

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7302

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES LAS MINAS, SANTA ANA Y PASAJE CHE GUEVARA

Departamento Cajamarca
Provincia Cutervo
Distrito Súcota



OCTUBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES LAS MINAS,
SANTA ANA Y PASAJE CHE GUEVARA.**

(Distrito Súcota, provincia Cutervo, departamento Cajamarca)

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz.

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en los sectores Las Minas, Santa Ana y pasaje Che Guevara, distrito Súcota, provincia Cutervo, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7302.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Objetivos del estudio	3
1.2 Antecedentes	4
1.3 Aspectos generales.....	6
1.4 Clima.....	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTO GEOLÓGICO	12
3.1 Unidades litoestratigráficas.....	12
4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	17
4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)	17
4.2 Pendiente del terreno	20
4.3 Unidades Geomorfológicas	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	23
5.1 Derrumbes en el sector Las Minas	24
5.2 Deslizamiento en el sector Santa Ana	27
5.3 Pasaje Che Guevara - Flujo de detritos.....	32
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO 1. MAPAS	40
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	50

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en los sectores Las Minas, Santa Ana y pasaje Che Guevara, distrito Sókota, 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 en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el sector Las Minas afloran rocas intrusivas dioríticas poco fracturadas y altamente meteorizadas; depósitos coluvio-proluviales compuestos de arena de grano grueso ubicados en la parte baja del sector evaluado; depósitos deluviales, conformados por arena de grano fino acarreados en épocas de lluvias a corta de distancia, que se encuentran ubicados al este, parte baja, donde se encuentra la Institución Educativa; depósito coluvial, compuesto por material muy heterogéneos, como bloques con tamaños de 20 a 40 cm., y arena de grano grueso, acumulados en las laderas de alta pendiente; también se observó un depósito antrópico (cantera), por la extracción de material y material compactado año a año en la vía de acceso.

En el sector Santa Ana se tiene afloramiento de roca intrusiva diorítica poca fracturada y altamente meteorizada. También encontramos, calizas arcillosas color gris, moderadamente meteorizadas y fracturadas (Grupo Pulluicana), y depósitos coluvio-deluviales conformados por gravas y bloques de forma subangulosos a subredondeados, en matriz arcillo – limosa. En el sector pasaje Che Guevara, se identificó un afloramiento de calizas fracturadas, ligeramente meteorizadas y depósitos coluvio-deluviales conformados por gravas, bloques de origen calcáreo de forma angulosos, en matriz arcillo – limosa.

Las geoformas identificadas son: a) Montaña en roca sedimentaria, ubicado al sureste de sector Santa Ana y al norte del pasaje Che Guevara; b) Colina en roca intrusiva, presenta laderas con pendientes fuerte a escarpada, se ubica al sur este del sector Las Minas; c) Piedemonte coluvio – deluvial constituido por gravas y bloques subredondeados en matriz arcillo limosa. Este último depósito fue originado por el deslizamiento en el sector Santa Ana; también está presente en dirección sur en el pasaje Che Guevara.

Los factores condicionantes para su ocurrencia se atribuyen a, pendiente del terreno de 25° a 45°; litología (rocas intrusivas dioríticas altamente meteorizada, calizas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas); depósitos coluvio-deluviales conformados por cantos y bloques, en matriz arcillo limosa inconsolidada; el factor antrópico: como explotación de material (cantera), sin orientación técnica y los escombros (material de construcción), dispersos a lo largo de la trocha carrozable en el talud de relleno.

Los peligros geológicos identificados corresponden a derrumbes, erosión de laderas, deslizamientos y flujo de detritos en los sectores Las Minas, Santa Ana y Quebrada Providencia (calle Jr. Dos de enero y pasaje Che Guevara) respectivamente, los cuales trajeron consigo daños en el camino peatonal rural, que conduce a la Institución Educativa N° 17026 – Las Minas, poniendo en riesgo la integridad física de los estudiantes, las personas que laboran y visitan el centro educativo; dos viviendas inhabitables en Santa Ana, considerándolos de Peligro Muy Alto y Zona Crítica.

De igual manera en la quebrada Providencia, se observó un flujo de detritos que afectó una vivienda ubicada entre el Jr. Dos de enero y el pasaje Che Guevara, caracterizado como Peligro Alto.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes para que las autoridades competentes y tomadores de decisiones las pongan en práctica en los sectores evaluados. En las Minas construir una zanja de coronación y un sistema de drenaje y evaluar la construcción de un nuevo camino seguro hacia la Institución Educativa. En Santa Ana, reubicar las viviendas afectadas, que se encuentran en el cuerpo de deslizamiento y redirigir el agua que rebalsa del reservorio (ubicado en la parte superior del sector afectado) hacia el río Sócota a través de las canaletas de la carretera. En el sector pasaje Che Guevara, donde corta la quebrada Porvenir restringir el arrojado de escombros y el material excedente de la cantera, esto debe estar a cargo de la municipalidad.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo el Oficio N° 040-2021-MDS/A de la Municipalidad Distrital de Sócota, (provincia Cutervo, departamento Cajamarca), en el marco de nuestras competencias se realizó una evaluación de peligros geológicos por movimientos en los sectores Las Minas, Santa Ana y pasaje Che Guevara del distrito de Sócota.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis León Ordáz y Anthony Zavaleta Paredes, para realizar la evaluación de peligros geológicos que afectan las viviendas y los terrenos de cultivos en los sectores afectados.

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 Municipalidad distrital de Sócota 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 los peligros geológicos que se presentan en los sectores Las Minas, Santa Ana y pasaje Che Guevara, del distrito de Sócota, provincia Cutervo, departamento Cajamarca, detonados a consecuencia de lluvias intensas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos identificados.
- 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) y Chepén (15-e), (Wilson, J, 1984). Según la geología descrita a escala 1:100 000, el sector evaluado tenemos la Formación Chúlec (Ki-chu), Formación Pariatambo (Ki-pt) y Grupo Pulluicana (Ks – pu).
- En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa descrito en el Boletín N° 44, Serie C, Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado 2011), la zona de estudio presenta una susceptibilidad media a la ocurrencia de procesos de remoción en masa (figura 1).
- Informe Técnico, Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca, Primer Reporte (Zavala & Barrantes, 2007), identifican en la provincia de Celendín 6 zonas críticas, procesos de movimientos en masa como: deslizamientos, flujos de detritos y derrumbes.

