe).
- Deformación del terreno: Escalonada

La composición de los suelos coluvio deluviales corresponde a arcillas de alta plasticidad (CH); compuestos por bloques (5%), cantos (3%), gravas (5%), gránulos (2%), arenas (10%), limos y arcillas (75%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Descripción de formaciones superficiales – reptación de suelos en el caserío Chaupe.  
**Ubicación:** E: 716274; N: 9324029; Z: 1535.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
	Eluvial	Lacustre	5	Bolos		Esférica		Redondeado
X	Deluvial	Marino	3	Cantos	X	Discoidal		Sub redondeado
X	Coluvial	Eólico	5	Gravas		Laminar		Anguloso
	Aluvial	Orgánico	2	Gránulos		Cilíndrica	X	Sub anguloso
	Fluvial	Artificial	10	Arenas				
	Proluvial	Litoral	20	Limos				
	Glaciar	Fluvio glaciar	55	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
	Blanda	Suelta	Suelta		GP	SP	CL	X CH
X	Compacta	Densa	Med. consolidada		GM	SM	OL	OH
	Dura	Muy Densa	Consolidada		GC	SC	PT	
			Muy consolidada					

### Morfometría

- Área: 38 338 m<sup>2</sup>
- Perímetro: 853 m
- Longitud de agrietamientos: 323 m (32 m en promedio)
- Apertura de agrietamientos: 5 – 30 cm
- Desnivel de agrietamientos: < 1 m
- Longitud del área afectada: 220 m
- Ancho del área afectada: 245 m
- Dirección del movimiento: N275°



**Fotografía 6.** Detalle del desnivel de un agrietamiento en la zona de reptación de suelos

### **Factores condicionantes**

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por arcillas de alta plasticidad del depósito coluvio-deluvial, así como de calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec (Ki-chu).
- Ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertientes coluvio deluvial, muy susceptibles a erosionarse.
- Deforestación de las laderas para habilitación urbana.
- Ausencia de drenajes adecuados.

### **Factor detonante**

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema, como la ocurrida el 2 de marzo del 2022, donde la estación Hacienda Pucará registró 42.4 mm/día (Gráfico 1).

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

- 20 viviendas afectadas del caserío Chaupe.
- 4 instituciones educativas afectadas: Inicial Chaupe, Inicial N° 993, Primaria N° 10744, Secundaria Señor de los Milagros.
- 2 locales públicos destruidos: Iglesia y casa comunal.
- 100 m de vía local de acceso.

## **5.2. Zona de deslizamiento del caserío Chaupe**

### **5.2.1. Descripción**

Esta zona de deslizamiento rotacional activo se ubica a 80 m al sur del caserío Chaupe, mostrando un escarpe de 4 m de salto vertical (Fotografía 7); actualmente solo ha afectado 1.1 ha de terrenos con pastos naturales.



**Fotografía 7.** Detalle del escarpe del deslizamiento rotacional.

### 5.2.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Área afectada 1.1 ha.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes, según comentario de los pobladores del caserío Chaupe).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- Composición: Suelos coluvio deluviales de arcillas de alta plasticidad (CH); compuestos por bloques (5%), cantos (3%), gravas (5%), gránulos (2%), arenas (10%), limos y arcillas (75%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos.

#### Morfometría

- Área: 10 758 m<sup>2</sup>.
- Perímetro: 418 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 50 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 145 m.
- Ángulo de corona al pie del deslizamiento: 19°.
- Dirección del movimiento: N173°.
- Ancho de la superficie de falla: 90 m.
- Salto principal: 4 m.

#### Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por arcillas de alta plasticidad del depósito coluvio-deluvial, así como de calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec (Ki-chu).
- Ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertientes coluvio deluvial, muy susceptibles a erosionarse.
- Ausencia de drenajes adecuados.

#### Factor detonante

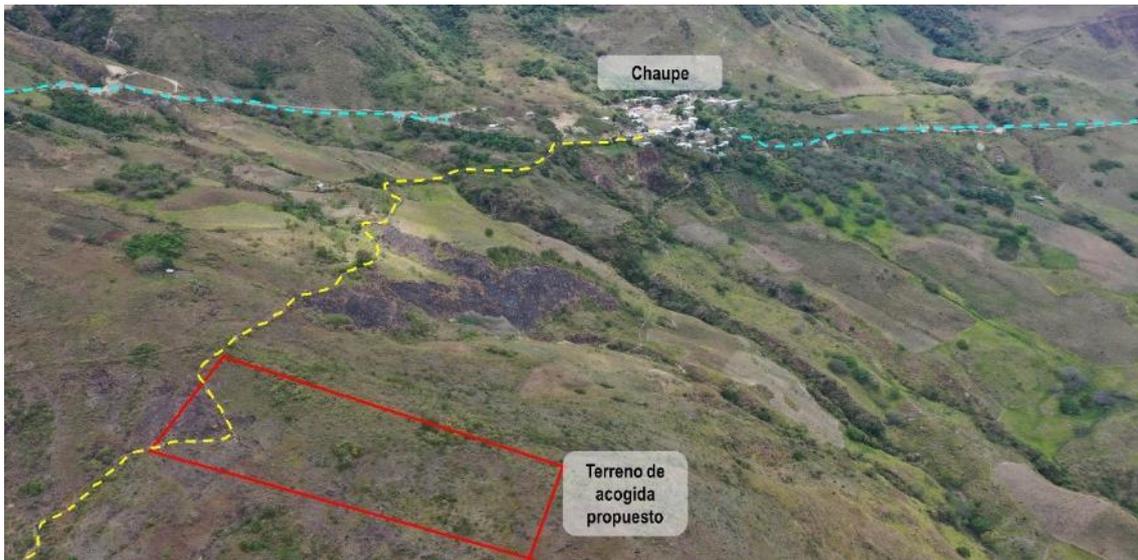
- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema, como la ocurrida el 2 de marzo del 2022, donde la estación Hacienda Pucará registró 42.4 mm/día (Gráfico 1).

