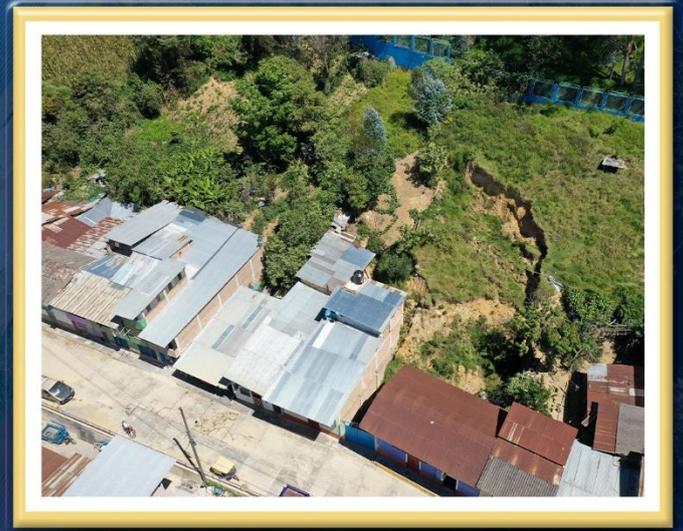


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7573

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE QUEROCOTO

Departamento: Cajamarca
Provincia: Chota
Distrito: Querocoto



DICIEMBRE
2024

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
LA LOCALIDAD DE QUEROCOTO**

***Distrito Querocoto
Provincia Chota
Departamento Cajamarca***



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

Equipo Técnico:

Luis Miguel León Ordáz

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

León, L. (2024). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Querocoto, distrito Querocoto, provincia Chota, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7573, 44p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	13
3.1.1 Centro volcánico La Granja – Pe-graE4	13
3.1.2 Formación Pariatambo.....	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	16
4.2. Pendiente del terreno.....	17
4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas.....	19
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	19
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	19
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	20
5.1. Deslizamiento rotacional activo – DA1	21
5.2. Deslizamiento rotacional activo – DA2	25
5.3. Deslizamiento rotacional activo – DA3 (Plataforma).....	28
5.4. Deslizamiento rotacional activo – DA4 (Vía afirmada).....	29
5.5. Reptación de suelos activa	31
6. CONCLUSIONES.....	34
7. RECOMENDACIONES.....	36
8. BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXO 1. MAPAS	39
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	43

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (Actividad 16)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad de Querocoto, distrito Querocoto, provincia Chota, departamento Cajamarca.

En la zona de estudio afloran tobas volcánicas, gris blanquecinas (Centro Volcánico La Granja), altamente meteorizadas; se encuentran al oeste (parte alta del sector urbano). Se tiene también la Formación Pariatambo, conformada por calizas bituminosas con margas nodulares y lutitas, cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en matriz arcillo limosa de plasticidad media.

Las unidades geomorfológicas son montañas en roca sedimentarias (M-rs), montañas en roca volcano sedimentaria (M-rvs) y vertientes con depósito de deslizamiento (V-dd1), con pendientes moderadas (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°).

Se identificaron los siguientes eventos. Deslizamiento activo (DA1), abarca un área de 3 hectáreas, su eje principal presenta una longitud 19 m, un ancho de 38 m y el desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es 6 m. Deslizamiento activo (DA2), abarca 3 hectáreas, su eje principal presenta una longitud 169 m, un ancho de 163 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 40 m. Deslizamiento activo (DA3), ubicado sobre un campo deportivo, abarca 3805 m², su eje principal presenta una longitud 40 m, un ancho de 108 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 20 m. Deslizamiento activo (DA4), abarca 1451 m², su eje principal presenta una longitud 27 m, un ancho de 70 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 12 m. Reptación de suelos, abarca 2.6 hectáreas, su eje principal presenta una longitud 230 m, un ancho de 396 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 60 m.

Los factores condicionantes de los deslizamientos y reptación de suelos son: i) depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques, gravas y gránulos, en una matriz arcillo limosa, inconsolidada y de plasticidad media, la cual permite la infiltración y retención de agua; ii) cortes de talud en laderas con fines de construcción de viviendas y carretera; iii) ausencia de drenajes en terreno denudado para uso agrícola, contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable, iv) pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo. Los factores detonantes son: las lluvias prolongadas e intensas, el riego por inundación utilizado en sus cultivos y la ocurrencia de sismos.

El deslizamiento activo (DA1), afecta tres viviendas (una inhabitable) y, se observa tres viviendas expuestas; el deslizamiento activo (DA2), afectó 694 m de la vía de concreto y aceras, las cuales se encuentran agrietadas; asimismo dentro del cuerpo del deslizamiento se tienen 28 viviendas expuestas al peligro; el deslizamiento (DA3), afectó 694 m de la vía de concreto y aceras, las cuales se encuentran agrietadas; asimismo

dentro del cuerpo del deslizamiento se tienen 28 viviendas expuestas al peligro; la reactivación de deslizamiento (DA4), podría afectar 70 m de la vía afirmada y dos viviendas.

El proceso de reptación de suelos afecta a 15 viviendas; además se tienen 50 viviendas que podrían ser afectadas en caso que el movimiento siga su avance.

En la localidad de Querocoto se identificaron: cuatro deslizamientos activos considerados de **Peligro Alto**; también se tiene un proceso de reptación de suelos considerado de **Peligro Alto**.

Finalmente, se brindan las recomendaciones necesarias, las cuales deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes y tomadores de decisiones. Las principales recomendaciones son la construcción de zanjas de coronación, drenes impermeabilizados y reforestación de laderas. Además, se recomienda la elaboración de un informe EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (ACT. 16)”, Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Querocoto, según Oficio N° 16-2024-MDQ/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Querocoto.

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 la localidad de Querocoto; llevado a cabo el día 01 de junio del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación y análisis de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET u otros autores; ii) Campo: a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos con dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Post – campo: etapa final de gabinete que integra el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Querocoto, Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Cajamarca e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información

técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en la localidad de Querocoto, distrito Querocoto, provincia Chota, 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 recopiló la data consignada de los informes y reportes previos que abarquen aspectos geológicos y geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 148, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo de Incahuasi. Hoja: 13-e (Escala 1: 50 000); (Jaimes et al., 1995). En el cual el mapa del cuadrángulo de Incahuasi, registra afloramientos de depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas color blanquecino con líticos, cristales de cuarzo y biotita, los clastos de pómez tienen un color rosado y aspecto fibroso; este mismo evento presenta secuencias de flujos piroclásticos color verdoso y pardusco, que presentan líticos angulosos bien soldados, en matriz muy compactada del Centro Volcánico La Granja.
- Informe Técnico N° A5958, Inspección de Riesgo Geológico en el distrito de Querocoto; (Dávila & Núñez, 1999). En dicho informe los peligros geológicos que ocurren en la zona de estudio son deslizamientos y asentamientos superficiales locales debido a la saturación del suelo, como consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales que han ocurrido en la zona durante la temporada crítica del fenómeno de "El Niño". Las actuales lluvias torrenciales que ocurren en la zona, que comprometen la seguridad física de algunas viviendas y terrenos de cultivo.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad de Querocoto ubicado en el distrito del mismo nombre, provincia Chota, Cajamarca (figura 1). En la tabla 1 se consigna las coordenadas UTM WGS 84 del sector; además la coordenada central referencial del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	717740	9296800	-6.3580608	-79.0315781
2	717740	9296270	-6.3628526	-79.0315552
3	717250	9296270	-6.3628693	-79.0359879
4	717250	9296800	-6.3580780	-79.0360031
Coordenada central del movimiento en masa identificado				
CC	717461	9296544	-6.3603849	-79.0340805

1.3.2. Población

De acuerdo con 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 Querocoto, tiene una población de 2000 habitantes (tabla 2), distribuidos en 500 viviendas, con acceso a red pública de agua, desagüe y energía eléctrica.

Tabla 2. Datos de la localidad de Querocoto.

Descripción	Querocoto – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0604150001
Longitud	-79.034421646
Latitud	-6.35963255123
Altitud	2444.9
Población	2000
Viviendas	500
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	si
Institución Educativa Inicial	si
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	si
Establecimiento de salud	si
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