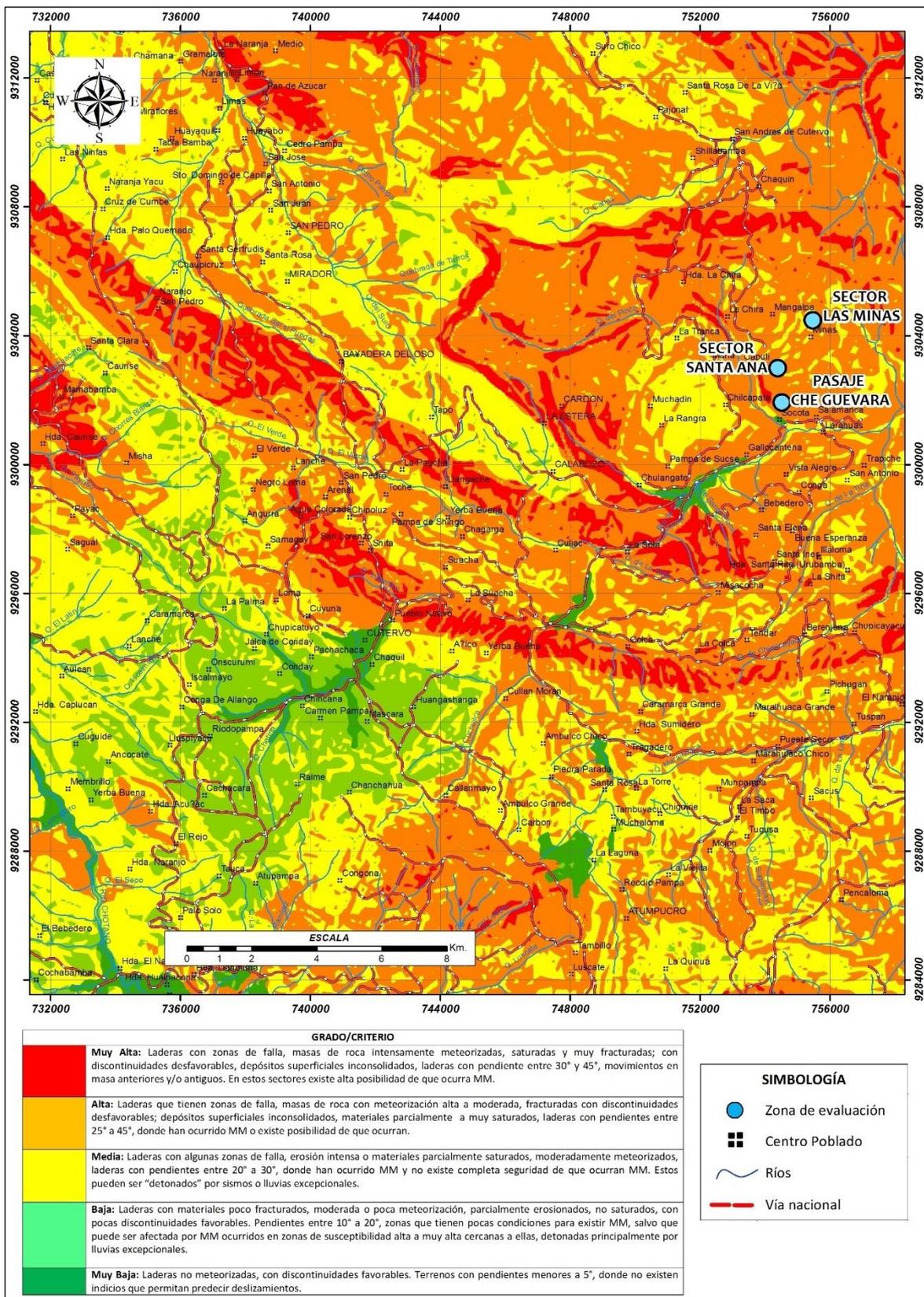


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa de los sectores Santa Ana, Las Minas y pasaje Che Guevara en el distrito de Sócota.

Fuente: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Cajamarca, elaborado a escala 1:250 000, por Zavala & Rosado 2011.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

Se tienen los sectores Las Minas, Santa Ana y pasaje Che Guevara, distrito Sócuta, provincia Cutervo, departamento Cajamarca (figura 2), ubicada en las siguientes coordenadas (cuadro 1, 2 y 3), UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Cuadro 1. Coordenadas del sector Las Minas.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	755096	9304048	-6.291152°	-78.694332°
2	755091	9304169	-6.290059°	-78.694382°
3	755340	9304108	-6.290600°	-78.692130°
4	755285	9303985	-6.291714°	-78.692622°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	755275	9304090	-6.290765°	-78.692716°

Cuadro 2. Coordenadas del sector Santa Ana.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	754291	9301914	-6.310473°	-78.701519°
2	754052	9301525	-6.313999°	-78.703662°
3	753779	9301755	-6.311931°	-78.706138°
4	753961	9302069	-6.309085°	-78.704506°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	753998	9301792	-6.311588°	-78.704161°

Cuadro 3. Coordenadas del pasaje Che Guevara.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	755177	9301601	-6.313267°	-78.693502°
2	755160	9301271	-6.316250°	-78.693643°
3	755105	9301270	-6.316262°	-78.694140°
4	755099	9301595	-6.313324°	-78.694207°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	755137	9301316	-6.315845°	-78.693852°

1.3.2 Accesibilidad

La principal vía de acceso desde la ciudad de Cajamarca con destino a los sectores evaluados, es por vía terrestre, a través de una carretera asfalta y trocha carrozable, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 4):

Cuadro 4. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
<i>Cajamarca – Bambamarca – Chota – Cutervo – Súcota</i>	<i>Asfaltada – Afirmada</i>	<i>234</i>	<i>6 horas</i>

A continuación, en la figura 2 observamos el mapa de ubicación de la zona afectada.

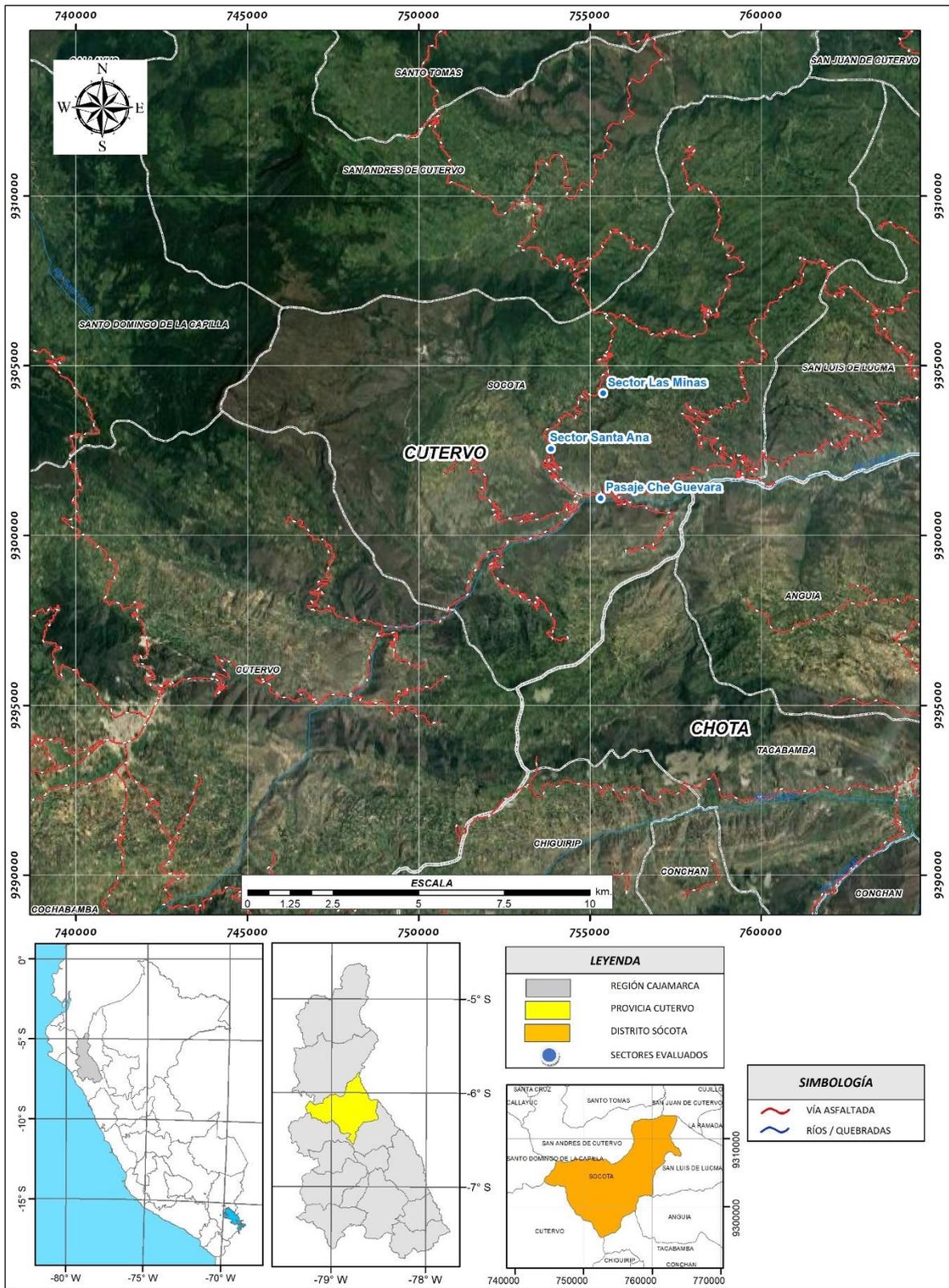


Figura 2. Ubicación de los sectores Las Minas, Santa Ana y pasaje Che Guevara, distrito Súcota, provincia Cutervo, departamento Cajamarca.

1.4 Clima

El clima en el distrito de Súcota de acuerdo a la clasificación climáticas de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), corresponden a C (r) B': semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado; así mismo tenemos un clima B (o, i) B': Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado.

La temporada templada dura 3.2 meses, del 21 de diciembre al 27 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 21 °C. El mes más cálido del año en Súcota es febrero, con una temperatura máxima promedio de 21 °C y mínima de 10 °C.

La temporada fresca dura 1.6 meses, del 2 de junio al 23 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 20 °C. El mes más frío del año en Súcota es Julio, con una temperatura mínima promedio de 6 °C y máxima de 19 °C (figura 3).