#### Daños ocasionados por el movimiento en masa

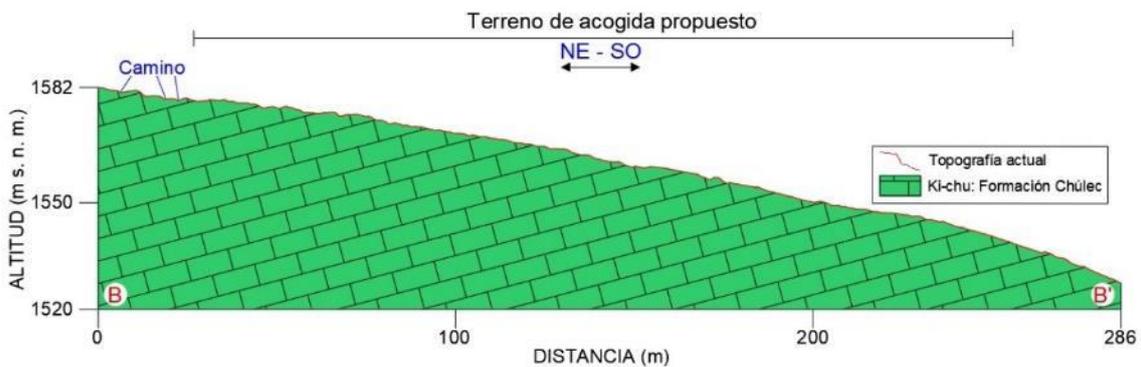
- 1.1 ha de terrenos naturales afectados.

## 6. EVALUACIÓN DEL TERRENO DE ACOGIDA CHAUPE

El terreno de acogida propuesto Chaupe se ubica a 650 m al oeste del caserío del mismo nombre (Figura 12) sobre una ladera de montaña en macizos rocosos de calizas arenosas se encuentran medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas (Formación Chúlec) con pendiente de moderada a fuerte ( $5^\circ$  a  $25^\circ$ , Figura 13), dándole al macizo una resistencia mucho mayor a las calizas que se encuentran en el caserío Chaupe, debido a su mayor contenido fósil y cristalización de carbonato de calcio en forma de venillas de calcita y aragonito.



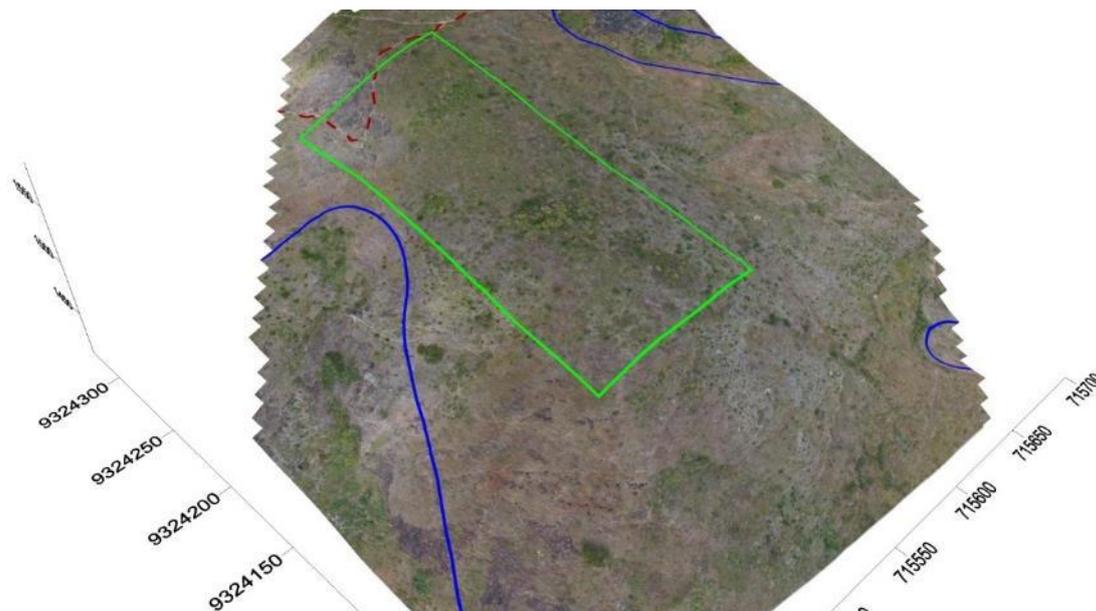
**Figura 12.** Vista del terreno de acogida propuesto, en relación a la ubicación actual del caserío Chaupe; en línea amarilla se indica el camino de acceso actual y en celeste las vías locales actuales (trocha).



**Figura 13.** Perfil B-B' que muestra la distribución de los materiales geológicos en el terreno de acogida propuesto.

### 6.1. Erosión en cárcavas

Corresponde a los únicos movimientos en masa documentados en las inmediaciones del terreno de acogida propuesto (Figura 14); los cuales se desarrollan sobre depósitos proluviales producto de la remoción en masa de los suelos erosionados y meteorizados de la Formación Chúlec, conformando terrenos de pendiente muy fuerte ( $25^\circ$  a  $45^\circ$ ) y geoformas de piedemonte proluvial o aluvio torrencial (Figura 15).



**Figura 14.** Vista 3D del terreno de acogida propuesto (línea verde) donde se aprecia un camino de acceso (línea discontinua roja) y los sectores con erosión de cárcava (línea azul).



**Figura 15.** Vista de un sistema de quebradas donde se vienen registrando procesos de erosión en cárcavas al oeste del terreno de acogida propuesto (delimitado en rojo).

## 6.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Erosión en cárcava.
- Estado: Inactivo – Latente.
- Composición: Gravas arcillosas (GC); compuestos por bloques (5%), cantos (10%), gravas (30%), gránulos (10%), arenas (10%), limos y arcillas (35%); sus clastos gruesos son sub angulosos (Cuadro 5).
- Deformación del terreno: Escalonado.

**Cuadro 5.** Descripción de formaciones superficiales – erosión en cárcavas en las inmediaciones del terreno de acogida. **Ubicación:** E: 715428; N: 9324196; Z: 1544.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES			
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	5 Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	10 Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	30 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	10 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	<input type="checkbox"/>	10 Arenas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	<input type="checkbox"/>	15 Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	<input type="checkbox"/>	20 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 checked="" 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 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					
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	OH
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada	<input checked="" type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	PT

### Morfometría:

- Área: 63 282 m<sup>2</sup>.
- Perímetro: 2 411 m.
- Profundidad de la cárcava: 10 m.
- Longitud horizontal de la cárcava: 450 m.
- Pendiente del terreno: 30°.
- Dirección del movimiento: N215° (NE-SO).
- Ancho del área afectada por la cárcava: 350 m.

### Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por gravas arcillosas de depósitos proluviales, sobre calizas arenosas medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas de la Formación Chúlec (Ki-chu).
- Ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de piedemonte proluvial o aluvio torrencial, muy susceptibles a erosionarse.

### Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (Niveles de Fenómeno El Niño).

### Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 6 hectáreas de terrenos naturales afectados.
- Interrupción de caminos.

### Medidas correctivas para el terreno de acogida.

- Las nuevas infraestructuras deberán ser construidas a no menos de 50 m de las zonas con erosión en cárcavas.

- b. Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de todo el terreno de acogida propuesto y sobre los terrenos afectados por erosión en cárcavas (Anexo 2A – Figura 16).
- c. Realizar un sistema de drenaje pluvial impermeabilizado, en la zona de habilitación urbana proyectada.
- d. Reforestar las laderas con especies nativas y prohibir la deforestación.
- e. Prohibir el cultivo de especies con gran demanda hídrica (riego por inundación).
- f. En caso que se realicen cortes en talud, realizar estudios geotécnicos o de estabilidad con especialistas.

## 7. CONCLUSIONES

- a. En el caserío Chaupe, se ha cartografiado un proceso de reptación de suelos y un deslizamiento rotacional, que abarcan un área de 4.9 ha, y que han afectado 20 viviendas, 4 instituciones educativas, 2 locales públicos y 100 m de vías locales.
- b. El proceso de reptación se ha desarrollado sobre suelos arcillosos de alta plasticidad, provenientes de procesos de remoción en masa sobre calizas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Chúlec. De seguir este evento se podría convertir en un deslizamiento.
- c. La zona de reptación ocupa un área de 3.8 hectáreas, con longitudes de agrietamientos de 32 m, en promedio, con aperturas de entre 5 y 30 cm, y desniveles menores a 1 m; mientras que el deslizamiento rotacional del abarca un área de 1.1 hectáreas, su escarpa tiene un ancho de 90 m y un salto de 4 m.
- d. Las geoformas corresponden a vertientes coluvio deluviales ubicados en las partes bajas de montañas en rocas sedimentarias, estos terrenos tienen pendientes muy fuertes (25° a 45°); mientras que el área urbana tiene una pendiente de suave a moderada (1° a 15°).
- e. El factor detonante para la ocurrencia de los movimientos en masa fueron las precipitaciones pluviales intensas como las registradas el 02 de marzo 2022 (42.4 mm/día).
- f. El material que conforman los depósitos coluvio deluviales corresponden a suelos arcillosos de alta plasticidad (CH) con alto contenido de carbonatos; compuestos por bloques (5%), cantos (3%), gravas (5%), gránulos (2%), arenas (10%), limos (20%) y arcillas (55%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos.
- g. Las áreas de impacto por deslizamiento y reptación, cartografiados en el caserío Chaupe, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como **Zona Crítica de Peligro Alto a Muy Alto**.
- h. El terreno de acogida propuesto se ubica sobre calizas arenosas medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas, que conforman una geoforma de montaña en roca sedimentaria de moderada a fuerte pendiente (5° a 25°); considerándose como de **Peligro Medio** ante movimientos en masa; siendo apto para la reubicación, bajo el obligatorio cumplimiento de medidas de control de riesgos.

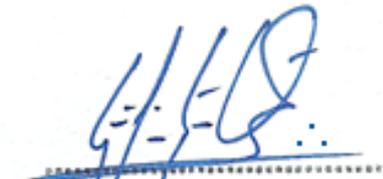
## 8. RECOMENDACIONES

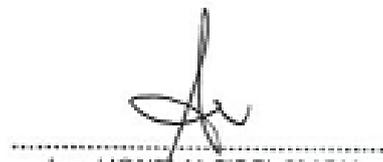
### En las zonas impactadas por reptación y deslizamientos

- a) Reubicar las viviendas y demás infraestructuras afectadas del caserío Chaupe y que se encuentran próximos a movimientos en masa.
- b) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 17 y fotografía 8).
- c) Monitorear la posible reactivación del deslizamiento, así como de la reptación de suelos
- d) Elaborar estudios EVAR con el fin de determinar medidas de control a largo plazo y delimitar posibles zonas con riesgo muy alto no mitigable.

### En la zona del terreno de acogida propuesto

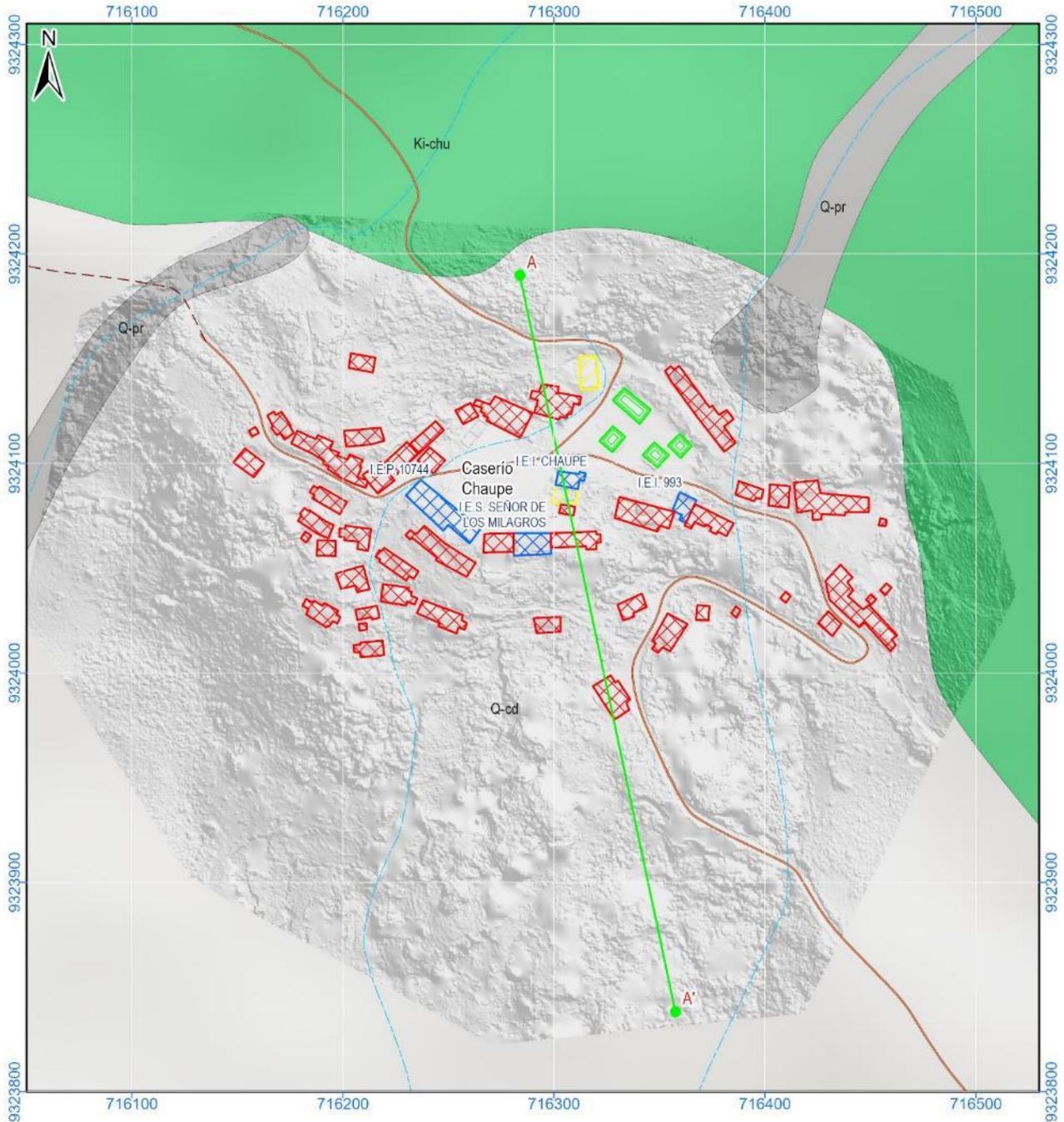
- a) Las nuevas infraestructuras deberán ser construidas a no menos de 50 m de las zonas con erosión en cárcavas.
- b) Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de todo el terreno de acogida propuesto y sobre los terrenos afectos por erosión en cárcavas (Anexo 2A – Figura 16).
- c) Realizar un sistema de drenaje pluvial impermeabilizado, en la zona de habilitación urbana proyectada.
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y prohibir la deforestación.
- e) Prohibir el cultivo de especies con gran demanda hídrica (riego por inundación).
- f) En caso que se realicen cortes en talud, realizar estudios geotécnicos o de estabilidad con especialistas.

