

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7395

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA LOCALIDAD SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA

Departamento Cajamarca

Provincia Cutervo

Distrito Santo Domingo de La Capilla



JUNIO
2023

***EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN LA
LOCALIDAD SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA***

Distrito Santo Domingo de la Capilla, provincia Cutervo, 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

Cristhian Anderson Chiroque Herrera

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en la localidad Santo Domingo de la Capilla, distrito Santo Domingo de la Capilla, provincia Cutervo, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7395, 32 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos del estudio	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Aspectos generales.....	3
1.3.1 Ubicación	3
1.3.2 Accesibilidad	4
1.3.3 Población	4
1.3.4 Clima	5
2. DEFINICIONES.....	6
3. ASPECTO GEOLÓGICO	8
3.1 Unidades litoestratigráficas	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
4.1 Modelo digital de elevaciones.....	11
4.2 Pendiente del terreno	11
4.3 Unidades Geomorfológicas	13
4.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	13
4.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional.....	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
6. CONCLUSIONES	21
7. RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXO 1. MAPAS	24
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	28

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa, realizado en la localidad Santo Domingo de la Capilla, distrito Santo Domingo de la Capilla, provincia Cutervo, departamento Cajamarca. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En la zona evaluada se identificaron depósitos inconsolidados de origen coluvio-deluvial, conformado por gravas (35%) y bloques (25%), heterométricos, de formas angulosos, (de origen volcánico) en matriz arcillo limosa (40%), cuyas características mencionadas facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno, facilitando su inestabilidad; estos depósitos se encuentran sobre un basamento de rocas volcánicas (secuencia de derrames lávicos de la Formación Oyotún), muy fracturadas y altamente meteorizadas.

Geomorfológicamente se aprecian las siguientes subunidades: montaña en roca volcánica (M-rv), vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

En la localidad de Santo Domingo de la Capilla se identificó un deslizamiento rotacional “activado” en enero 2023 afectando dos viviendas. De continuar el movimiento y/o actividad afectaría la plataforma de concreto del mercado y la zona urbana del sector sureste de la población.

El deslizamiento tiene forma semicircular, el escarpe principal presenta una longitud de 83 m y un salto vertical entre 0.5 m a 0.7 m; la distancia de la corona (escarpe principal) al pie del deslizamiento es de 50 m y un ancho promedio de 73 m. En el cuerpo del deslizamiento se identificaron agrietamientos con longitudes de hasta 40 m, con apertura entre 0.10 a 0.25 m.

Los factores condicionantes del deslizamiento se atribuyen a: a) pendiente del terreno: entre 25° a >45°; b) litología: derrames lávicos, muy fracturados y altamente meteorizados y c) presencia de manantiales y/o aguas subterráneas, que contribuye a la saturación de los terrenos, aumentando el peso de la masa, y generando inestabilidad en las laderas. Como factor detonante: lluvias intensas y/o prolongadas, como las acaecidas en el mes de enero del 2023.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámica externa, se considera a la localidad como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** a deslizamientos, cuyos eventos pueden reactivarse por la presencia de lluvias intensas y/o prolongadas.

Finalmente se brindan las recomendaciones para que autoridades competentes y tomadores de decisiones, tomen acciones al respecto. Es necesario elaborar el EVAR correspondiente, con la finalidad de delimitar el área urbana expuesta al peligro y establecer medidas del control del riesgo.

Además, se recomienda reubicar las viviendas localizadas dentro del cuerpo del deslizamiento; e implementar el monitoreo constante del movimiento con la finalidad de salvaguardar integridad física de los pobladores ubicados en la parte baja.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo al Oficio N° 138-2023-MDSDC/A, remitido por la Municipalidad Distrital Santo Domingo de la Capilla, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la localidad Santo Domingo de La Capilla.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz, Elvis R. Alcántara Quispe y Cristhian A. Chiroque Herrera, realizar la evaluación de peligros geológicos por deslizamiento que afecta la localidad Santo Domingo de la Capilla; cuyos trabajos de campo se realizaron el día 24 de marzo del 2023.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Santo Domingo de la Capilla, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico por movimiento en masa que presenta en la localidad Santo Domingo de La Capilla, distrito Santo Domingo de La Capilla, provincia Cutervo y departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes

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

- Boletín N° 38, serie A, Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e), descrita a escala 1:100 000, (Wilson, J., 1980).
- Boletín N° 44, Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), identificando en el distrito de Santo Domingo de La Capilla, 07 zonas con peligros geológicos, encontrando procesos de movimientos en masa como: derrumbes, reptación de suelos y deslizamientos.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

La localidad Santo Domingo de La Capilla, en el distrito Santo Domingo de la Capilla, provincia Cutervo y departamento Cajamarca (Tabla 1, figura 1), está ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio, localidad Santo Domingo de La Capilla.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	737700	9309450	-6.242989°	-78.851684°
2	737700	9308925	-6.247735°	-78.851669°
3	737210	9308925	-6.247753°	-78.856094°
4	737210	9309450	-6.243007°	-78.856109°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	737430	9309136	-6.245837°	-78.854110°