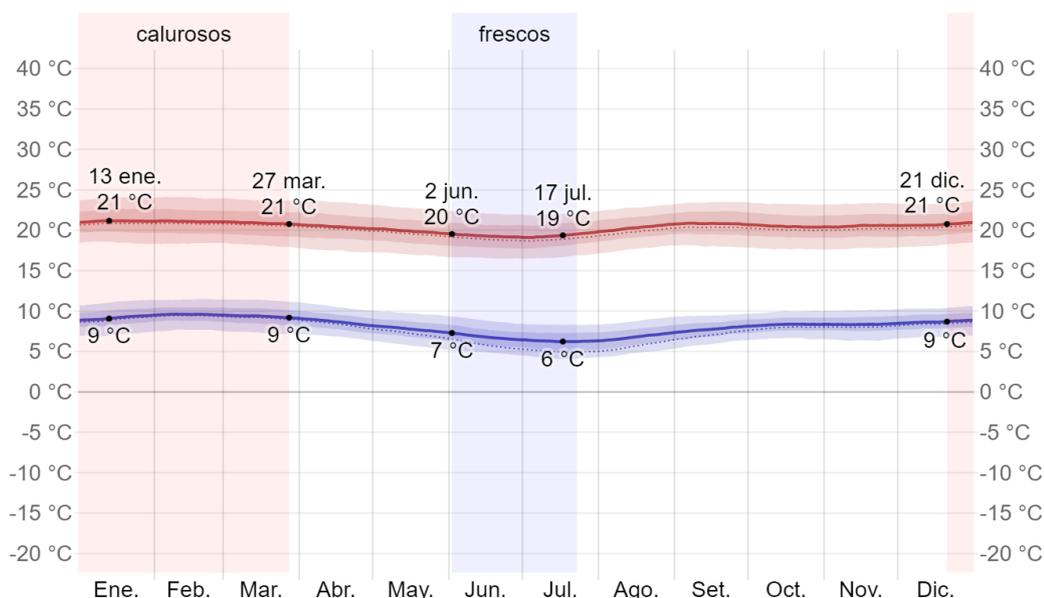


Figura 3. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas diarias (línea azul), promedio diario, para el distrito de Socos. Fuente: Weather Spark, 2021.

La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud. La temporada de lluvia dura 7.8 meses, del 23 de setiembre al 17 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Súcota es marzo, con un promedio de 47 milímetros de lluvia.

El periodo del año sin lluvia dura 4.2 meses, del 17 de mayo al 23 de setiembre. El mes con menos lluvia en Súcota es Julio, con un promedio de 1 milímetros de lluvia (figura 4).

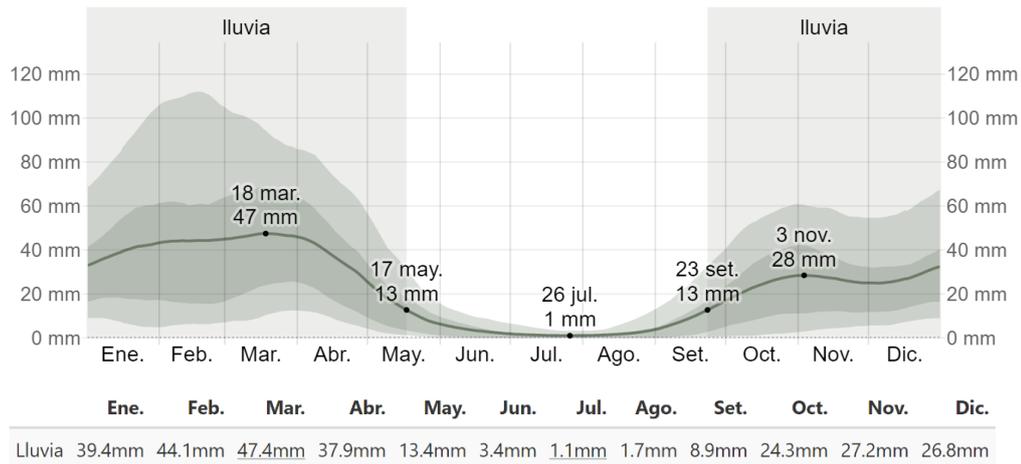


Figura 4. Precipitación promedio anual 2021. Fuente: Weather Spark, 2021.

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. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden 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 traslacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

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

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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

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

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

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.

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.

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.

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

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 se desarrolló en base al boletín N° 38, serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f) (mapa 1, escala 1:100 000), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e), (Wilson J., 1984); también se realizó trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión.

3.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en los sectores evaluados (Mapas 1, 2, 3 y 4), corresponden se detallan a continuación:

3.1.1 Sector Las Minas

Intrusivo diorítico (PN-di)

Esta roca se encuentra poco fracturado, altamente meteorizado, la mayor parte de sus cristales transformados en arcillas (fotografía 1). Se estima su edad de formación en el Paleógeno o Neógeno (mapa 2).



Fotografía 1. Afloramiento rocoso, intrusivo diorítico, poco fractuado y altamente meteorizado.
Coordenadas UTM WGS84 – 17S, Norte: 9304090 – Este: 755275

Depósitos coluvio-proluviales (Q-co/pro)

Se ubican en las partes bajas de la zona y transportados por flujos en las épocas de lluvias, pero a cortas distancias debido a la baja pendiente general de la zona, conformado por bloques de 20 a 40 cm, sub angulosos a sub redondeados.

Depósitos deluviales (Q-de)

Se ubican al este de la zona, en la parte baja donde está ubicada la Institución Educativa, donde se acumulan arenas de grano fino acarreados en épocas de lluvias a corta de distancia.



Fotografía 2. Arenas de grano fino acarreados en épocas de lluvias a corta de distancia..
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9303961 – Este: 755248

Depósito coluvial (Q-co)

Son suelos muy heterogéneos acumulados principalmente por gravedad, en las laderas de alta pendiente; especialmente en la zona de extracción de material actual, conformado por arenas de grano grueso y escasos (5%) bloques de 0.50 a 1 m.

Depósito antrópico (Q-an)

Corresponde a los materiales compactados año a año en la vía de acceso, por la mano del hombre, el material que lo conforma por arenas de grano grueso gravas subangulosas asubredondeadas con tamaños de 3 a 5 cm.

3.1.2 Sector Santa Ana

Intrusivo diorítico (PN-di)

Roca poca fracturada, altamente meteorizada, la mayor parte de sus cristales transformados en arcillas (fotografía 3 y mapa 3).



Fotografía 3. Afloramiento rocoso, intrusivo diorítico, poco fractuado y altamente meteorizado.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9300785 – Este: 754066

Grupo Pullucana

Se tienen caliza arcillosa, grisácea, que el color a meteorización es crema o marrón claro y que se presenta en capas medianas, nodulares o irregularmente estratificadas. Intercaladas con las calizas hay capas de margas marrones y lutitas grisáceas o verdosas, así como algunas capas de limolitas y areniscas; en el sector las calizas se encuentran ligeramente meteorizadas y fracturadas, con un color cuya tonalidad es de gris a marrón claro (fotografía 4).



Fotografía 4. Afloramiento rocoso, fractuadas y ligeramante meteorizadas.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301923 – **Este:** 754056.

Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)

Son depósitos de piedemonte, que se han originado por la movilización de materiales provenientes de las laderas por acción de la gravedad y agua. Están conformados por gravas (30%) y bloques (5%) de forma angulosos a subredondeados, en matriz arcillo – limosa (fotografía 5).



Fotografía 5. Observamos gravas y bloques angulosos a subredondeados, en matriz arcillo limosa.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301824 – **Este:** 753934.

Depósito fluvial (Q-fl)

Se les denomina a materiales transportados y depositados por la dinámica de la quebrada ubicada en la parte baja del sector evaluado. Constituido principalmente por bloques (35%), cantos (25%), gravas (20%) y arenas (20%).

3.1.3 Sector Pasaje Che Guevara

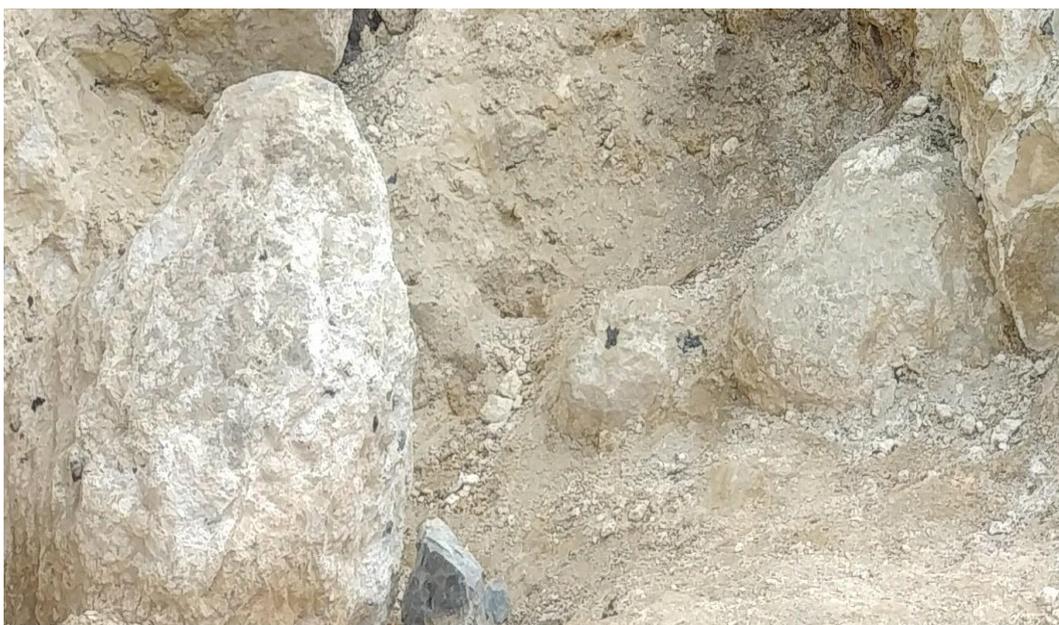
Grupo Puillucana

Consiste de caliza, marga, lutita y arenisca; aflora en muchos lugares de la región Cajamarca.

