

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7431

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO RINCONADA DE OTUZCO

Departamento Cajamarca
Provincia Cajamarca
Distrito Los Baños del Inca



SETIEMBRE
2023

***EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL
CASERÍO RINCONADA DE OTUZCO***

Distrito Los Baños del Inca, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca

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

Equipo de investigación:

*Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del Peligro Geológico por deslizamiento en el caserío Rinconada de Otuzco, distrito Los Baños del Inca, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7431, 31 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Secuencia volcánica San José (Nm-sjE1)	10
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
4.2. Pendiente del terreno.....	14
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	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Deslizamiento rotacional Rinconada de Otuzco	17
5.1.1. Descripción	17
5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento.....	18
5.1.3. Características visuales y morfométricas del Deslizamiento.....	20
6. CONCLUSIONES	23
7. RECOMENDACIONES.....	24
8. BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXO 1. MAPAS	26
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	30

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. 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 documento es el resultado de la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa de tipo deslizamiento en el caserío Rinconada de Otuzco, distrito Los Baños del Inca, provincia y departamento Cajamarca.

Litológicamente el sector evaluado se encuentra sobre rocas de origen volcánico – sedimentario, de la secuencia volcánica San José, conformada por depósitos piroclásticos de pómez y cenizas, los cuales se encuentran muy fracturados y altamente a completamente meteorizados y depósitos coluviales deluviales compuestos por bloques y gravas en una matriz de limos y arcillas; así como depósitos aluviales conformado por bloques, cantos, gravas, gránulos, arenas, limos y arcillas.

Se identificó un deslizamiento rotacional que se encuentran sobre terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente, con un área de 4 521 m² y volúmenes desplazados aproximado de 5 425 m³ respectivamente. El evento ha afectado 11 viviendas y terrenos de cultivos, en un área de 0.25 ha; así mismo podría afectar la vía vecinal asfaltada CA – 1108, en un tramo de 85 m.

El factor detonante para la generación del deslizamiento fue el corte del talud para la habilitación de un terreno con fines de construcción de vivienda, lo que originó la inestabilidad de la ladera, generando el deslizamiento.

Las áreas de impacto por deslizamiento, cartografiadas en el caserío La Rinconada de Otuzco, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como **Zona Crítica de Peligro Muy Alto** ante deslizamiento.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como no realizar corte de los taludes en la parte baja de las laderas con fines de construcción de viviendas, la construcción de drenes de coronación, impermeabilizar los canales de riego, prohibir el riego por inundación, monitorear la actividad del deslizamiento, instalar un sistema de alerta temprana, capacitar a la población en GRD y elaborar una evaluación de riesgos EVAR, para determinar las medidas de control recomendadas.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico 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 (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, Oficio N°305-2023-SGGRD-GSC-MPC, es en el marco de nuestras competencias que se realizó una evaluación de peligros en el caserío Rinconada de Otuzco, ante la ocurrencia de deslizamiento.

La DGAR del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros en el sector mencionado los días 23, 25 y 28 de agosto del 2023.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó 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 Los Baños del Inca 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 el caserío La Rinconada de Otuzco, distrito Los Baños del Inca, provincia y departamento 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 identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Boletín N° 31 Serie A: “Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba”, INGEMMET, (Reyes, 1980). Cuadrángulo de San Marcos, hoja 15 – g, describe la geología a una escala 1:100 000; señala que, en la zona de estudio, se tiene rocas de origen volcánico, tobas y brechas dacíticas, con fragmentos de pómez. Estratos medios a gruesos bien estratificados. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000 (Navarro, 2007), cuadrángulo de San Marcos, hoja 15 – g – IV, reafirma la presencia de depósitos de flujos piroclásticos, de pómez y cenizas, gris blanquecinos a amarillentos.
- En Boletín N° 44, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde el caserío Rinconada de Otuzco, se sitúa en terrenos con susceptibilidad de media de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al caserío Rinconada de Otuzco, jurisdicción del distrito de Los Baños del Inca, provincia y departamento Cajamarca (f), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el t1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	781920	9212230	-7.1197906	-78.4477234
2	781920	9211875	-7.1229987	-78.4477081
3	781600	9211875	-7.1230149	-78.4505997
4	781600	9212230	-7.1198068	-78.4506226
Coordenada central de los peligros identificados				
Deslizamiento La Rinconada de Otuzco.	781759	9212104	-7.1209335	-78.4491653

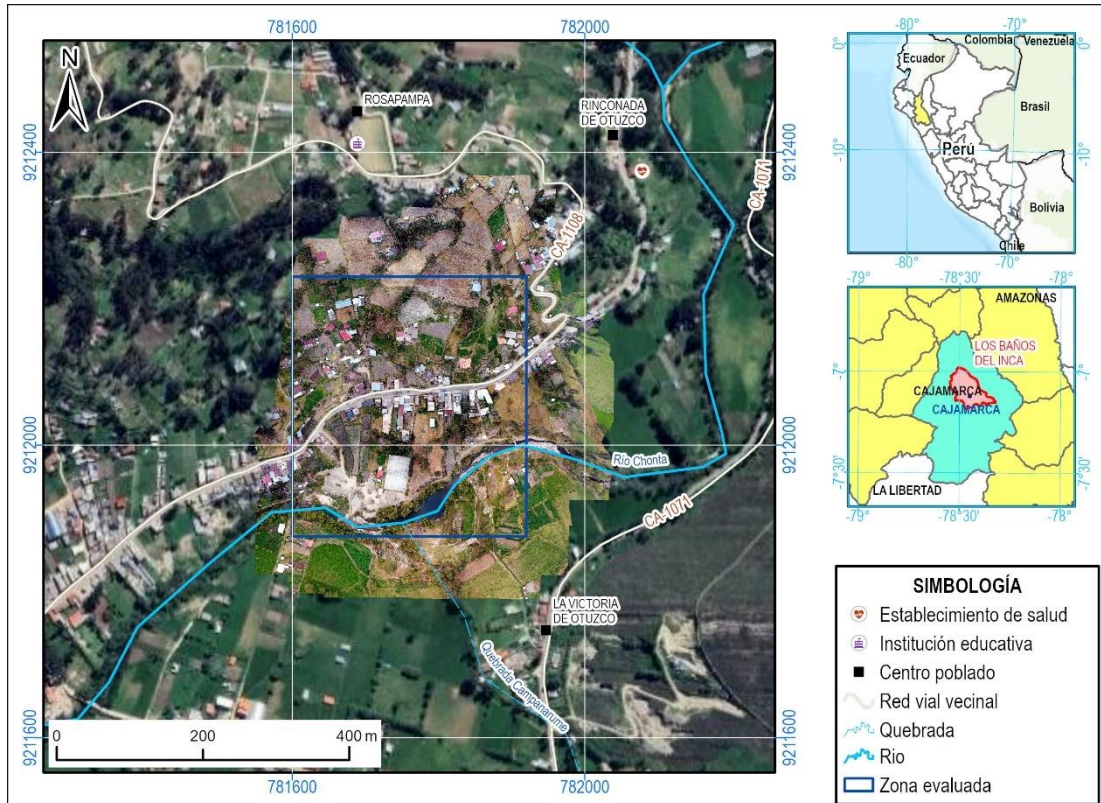


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), el caserío de Rinconada de Otuzco, tiene una población de 200 habitantes, distribuidos en 50 viviendas, con acceso a energía eléctrica, sin agua por red pública ni desagüe, (Tabla 2).