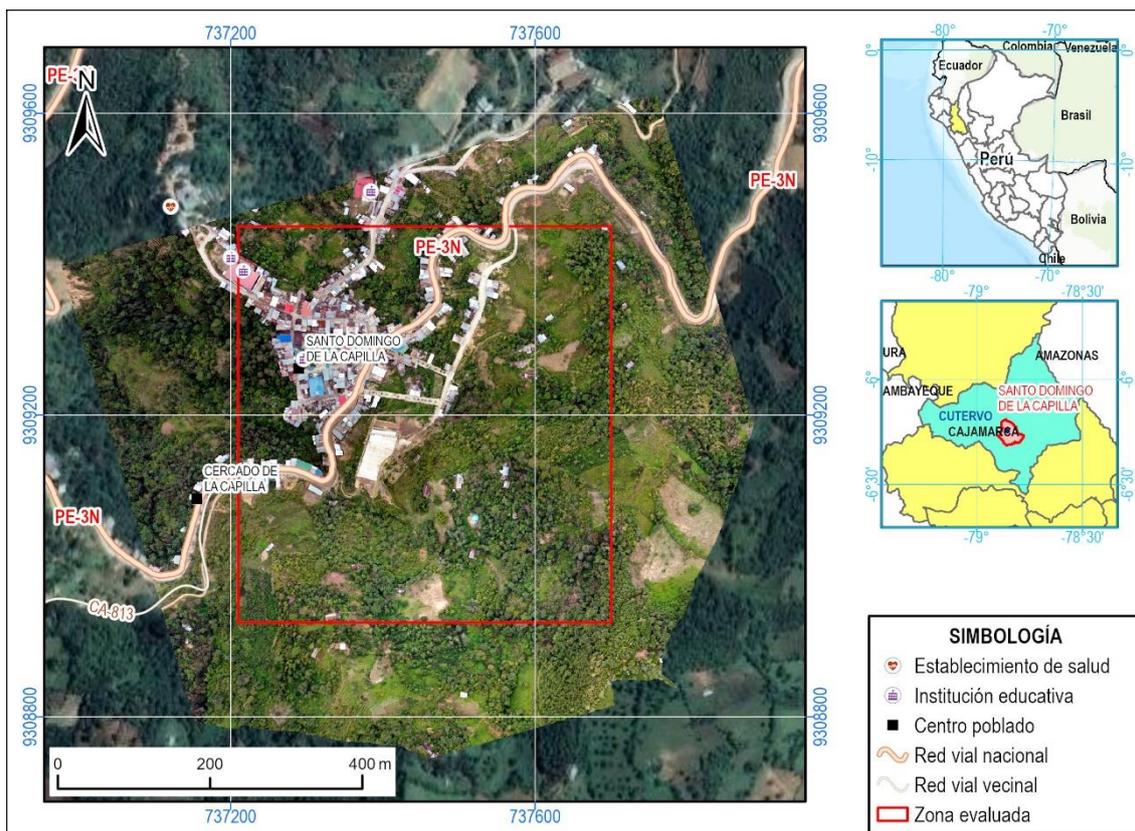


Figura 1. Ubicación localidad Santo Domingo de La Capilla.

1.3.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestre, desde la ciudad de Cajamarca hacia la localidad Santo Domingo de La Capilla, a través de una vía asfaltada nacional PE-3N, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de calles	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Santo Domingo de La Capilla	Asfaltada	240	6 horas

1.3.3 Población

De acuerdo a la información censal más reciente (INEI, 2017), la localidad Santo Domingo de La Capilla tiene una población de 803 habitantes, distribuidos en 301 viviendas, con red pública de agua y energía eléctrica (cuadro 2).

Cuadro 2. Características localidad Santo Domingo de La Capilla. Fuente: INEI - 2017.

Descripción	Santo Domingo de La Capilla – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0606120001
Longitud	-78.8553904920
Latitud	-6.24470651120

Descripción	Santo Domingo de La Capilla – INEI
Altitud	1761
Población	1150
Viviendas	400
Agua Por Red Publica	no
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

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'.

El tiempo de estas regiones están determinado por la Alta de Bolivia, por el flujo de humedad del este y por factores locales. Mientras que, en el invierno.

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 mes de enero 2023, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 29 mm/día, (figura 2) considerados por el Senamhi como Muy Lluvioso, (Senamhi, 2014).

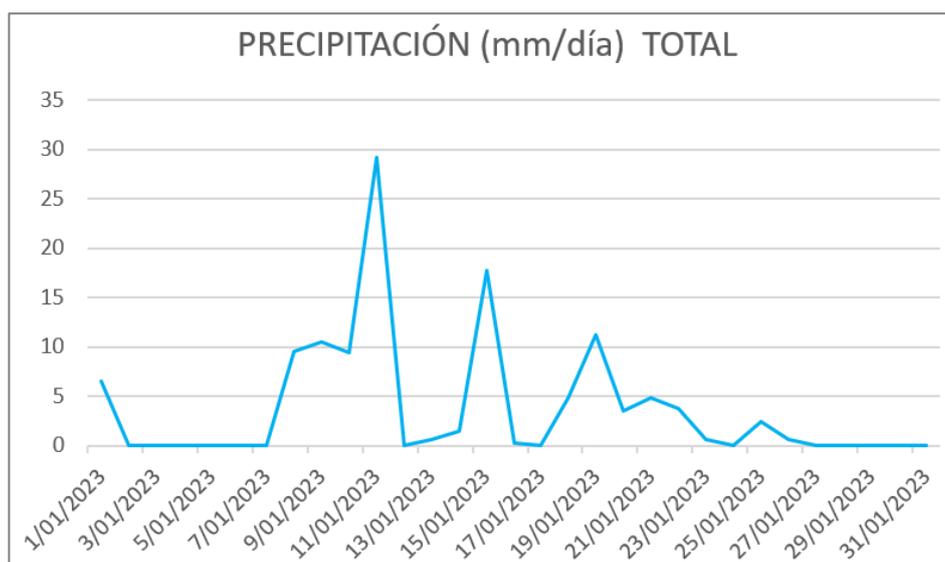


Figura 2. Precipitación diaria en el enero durante el año 2023, en la Estación Cutervo.
 Fuente: Senamhi.

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 (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

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

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

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 un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe.

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.

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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

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

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

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

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

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

3. ASPECTO GEOLÓGICO

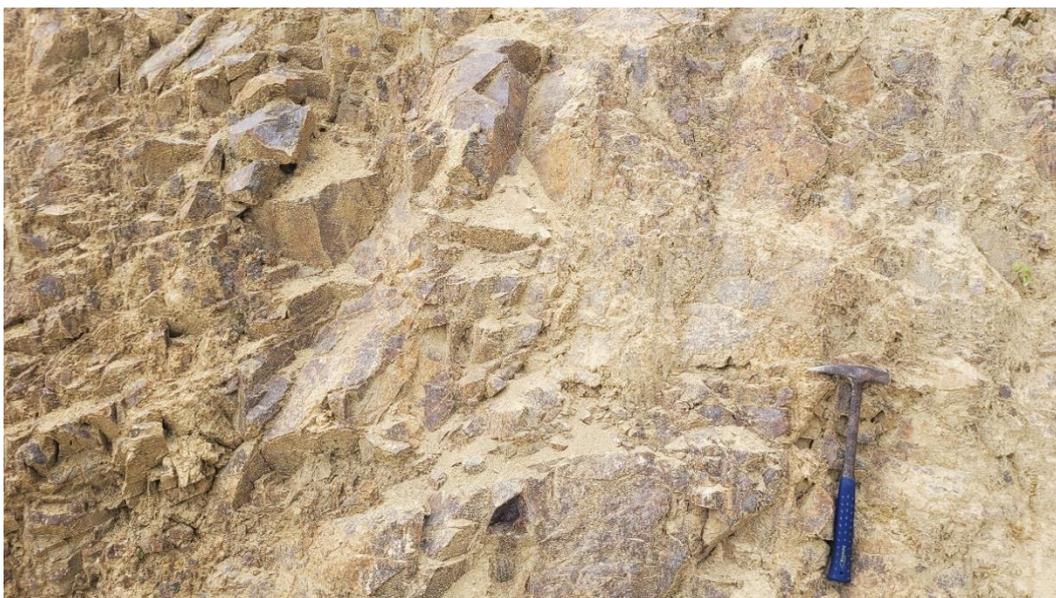
El análisis geológico, se desarrolló en base a la memoria descriptiva de la revisión del cuadrángulo de Cutervo, hoja 13 – f, elaborado por Wilson, J. (1984), escala 1:100 000, publicados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (mapa 1), en la cual afloran las rocas volcánicas coberturadas por depósitos coluvio-deluviales, entre otros.

3.1 Unidades litoestratigráficas

Se tiene las siguientes unidades:

3.1.1 Formación Oyotún (Jm-o)

Aflora en casi todo el sector evaluado, está constituida por una secuencia de derrames lávicos de composición andesítica, de color pardo amarillento y azulado, la cual se encuentra muy fracturada y altamente meteorizada, el agrietamiento permite la filtración de agua en el macizo rocoso, acelerando el proceso de meteorización (fotografías 1 y 2).