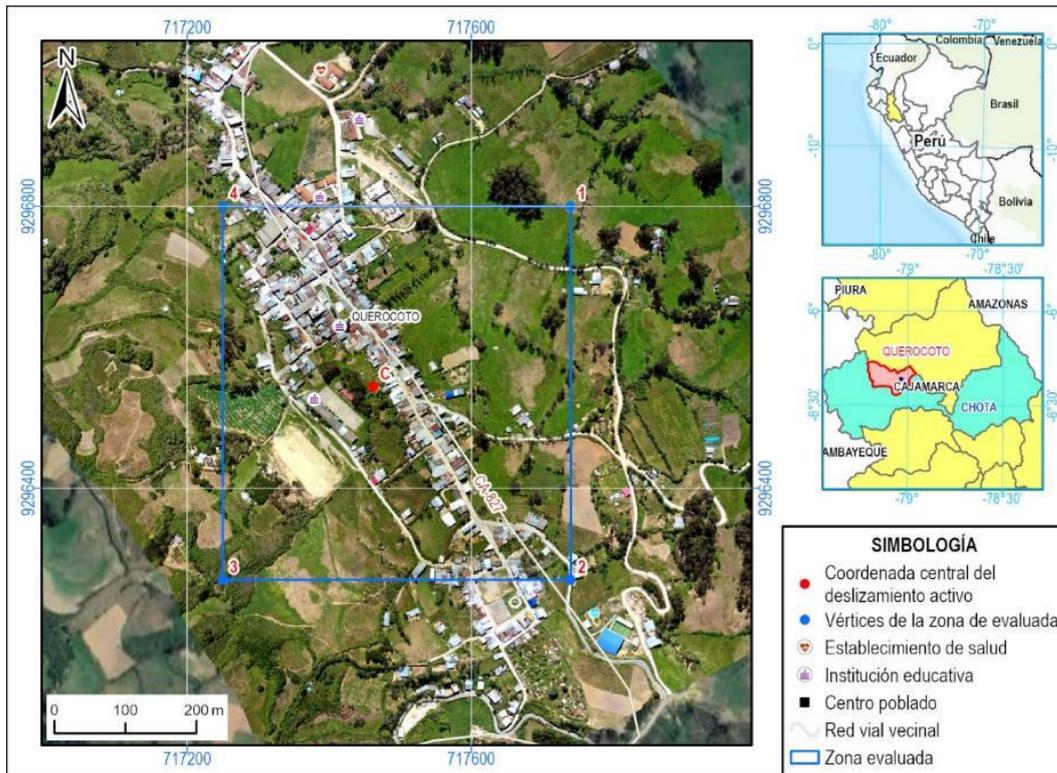


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de una vía asfaltada - afirmada, hasta la ciudad de Chota, posteriormente a la localidad de Querocoto, donde se estima distancias y tiempo de arribo (tabla 3):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chota	Asfaltada – Afirmada	144.1	3 horas 26 minutos
Chota - Querocoto	Asfaltada – Afirmada	87.4	2 horas 25 minutos

1.3.4. Clima

De acuerdo con el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee dos tipos de clima:

Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. B (r) B'.

Clima de tipo lluvioso, templado y muy húmedo durante todo el año. Ocupa 9% del territorio nacional, se encuentra en el flanco oriental de la cordillera de los Andes.

El tiempo de esta región está determinada por el Anticiclón del Atlántico Sur, la Baja Amazónica. Jet de bajos niveles al este de los Andes, por la zona de

Convergencia intertropical (en el norte del país) y la zona de convergencia del Atlántico Sur. En invierno, los friajes afectan indirectamente a esta región principalmente con precipitaciones, las cuales pueden llegar a ser intensas.

Esta región presenta en promedio durante el año, temperaturas máximas de 25°C a 29°C y temperaturas mínimas de 11°C a 17°C. Los valores acumulados anuales de lluvias en esta zona pueden variar desde los 1200 mm hasta los 3000 mm aproximadamente.

Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. C (r) B'.

Clima de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año. Ocupa 3% del área nacional y se encuentra en Cajamarca.

En verano, el tiempo de esta área está determinado por la Alta de Bolivia, por el flujo de humedad del este y por factores locales. Mientras que, en el invierno, las DANAs¹ pueden generar precipitaciones aisladas principalmente en las zonas altas del centro y sur del país; además, también son frecuentes las heladas en esta temporada debido al ingreso de vientos secos del oeste en altura.

Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas zonas pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

Durante el Fenómeno El Niño del 2017, se registró en la estación meteorológica de Querocotillo (figuras 2 al 6), precipitaciones que llegaron hasta los 90 mm/día, durante los meses de enero a mayo, considerado como extremadamente lluvioso por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014.

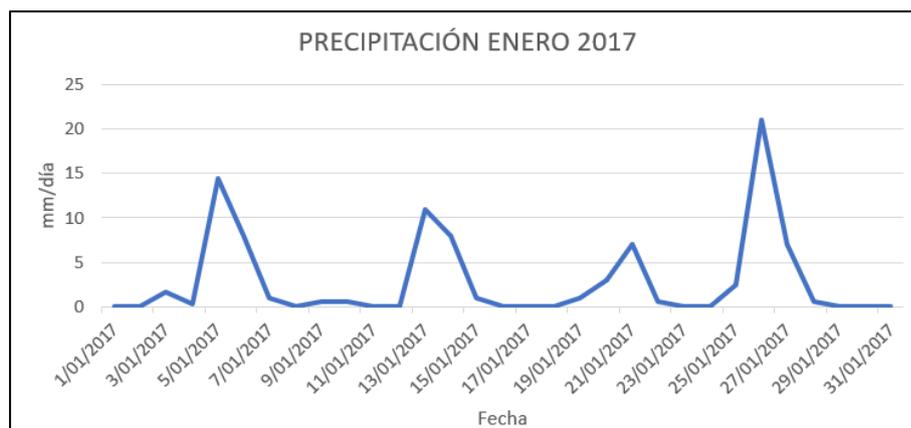


Figura 2. Precipitación diaria registrada en la estación Querocotillo, enero 2017. Fuente: SENAMHI

¹ Depresión Aislada en Niveles Altos. Fenómeno meteorológico en forma de masa de aire que se desprende por completo de una corriente muy fría y que desciende sobre otra de aire caliente, produciendo grandes perturbaciones atmosféricas acompañadas de precipitación muy intensa.

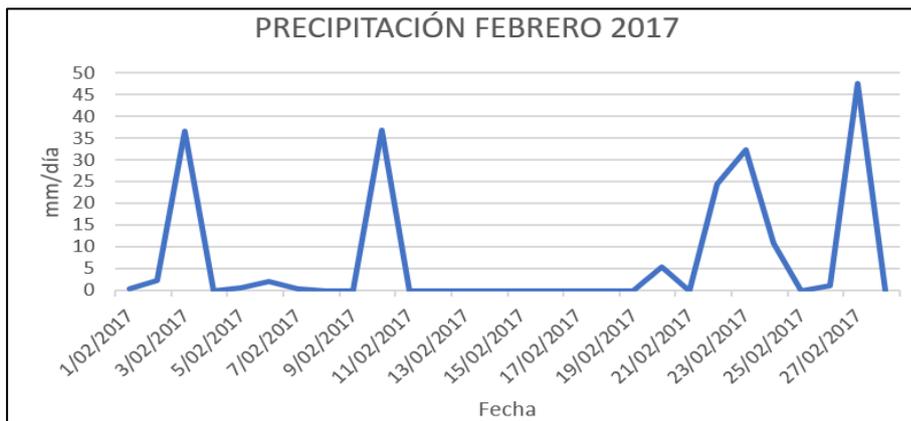


Figura 3. Precipitación diaria registrada en la estación Querocotillo, febrero 2017.
 Fuente: SENAMHI

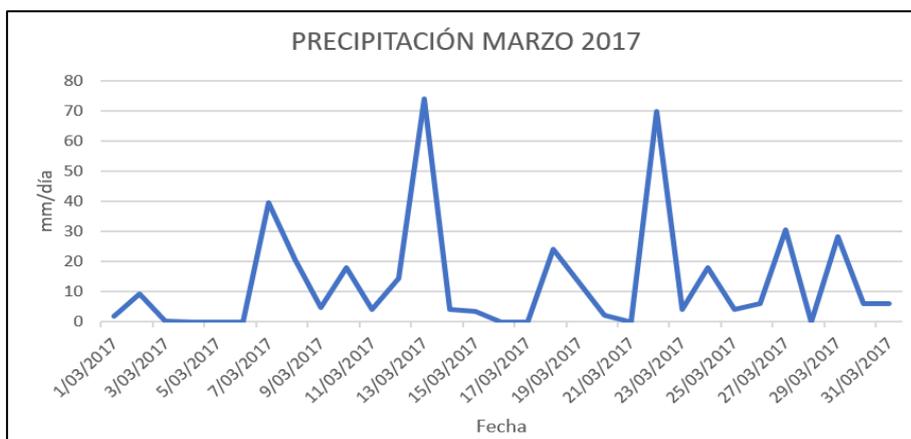


Figura 4. Precipitación diaria registrada en la estación Querocotillo, marzo 2017.
 Fuente: SENAMHI

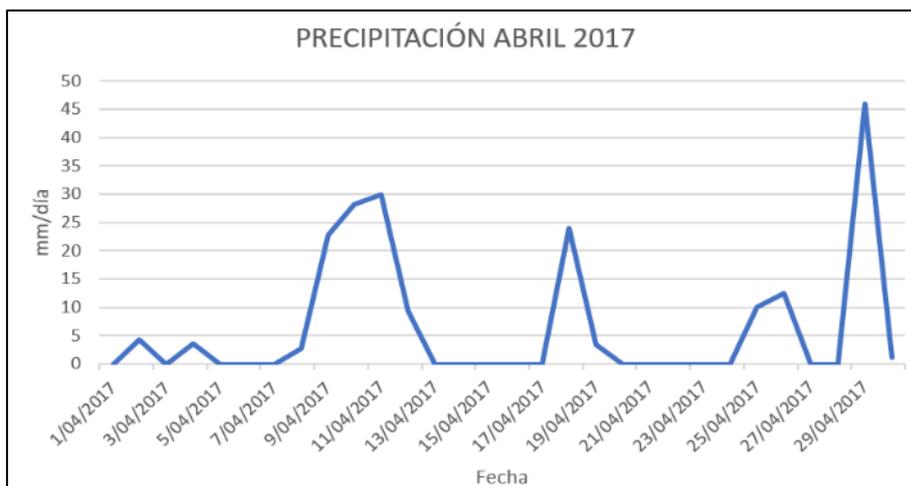


Figura 5. Precipitación diaria registrada en la estación Querocotillo, abril 2017.
 Fuente: SENAMHI