Tabla 2. Características. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Rinconada de Otuzco
Código de Ubigeo	0601080041
Longitud	-78.446642500
Latitud	-7.11803717000
Altitud	2784
Población	200
Viviendas	50
Agua Por Red Publica	si
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Inicial	no
Institución Educativa Primaria	no
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	si
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.3. Accesibilidad

La principal ruta de acceso desde la ciudad de la ciudad de Cajamarca se realiza a través de una vía vecinal asfaltada, hasta el caserío Rinconada de Otuzco, tal como se detalla en la siguiente ruta (tabla 3, Figura 2):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Rinconada de Otuzco	Asfaltada	11.6	30 minutos

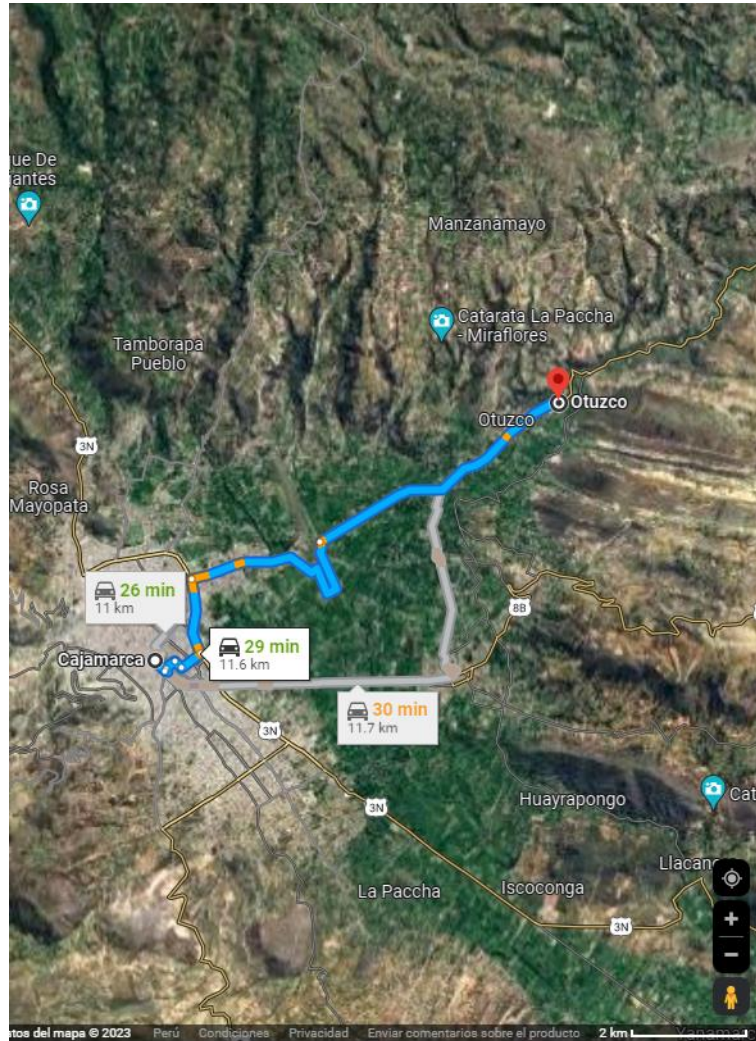


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta el caserío Rinconada de Otuzco. **Fuente:** Google Mapas.

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 de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 700 a 2 000 mm.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

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

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 interstratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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.

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.

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.

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

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.

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

El análisis geológico, se desarrolló en base a la memoria descriptiva de la revisión del cuadrángulo de San Marcos, hoja 15g, elaborado por Reyes (1980), escala 1:100 000 y cuadrángulo de San Marcos, hoja 15 – g – IV, elaborado por Velasco J., (2007), escala 1:50 000, publicados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (mapa 1).

Asimismo, los trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales y fotografías con dron sirvieron para caracterizar la unidad litológica identificada.

3.1. Unidades litoestratigráficas

En el sector evaluado afloran rocas de origen volcánico – sedimentario, de la unidad litoestratigráfica, rocas de la secuencia volcánica San José.

3.1.1. Secuencia volcánica San José (Nm-sjE1)

Están conformadas por depósitos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecinas a amarillentos, ricos en cristales de composición riolítica. Tienen un espesor aproximado de 250 m, (Fotografía 1), la roca se encuentra muy fracturada y altamente meteorizada a completamente meteorizada.



Fotografía 1. Se observa la roca de la secuencia volcánica San José, muy fracturada y completamente meteorizada.

Coordenadas: E: 7081751, N: 9212087.

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Corresponde a suelos originados por el deslizamiento en la zona evaluada, compuestos por bloques y gravas en una matriz de limos y arcillas de mediana a alta plasticidad, con contenido de material orgánico, (Fotografía 2, tabla 4).



Fotografía 2. Suelos coluvio – deluviales, compuestos por bloques y gravas en una matriz de limos y arcillas.

Coordenadas: E: 781774, N: 9212111.

Tabla 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="text" value="5"/> Bolos	<input checked="" type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="text"/> Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="text" value="25"/> Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="text"/> Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico
<input type="text"/> Arenas			
<input type="text" value="40"/> Limos			
<input type="text" value="30"/> Arcillas			

ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLOGÍA
<input checked="" type="checkbox"/> Masiva	<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="checkbox"/> Estractificada	<input type="checkbox"/> Arenoso	<input type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="text" value="100"/>	<input type="checkbox"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Matamórficos
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Sedimentarios

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

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.		
SUELOS GRUESOS	SUELOS GRUESOS	SUELOS FINOS
<input type="checkbox"/> GW	<input checked="" type="checkbox"/> GC	<input type="checkbox"/> CH
<input type="checkbox"/> GP	<input type="checkbox"/> SW	<input checked="" type="checkbox"/> OH
<input type="checkbox"/> GM	<input type="checkbox"/> SP	<input type="checkbox"/> PT
<input type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> SC	
	<input type="checkbox"/> ML	
	<input type="checkbox"/> CL	
	<input type="checkbox"/> OL	
	<input type="checkbox"/> MH	

Depósito aluvial (Q-al)

Transportados por corrientes de ríos y quebradas, son acumulados en los terrenos con pendiente de llana a suaves, formando parte de la llanura de inundación o terrazas fluviales, en el sector evaluado se ubica en ambas márgenes a lo largo del río Chonta, corresponde a depósitos conformado por bloques (20%), cantos (20%), gravas (30%), gránulos (15%), arenas (10%), limos y arcillas (5%), (Fotografía 3).