Fotografía 1: Talud donde se observa el macizo de composición andesítica, muy fracturado y altamente meteorizado. Coordenada UTM WGS-84, 17S: E: 737396; N: 9309138.



Fotografía 2: Talud donde se observa la filtración de agua hacia el macizo rocoso, lo que acelera el proceso de meteorización. Coordenada UTM WGS-84, 17S: E: 737413; N: 9309111.

3.1.2 Depósito coluvio - deluvial (Q-cd)

Este depósito, está constituido por gravas, y bloques no consolidados, heterométricos, de formas angulosos, (de origen volcánico) en matriz arcillo limosa, de color marrón claro, los que se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa (fotografía 3).



Fotografía 3: Se observa el depósito coluvio-deluvial, constituido por gravas y bloques no consolidados en una matriz arcillo limosa. Coordenada UTM WGS-84, 17S: E: 737413; N: 9309111; altitud:1805 m s. n. m.

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 4. (Coordenadas UTM WS-84 -18S, Norte: 9241274 – Este: 169483)

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

%	
<input type="text" value="25"/>	Bolos
<input type="text"/>	Cantos
<input type="text" value="35"/>	Gravas
<input type="text"/>	Gránulos
<input type="text"/>	Arenas
<input type="text" value="15"/>	Limos
<input type="text" value="25"/>	Arcillas

FORMA

<input checked="" type="checkbox"/> Esférica
<input type="checkbox"/> Discoidal
<input type="checkbox"/> Laminar
<input type="checkbox"/> Cilíndrica

REDONDES

<input type="checkbox"/> Redondeado
<input type="checkbox"/> Subredondeado
<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso
<input type="checkbox"/> Subanguloso

PLASTICIDAD

<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/> No plástico

ESTRUCTURA

<input checked="" type="checkbox"/> Masiva
<input type="checkbox"/> Estractificada
<input type="checkbox"/> Lenticular

TEXTURA

<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso
<input type="checkbox"/> Arenoso
<input type="checkbox"/> Aspero

CONTENIDO DE

<input type="checkbox"/> Materia Orgánica
<input type="checkbox"/> Carbonatos
<input type="checkbox"/> Sulfatos

% LITOLOGÍA

<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="text" value="100"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Matamórficos
<input type="checkbox"/> Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas	
<input checked="" type="checkbox"/> Blanda	
<input type="checkbox"/> Compacta	
<input type="checkbox"/> Dura	

Arenas

<input type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Densa
<input type="checkbox"/> Muy Densa

SUELOS GRUESOS

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

<input type="checkbox"/> GW	<input type="checkbox"/> GC
<input type="checkbox"/> GP	<input type="checkbox"/> SW
<input checked="" type="checkbox"/> GM	<input type="checkbox"/> SP

SUELOS FINOS

<input type="checkbox"/> ML	<input type="checkbox"/> CH
<input type="checkbox"/> CL	<input checked="" type="checkbox"/> OH
<input type="checkbox"/> OL	<input type="checkbox"/> PT



4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín N° 44, serie C, Riesgos geológicos de la región Cajamarca, (2011), se utiliza un Modelo Digital de Elevaciones MDE, obtenido con vuelos fotogramétricos con dron, desarrollados en marzo del 2023.

4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector La Capilla, se sitúa entre las altitudes que van de 1700m s. n. m. a 2069 m s. n. m., subclasificándose hasta siete niveles altitudinales. El deslizamiento, en específico, se encuentra entre 1796 hasta los 1835 m, con un desnivel de 39 m. (figura 3).

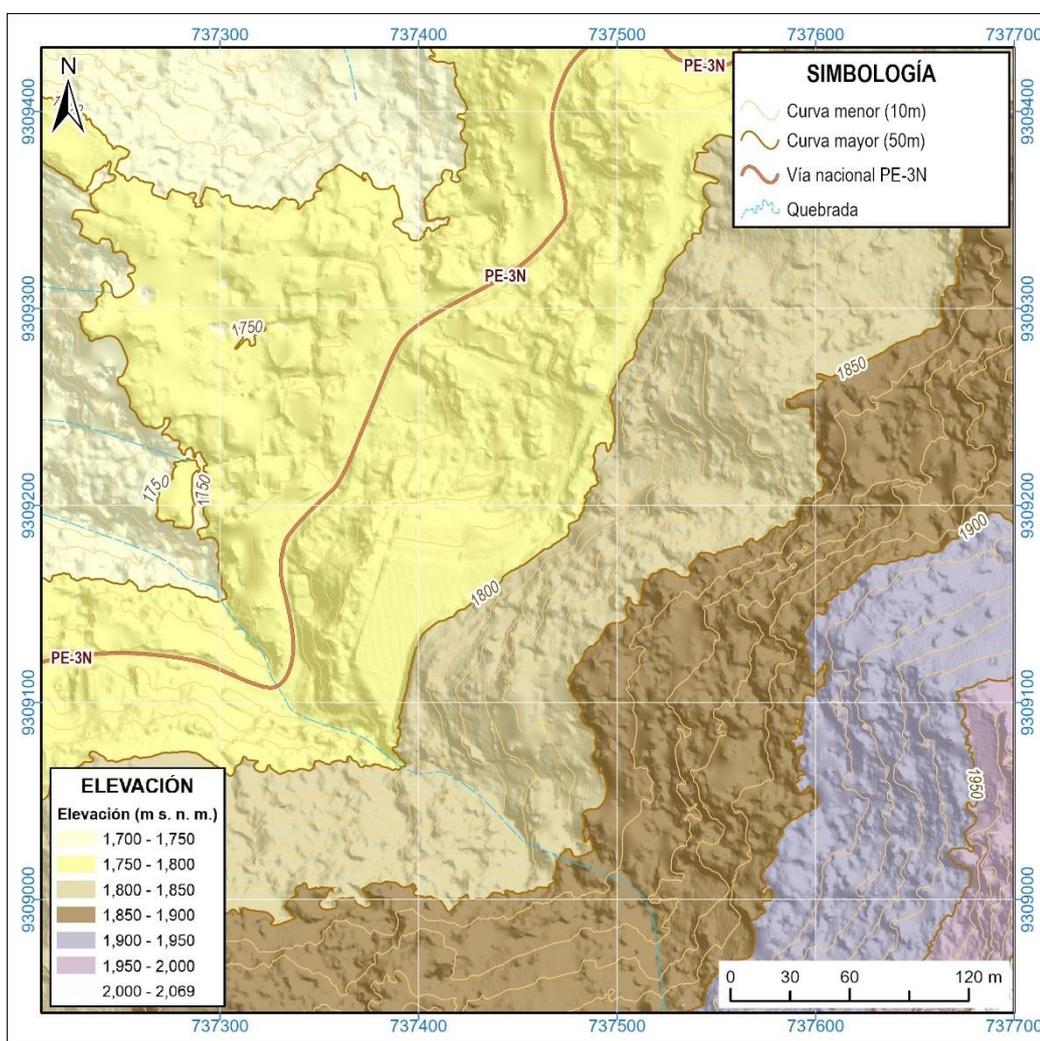


Figura 3. Modelo digital de elevaciones, localidad Santo Domingo de la Capilla.