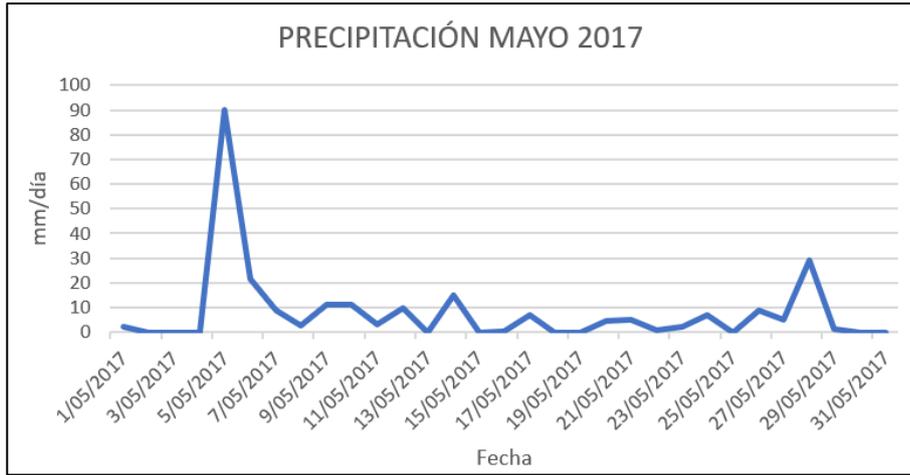


Figura 6. Precipitación diaria registrada en la estación Quercotillo, mayo 2017.
 Fuente: SENAMHI

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 (WP/WLI, 1993).

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

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

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

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

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse

algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Deluvial: Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

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 en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

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.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

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. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

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.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

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.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

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.

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

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

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

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en

algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base a la información del Boletín N° 148, Serie A: Carta Geológica Nacional; Geología del cuadrángulo Incahuasi. Hoja: 13-e, a escala 1:50 000 (Jaimes et al. 2013), información complementada y validada con trabajo 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).

A continuación, se presenta de manera resumida una descripción de las principales formaciones geológicas y depósitos que afloran en las localidades de evaluación y alrededores.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprende unidades volcánicas y sedimentarias; así como depósitos cuaternarios no consolidados, producto de movimientos en masa.

3.1.1 Centro volcánico La Granja – Pe-graE4

Compuesto por depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas gris blanquecino con líticos, cristales de cuarzo y biotita, los clastos de pómez tienen color rosado y aspecto fibroso; este mismo evento presenta secuencias de flujos piroclásticos color verdoso y pardusco, con fragmentos líticos angulosos soldados en matriz compactada.

En el sector evaluado encontramos un macizo conformado por tobas volcánicas altamente meteorizadas de color gris blanquecina (fotografía 1).



Fotografía 1. Cenizas gris blanquecinas, altamente meteorizada, del Centro Volcánico La Granja, coordenadas UTM WGS84 17M. 717488, 9296420.

3.1.2 Formación Pariatambo

Consiste en calizas negras bituminosas con olor fétido, presenta bancos intercalados con margas nodulares y lutitas muy finas fosilíferas, se ubica al este del sector urbano.

3.1.3 Depósitos cuaternarios

En la zona de estudio se expone depósitos cuaternarios diferenciados de acuerdo a su composición y tiempo de depositación en:

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Proviene de diversos movimientos en masa, transportados por la gravedad e influencia del agua. Se encuentran sobre las laderas de montañas.

Los depósitos deluviales a diferencia de los coluviales son depósitos de ladera removidos por agua de lluvia; se le asigna una edad Cuaternario-Holoceno. Dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, entre otros

Estos depósitos se ubican en parte del área urbana del centro poblado Querocoto, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en una matriz arcillo limosa de plasticidad media, (cuadro 4); su grosor es variable, pocos metros en la parte alta y media (fotografía 2), hasta varios de metros en la parte baja del sector evaluado (área urbana).

Cuadro 4. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre
	<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino
	<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico
	<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico
	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial
	<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral
	<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA %	FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD
<input type="checkbox"/> 2 Bolos	<input type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="checkbox"/> 2 Cantos	<input checked="" type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="checkbox"/> 17 Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/> 25 Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico
<input type="checkbox"/> 6 Arenas			
<input type="checkbox"/> 23 Limos			
<input type="checkbox"/> 25 Arcillas			

ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLÓGÍA
<input checked="" type="checkbox"/> Masiva	<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="checkbox"/> Estratificada	<input type="checkbox"/> Arenoso	<input type="checkbox"/> Carbonatos	<input checked="" type="checkbox"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Áspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Metamórficos
			<input type="checkbox"/> Sedimentarios

COMPACIDAD		SUELOS GRUESOS	
SUELOS FINOS		Arenas	Gravas
Limos y Arcillas			
<input checked="" type="checkbox"/> Blanda	<input type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Suelta	
<input type="checkbox"/> Compacta	<input type="checkbox"/> Densa	<input type="checkbox"/> Med. Consolidada	
<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Muy Densa	<input type="checkbox"/> Consolidada	
		<input type="checkbox"/> Muy Consolidada	



Fotografía 2. Depósito coluvio -deluvial, ubicado en la zona de deslizamiento en Querocoto. Coordenadas UTM WGS84 17M. 717472, 9296543.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron, desarrollados en abril del 2024. Esto permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:1500).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 1241 m s.n.m., hasta los 1365 m s.n.m., en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (figura 7), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2430m a 2450m, con terreno de pendiente promedio de fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°), correspondiendo a la geoforma montaña en roca volcánica sedimentaria.

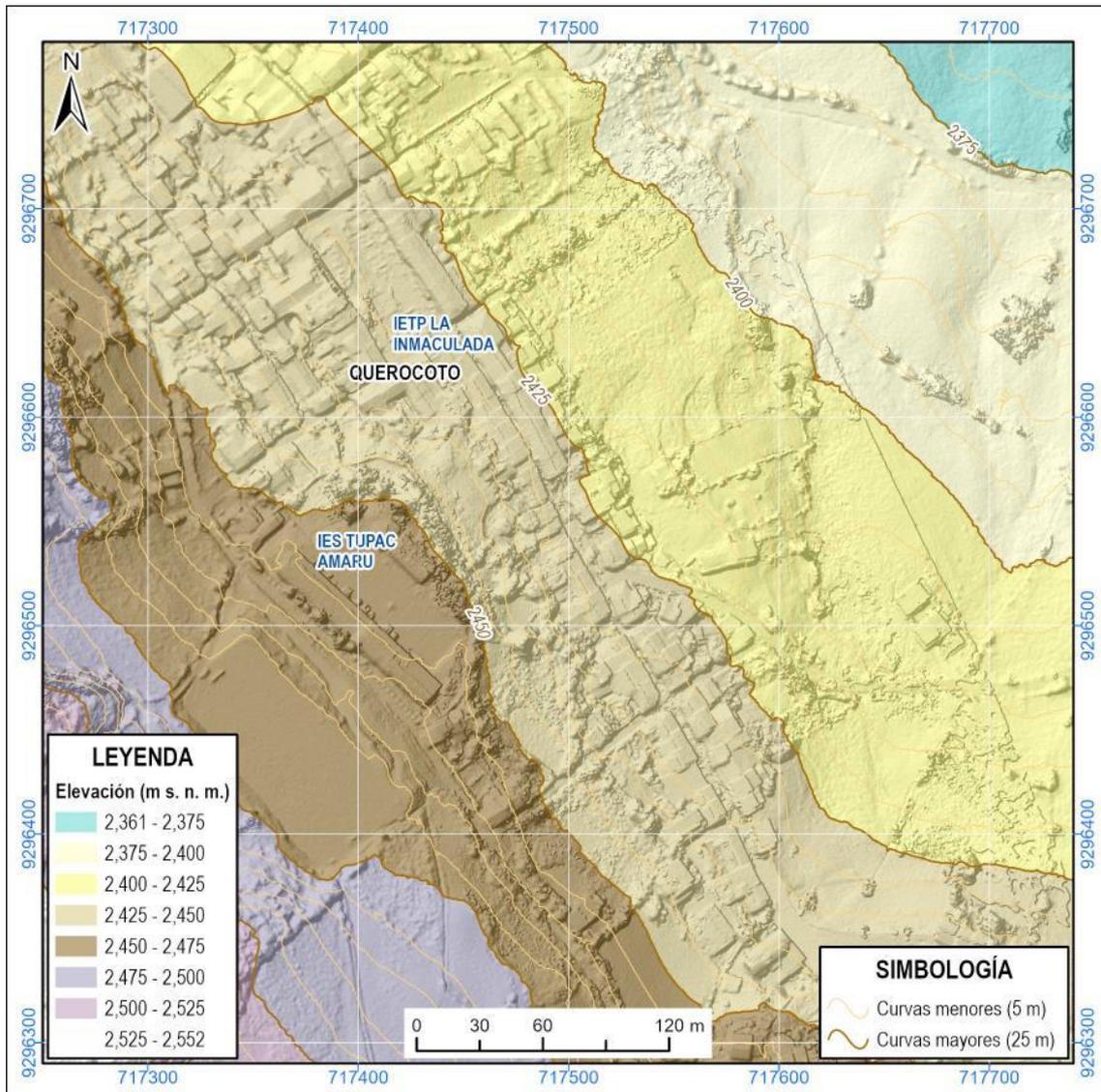


Figura 7. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

En el sector evaluado los movimientos en masa (deslizamientos y reptación de suelos), se vienen produciendo en terrenos con pendiente moderada (5° a 15°) a terrenos de pendiente fuerte o escarpada (25° a 45°), ubicados al este del área urbana de la localidad de Querocoto (figura 3 y 4, mapa 2).