En el sector evaluado encontramos un afloramiento de calizas fracturadas, ligeramente meteorizadas (fotografía 6) y afloramientos de calizas margosas poco fracturadas, altamente meteorizadas (fotografía 7).



Fotografía 6. Afloramiento rocoso, poco fractuado y ligeramente meteorizado.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301511 – Este: 755150.



Fotografía 7. Calizas margosas poco fracturadas, moderadamente meteorizadas.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301995 – Este: 755160.

Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)

Son depósitos de piedemonte, originados por la movilización de materiales provenientes de las laderas por acción de la gravedad y agua. Están conformados por gravas (20%), bloques (15%) de origen calcáreo de forma angulosos, en matriz arcillo – limosa (fotografía 8).



Fotografía 8. Depósito conformado por gravas, bloques de origen calcáreo de forma angulosos, en matriz arcillo – limosa.

Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301504 – **Este:** 755160.

4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para el análisis geomorfológico, se realizó el levantamiento fotogramétrico mediante el empleo de dron, obteniéndose el modelo digital del terreno, información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico de relieve y cartografiado in situ.

4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

Sector Las Minas

La zona de estudio comprende elevaciones que van desde los 2175 m hasta los 2305 m s.n.m. (figura 5), se clasificó en ocho niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas, comprendiendo la Institución Educativa en una altura de 2305 m s.n.m. el área con mayor pendiente está comprendida entre los 2180 m s.n.m. a 2270 m s.n.m.

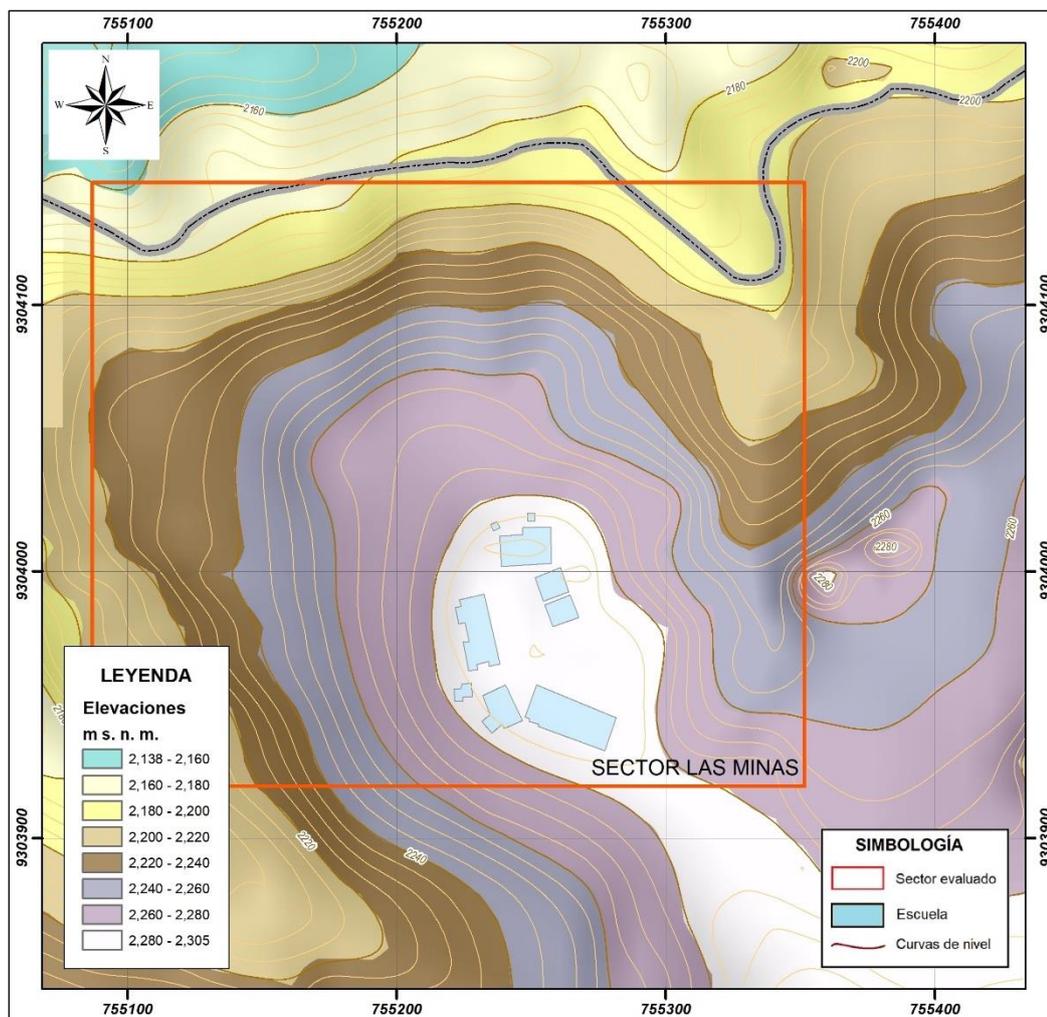


Figura 5. Modelo digital de elevaciones, sector Las Minas (Elaboración propia).

Sector Santa Ana

La zona de estudio comprende elevaciones que van desde los 1850 m hasta los 1930 m se clasificó en cuatro niveles altitudinales (figura 6), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas, comprendiendo las viviendas afectadas en el sector Santa Ana en una altura de 1880 m s.n.m.

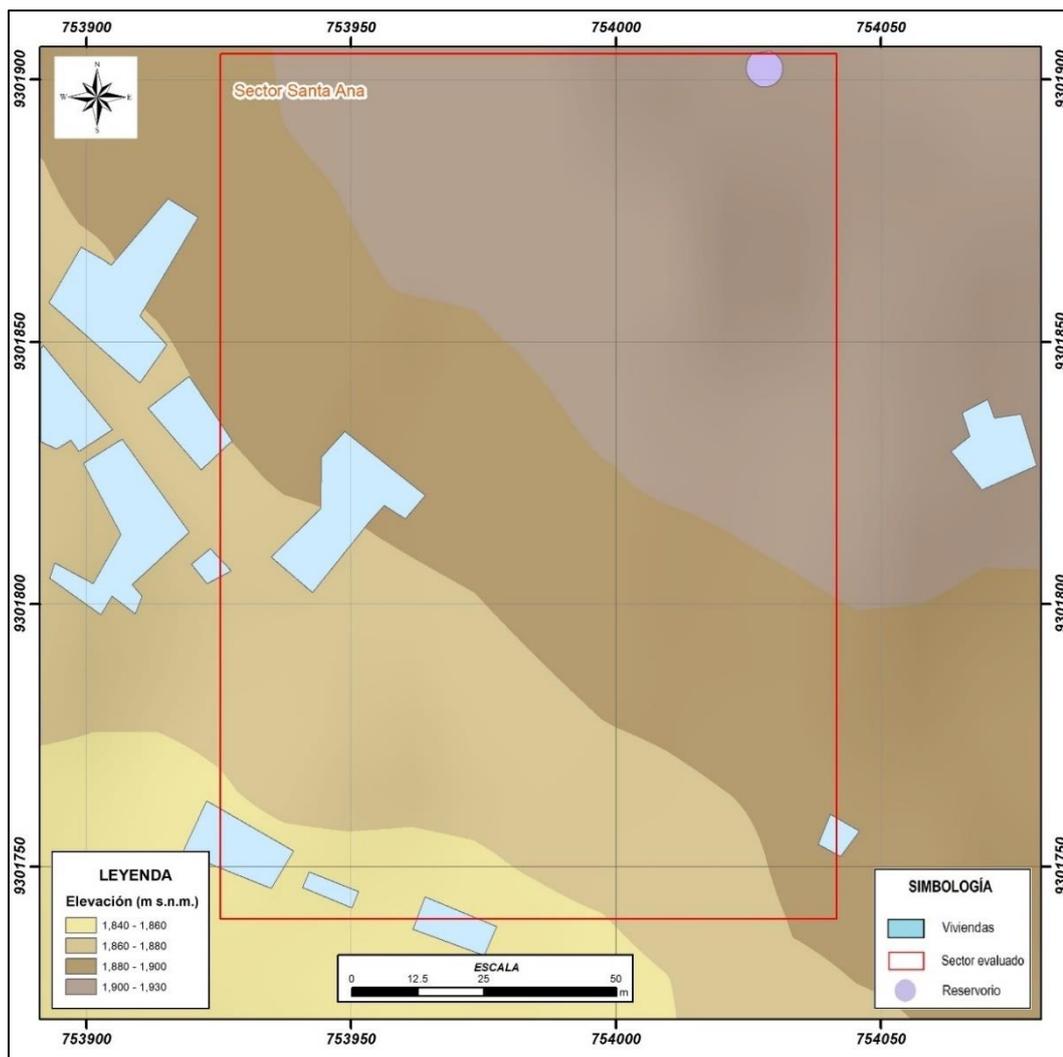


Figura 6. Modelo digital de elevaciones, sector Santa Ana (Elaboración propia).