4.2 Pendiente del terreno

La pendiente, es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), considerando un parámetro

importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces de la quebrada, donde la pendiente varía entre media (5° a 15°) a fuerte ($>30^\circ$), presentándose con erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), siendo la relación a mayor pendiente el escurrimiento superficial es mayor y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013).

Por lo tanto, se observa terrenos de pendiente variable (mapa 2), en la parte baja suave (1° a 5°) y hacia la parte superior, fuerte (25° a 45°) a muy escarpada ($<45^\circ$), (figura 4 y 5).



Figura 4. En el cuerpo de deslizamiento, se puede apreciar un terreno muy escarpado con 54° de pendiente.

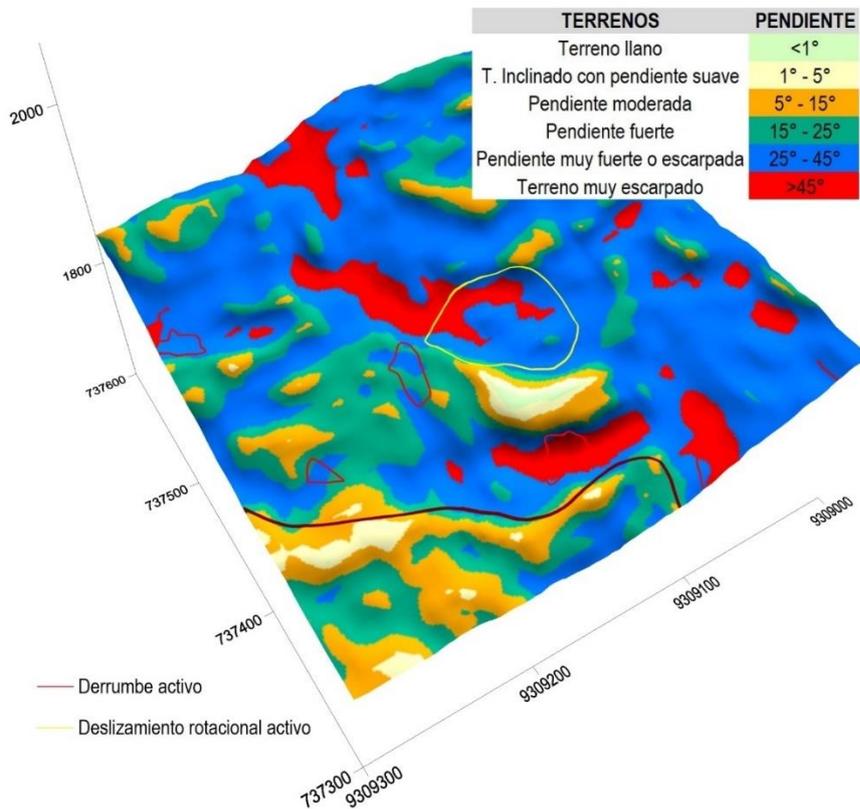


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes del terreno afectado por deslizamiento (en línea amarilla) en la localidad de Santo Domingo de La Capilla, utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico.

4.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas para los estudios de Ingemmet.

4.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, dentro de este grupo se tiene las siguientes unidades (mapa 3):

a. Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y presenta un declive promedio superior a 30% (FAO, 1968).

Subunidad de montaña en roca volcánica (M-rv)

Esta unidad geomorfológica está ubicada en la parte este del sector evaluado, presenta cerros con alturas de más de 300 m desde su línea base local, su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia y la escorrentía, con fuerte incidencia de la gravedad.

En el sector evaluado el área afectada por el deslizamiento, presenta un relieve con pendiente muy fuerte (25° - 45°) a terrenos muy escarpados (>45°), compuesto por derrames lávicos y depósitos coluvio – deluviales.

4.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Estas geoformas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de los terrenos más elevados, en el sector evaluado encontramos las siguientes subunidades (figura 6):

a. 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 o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd)

Acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas), constituidos por bloque, gravas, de origen volcánico, subangulosos a angulosos en matriz arcillo-limosa, tienen escasa cohesión con malas características geotécnicas y se consideran suelos no competentes, que han sufrido poco transporte, susceptibles a la generación de movimientos en masa.

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

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser tipo deslizamiento, avalancha de rocas y/o movimientos complejos.

Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a laderas superiores.

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).

En la localidad de Santo Domingo de La Capilla, se identificó un deslizamiento rotacional activo (mapa 4), que afectó dos viviendas; cuyo movimiento persistente, podría afectar además las viviendas ubicadas al noroeste (figura 6).



Figura 6. Vista panorámica del deslizamiento, en la parte baja se puede apreciar la plataforma de concreto construida con fines de funcionamiento de mercado local; así mismo las viviendas expuestas al peligro por deslizamiento. Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9309136 – **Este:** 737430.

5.1 Movimiento en masa: Deslizamiento en la localidad Santo Domingo de La Capilla

5.1.1 Descripción

En la localidad Santo Domingo de La Capilla, se identificaron movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional activo; ubicado a 61 m del centro poblado del mismo nombre y algunos derrumbes.

Se registra actividad y movimiento desde enero del 2023, con una dirección suroeste a noroeste.

Las características del deslizamiento son:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: semicircular (figura 7).
- Salto principal o desplazamiento vertical: 0.5 a 0.7 m (figura 8).
- Longitud de la escarpa: 83 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 39 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Longitud del eje principal del evento: 50 m.
- Ancho del evento: 73 m.
- Área del deslizamiento: 3124 m².
- Avance del deslizamiento: progresivo.



Figura 7. Vista del escarpe principal de deslizamiento, forma semicircular; así mismo se puede apreciar las grietas (líneas rojas), dentro del cuerpo del deslizamiento.



Figura 8. Se observa el escarpe principal con salto vertical de 0.55 m.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9309136 – Este: 737430.

En el cuerpo del deslizamiento tenemos escarpes secundarios con longitudes de 13, 14 y 37 m, con un salto de 0.2 a 0.5 m (figura 9); así mismo se identificó agrietamientos con longitudes hasta de 27 a 40 m, con aperturas de entre 10 y 25 cm (figuras 10, 11 y 12).



Figura 9. Se observa el escarpe secundario con salto vertical de 0.35 m.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9309123 – **Este:** 737409.



Figura 10. Se observa agrietamiento de 39 m de longitud y ancho de 5 a 15 cm.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9309138 – **Este:** 737437.



Figura 11. Se observa agrietamiento de 33 m de longitud y ancho de 15 a 25 cm. Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9309119 – Este: 737411.