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

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

## 9. BIBLIOGRAFÍA

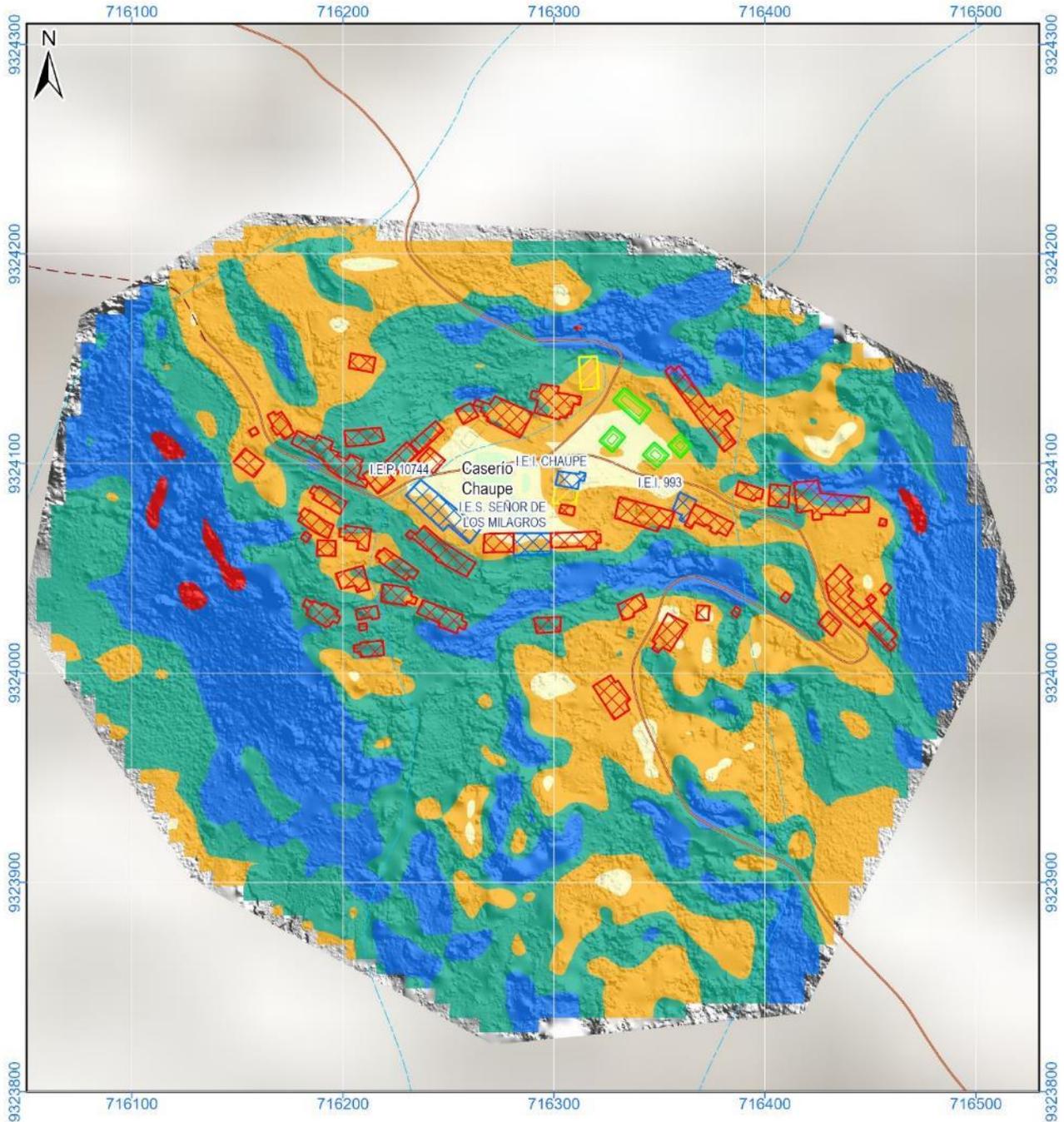
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)
- 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.
- Reyes Rivera, L., & Caldas Vidal, J. (1987). *Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca Boletín N° 39 Serie A. Ingemmet.*
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas.*
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional.* <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- 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.*



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Trocha
	Línea de perfil
	Institución educativa
	Iglesia
	Módulo temporal
	Vivienda