Sector Pasaje Che Guevara

La zona de estudio comprende elevaciones que van desde los 1780 m hasta los 1950 m de altura, se clasificó en tres niveles altitudinales (figura 7), con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas, comprendiendo el área urbana de Sókota está entre 1780 a 1840 m; el área con mayor pendiente está comprendida entre los 1860 m s.n.m. a 1930 m s.n.m.

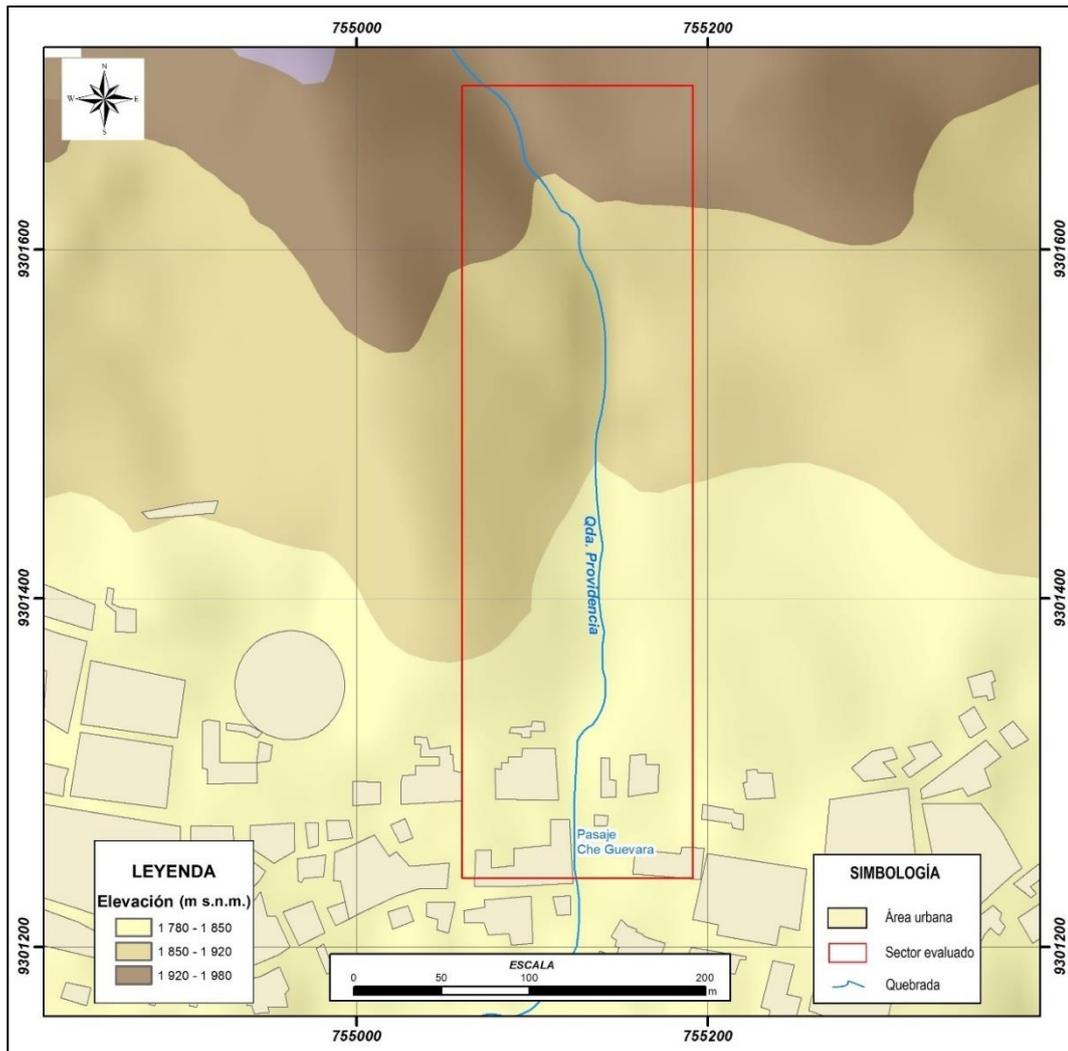


Figura 7. Modelo digital de elevaciones, sector pasaje Che Guevara (Elaboración propia).

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), es 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 cuya pendiente principal varía entre media a fuerte ($>30^\circ$), también es más alta la erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), en colinas o montañas, por que a mayor pendiente facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vilchez et. al., 2013).

Sector Las Minas

El sector evaluado comprende pendientes de 5° a 15° , sobre este terreno se encuentra la Institución Educativa a pendiente muy escarpada $>45^\circ$, en donde se encuentran sacando material para afirmado (Mapa 5).

Sector Santa Ana

Comprende terrenos con pendientes que van desde llano (1° a 5°), tienen una superficie suave, sobre esta se encuentra el reservorio de agua y terrenos con pendiente muy fuerte a escarpada (25° a 45°), donde se encuentran las viviendas afectadas (Mapa 6).

Sector Pasaje Che Guevara

Comprende pendientes que van de 5° a 15°, parte del área urbana, donde se encuentran las viviendas afectadas. También se tienen terrenos con pendiente muy fuerte a escarpada (25° a 45°), a lo largo de la quebrada Providencia (Mapa 7).

4.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en los sectores evaluados, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a 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 en estudios de Ingemmet.

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 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 la siguiente unidad:

Unidad de Montaña

Tiene una altura mayor a los 300 m con respecto al nivel de la base local, así se tienen las siguientes subunidades de montaña diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Corresponde a elevaciones del terreno que forman parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia – escorrentía, aguas de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.

El relieve montañoso de la zona de estudio está ubicado al sureste de sector Las Minas, la misma que está conformada principalmente por rocas de origen calcáreo, así mismo esta sub unidad la encontramos en dirección norte del

pasaje Che Guevara, compuestas por afloramientos de calizas margosas (figura 8).



Figura 8. Sub unidades de montaña en roca sedimentaria y piedemonte coluvio – deluvial en el sector Pasaje Che Guevara.

Unidad de Colina

Tiene una altura menor a los 300 m con respecto al nivel de la base local, así se tienen las siguientes subunidades de colinas y lomadas diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

Sub unidad de colina en roca intrusiva (C-ri)

Corresponde a afloramientos de rocas intrusivas que presentan laderas con pendientes fuerte a escarpada. Se presenta al sur este del sector Las Minas (figura 9).

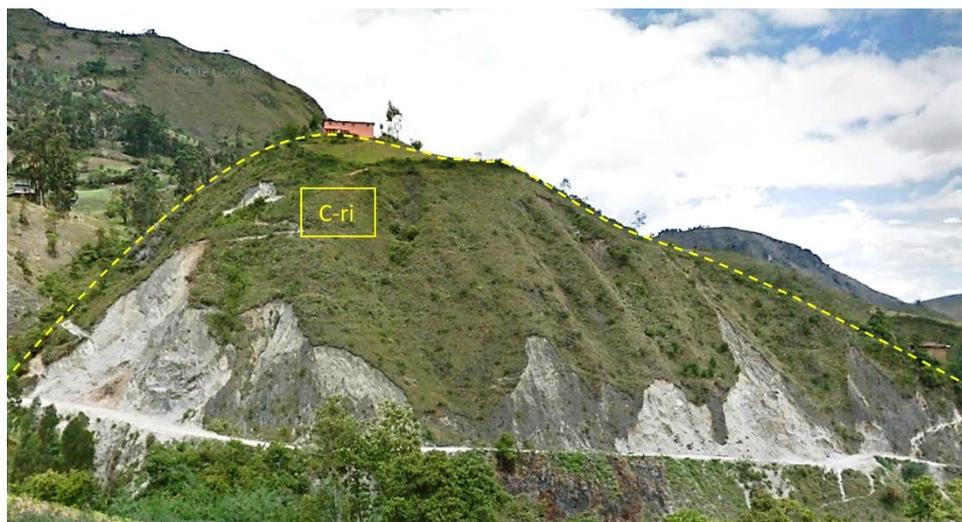


Figura 9. Sub unidades de colina en roca intrusiva en el sector Las Minas.

Geformas de carácter depositacional y agradacional

Son geformas que comprenden el conjunto de procesos constructivos, determinados tanto por las fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y la morfología de los ríos, factores que tienden a nivelar de manera positiva la superficie terrestre, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados. (Villota, 2005).