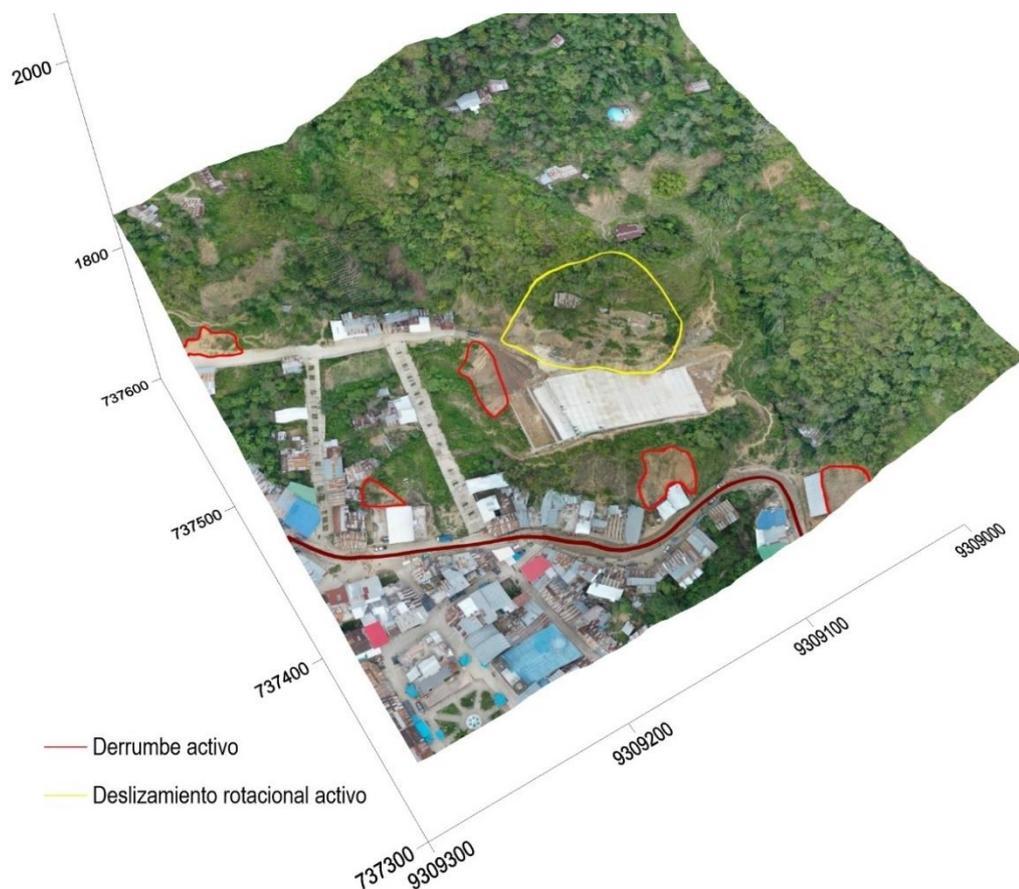


Figura 12. Modelo 3D de la zona de deslizamiento (línea amarilla) y derrumbes (líneas rojas), en la localidad de Santo Domingo de La Capilla; así mismo se puede apreciar en la parte baja, la plataforma de concreto y las viviendas expuestas al movimiento.

5.1.2 Análisis longitudinal del deslizamiento

Se ha tomado el Perfil A'-A'' (Mapa 4) para poder analizar la cinemática del deslizamiento (Figura 13), donde se observa el basamento de rocoso de origen volcánico (secuencia de derrames lávicos de composición andesítica), cubierto por un depósito de origen coluvio – deluvial.

Se puede interpretar que el deslizamiento rotacional, se activó por la saturación de los terrenos acondicionados para plantación de frutales y uso agrícola, donde se tiene un sistema de riego por inundación y sin drenaje adecuado. El factor detonante fue la presencia de lluvias intensas en el mes de enero.

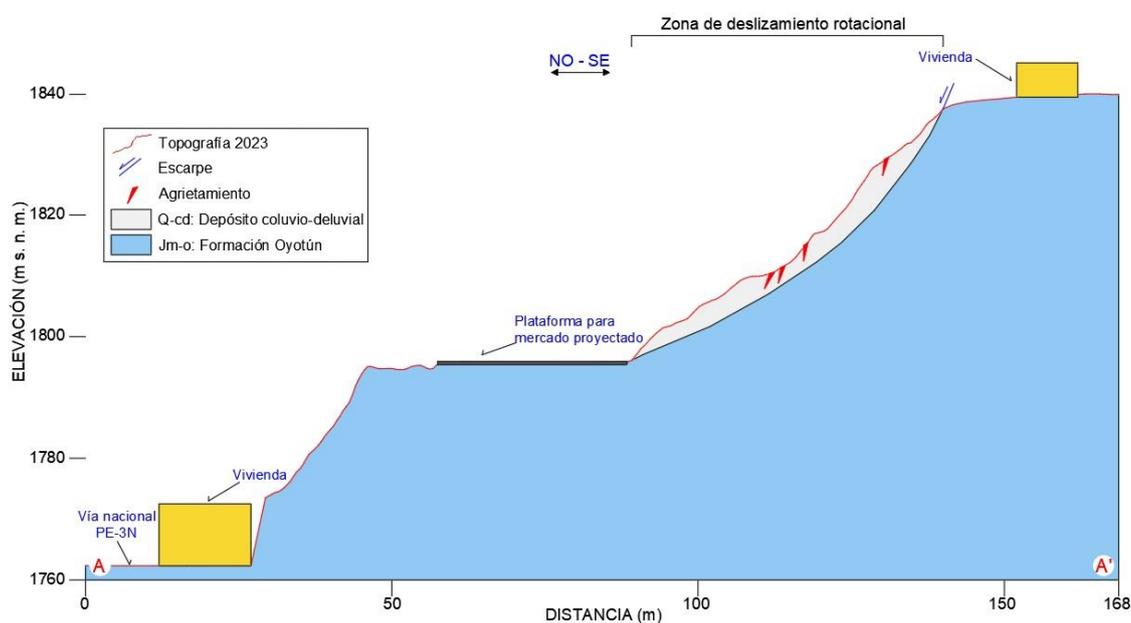


Figura 13. Perfil longitudinal A-A' del movimiento localidad Santo Domingo de la Capilla.

Factores condicionantes

- Presencia de rocas y materiales incompetentes: macizo de origen volcánico muy fracturado, moderadamente meteorizado y depósitos inconsolidados que coberturan el sustrato.
- Laderas con pendiente escarpada a muy escarpada (25° a $>45^\circ$), muy susceptibles a erosionarse.
- Material removido (corte de talud en la parte baja), para construcción de viviendas y plataforma de concreto, no cuenta con un sistema de drenaje lo que permitió la filtración y saturación del terreno.

Factor detonante

- Lluvias intensas

Daños

- Daños estructurales en dos viviendas ubicadas en la parte baja del deslizamiento, se encuentran inhabitables (fotografía 4 y 5), es necesario reubicarlas.



Fotografía 4. Vivienda inhabitable, ubicada en el cuerpo de deslizamiento.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9309119 – **Este:** 737411.