Fotografía 3. Depósito aluvial, compuesto de bloques, cantos, gravas, gránulos, arenas, limos y arcillas.

Coordenadas: E: 781765, N: 9211991.

Depósito fluvial (Q-fl)

Se ubica a lo largo del río Chonta, litológicamente está conformada de bloques y cantos polimícticos sub redondeados a redondeados, en una matriz de arenosa. Se encuentran inconsolidados.

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 de detalle 14 cm de un levantamiento fotogramétrico con dron, 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)

El caserío Rinconada de Otuzco presenta elevaciones que van desde los 2 730 m hasta los 2 790 m, en los cuales se distinguen 8 niveles altitudinales (Figura 3), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; la pendiente promedio es de terreno inclinado con pendiente suave ($1^\circ - 5^\circ$) a moderada ($5^\circ - 15^\circ$) y geoformas de lomada en roca sedimentaria, vertiente con depósito de deslizamiento, terraza aluvial y planicie o llanura inundable.

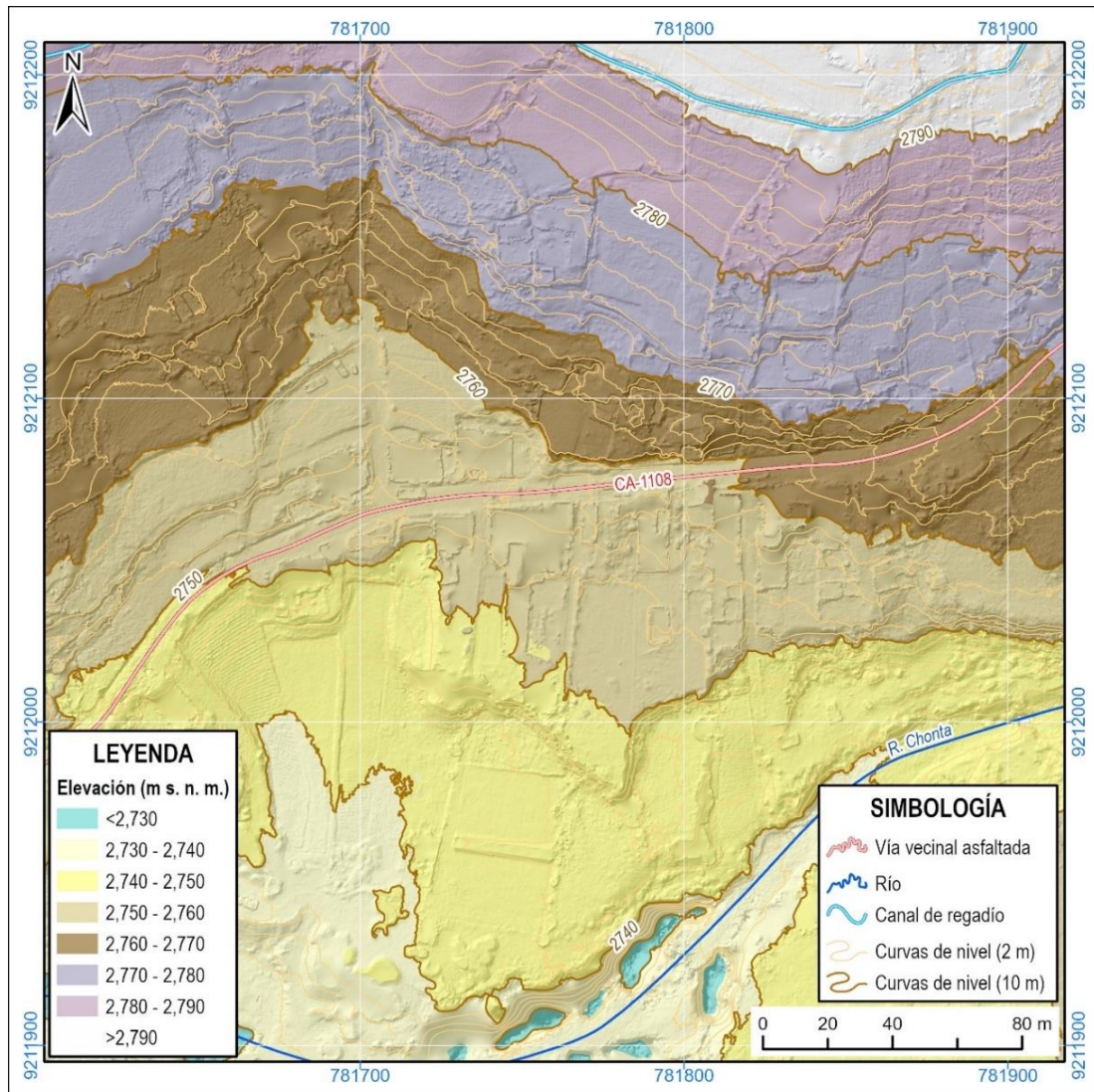


Figura 3. Modelo digital de elevaciones del sector evaluado.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, caserío Rinconada de Otuzco presenta terrenos con pendientes que varían de terreno inclinado con pendiente suave (1° a 5°), moderada (5° a 15°), fuertes (15° a 25°) y muy fuerte o escarpada (15° a 45°), esta última originada por el retiro de material de la ladera con fines de construcción de viviendas; en los terrenos con geofoma de lomada en roca volcánico-sedimentaria y vertiente con depósito de deslizamiento, donde se ha generado el deslizamiento (Figura 4; mapa 2).