Unidad de piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. La unidad de piedemonte identificada es la siguiente:

Subunidad de piedemonte coluvio – deluvial (P-cd)

Conformada por acumulación intercalada de materiales relacionados a movimientos en masa como deslizamientos y fuente de origen cercano, constituido por gravas y bloques subredondeados en una matriz arcillo limosa, en esta subunidad se originó el deslizamiento en el sector Santa Ana (figura 10), esta sub unidad también está presente en dirección sur del sector evaluado en el pasaje Che Guevara.



Figura 10. Se observa en el sector evaluado las sub unidades de montaña en roca sedimentaria y vertiente o piedemonte coluvio – deluvial en el sector Santa Ana.

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 peligro geológico identificado en la zona de estudio, corresponde a un movimiento en masa de tipo derrumbe, deslizamiento y flujos que describen a continuación:

5.1 Derrumbes en el sector Las Minas

A través de imágenes satelitales, fotografías aéreas tomadas con dron y el reconocimiento en campo, se identificó dos derrumbes señalados como Derrumbe 1 y Derrumbe 2 (mapa 3).

Derrumbe 1, presenta una zona de arranque con longitud de 121m, y una altura desde la zona de arranque a la base de 40 m y un área de 5294 m² (Figura 10), se originó con el corte del talud durante la construcción de la carretera (Sócota – Cutervo), el movimiento activa por la acción antrópica (extracción de material para afirmado de vías).



Figura 10. Se observa el derrumbe en el talud de corte de la carretera Sócota – Cutervo.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9304117 – **Este:** 755293.

Derrumbe 2, este derrumbe, presenta una zona de arranque con longitud de 137m y una altura de 50 m, con un área de 5285 m², al igual que el derrumbe anterior se origina por el corte de talud durante la construcción de la carretera (Sócota – Cutervo), incrementa su dimensión por la actividad antrópica (extracción de material para afirmado de vías). (figura 11).



Figura 11. Se observa el derrumbe en el talud de corte de la carretera (Sócota – Cutervo), el cual aumenta su volumen debido a la explotación de material para afirmado.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301995 – Este: 755160.

Factores condicionantes

- Litología, se tiene afloramiento de roca intrusiva altamente meteorizada y poco fracturada.
- Ladera con pendiente promedio de 25° a 45°, que permite que la zona inestable se desplace cuesta abajo.
- Extracción artesanal de material sin criterio técnico.

Factores detonantes

- Lluvias intensas y sismos.

Daños ocasionados por el deslizamiento

- Obstrucción de vía afirmada en un tramo de 210 m.

Además, sobre el Derrumbe 1, encontramos un proceso de fuerte erosión de ladera, que está afectando el camino peatonal a la Institución Educativa N° 17026 – Las Minas, poniendo en riesgo la integridad física de los alumnos y personas que transitan hacia la institución (figura 12).



Figura 12. Zona de fuerte erosión hídrica afecta camino de acceso a Institución Educativa N° 17026 – Las Minas, desde la parte baja (vía afirmada).
Coordenadas UTM WGS84, zona 17S, Norte: 9304071 – Este: 775273

5.2 Deslizamiento en el sector Santa Ana

A través de las imágenes satelitales, fotografías aéreas tomadas con dron y el reconocimiento en campo, se identificó la activación de un deslizamiento ocurrido en junio del 2021.

El deslizamiento es de tipo rotacional y presenta un escarpe de forma irregular con longitud de 90 m, con un salto que varía de 0.20 m hasta 0.50 m (figura 13), la dirección del movimiento es de noreste a suroeste.

En una de las viviendas se puede ver humedad en la pared que se apoya sobre la ladera (talud modificado para la construcción de la vivienda) (fotografía 6); así mismo se observa una surgencia de agua en una de las canaletas de la carretera asfaltada (fotografía 7), son indicadores de que los terrenos se encuentran muy saturados.

La velocidad del movimiento es lenta (Cruden y Varnes 1996), cuyas grietas están dispersas y en diferentes direcciones y presentan longitudes que varían entre los 2 m a 9 m, con una apertura que varía entre los 0.5 m hasta 20 cm (figura 14); se presenta como retrogresivo, con aparición de grietas sobre el escarpe principal (figura 15 y 16).

Factores condicionantes

- Litología; roca altamente meteorizada y poco fracturada, depósito coluvio-deluvial, inconsolidado.
- Ladera con pendiente promedio de 15° a 45°, que permite que el material inestable se desplace cuesta abajo.
- Antrópicos, rebalse de agua, proveniente del tanque de almacenamiento de agua potable, que se ubica en la parte superior del deslizamiento, falta canalización y riego de cultivos agrícolas por inundación. Esto permite la saturación del terreno.

Factores detonantes

- Lluvias intensas y sismos.

Daños ocasionados por el deslizamiento

- Cuatro viviendas afectadas e inhabitables (figuras 17, 18, 19, 20 y 21)



Fotografía 7. Humedad en pared de vivienda afectada.

Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301826 – Este: 753956.



Fotografía 7. Surgencia de agua en la canaleta de la vía asfaltada, indicador de terrenos saturados.

Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301980 – Este: 753928.



Figura 13. Escarpe principal, con salto vertical entre 0.20 a 0.50 m.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351802 – Este: 813489.



Figura 14. Grieta dentro del cuerpo deslizado con longitud de 8 m y ancho de 0.20 m.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351876 – Este: 813457.



Figura 15. Grietas en la parte posterior al escarpe con longitud de 4 m y ancho de 0.20 m.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301875 – Este: 753962.

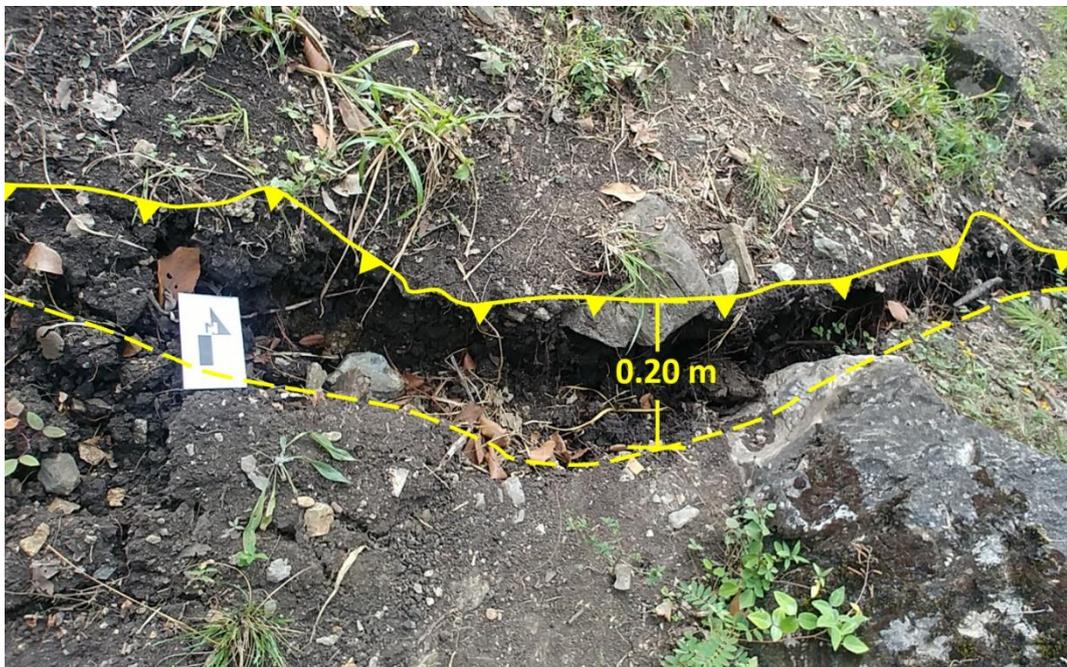


Figura 16. Grietas en la parte posterior al escarpe con longitud de 4 m y ancho de 0.20 m.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301875 – Este: 753962.



Figura 17. Vivienda inhabitable, pisos agrietados.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301827 – Este: 753948.



Figura 18. Vivienda muy afectada (inhabitable), paredes y pisos agrietados.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301821– Este: 753944.



Figura 19. El deslizamiento originó el colapso de la vivienda.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301816– Este: 753941.



Figura 20. Bajo la losa de cemento puede apreciarse que, el terreno se encuentra saturado.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9301819 – Este: 753940

5.3 Flujo de detritos en Pasaje Che Guevara

A través de las imágenes satelitales, fotografías aéreas tomadas con el dron y el reconocimiento en campo, se identificó la activación de un flujo de detritos en la quebrada providencia, que afectó una vivienda en el pasaje Che Guevara.