Fotografía 5. Vivienda inhabitable, ubicada en la parte sobre escarpe secundario.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9309130– **Este:** 737431.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad Santo Domingo de la Capilla se ha cartografiado un deslizamiento rotacional que se originó en enero del 2023, y afectó dos viviendas las cuales se encuentran inhabitables.
 - b. En la zona evaluada se identificaron depósitos de origen coluvio-deluvial conformado por gravas (35%) y bloques (25%) no consolidadas, heterométricos, de formas angulosos, (de origen volcánico) en matriz arcillo limosa (40%), el tipo de material facilita la infiltración de agua y aumenta la saturación del terreno, generando inestabilidad; cubren un basamento de rocas volcánicas de la Formación Oyotún, las cuales se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas.
 - c. Las geoformas identificadas en el sector evaluado, corresponden a subunidad de montaña en roca volcánica (M-rv), vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).
 - d. El deslizamiento es rotacional, la longitud del escarpe es de 83 m y un salto vertical de 0.5 m a 0.7 m; la distancia entre el escarpe principal al pie del deslizamiento es 50 m y el cuerpo del deslizamiento tiene un ancho promedio de 73 m; se apreció en el cuerpo del deslizamiento grietas con longitudes de 20 m a 40 m de largo y aperturas de 0.1 a 0.25 m.
 - e. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Pendiente del terreno de 25° a >45°; que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
 - Litología de naturaleza incompetente, derrames lávicos, muy fracturados y altamente meteorizados.
 - Masa porosa que permite la infiltración y retención del agua, lo cual ayuda a un incremento de peso de la masa inestable.
- Factor detonante:
- Lluvias intensas.
- f. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la localidad de Santo Domingo de La Capilla, se considera como **Zona Crítica y de Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento.

7. RECOMENDACIONES

- a. Reubicar las viviendas que se encuentran ubicadas en el cuerpo de deslizamiento.
- b. Reubicar las viviendas que se encuentran en la parte baja, las cuales se verían seriamente afectadas en caso de que el deslizamiento siga avanzado.
- c. Elaborar estudio de Evaluación de Riesgos – EVAR, para delimitar el área urbana que podría ser afectada por el movimiento en masa e implementar las medidas de prevención correspondientes.
- d. Realiza un monitoreo constante del avance del movimiento, mediante la instalación de hitos que sirvan como puntos de control, esta actividad la debe ser acompañada por un especialista.
- e. Realizar un estudio geotécnico estructural para la plataforma de concreto del mercado situada en la parte baja (fuera del cuerpo de deslizamiento), a fin de determinar la seguridad física de la infraestructura.
- f. Controlar y prohibir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación dentro y en el entorno del deslizamiento.
- g. Reforestar las laderas de montaña y el talud excavado con especies nativas. Evitar la deforestación con la finalidad de no dejar terrenos denudados expuestos a erosión.
- h. Construir zanjas de coronación en la parte posterior de la cabecera del deslizamiento, con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas), a fin de evitar filtraciones (Anexo 2A – Figura 12), además de programar continuos trabajos de mantenimiento en estos.
- i. implementar el monitoreo constante del movimiento, con la finalidad de salvaguardar integridad física de los pobladores ubicados en la parte baja.
- j. No ocupar las laderas con pendiente escarpada a muy escarpada con cultivos agrícolas, en el entorno del área deslizada, para evitar la sobre saturación de los terrenos.
- k. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentran expuestos los pobladores de la localidad de Santo Domingo de La Capilla.