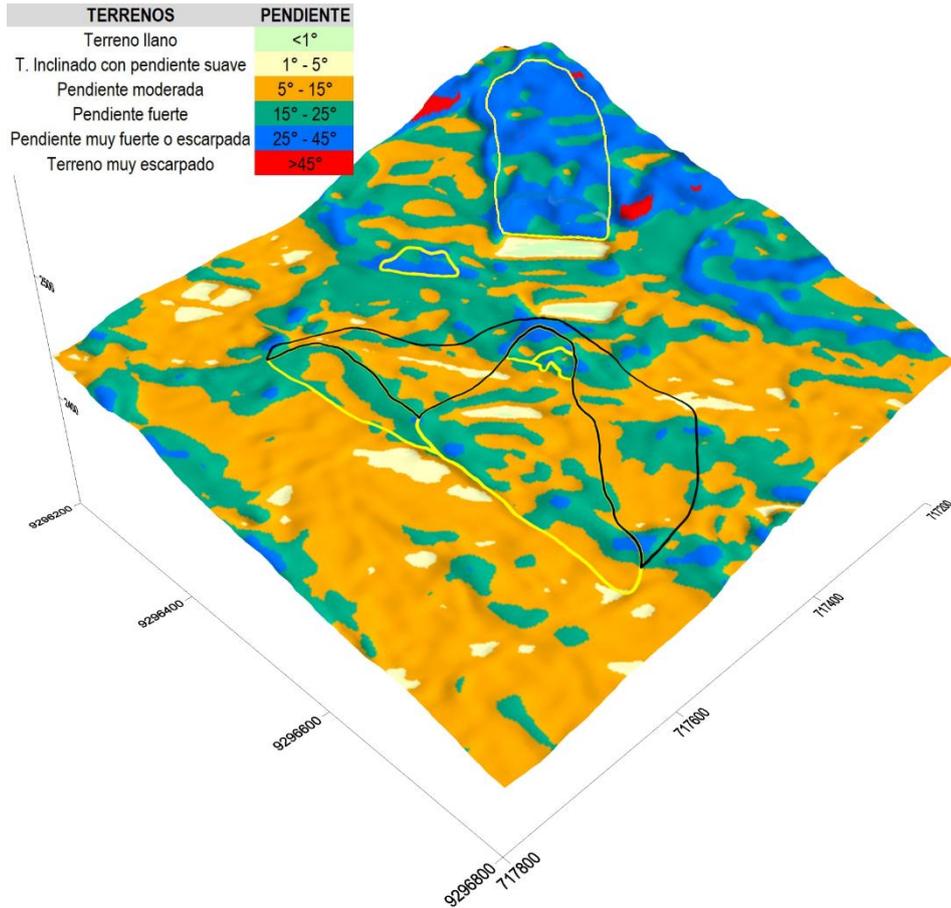


Figura 8. Modelo 3D de las pendientes en la localidad de Quercoto; los deslizamientos están delimitados con líneas amarillas y la reptación de suelos con líneas negras.



Figura 9. Laderas con pendiente fuerte o escarpada, ubicado en la parte alta del sector evaluado.

4.3. Unidades y subunidades geomorfológicas

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades geomorfológicas se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (erosión o acumulación), individualizando cuatro tipos generales y específicos del relieve en función de la altura relativa, diferenciándose terrazas, vertientes, piedemontes, montañas y otras geoformas.

De acuerdo a su origen, se distingue geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en rocas volcano sedimentaria y montaña en roca sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente con depósito de deslizamiento); las geoformas se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local; se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan como pendiente promedio superior al 30%, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas pueden ser regulares, irregulares y complejas (como se cita en Villota, 2005).

Subunidad de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs)

Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en afloramientos de rocas volcánicosedimentarias. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°, con relieve ondulado y suave, debido a la erosión y meteorización de las rocas. Esta subunidad se ubica al oeste, parte alta del área urbana de Querocoto.

Sub unidad de montaña en rocas sedimentarias (RM-rs)

Corresponde a una elevación natural del terreno, con una altura mayor a 300, constituida por rocas sedimentarias tipo calizas intercaladas con lutitas de la Formación Pariatambo. La cima es semiredondeada y sus laderas irregulares presentan pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte o escarpada (25° a 45°). Esta subunidad se ubica al este y, parte baja del sector evaluado.

4.3.2. Unidades 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

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones en ladera, originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, presentan forma cóncava, donde se ha desarrollado un deslizamiento (figura 10), en el sector evaluado este depósito se ubica en terrenos acondicionados para la construcción de viviendas (área urbana).



Figura 10. Vista de las geoformas de montaña en rocas sedimentarias (M-rs), montaña en rocas volcánico sedimentarias (M-rvs) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), en la localidad de Querocoto.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada (figura 11), corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos rotacionales y reptación de suelos, (PMA:GAC 2007).

Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales, desde las laderas hacia el curso de los ríos.

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

En la localidad Querocoto, se identificaron cuatro deslizamientos activos y un proceso de reptación de suelos, que compromete a aproximadamente 38 viviendas de la zona urbana; a continuación, detallamos las características de los movimientos en masa:

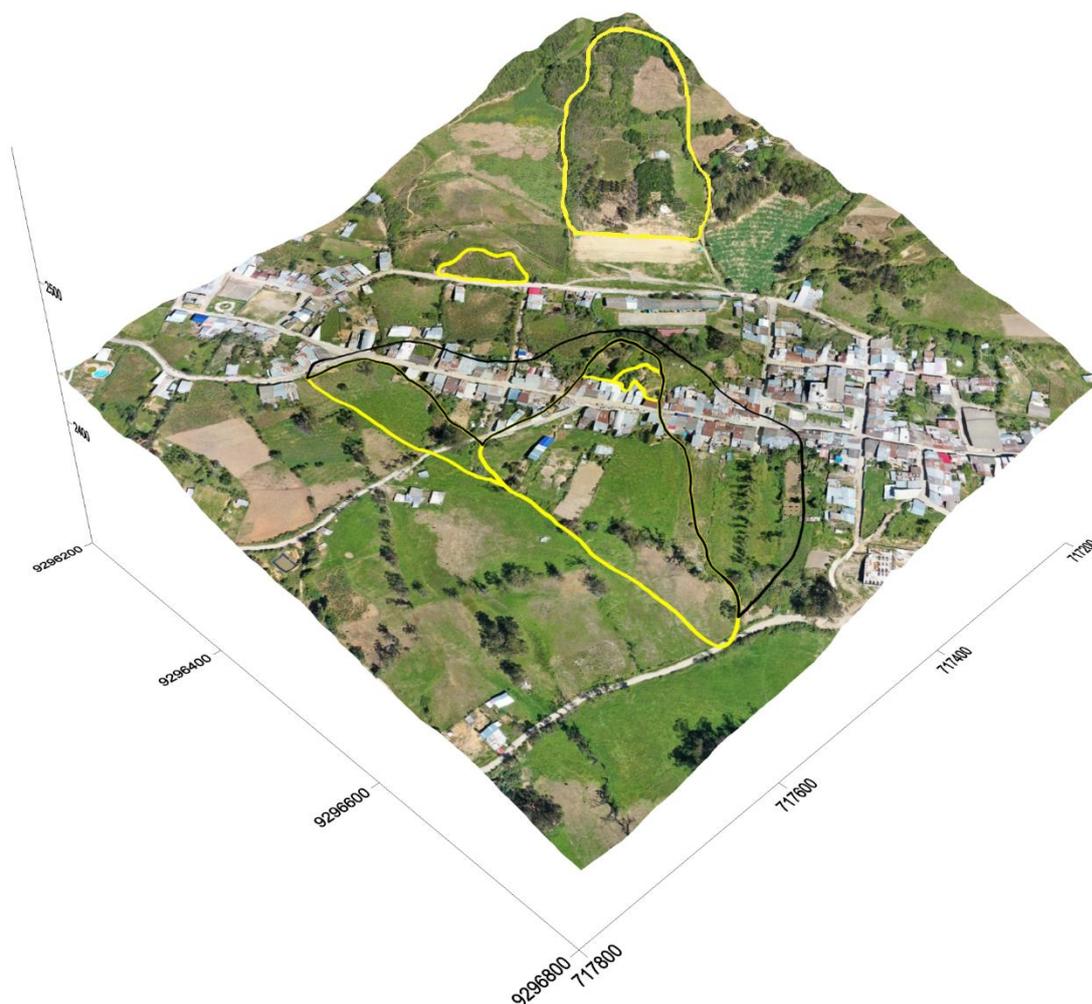


Figura 11. Modelo 3D del sector evaluado en la localidad de Querocoto, los deslizamientos están delimitado en línea amarilla, y el proceso de reptación de suelos en línea negra, se aprecia las viviendas, cancha deportiva y las vías expuestas a los movimientos en masa.