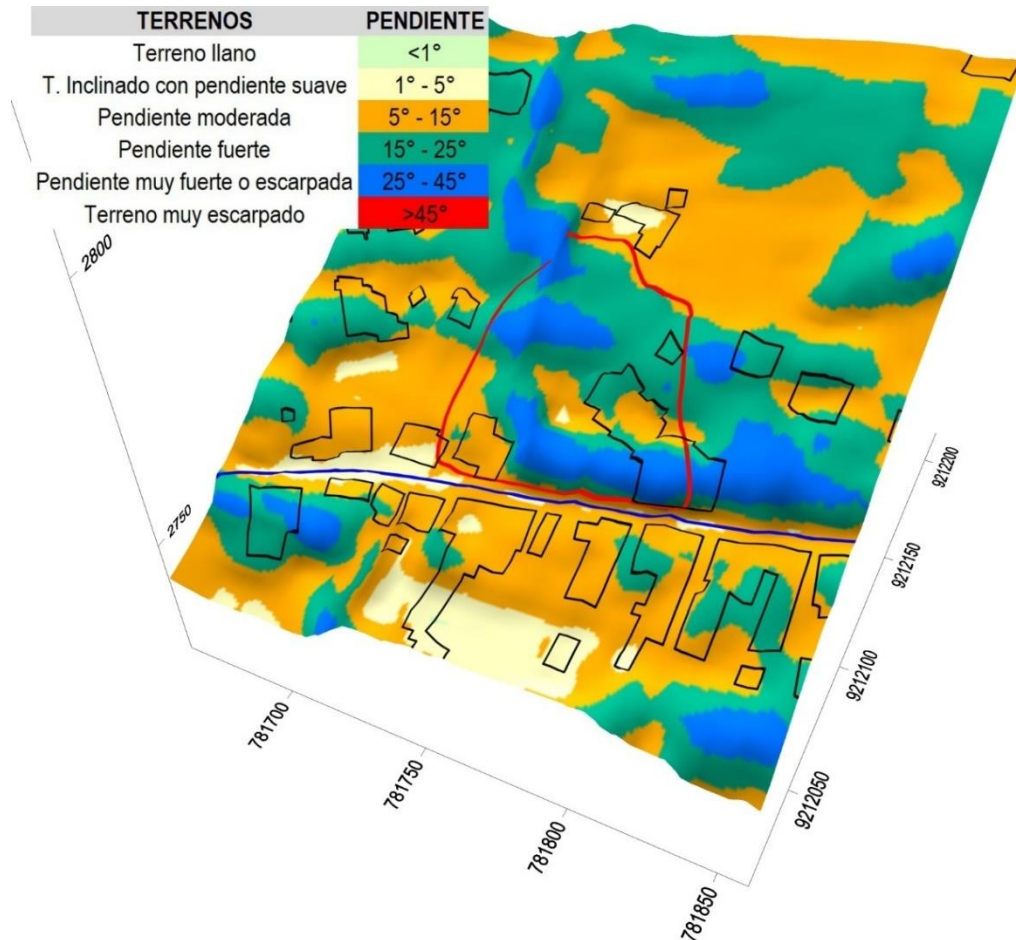


Figura 4. Modelo 3D de las pendientes del caserío Rinconada de Otuzco; el deslizamiento activo está delimitado en línea roja, dentro del cual se encuentran las viviendas afectadas delimitadas con líneas de color negro.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (lomada en roca volcano sedimentaria: L-rvs), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente con depósito de deslizamiento: V-dd, terraza aluvial: T-a y planicie o llanura inundable: PI-i) (Figura 5); se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

- Sub unidad de lomada en roca volcano sedimentaria (L-rvs)

Corresponde a afloramientos de rocas volcano-sedimentarias reducidos por procesos denudativos, conforman elevaciones alargadas, con laderas disectadas y de pendiente moderada (5° a 15°), fuertes (15° a 25°), se identificó esta sub unidad geomorfológica hacia el norte del sector evaluado.

4.3.2. Geformas 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.

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

Son terrenos cóncavos con pendientes de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), producto de la acumulación de suelos transportados por deslizamientos; su relieve es escalonado.

- **Subunidad de terrazas aluviales (T-al)**

Son remanentes de anteriores niveles de sedimentación, en las cuales se ha insidado la corriente como consecuencia de rejuvenecimiento del paisaje, los niveles más altos son los más antiguos.

- **Planicie o llanura inundable (PI-i)**

Esta sub unidad la conforman los terrenos ubicados adyacentes al río Chonta, donde las corrientes de agua han depositado sedimentos durante las inundaciones, estos eventos se presentan durante periodos de lluvias intensas.



Figura 5. Vista aérea de las geformas identificadas en el sector evaluado.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que moldean el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

El caserío Rinconada de Otuzco se ubica sobre roca de origen volcano-sedimentario, conformadas por depósitos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecinas a amarillentos, la roca se encuentra muy fracturada y altamente meteorizada a completamente meteorizada, el factor detonante del deslizamiento identificado (Figura 6), fue por actividad antrópica, corte del talud para la habilitación de terrenos para la construcción de viviendas, desestabilizó la ladera originando el movimiento en masa.

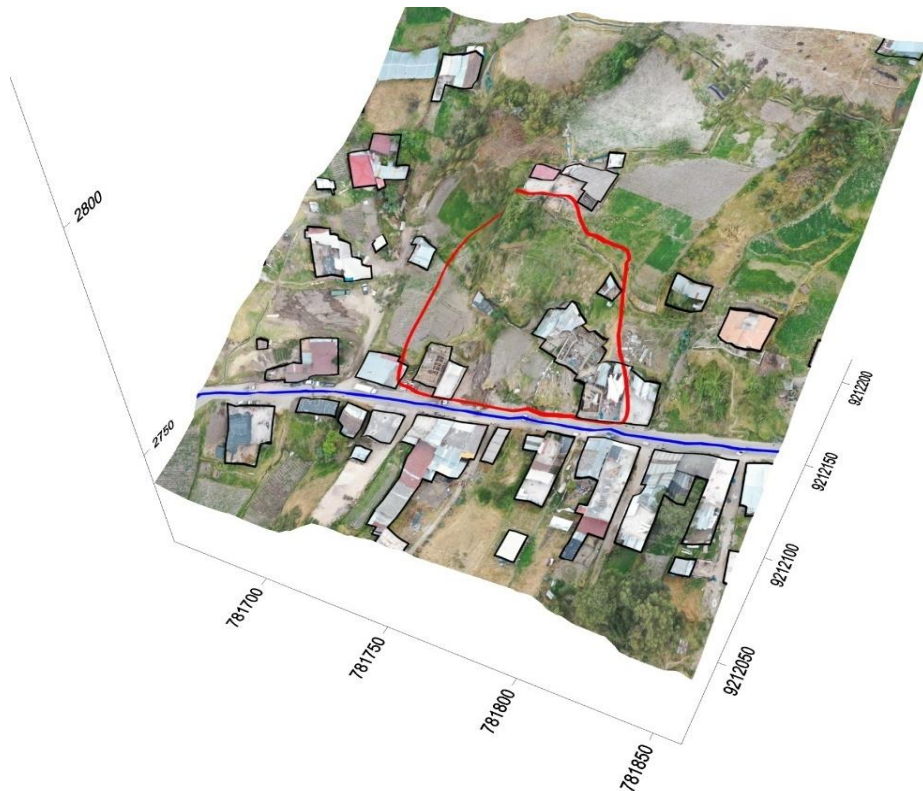


Figura 1. Modelo 3D del caserío Rinconada de Otuzco, se muestra el deslizamiento rotacional (línea roja).