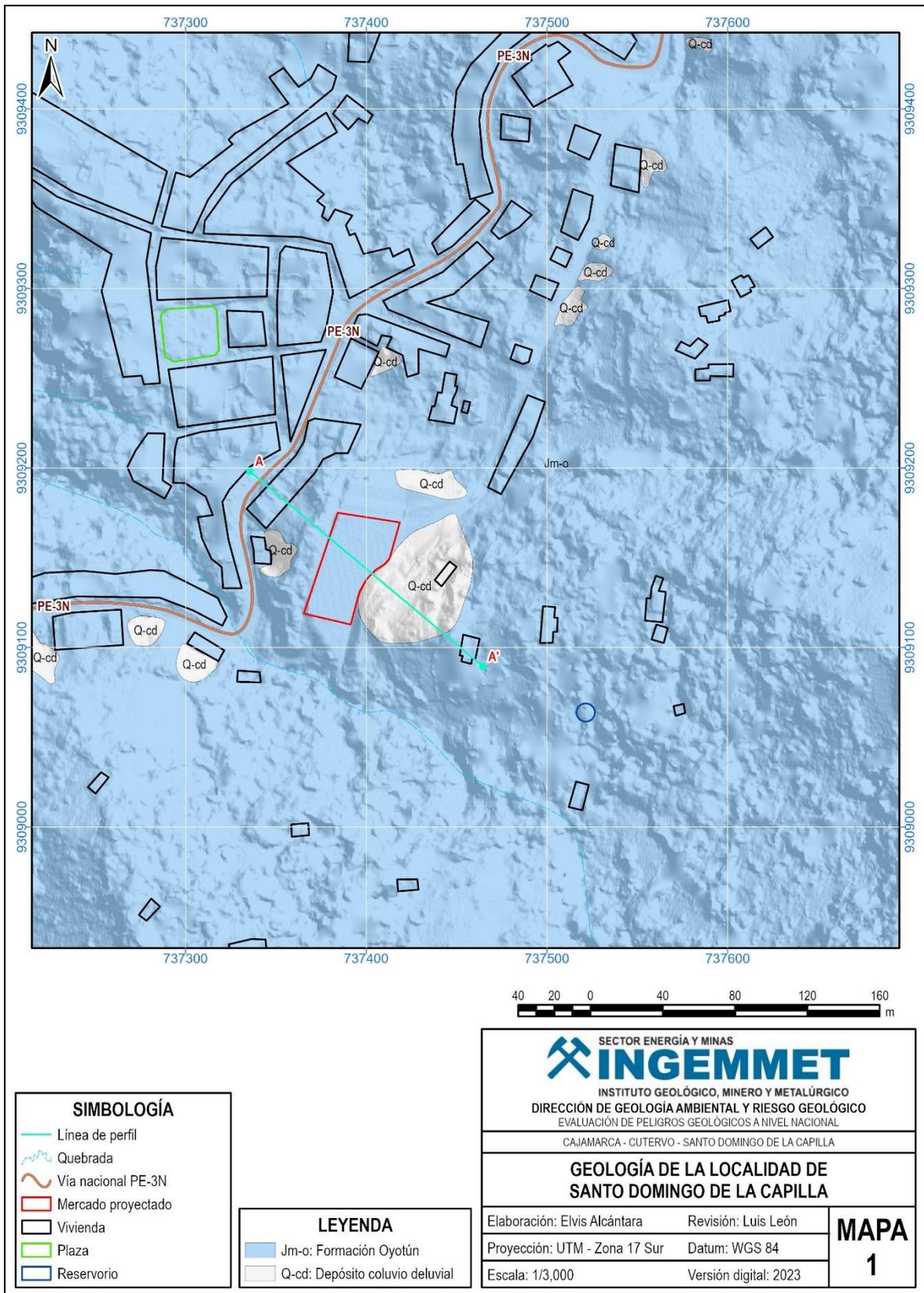

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610

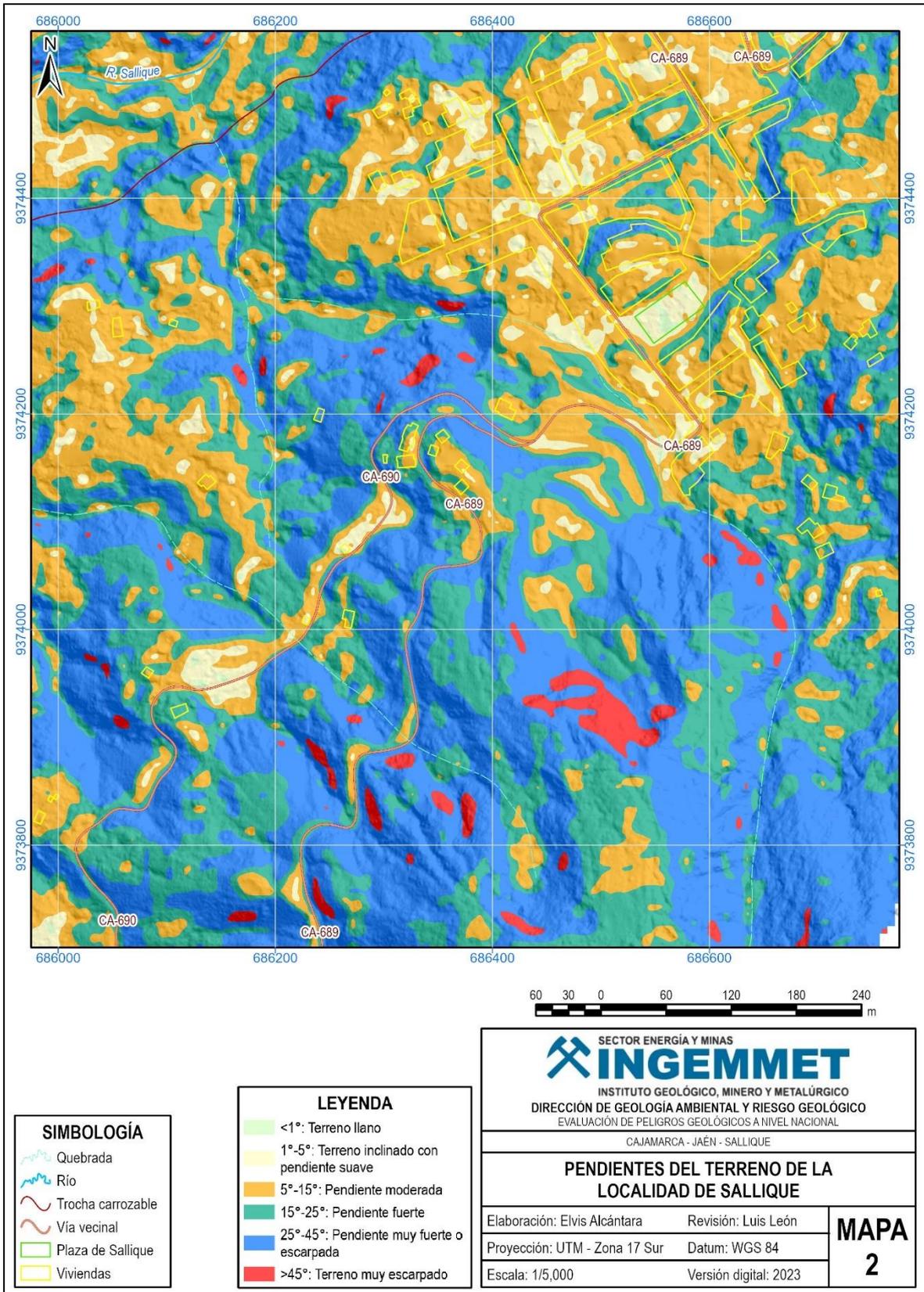

Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

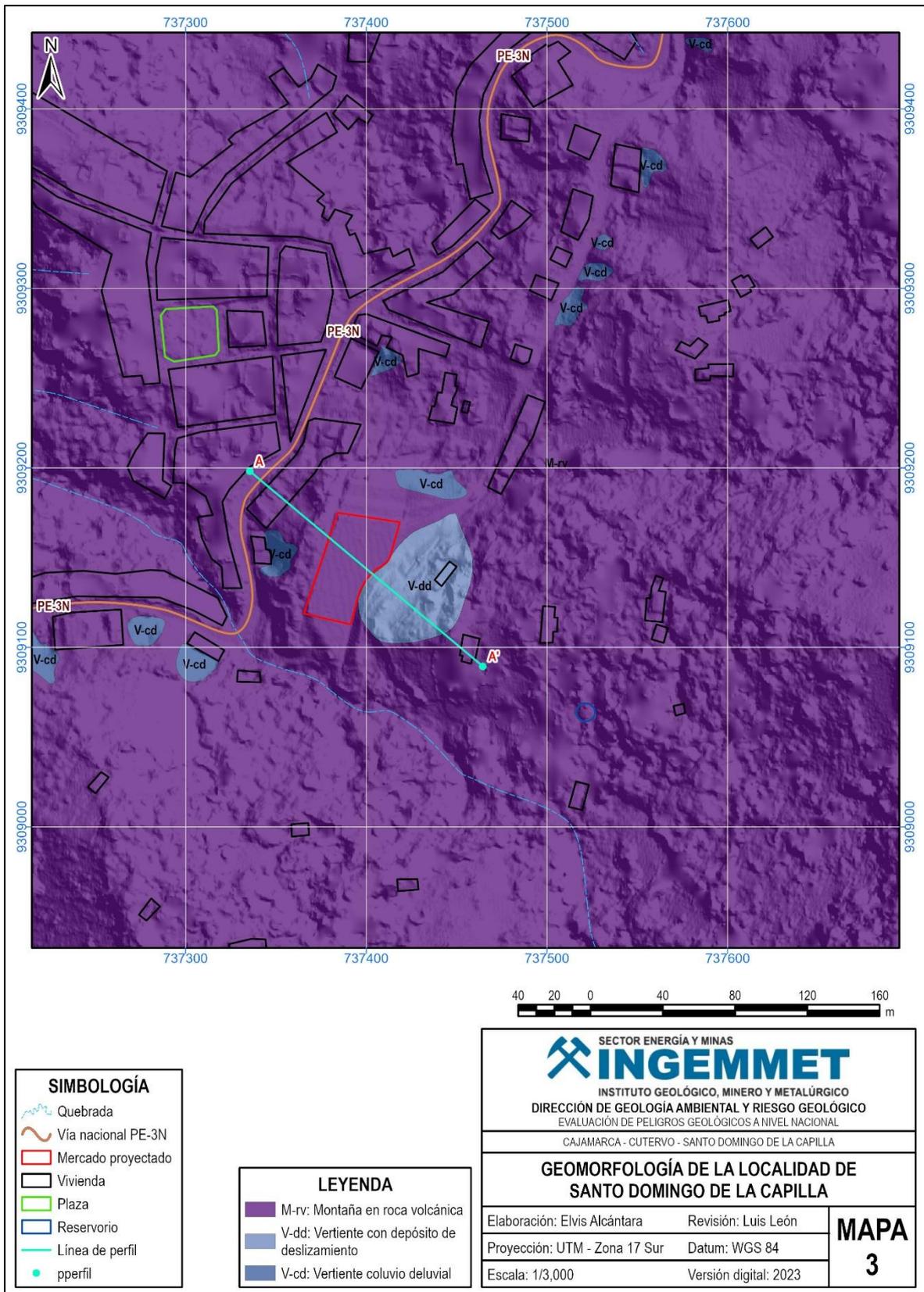
BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En Practical Rock Engineering (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- Julio de la Cruz W. (1995). Geología de los cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango. Boletín N° 57 Serie A: Carta Geológica Nacional.
- PALMQUIST, R. (1979) Geologic controls on doline characteristics in mantled karst. Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 32, pp.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Wilson, J. (1980). Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e), Boletín 38 Serie A. Ingemmet (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbral y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Vilchez, M.; Ochoa, M.; Pari, W. (2019) – Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- YUAN, D. (1988) Environmental and engineering problems of karts geology in China Environ. Geol. Water Sci., vol. 12, pp. 79-87.
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