5.1. Deslizamiento rotacional activo – DA1

El deslizamiento se desencadenó en el año 1997 y se activa periódicamente con la presencia de lluvias intensas, afectando viviendas y generando nuevos agrietamientos en los terrenos, debido a la falta de implementación de medidas de control adecuadas (figura 12), en la parte posterior de las viviendas, se identificó terrenos ocupados con cultivos agrícolas bajo riego por inundación.



Figura 12. Localidad de Querocoto, se observa el deslizamiento rotacional activo – DA1 (línea negra), dentro del cuerpo de deslizamiento– DA2 (línea blanca), compromete viviendas y vía; con presencia de agrietamientos (línea roja).

A continuación, describimos las características del deslizamiento

En la figura 13, se muestra la extensión horizontal del deslizamiento rotacional activo de 19 m de longitud y 6 m de desnivel; además se observa las viviendas expuestas al peligro en la parte inferior y la vía afectada CA-827.

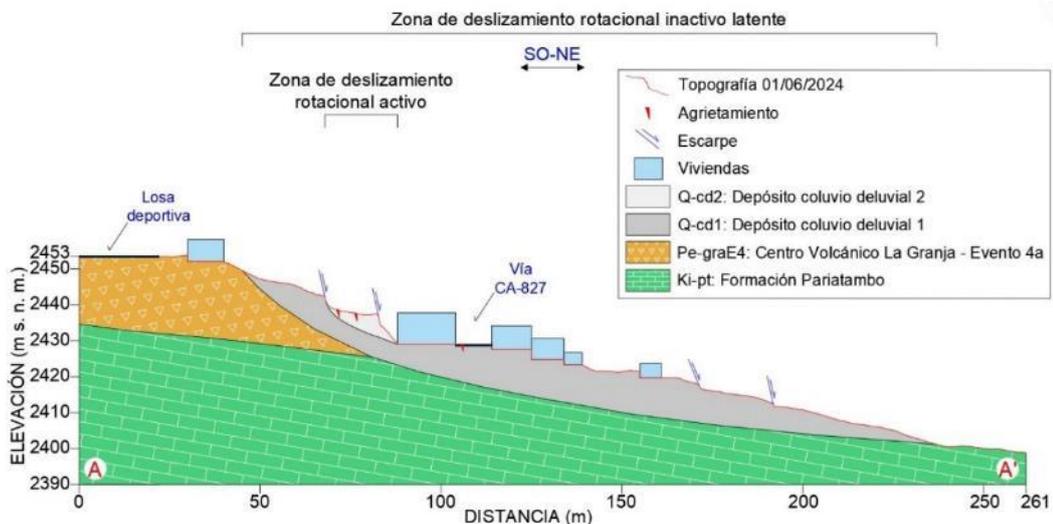


Figura 13. Perfil longitudinal A-A' donde se aprecia la distribución de los materiales geológicos del deslizamiento en la localidad de Querocoto.

5.1.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Velocidad: Lenta (pocos centímetros al año, según comentario de los pobladores).
- Tipo de avance: retrogresivo.

Morfometría:

- Área: 721 m².
- Perímetro: 128 m.
- Salto vertical de la escarpa principal: 1 m a 2.3 m. (figura 14).
- Longitud del escarpe: 51 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 6 m.
- Longitud corona a punta: 19 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa. Los fragmentos de roca son angulosos a sub angulosos, permite la infiltración y retención del agua.
- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado, con la finalidad de construcción de viviendas.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°), que conforman unidades de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada, durante el Fenómeno El Niño en 1997.
- Los sismos pueden reactivar los deslizamientos o acelerar el movimiento activo.

Daños ocasionados y probables

- Dos (2) viviendas afectadas (figura15).
- Tres (3) viviendas expuestas.



Figura 14. Salto vertical del deslizamiento activo – DA1.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 785758, 9325358.



Figura 14. Viviendas expuestas al deslizamiento activo – DA1.

En la fotografía 15 y 16 se muestra la vivienda afectada, además de agrietamiento y el deterioro de sus paredes producto del movimiento ladera debajo del deslizamiento rotacional próximo.



Figura 15. Material deslizado en dirección de vivienda.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717472, 9296542.



Figura 16. Pared en interior de vivienda, agrietada y deteriorada por empuje de masa deslizada.

5.2. Deslizamiento rotacional activo – DA2

Desencadenado también durante el Fenómeno El Niño en el año 1997. Núñez & Dávila, (1999), reportan 7 viviendas destruidas y 20 afectadas, además se tiene un promedio 340 m de vía (de concreto), que puede ser afectada con su

reactivación; así mismo informa que, dentro del área del deslizamiento se observa, movimientos no son uniformes, ciertas zonas sufren una mayor aceleración que otros comprometiendo la seguridad física de algunas viviendas. En la actualidad aún se observas los agrietamientos en la vía y veredas.

A continuación, describimos las características del deslizamiento

5.2.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: activo.
- Tipo de avance: retrogresivo.

Morfometría:

- Área: 3 hectáreas.
- Perímetro: 1114 m.
- Longitud de escarpe: 63 m.
- Salto vertical de la escarpa principal: 1.2 m a 1.8 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 40 m.
- Longitud corona a punta: 169 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa. Los fragmentos de roca son angulosos a sub angulosos; la composición granulométrica de depósito permite la infiltración y retención del agua.
- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado, con la finalidad de construcción de viviendas.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada, durante el Fenómeno El Niño en 1997.
- La ocurrencia de sismos.

Daños ocasionados y probables

- 28 viviendas expuestas.
- 694 m de vía de concreto, afectada con agrietamientos (figuras 17 y 18).
- Aceras peatonales agrietadas y con desplazamiento vertical (figura 19).



Figura 17. Grietas con diferentes direcciones, en la vía de concreto
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717495, 9296560.



Figura 18. Grietas con diferentes direcciones, en la vía de concreto



Figura 19. Vereda en mal estado, presenta grietas y desplazamiento vertical.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717524, 9296520.

5.3. Deslizamiento rotacional activo – DA3 (Plataforma)

Deslizamiento desencadenado durante el Fenómeno El niño en el año 1997. Núñez & Dávila, 1999, reporta un campo deportivo afectado por el movimiento (fotografía 3 y figura 21).

A continuación, describimos las características del deslizamiento

5.3.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: activo.
- Tipo de avance: retrogresivo.

Morfometría:

- Área: 2 has.
- Perímetro: 181 m.
- Longitud de escarpe: 133 m.
- Salto vertical de la escarpa principal: .0.2 m a 0.8 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 115 m.
- Longitud corona a punta: 190 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa. Los fragmentos de roca son angulosos a sub angulosos, permite la infiltración y retención del agua.
- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado, con la finalidad de construcción de plataforma.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada, durante el Fenómeno El Niño en 1997.
- La ocurrencia de sismos.

Daños ocasionados y probables

- Plataforma deportiva afectada (figuras 21).



Fotografía 3. Zona de arranque del deslizamiento ubicado en los taludes superiores al campo deportivo, se observan escarpas verticales (corona).
Fuente: Núñez S., 1999.



Figura 21. Deslizamiento ubicado al suroeste de plataforma deportiva.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717340, 9296417.

5.4. Deslizamiento rotacional activo – DA4 (Vía afirmada)

Deslizamiento ubicado al sur este de la carretera afirmada ubicada en la parte alta del área urbana, afecta la vía en un tramo de 70 m (figura 22).

A continuación, describimos las características del deslizamiento

5.4.1. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: activo.
- Tipo de avance: retrogresivo.

Morfometría:

- Área: 1451 m².
- Perímetro: 181 m.
- Longitud de escarpe: 82 m.
- Salto vertical de la escarpa principal: 0.40 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 12 m.
- Longitud corona a punta: 27 m.

Factores condicionantes

- Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa. Los fragmentos de roca son angulosos a sub angulosos, permite la infiltración y retención del agua.
- Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), por movimiento de tierra en el sector evaluado, con la finalidad de construcción de carretera.
- Ausencia de drenajes adecuados en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), que conforman geoformas de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad fuerte y prolongada, durante el Fenómeno El Niño en 1997. En caso de presentarse lluvias similares podría reactivar el deslizamiento.
- La ocurrencia de sismos puede acelerar los movimientos.

Daños ocasionados y probables

- 70 m de vía afirmada podrían ser afectadas.
- Dos (2) viviendas ubicadas en la parte baja, expuestas al deslizamiento.



Figura 22. Viviendas expuestas al deslizamiento activo – DA4.
 Coordenadas UTM WGS84 17M. 717478, 9296361.

5.5. Reptación de suelos activa

Se identifica y evalúa la ocurrencia de un proceso de reptación de suelos, que viene afectando 2.6 hectáreas, ocupado por viviendas y terrenos de cultivos en la localidad de Querocoto.

El proceso de reptación de suelos, se origina en un terreno de forma cóncava, a consecuencia de la sobresaturación por lluvias intensas e inadecuado manejo de las escorrentías superficiales y antrópicas (riego de terrenos para cultivos agrícolas), en terrenos con pendiente moderada a fuerte.

El movimiento ha generado agrietamientos en los terrenos, en los pisos y paredes de las viviendas. Los agrietamientos tienen una longitud de 2 a 5 m, y un ancho de 5 a 20 cm.

5.5.2. Características visuales y morfológicas

- Tipo de movimiento: Reptación de suelos
- Estado: Activo.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: lenta (algunos centímetros al mes).

Morfometría:

- Área: 2.6 hectáreas.
- Perímetro: 1264 m.

Factores condicionantes

- Litología, materiales compuestos por arcillas limosas de plasticidad media.