5.1. Deslizamiento rotacional Rinconada de Otuzco

5.1.1. Descripción

Este movimiento en masa abarca 4 521 m² y volumen aproximado de 5 425 m³, se ha desarrollado en terrenos con pendientes de moderada (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°); los materiales geológicos están compuestos por roca volcánico – sedimentaria, cubierta por material orgánico, proveniente de la descomposición de plantas.

El movimiento ha generado agrietamientos de 2 a 10 m de longitud y 5 a 30 cm de apertura (Fotografía 4) dentro del cuerpo deslizado, además de desplazamiento ladera abajo, afectando a 11 viviendas, terrenos de cultivos en 0.25 ha, posible afectación de viviendas en la parte baja (ubicadas en el talud de relleno de la vía vecinal) y la vía vecinal asfaltada en un tramo de 85 m.



Fotografía 4. Grietas ubicadas en la parte baja del cuerpo del deslizamiento, longitud de 6 m y apertura de 30 cm.
Coordenadas: E: 781713, N: 9212136.

5.1.2. Análisis longitudinal del deslizamiento

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 8) se aprecia la distribución de los materiales geológicos (Complejo volcánico Yanacocha – secuencia volcánica San José – Evento 1 y el depósito coluvio – deluvial), la ubicación de la vía vecinal CA-1108 y las viviendas afectadas por el deslizamiento rotacional.

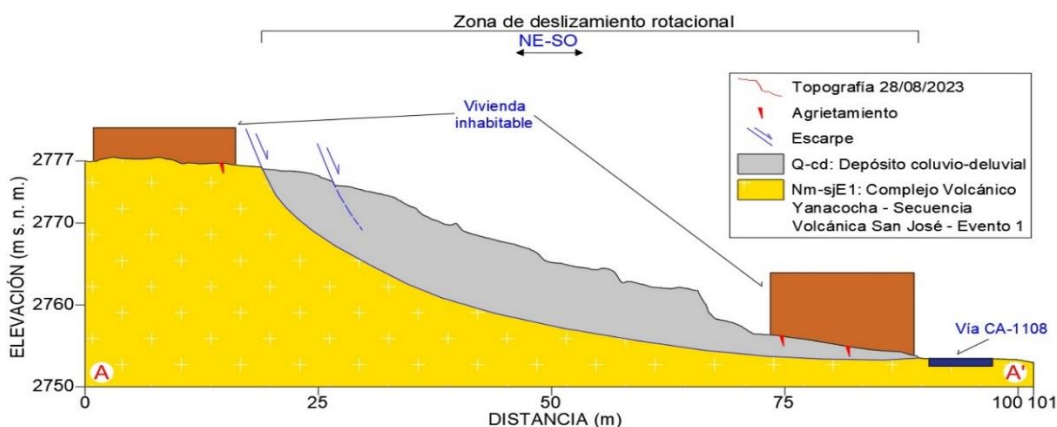


Figura 8. Perfil longitudinal A-A' que representa la distribución de los materiales geológicos, escarpes y elementos expuestos a daños.

En la f y 10 se muestra el avance del movimiento iniciando su proceso con grietas, llegando a formarse el escarpe principal del deslizamiento en 6 días (del 23 al 29 de agosto del 2023) con un salto de 0.85 m en el terreno.



Figura 9. Inicios del movimiento en masa (23 de agosto), presencia de grietas en terrenos ocupados por pastos naturales.
Coordenadas: E: 781776, N: 9212131.



Figura 10. Vista de formación del escarpe principal (29 de agosto), con un salto vertical de 0.85m.
Coordenadas: E: 781776, N: 9212131.

En el cuerpo del deslizamiento también ha identificado agrietamientos de menores dimensiones, que podrían contribuir a la infiltración de aguas superficiales hacia el cuerpo del deslizamiento, en temporada de lluvia e incrementar la velocidad de desplazamiento del movimiento en masa.

En la parte superior al movimiento se identificó un canal de riego revestido el cual necesita de mantenimiento; así mismo las canaletas pequeñas que conducen agua dentro de los terrenos de cultivo (Figura 11), donde se realizan prácticas de riego por inundación, no tienen revestimiento, lo que contribuye a la infiltración de agua y saturación de los terrenos.



Figura 11. Canales de riego sin revestimiento
Coordenadas: E: 781761, N: 9212133.

5.1.3. Características visuales y morfométricas del Deslizamiento

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional.
- Estado: Activo.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- La composición de los suelos coluvio – deluviales limos y arcillas de mediana a alta plasticidad.

Morfometría

- Área: 4 521 m².
- Perímetro: 262 m.
- Volumen: 5 425 m³.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 25 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 67 m.
- Ancho de la superficie de falla: 75 m.
- Salto principal: 0.85 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, de rocas de origen volcánico – sedimentario conformadas por depósitos piroclásticos de pómez y cenizas muy fracturadas y altamente meteorizadas a completamente meteorizadas.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geformas de lomada en roca volcánica – sedimentaria y vertientes con depósito de deslizamiento, susceptibles a movimientos en masa.
- Riego por inundación en cultivos agrícolas, contribuyen a la saturación de los terrenos.
- Ausencia de drenajes adecuados, canaletas sin mantenimiento.

Factor detonante

- Factor antrópico, corte de talud ladera para construcción en vivienda, desestabilizó la ladera generando el deslizamiento.

Daños ocasionados

- 11 viviendas afectadas (inhabitables) (Figura 12, 13 y 14).
- 0.25 ha de terrenos de cultivos afectados.



Figura 12. Vivienda afectada por el levantamiento del piso, en la parte baja del deslizamiento.
Coordenadas: E: 781570, N: 9211600.



Figura 13. Vivienda afectada por el escarpe principal, en la parte alta del deslizamiento.
Coordenadas: E: 781751, N: 9212142.



Figura 14. Exterior de vivienda afectada por el escarpe principal, en la parte alta del deslizamiento.
Coordenadas: E: 781762, N: 9212141.

6. CONCLUSIONES

- a. El caserío Rinconada de Otuzco está ubicado en terrenos de moderada a fuerte pendiente, que conforman geoformas de lomada en roca volcano sedimentaria (L-vrs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), terrazas aluviales (T-al) y Planicie o llanura inundable (PI-i), condicionante de procesos de movimientos en masa.
- b. Litológicamente, el basamento rocoso corresponde a rocas de origen volcano sedimentario de la secuencia volcánica San José, conformada por depósitos piroclásticos de pómez y cenizas, los cuales se encuentran muy fracturadas y altamente a completamente meteorizadas y depósitos coluvio deluviales conformados por bloques y gravas en una matriz de limos y arcillas; en la parte baja del movimiento encontramos depósitos aluviales los que corresponde a depósitos conformado por bloques (20%), cantos (20%), gravas (30%), gránulos (15%), arenas (10%), limos y arcillas (5%).
- c. Se ha cartografiado un deslizamiento rotacional activo, con 4 521 m² de área y volumen aproximado de 5 425 m³. El evento muestra un escarpe principal con salto de 0.85 m. La zona afectada involucra 11 viviendas, terrenos de cultivos y una vía vecinal asfaltada en un tramo de 85 m.
- d. Los factores condicionantes son la litología y naturaleza incompetente de materiales, rocas de origen volcano – sedimentario que se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizada a completamente meteorizada, la pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45), susceptibles a movimientos en masa, las prácticas de riego por inundación en los cultivos agrícolas, contribuyen a la saturación de los terrenos y ausencia de drenajes adecuados, siendo el factor detonante el corte del talud para la construcción de viviendas, lo que generó la inestabilidad de la ladera originando el deslizamiento.
- e. El área de impacto por deslizamiento, cartografiada en el caserío Rinconada de Otuzco, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como **Zonas Crítica de Peligro Muy alto** ante movimientos en masa.