LEYENDA	
	Q-pr: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio-deluvial
	Ki-chu: Formación Chúlec

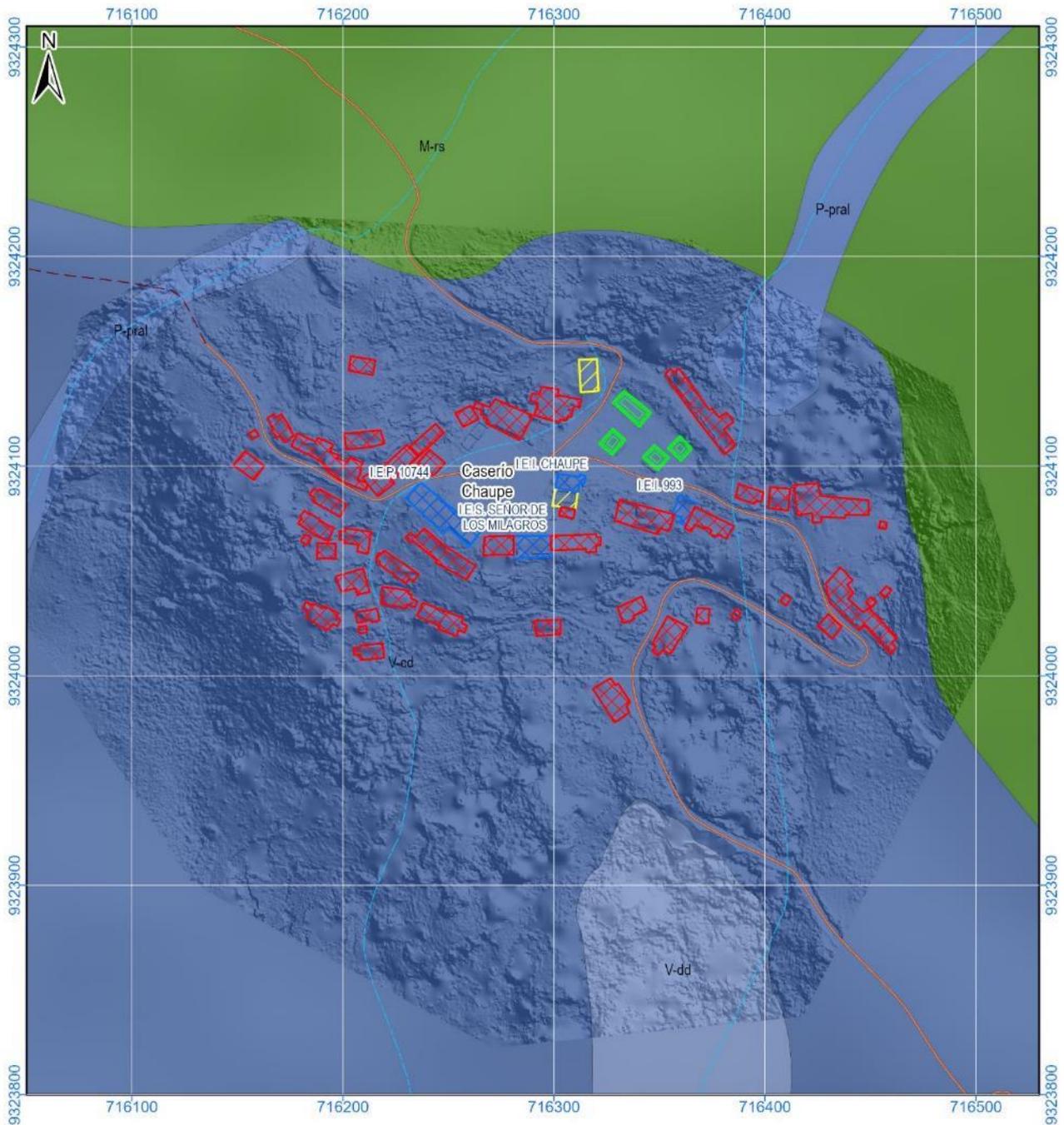
SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>MAPA GEOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: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



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Trocha
	Institución educativa
	Iglesia
	Módulo temporal
	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

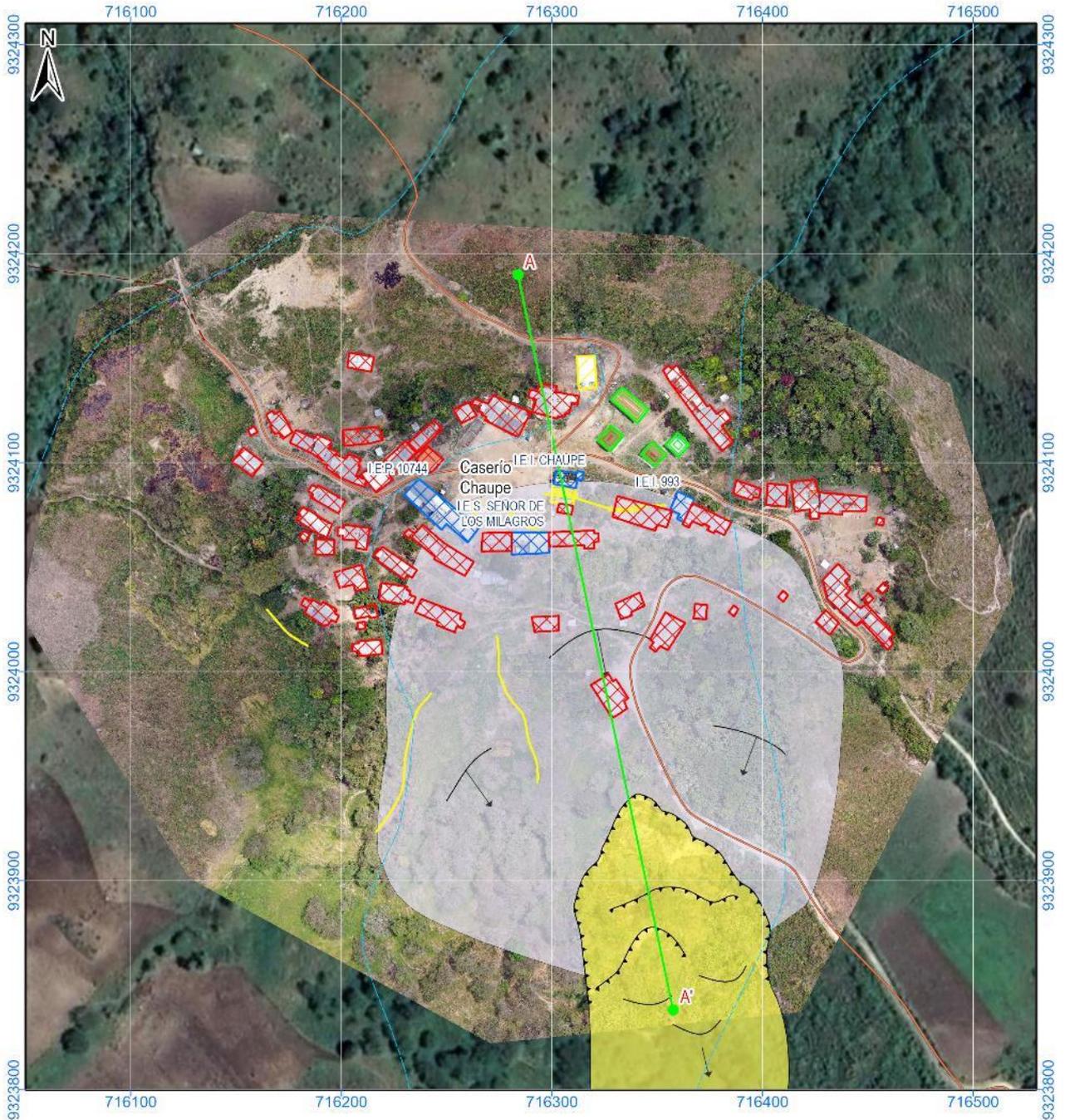
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
CAJAMARCA - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>MAPA DE PENDIENTES</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 2</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Trocha
	Institución educativa
	Iglesia
	Módulo temporal
	Vivienda