- Ausencia de drenajes pluviales en el terreno denudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende de un aumento de peso de la masa inestable.
- Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte (15° a 25°), que conforman geoformas de montaña en roca volcánico sedimentaria (M-rvs) y montaña en roca sedimentaria (M-rs). Esto permite que el material saturado que se dispone sobre la ladera se desplace cuesta abajo.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes adecuados, saturan el terreno.
- Uso de riesgo por inundación de los terrenos agrícolas.

Factor detonante

- Lluvias intensas de corta duración y/o lluvias prolongadas.

Daños ocasionados

- 15 viviendas afectadas.
- 50 viviendas dentro de la zona en reptación con peligro a daños estructurales, de continuar el movimiento.



Fotografía 4. Agrietamiento en el piso de vivienda a consecuencia de la reptación de suelos.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717478, 9296361.



Fotografía 5. Separación de paredes de vivienda a consecuencia de la reptación de suelos.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717528, 9296523.



Fotografía 6. Grietas en pavimento de concreto.
Coordenadas UTM WGS84 17M. 717461, 9296400.

6. CONCLUSIONES

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

- a. Litológicamente, el área evaluada está conformada por tobas volcánicas, de color gris blanquecina (Centro Volcánico La Granja), altamente meteorizadas. Se tiene también calizas bituminosas con margas nodulares y lutitas de la Formación Pariatambo, cubiertas por depósitos coluvio-deluviales, conformado por gravas angulosas a sub angulosas y escasos bloques; en matriz arcillo limosa de plasticidad media.
- b. Geomorfológicamente la zona evaluada se ubica sobre montañas en roca sedimentarias, montañas en roca volcano sedimentarias y vertientes con depósito de deslizamiento con pendientes moderadas (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°).
- c. El deslizamiento activo DA1, abarca un área de 721 m², donde su eje principal presenta una longitud 19 m, un ancho de 38 m y el desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es 6 m, el movimiento afecta 3 viviendas (1 inhabitable) y, se observa 3 viviendas expuestas.
- d. El deslizamiento activo DA2, abarca 3 hectáreas, su eje principal presenta una longitud 190 m, un ancho de 377 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 40 m; el movimiento afectó 694 m de la vía de concreto y aceras, las cuales se encuentran agrietadas; asimismo dentro del cuerpo del deslizamiento se tienen 28 viviendas expuestas al peligro.
- e. El deslizamiento DA3, ubicado sobre un campo deportivo, abarca 2 has, su eje principal presenta una longitud 190 m, un ancho de 117 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 115 m; la continuidad del movimiento podría afectar la plataforma deportiva.
- f. El deslizamiento DA4, abarca 1451 m², su eje principal presenta una longitud 27 m, un ancho de 70 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 12 m; el movimiento podría afectar 70 m de la vía afirmada y, podría afectar 2 viviendas.
- g. Así mismo, se identificó un proceso de reptación de suelos, que abarca 2.6 hectáreas, su eje principal presenta una longitud 230 m, un ancho de 396 m y el desnivel entre la corona el pie del deslizamiento es 60 m; el movimiento afecta a 15 viviendas; además de 50 viviendas que podrían ser afectadas por la continuidad del movimiento.
- h. La ocurrencia de los deslizamientos y reptación de suelos están condicionadas por:

- Características litológicas: depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques, gravas, gránulos, en una matriz arcillo limosa, permite la infiltración y retención del agua.
 - Modificación del terreno (cortes de talud en laderas), con fines de construcción de viviendas y carretera.
 - Ocupación del terreno con cultivos agrícolas, riego por inundación y ausencia de drenajes adecuados en el terreno desnudado, esto contribuye con la saturación del terreno y por ende un aumento de peso de la masa inestable.
 - Ladera de pendiente moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°), permite que el material suelto y la inclinación de la pendiente facilita el origen de movimientos, mientras que la presencia de agua actúa como un lubricante.
- i. Los factores detonantes a la ocurrencia de deslizamientos y reptación de suelos, son las lluvias de intensidad fuerte y prolongadas, así como también los sismos.
- j. El deslizamiento activo DA1, afectó 2 viviendas y 3 se encuentran expuestas; el DA2 afectó 694 m de vía de concreto y se tienen 28 viviendas expuestas; el deslizamiento DA3 (Plataforma), afectó un campo deportivo; y el deslizamiento DA4 (Vía afirmada) se tiene 70 m de vía expuesta al peligro.
- k. En la localidad de Querocoto se presentan deslizamientos y un proceso de reptación activos, se los considera de **Peligro Alto**; también se tiene un proceso de reptación de suelos considerado de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los deslizamientos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

Deslizamiento DA1

- a. Reasentar las viviendas afectadas y expuestas al peligro.
- b. Construir zanjas de coronación e implementar un sistema de drenaje, en las zonas de deslizamiento y alrededores, con el apoyo técnico de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación del terreno y así evitar su avance retrogresivo.
- c. En los terrenos ubicados al este del sector evaluado (parte posterior de las viviendas afectadas), ocupados con cultivos agrícolas, evitar el riego por inundación.
- d. Reforestar las laderas, de preferencia con arbustos nativos.
- e. Elaborar un informe de evaluación de riesgos (EVAR). para determinar las medidas de control adecuadas a largo plazo.

Deslizamiento DA2

- a. Reforestar el terreno ubicado sobre el deslizamiento, para evitar su saturación en la parte alta.
- b. Construir zanjas de coronación e implementar un sistema de drenaje, en las zonas de deslizamiento y alrededores, con el apoyo técnico de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación del terreno.
- c. Prohibir el crecimiento urbano alrededor del deslizamiento.
- d. No permitir en riego por inundación para evitar la saturación del terreno.

Deslizamiento DA3

- a. Reforestar la ladera ubicada en la parte alta del campo deportivo, para evitar su saturación y reactivación del movimiento.
- b. Construir zanjas de coronación e implementar un sistema de drenaje, en las zonas de deslizamiento, alrededores y en el campo deportivo, con asistencia de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación del terreno.

- c. En los terrenos ubicados al sur oeste del sector evaluado, parte alta de la ladera, ocupados con cultivos agrícolas, evitar el riego por inundación.

Deslizamiento DA4

- a. Reforestar la ladera ubicada en la parte alta del deslizamiento, para evitar su saturación y reactivación del movimiento.
- b. Construir zanjas de coronación con asistencia de un especialista, con la finalidad de reducir la saturación del terreno.
- c. En los terrenos ubicados al sur oeste del deslizamiento, parte alta de la ladera, ocupados con cultivos agrícolas, evitar el riego por inundación.

Reptación de suelos activa

- a. Construir drenes de coronación en las cabeceras de la zona con reptación, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – figura 23), además de programar continuos trabajos de mantenimiento.
- b. Reforestar las laderas de montaña con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 24 y fotografía 7).
- c. Prohibir el riego por inundación en la zona con reptación de suelos y áreas contiguas.
- d. Realizar un drenaje en la zona de reptación, zanjar el terreno para desaguarlo.