7. RECOMENDACIONES

- a) Reubicar las viviendas ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento a una zona segura.
- b) En caso de realizar movimientos de tierra, desarrollarlos previa evaluación geotécnica.
- c) Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de los terrenos afectados por el deslizamiento (Anexo 2A – Figura). Con la final de evitar su avance y afecte otras viviendas
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – Figura y Fotografía).
- e) Prohibir el riego por inundación dentro del cuerpo del deslizamiento en los terrenos aledaños a movimientos en masa.
- f) Monitorear constantemente la actividad del deslizamiento, si se evidencia el avance del movimiento, con presencia de grietas o inclinación de viviendas ubicadas en el talud de relleno de la vía vecinal asfaltadas, evacuar a la población a una zona segura.
- g) Capacitar a la población en Gestión del Riesgo de Desastres.
- h) Elaborar una evaluación de riesgos EVAR ante deslizamiento y flujo, para determinar las viviendas con riesgo alto y muy alto que deberían ser reubicadas, de ser el caso; además de medidas de control de riesgos adicionales.

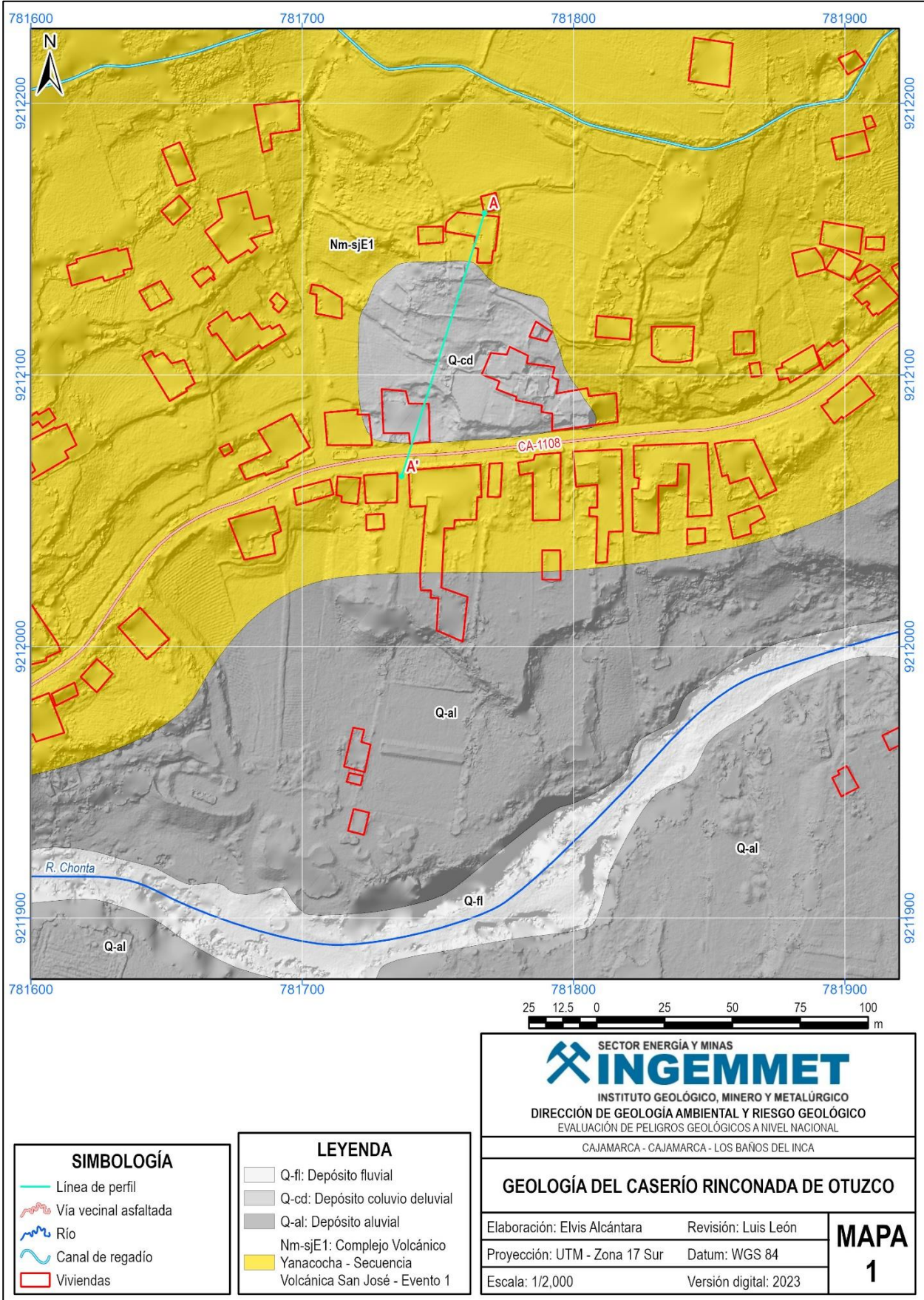

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report, 247, 36–75.*
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Ingemmet Boletín N° 31 Serie A* (1a ed.).
- 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.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.