LEYENDA	
	M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
	V-cd: Vertiente coluvio-deluvial
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	P-pral: Piedmonte proluvial o aluvio torrencial

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 - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 3</b>	

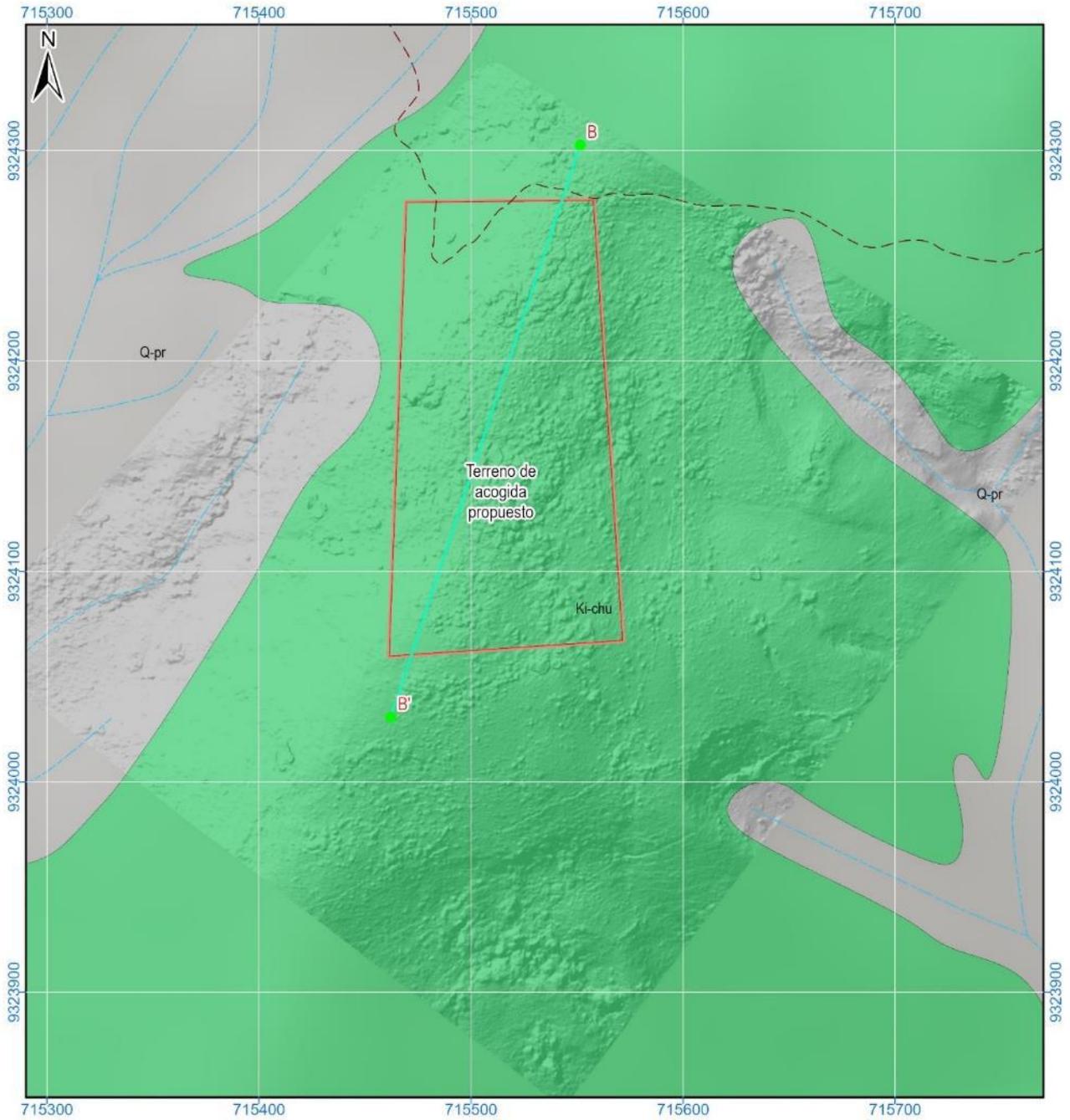


SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Trocha
	Agrietamiento
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Trama
	Línea de perfil
	Institución educativa
	Iglesia
	Módulo temporal
	Vivienda