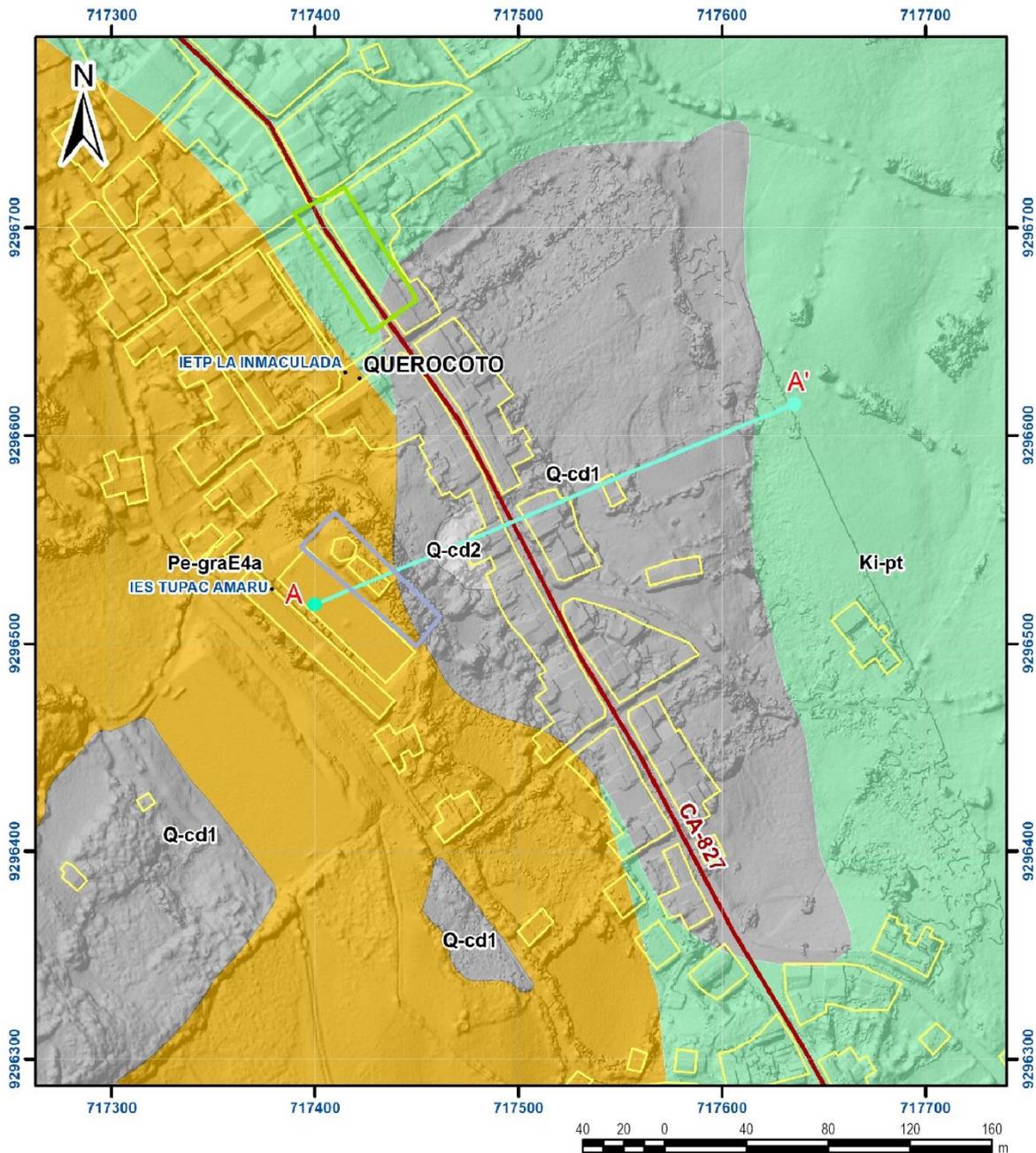

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


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

8. BIBLIOGRAFÍA

- Dávila, S.; Nuñez, S. & Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (1999). Inspección de riesgo geológico en el distrito de Querocoto. Provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A5958, 17 p.
- 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
- Jaimes, F.; Navarro, J.& Santos, A. (2013) - Geología del cuadrángulo de Incahuasi, hoja 13-e, escala 1:50,000. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 148, 114 p., 4 mapas.
- 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.
- 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