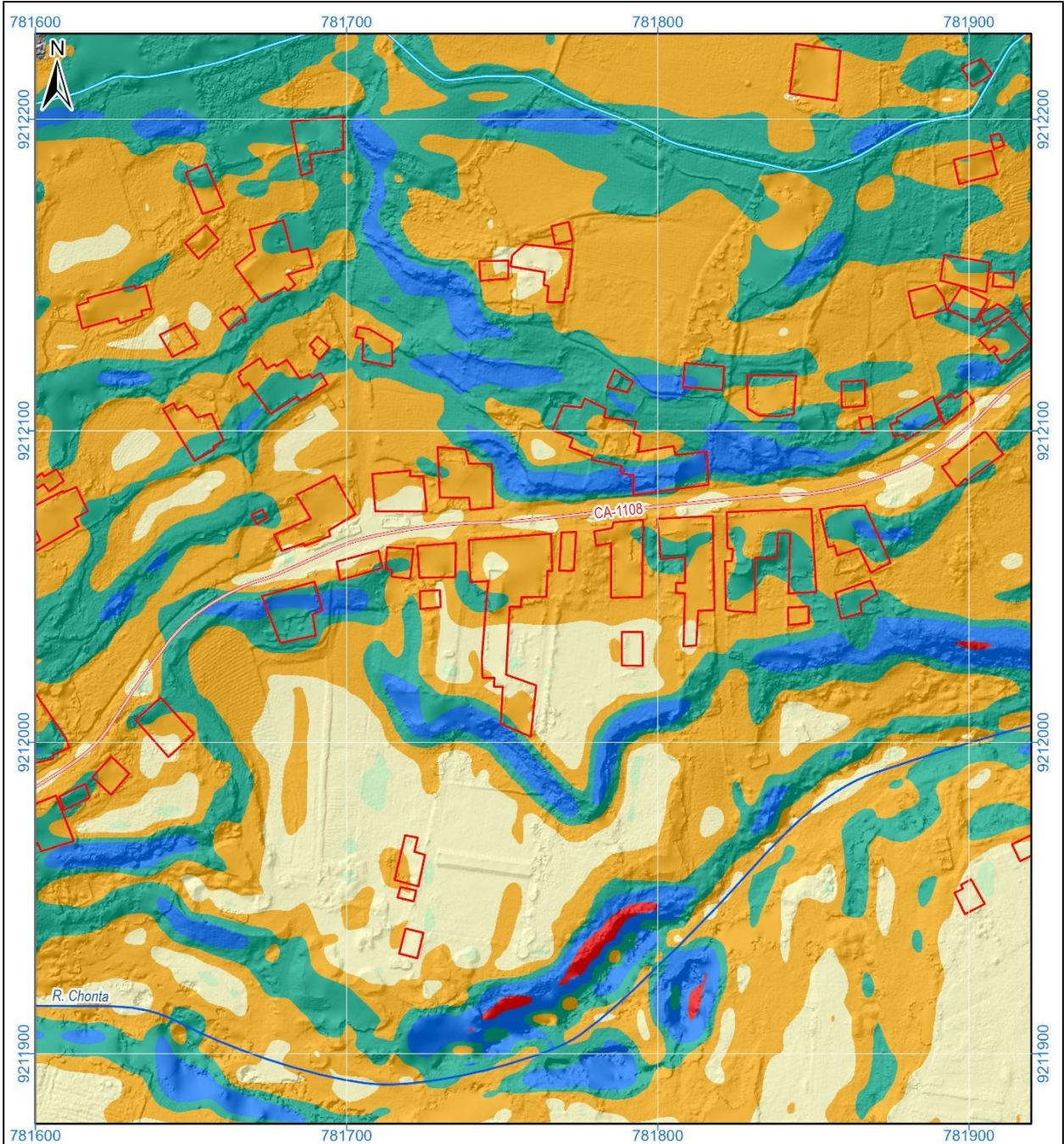
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Vía vecinal asfaltada
	Río
	Canal de regadío
	Viviendas

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Nm-sjE1: Complejo Volcánico Yanacochoa - Secuencia Volcánica San José - Evento 1

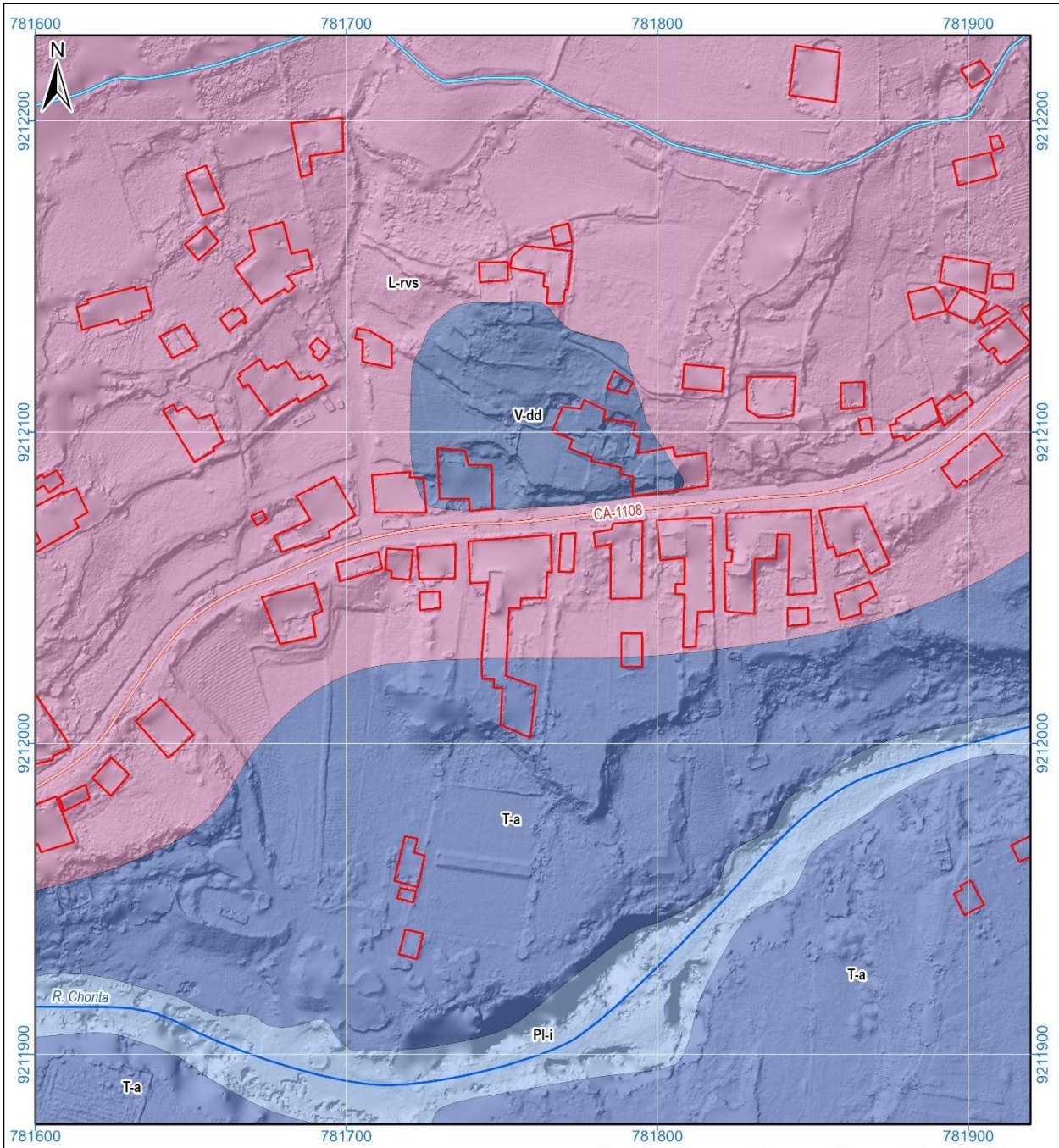
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - LOS BAÑOS DEL INCA	
GEOLOGÍA DEL CASERÍO RINCONADA DE OTUZCO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2023
MAPA	
1	