Sin embargo, en la imagen satelital del año 2011, se puede comentar que a lo largo de la quebrada no existe movimiento que pueda afectar la zona urbana (figura 21). Pero en el 2017 con la apertura de una trocha carrozable (figura 22), que corta la quebrada Providencia, gran parte del material extraído del talud de corte durante la construcción es depositado en el talud de relleno, sin un criterio técnico, quedando suelto y en dirección a la quebrada (figura 23 y 24); siendo utilizado a la actualidad ese sector como zona de botadero de escombros (materiales de construcción) y una cantera, de la cual gran parte de material es esparcida en la parte baja (talud de relleno), material con dirección a la quebrada, que en temporadas es arrastrado hacia el curso de agua originando un flujo de detritos que afecta la parte baja (pasaje Che Guevara), la dirección del movimiento es de norte a sur.

Factores condicionantes

- Pendiente de la quebrada de 10° a 45°, que permite que el material se desplace cuesta abajo.
- Antrópico, extracción artesanal de material sin criterio técnico (cantera para afirmado de trocha carrozable), material excedente es depositado en el talud de relleno en ambos lados de quebrada, con la presencia de lluvias intensas es arrastrado hacia el cauce y transportado como flujo de detritos.

Factores detonantes

- Lluvias intensas y sismos.

Daños ocasionados por el flujo

- Vivienda afectada (intersección Jr. Dos de enero con pasaje Che Guevara) (figura 25).
- Obstrucción temporal de la carretera en un tramo de 10 m. (figura 26).

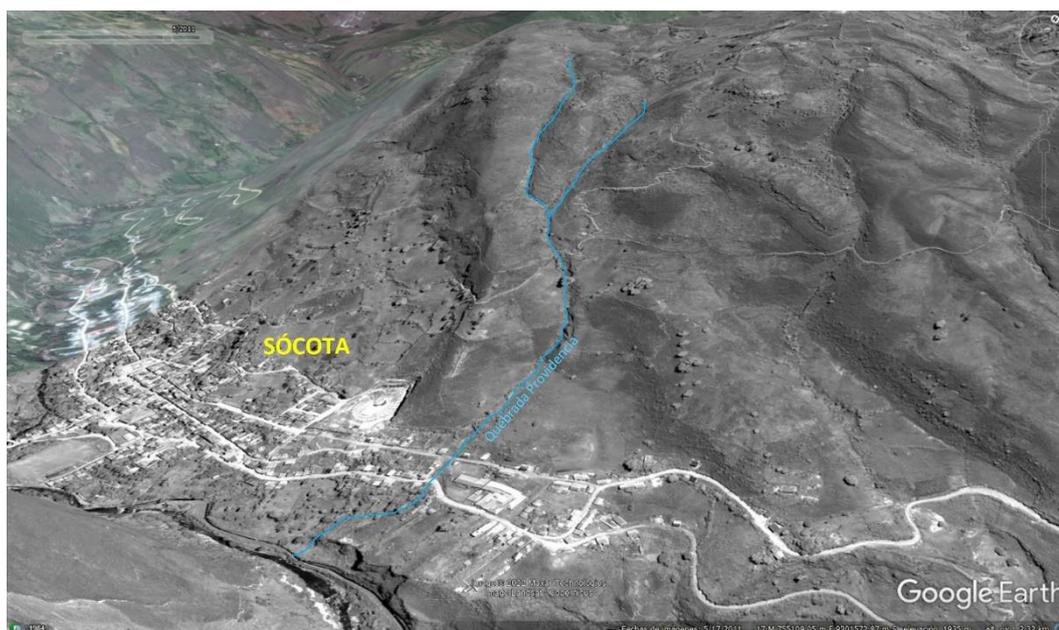


Figura 21. En la imagen del 2011, se observa que en la quebrada Providencia no existe ningún proceso de movimiento de masa que pueda afectar en la parte baja a las viviendas.
 Fuente: Google Earth.



Figura 22. En la imagen del 2017, se observa que el material del corte de la ladera para la apertura de la trocha carrozable, es esparcido en el talud de relleno.
Fuente: Google Earth.



Figura 23. Material excedente de la cantera y escombros (material de desecho de construcción), es acumulado en el talud de corte.



Figura 24. Escombros (material de desecho de construcción), es acumulado en el talud de corte en dirección a la quebrada.



Figura 25. En la imagen tomada en el 2021 con el dron, se observa una cantera, del cual extraen material para afirmado de la trocha carrozable, parte del material extraído es ubicado en el talud de relleno, y en temporada de lluvia es arrastrado hacia la quebrada.



Figura 26. El flujo de detritos afectó una vivienda y obstruyó el Jr. Dos de enero de manera temporal.

CONCLUSIONES

- a. Sector Las Minas
Se identificó, un afloramiento de rocas intrusivas dioríticas poco fracturadas, altamente meteorizadas; depósitos coluvio-proluviales compuestos de arenas de grano grueso ubicados en la parte baja del sector evaluado, depósitos deluviales, arenas de grano fino ubicados al este; depósitos coluviales, conformado por material muy heterogéneos en las laderas de alta pendiente; especialmente en la zona de extracción de material actual; depósito antrópico, material compactado en la vía de acceso, la geoforma identificadas es, sub unidad de colina en roca intrusiva ubicada al sur este del sector.
- b. Sector Santa Ana
Se observó un intrusivo diorítico poco fracturado, moderadamente meteorizado; calizas arcillosas ligeramente meteorizadas y fracturadas, del Grupo Pullucana; depósitos coluvio-deluviales conformados por gravas y bloques de forma angulosos y subredondeados, en matriz arcillo – limosa, la geoforma identificada corresponde a subunidad de piedemonte coluvio – deluvial.
- c. Sector Pasaje Che Guevara
Se identificó un afloramiento de calizas fracturadas, ligeramente meteorizadas y depósitos coluvio-deluviales conformados por gravas, bloques de origen calcáreo de forma angulosos, en matriz arcillo – limosa, las geoformas identificadas corresponden a las sub unidades de montaña en roca sedimentaria y piedemonte coluvio – deluvial.
- d. Los factores condicionantes identificados en los sectores evaluados son, pendiente del terreno de 25° a 45°; litología, rocas intrusiva diorítica altamente meteorizada, calizas muy fracturadas moderadamente meteorizadas, depósitos coluvio deluviales conformados por cantos y bloques, en una matriz arcillo limosa inconsolidada y el factor antrópico, explotación de material (cantera), sin orientación técnica y el depósito de escombros (material de construcción), a lo largo de la trocha carrozable en el talud de relleno..
- e. En el sector Las Minas los peligros identificados corresponde a dos derrumbes, y un proceso de fuerte erosión de ladera afectando el camino peatonal rural, que conduce a la Institución Educativa N° 17026 – Las Minas, por las condiciones litológica, geomorfológicas y geodinámicas se considera de **Peligro Muy Alto y Zona Crítica**.
- f. En el sector Santa Ana se identificó un deslizamiento de tipo rotacional, el cual afectó cuatro viviendas, por las condiciones litológica, geomorfológicas y geodinámicas se considera de Peligro Muy Alto y Zona Crítica.
- g. En el sector Pasaje Che Guevara, se identificó un flujo de detritos que afectó una vivienda y obstruye de manera temporal el Jr. Dos de enero, en un tramo de 10 metros, por las condiciones litológica, geomorfológicas y geodinámicas se considera de **Peligro Alto**.

RECOMENDACIONES

- a. En el sector las Minas construir una zanja de coronación y un sistema de drenaje en la ladera para evitar la erosión acelerada a la que está expuesta; asimismo evaluar la construcción de un nuevo camino más seguro hacia la Institución Educativa, salvaguardando la integridad de la población estudiantil.
- b. En el sector Santa Ana, reubicar las viviendas afectadas, que se encuentran dentro del cuerpo de deslizamiento; impermeabilizar las cunetas de la vía Sókota – San Andrés de Cutervo y redirigir el rebalse de agua del reservorio ubicado en la parte superior del sector afectado (fuera del cuerpo de deslizamiento), para evitar la saturación de los terrenos; además evitar el riesgo por inundación en los terrenos afectados.
- c. En el sector pasaje Che Guevara, mediante una ordenanza municipal se debe restringir el arrojado de escombros y el material excedente de la cantera, cerca de la quebrada; realizar la limpieza constante del cauce de la quebrada porvenir en la parte baja y evitar el crecimiento urbano en ambos márgenes de la quebrada Porvenir.