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Reptación de suelos activa



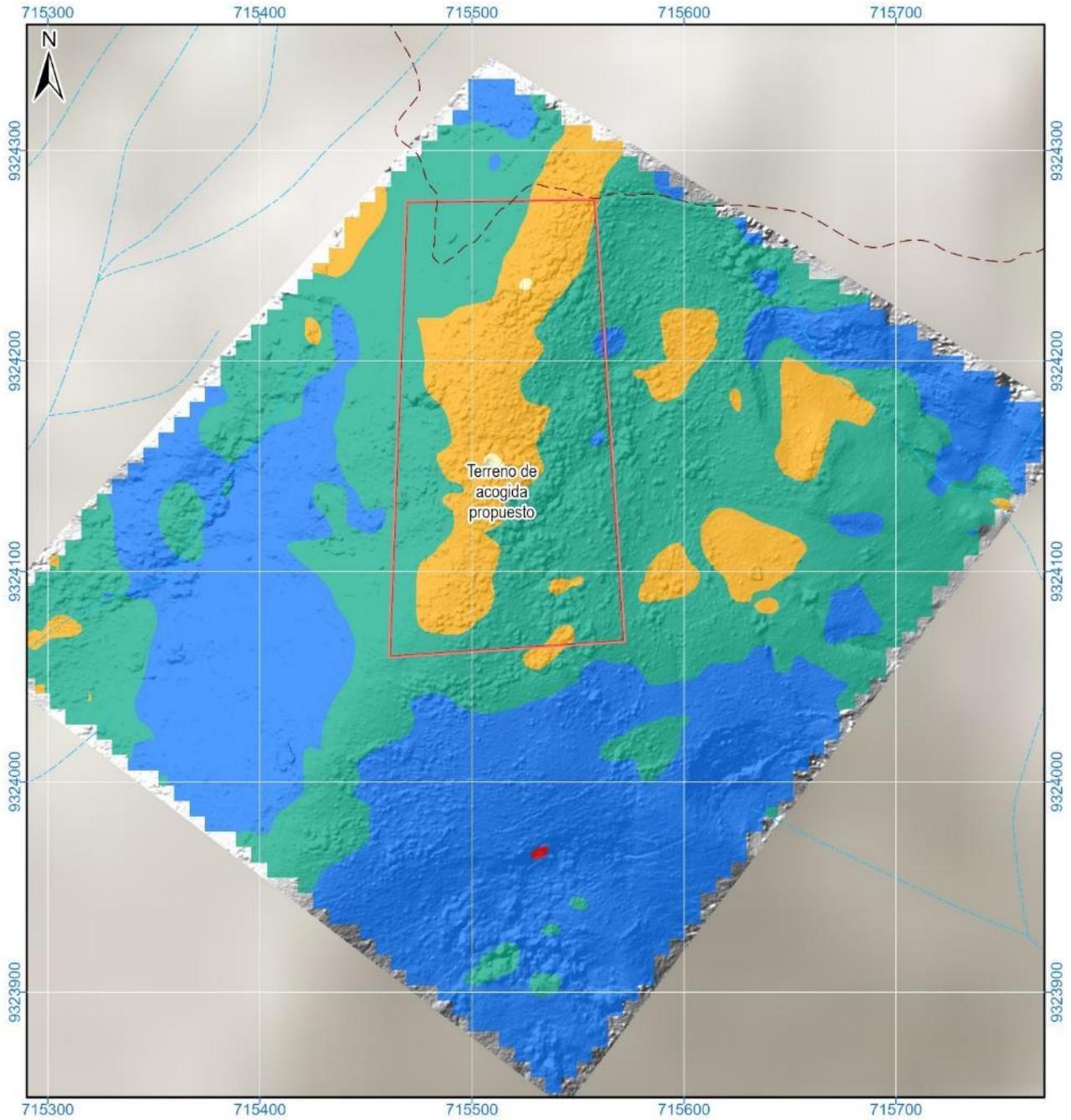
SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 4</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Línea de perfil
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	Q-pr: Depósito proluvial
	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 - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>MAPA GEOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 5</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	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

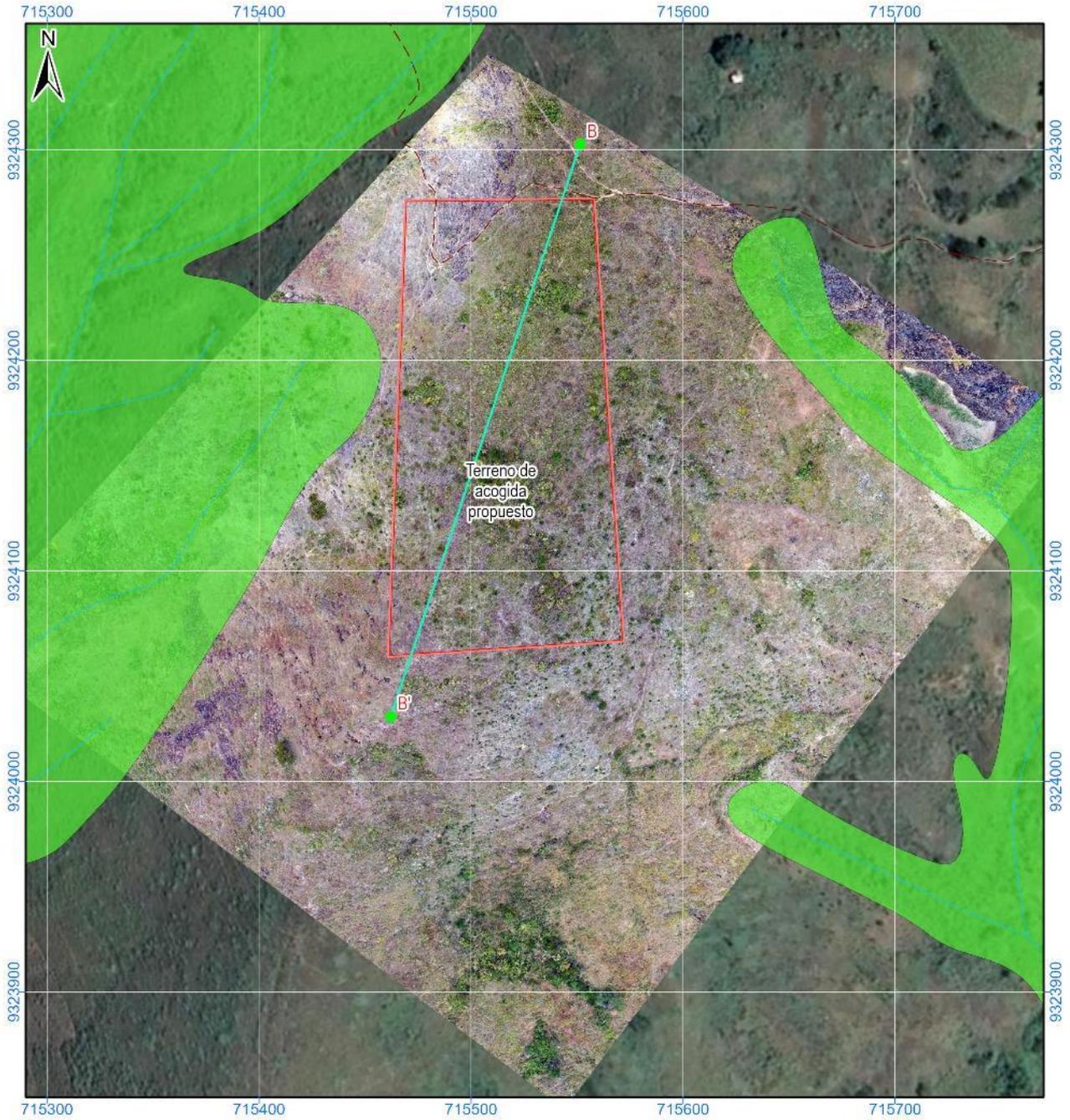
SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>MAPA DE PENDIENTES</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 6</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
	P-pral: Piedmonte proluvial o aluvio torrencial