SIMBOLOGÍA	
	Vía vecinal asfaltada
	Río
	Canal de regadío
	Viviendas

LEYENDA	
	<math><1^\circ</math>: Terreno llano
	$1^\circ-5^\circ$: Terreno inclinado con pendiente suave
	$5^\circ-15^\circ$: Pendiente moderada
	$15^\circ-25^\circ$: Pendiente fuerte
	$25^\circ-45^\circ$: Pendiente muy fuerte o escarpada
	$>45^\circ$: 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 - CAJAMARCA - LOS BAÑOS DEL INCA	
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL CASERÍO RINCONADA DE OTUZCO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2023
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
	Vía vecinal asfaltada
	Río
	Canal de regadío
	Viviendas

LEYENDA	
	L-rvs: Lomada en roca volcans sedimentaria
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	T-a: Terraza aluvial
	PI-i: Planicie o llanura inundable

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - LOS BAÑOS DEL INCA	
GEOMORFOLOGÍA DEL CASERÍO RINCONADA DE OTUZCO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Agrietamiento
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Vía vecinal asfaltada
	Río
	Canal de regadío
	Viviendas

LEYENDA	
	Deslizamiento rotacional activo
	Inundación y erosión fluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - LOS BAÑOS DEL INCA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO RINCONADA DE OTUZCO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/2,000	Versión digital: 2023
MAPA	
4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

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 15). 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.

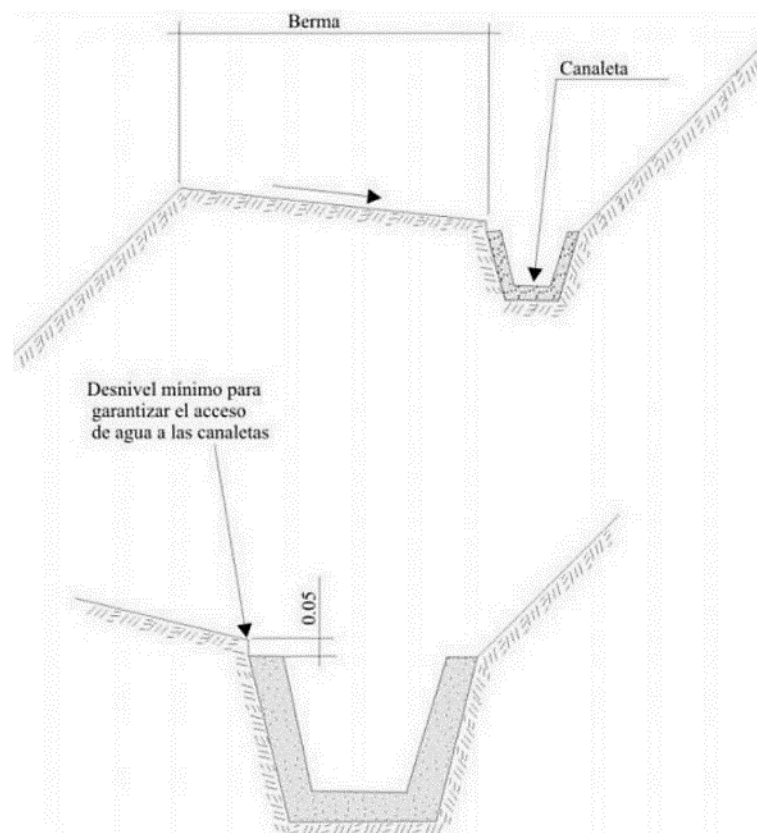


Figura 15. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda (Figura 16), aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo (Fotografía 5), reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

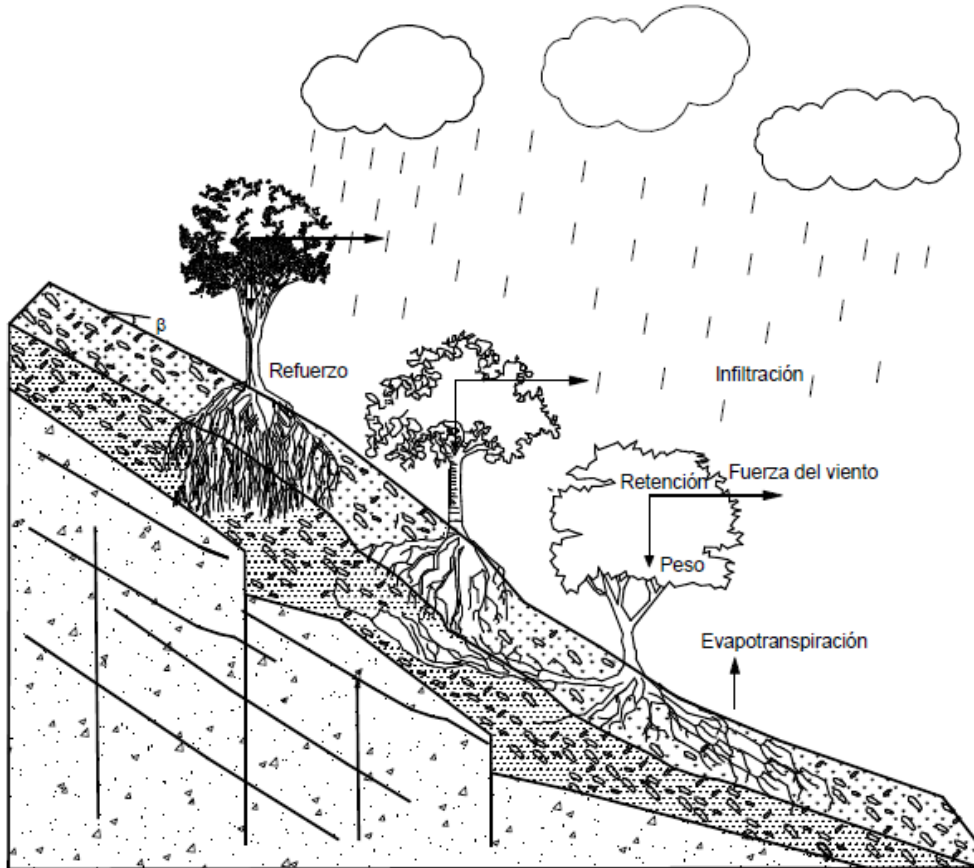


Figura 16. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



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