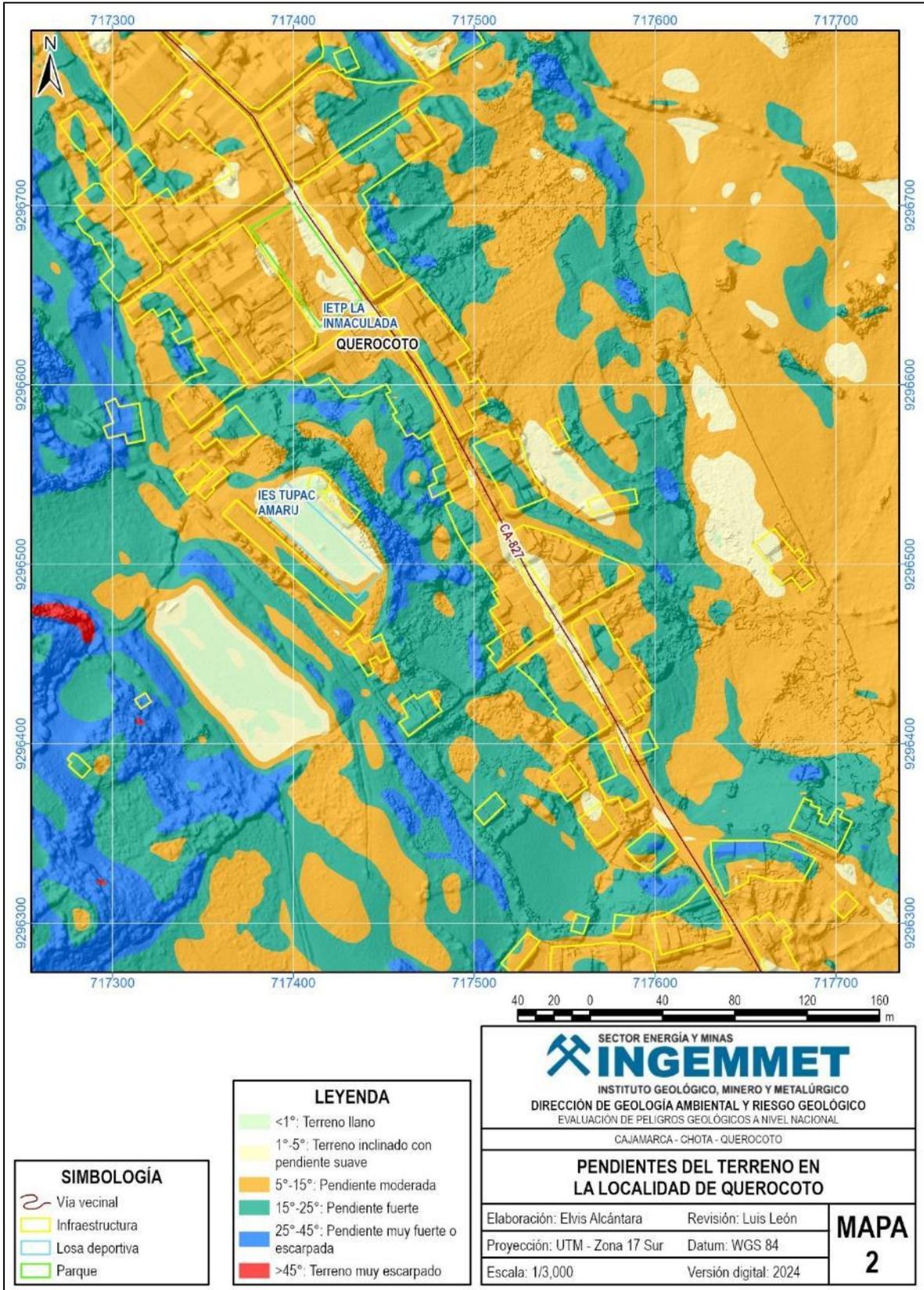
ANEXO 1. MAPAS

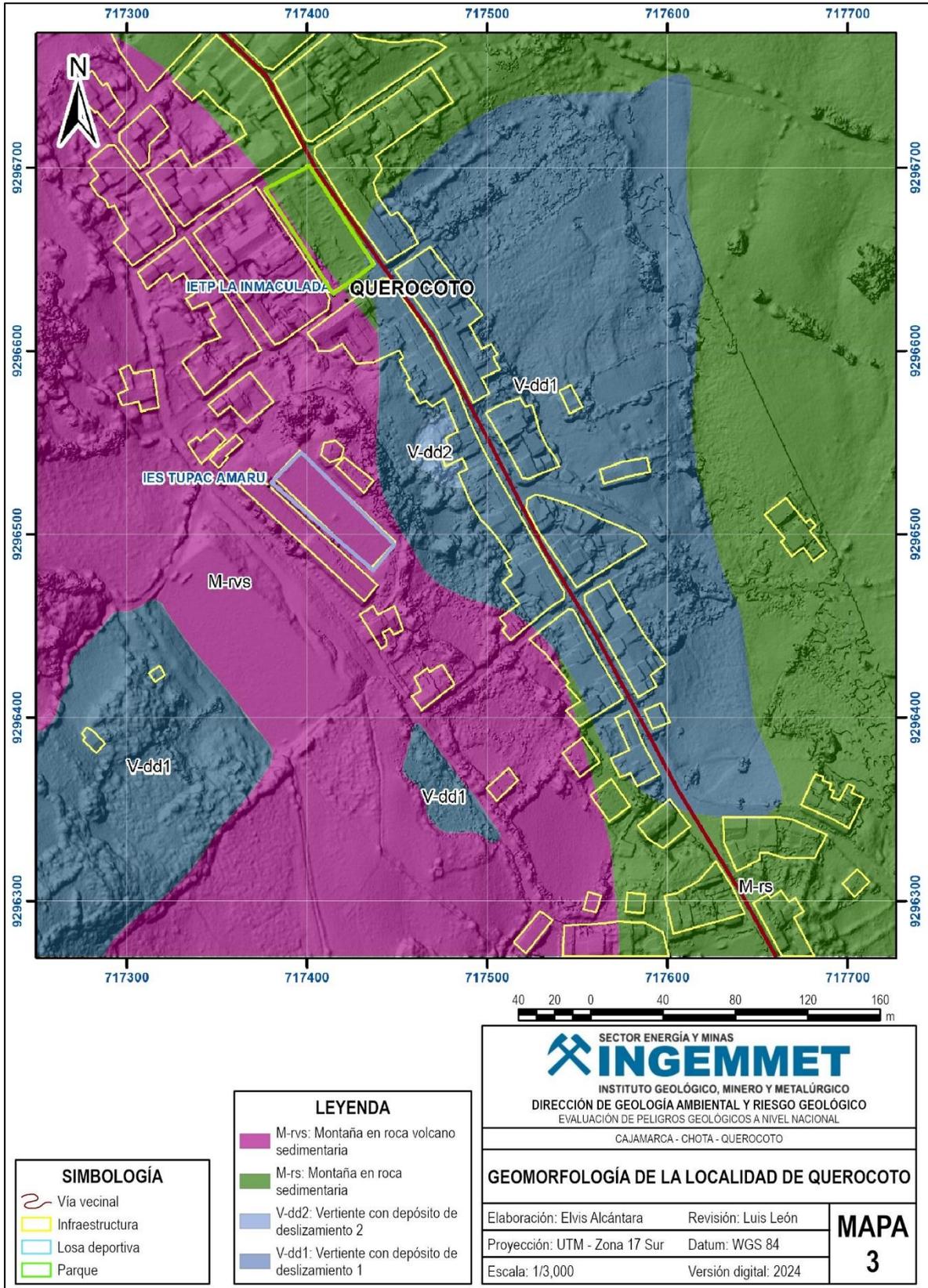


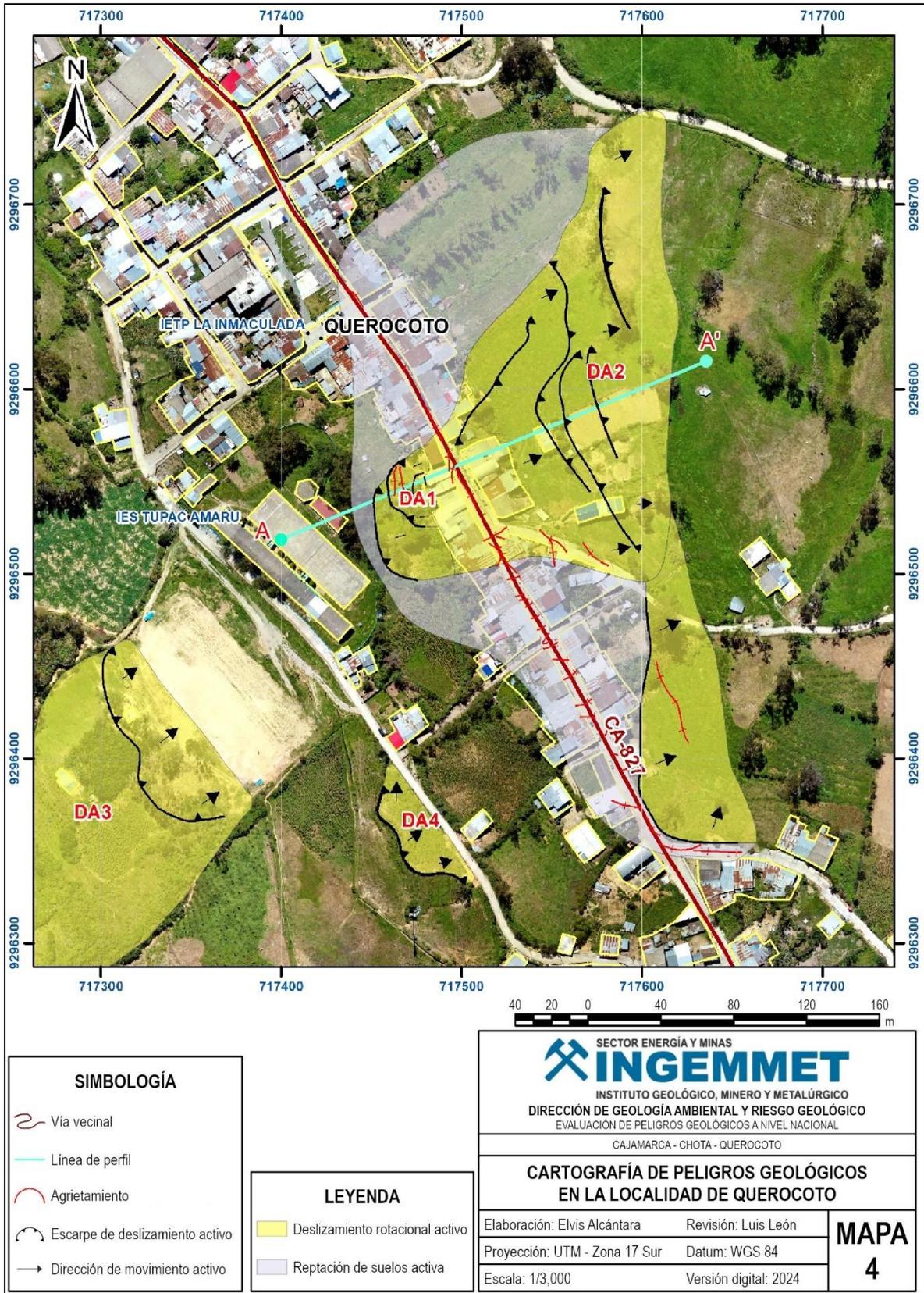
SIMBOLOGÍA	
	Vía vecinal
	Línea de perfil
	Infraestructura
	Losa deportiva
	Parque

LEYENDA	
	Q-cd2: Depósito coluvio deluvial 2
	Q-cd1: Depósito coluvio deluvial 1
	Pe-graE4: Centro Volcánico La Granja - Evento 4a
	Ki-pt: Formación Pariatambo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CHOTA - QUERCOTO	
GEOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE QUERCOTO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	







ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para los deslizamientos y reptación

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

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (Figura 23). 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.

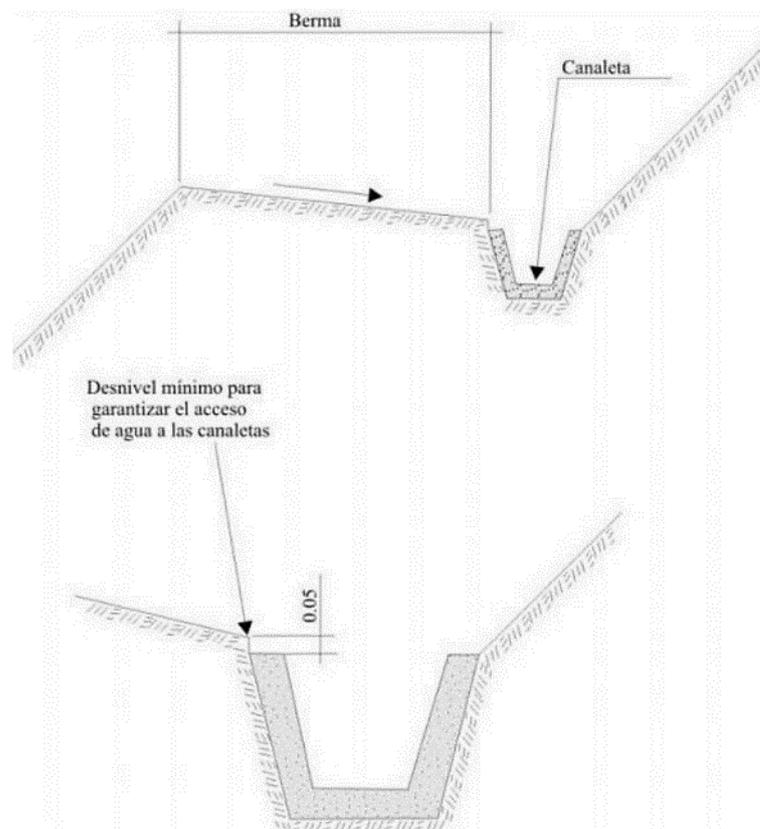


Figura 23. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

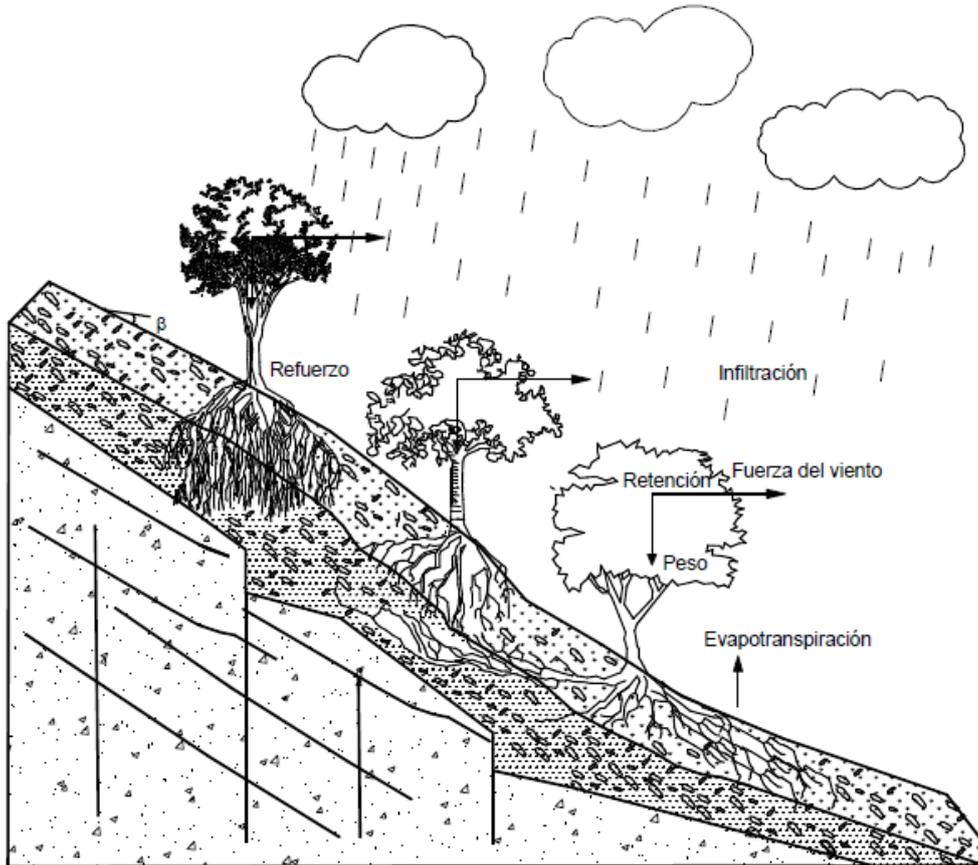


Figura 24. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 7. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.