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
CAJAMARCA - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA 7</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Drenaje superficial
	Camino
	Línea de perfil
	Terreno de acogida propuesto

LEYENDA	
	Erosión en cárcava inactivo latente

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 - CUTERVO - QUEROCOTILLO	
<b>CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2022
<b>MAPA</b>	
<b>8</b>	

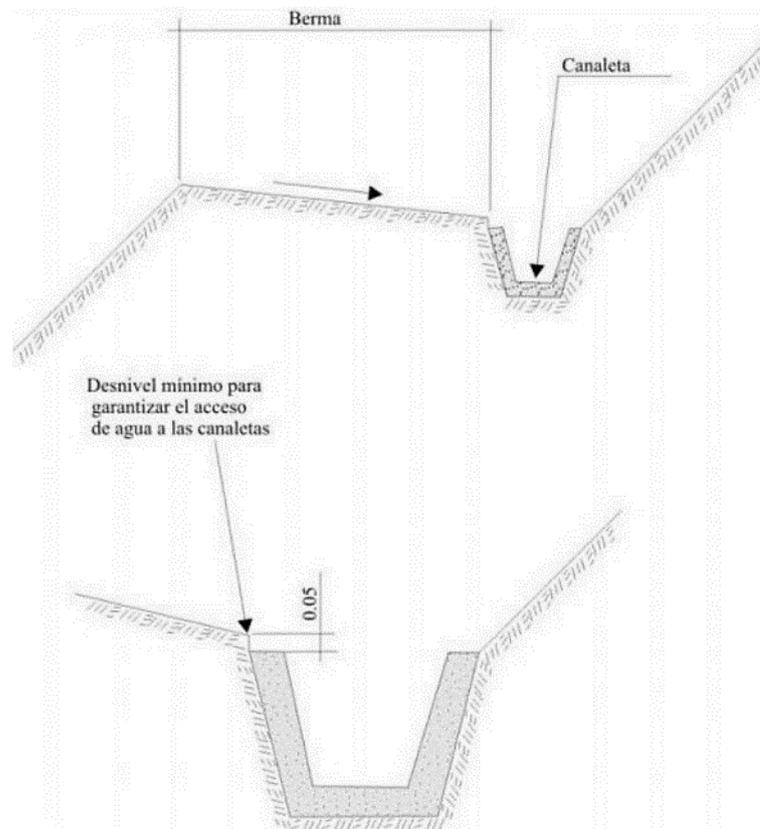
## ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

### Para deslizamientos y reptación de suelos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

#### a. Drenaje Superficial

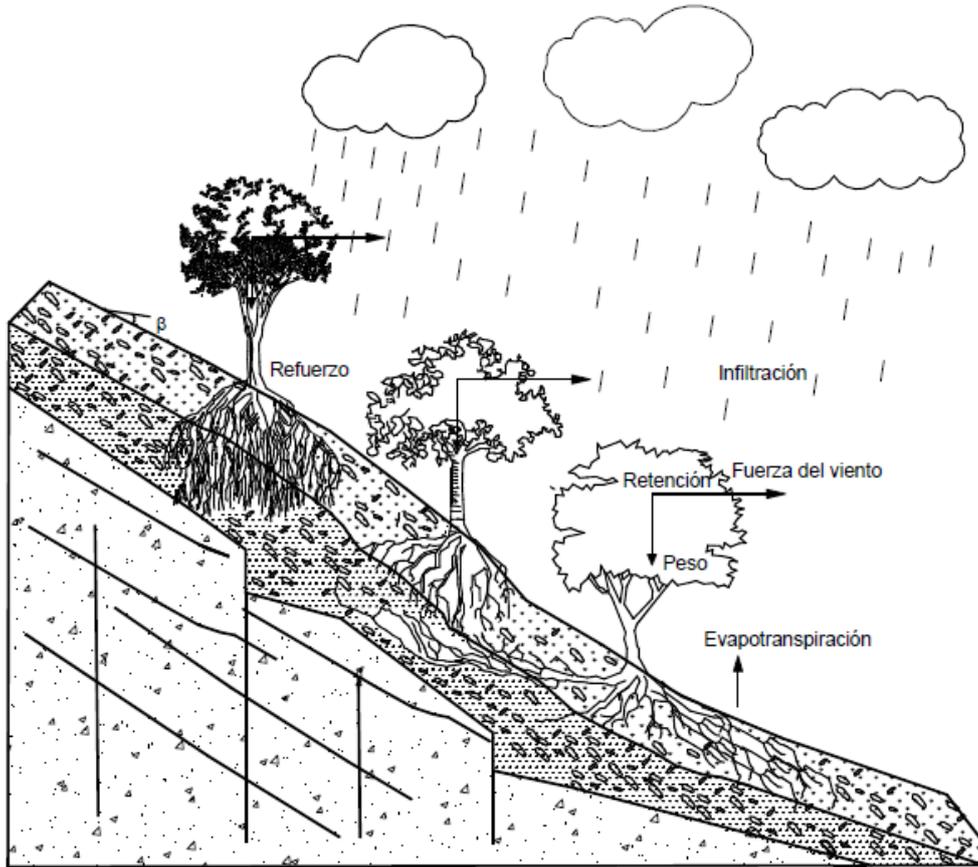
Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 16). 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 16.** 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 movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).



**Figura 17.** Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



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