ANEXO 1. MAPAS







SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Vía nacional PE-3N
	Mercado proyectado
	Vivienda
	Plaza
	Reservorio
	Línea de perfil
	ppperfil

LEYENDA	
	M-rv: Montaña en roca volcánica
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial

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 - CUTERVO - SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA	
GEOMORFOLOGÍA DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Línea de perfil
	Quebrada
	Agrietamiento
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Vía nacional PE-3N
	Mercado proyectado
	Vivienda
	Plaza
	Reservorio

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Deslizamiento rotacional activo



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 - CUTERVO - SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2023
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

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

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). 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.

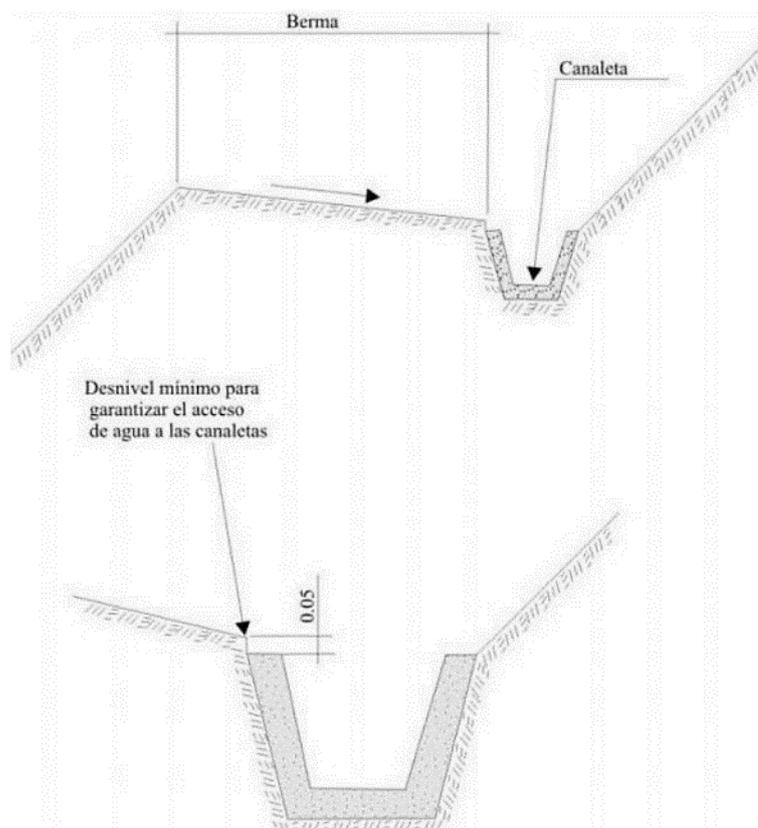


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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, (figura A2). reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

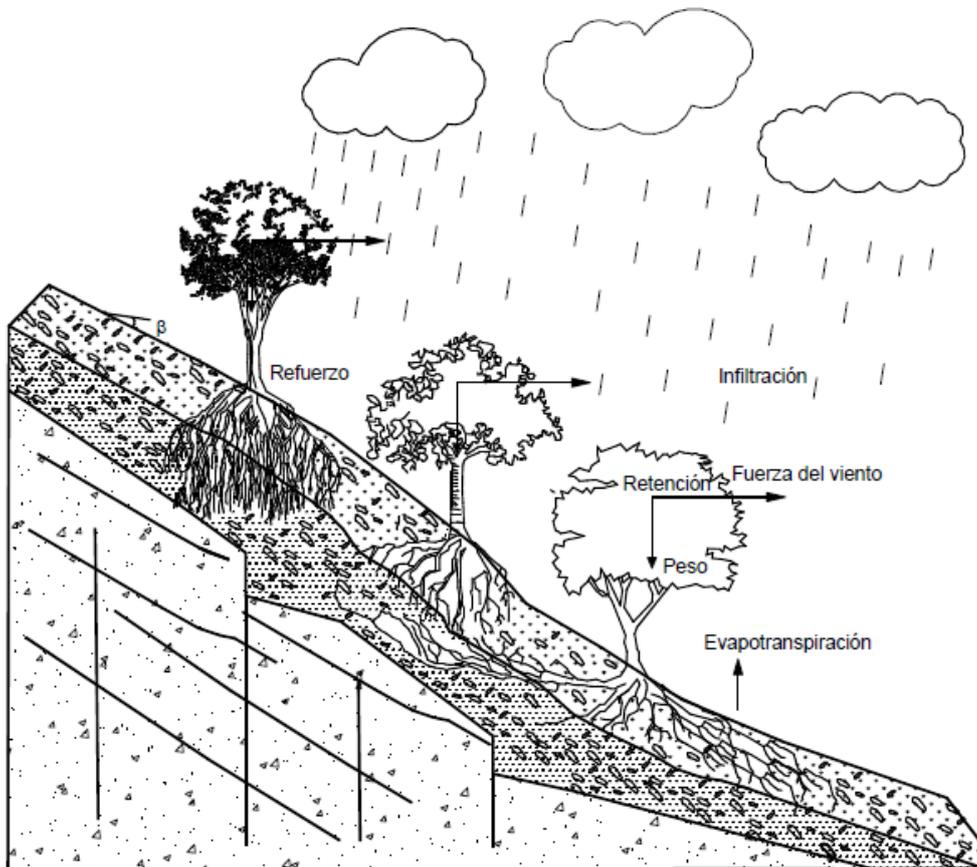


Figura 1. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.