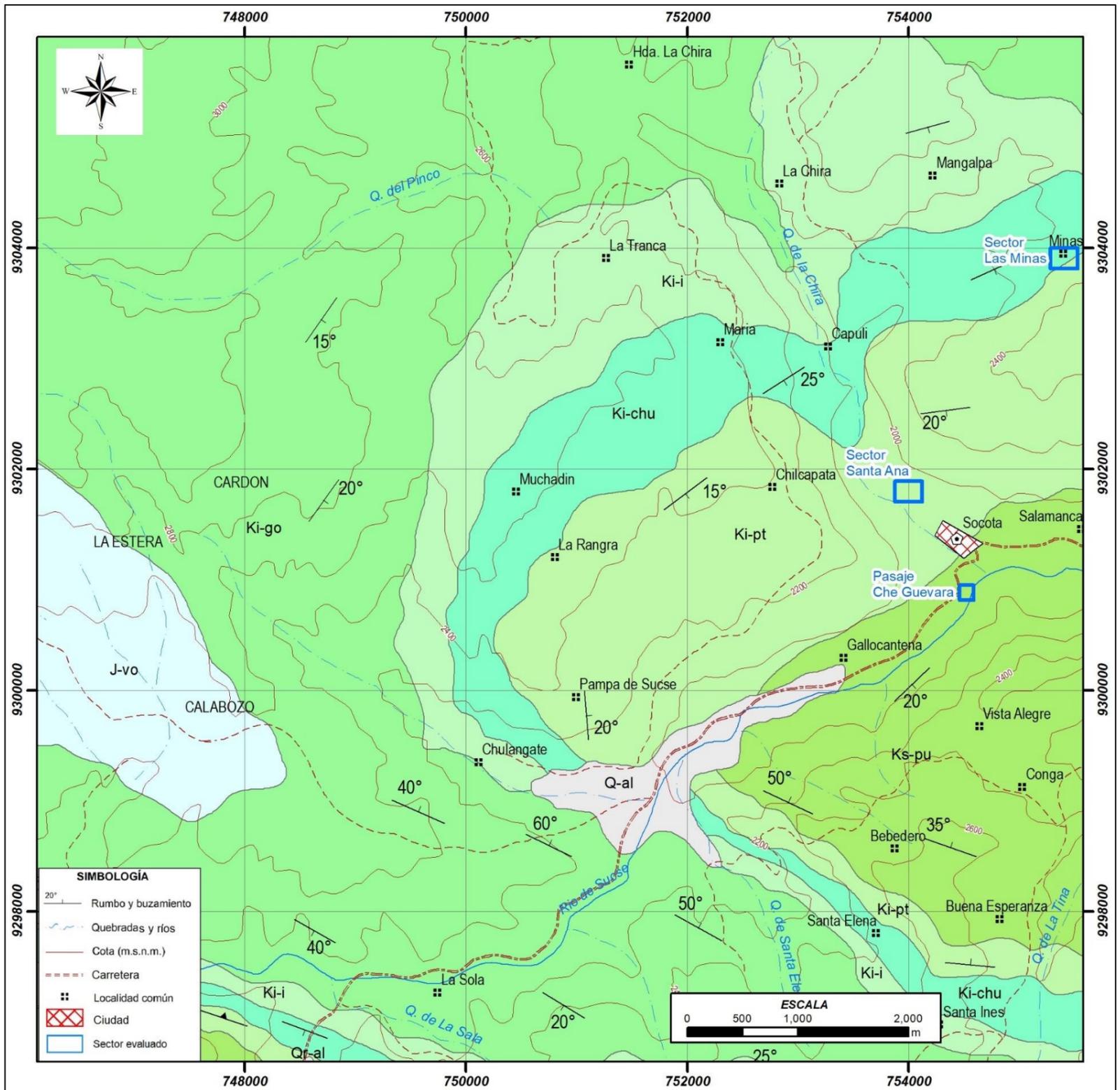

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

BIBLIOGRAFÍA

- Wilson J., (1984) - Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f) (mapa 1, escala 1:100 000)., Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e), Boletín N° 38, serie A: 104 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007)
- Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M. (2008) - Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Shruthi, R.B.V.; Kerle, N.; Jetten, V. (2011) - Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology* 2011, 134, 260–268.
- Suárez Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales (Ltda (ed.); 1st ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1st ed.). Erosion.com.co
- Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras (2nd ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ANEXO 1. MAPAS



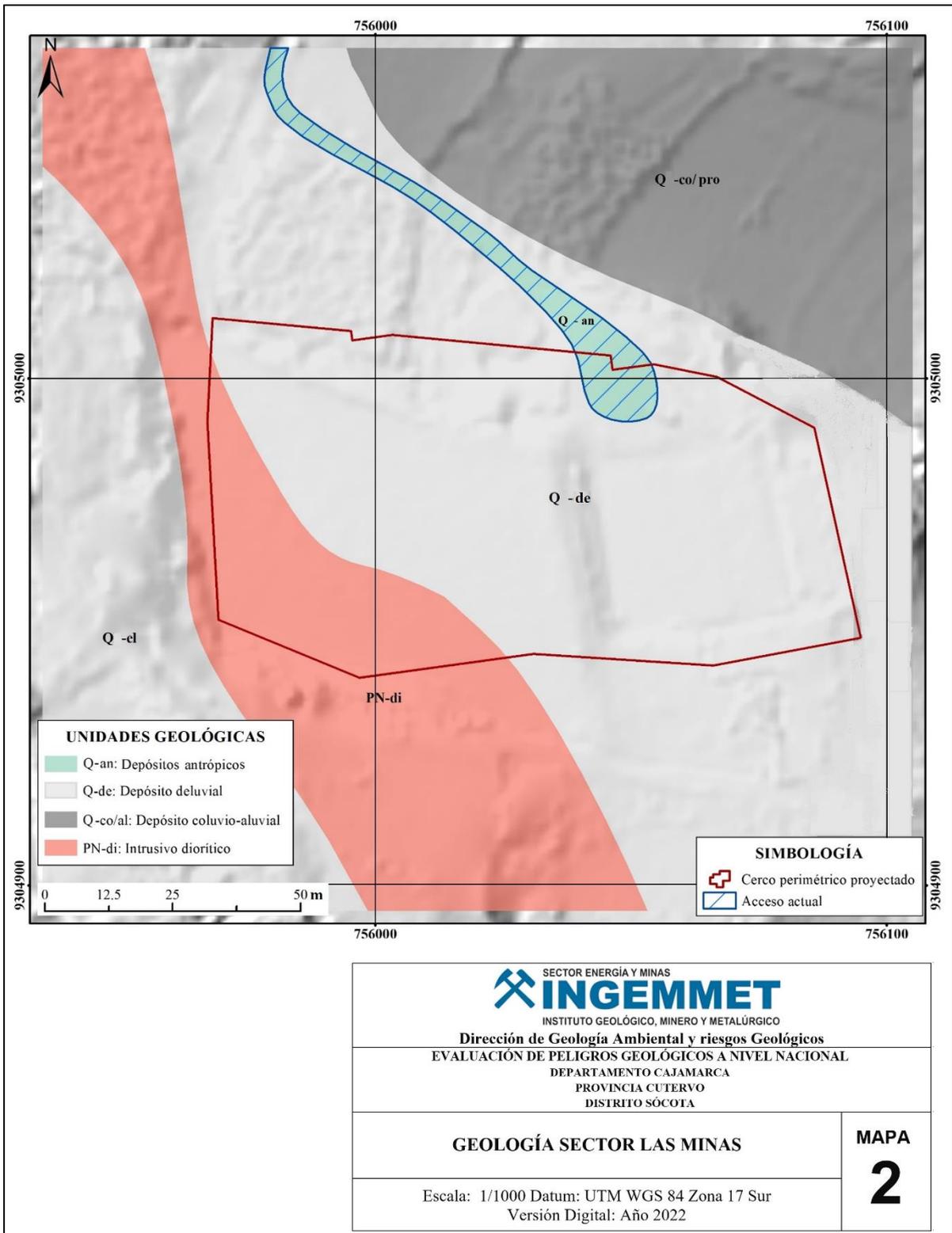
ERA	SISTEMA	ÉPOCA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
PALEÓGENO	CUATERNARIO	Pleistoceno	<p>Q-al Depósitos Aluviales Acumulaciones de gravas, arenas, limos con clastos redondeados a subredondeados de composición polimictica.</p>
		Discordancia	
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	<p>Ks-pu Grupo Pullucana Calizas marinas masivas en estratos gruesos de ambiente marino somero.</p>
		Inferior	<p>Ki-pt Formación Pariatambo Calizas bituminosas gris oscuras, intercalados con limoarcillitas grises de ambientes marinos anóxicos.</p>
			<p>Ki-chu Formación Chulec Calizas margosas intercaladas con limoarcillitas calcáreas de ambiente marino somero.</p>
			<p>Ki-in Formación Inca Areniscas fluviales intercaladas con limoarcillitas rojo amarillentas.</p>
			<p>Ki-fa Formación Farrat Areniscas cuarzosas color gris blanquecinas de grano medio a grueso intercalada con limoarcillitas pardo amarillentas.</p>
			<p>Ki-ca Formación Carhuáz Areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas gris violáceas.</p>
	<p>Ki-sa Formación Santa Calizas micríticas grises en estratos delgados intercaladas con niveles de lutitas grises.</p>		
<p>Ki-chi Formación Chimú Areniscas cuarzosas blanquecinas intercaladas con lutitas pardo amarillentas.</p>			
JURÁSICO	Superior Medio Inferior	<p>J-vo Volcanico Oyotún Derrames piroclásticos andesíticos, intercalados con areniscas, limolitas y estratos gruesos de tobas brechoideas.</p>	

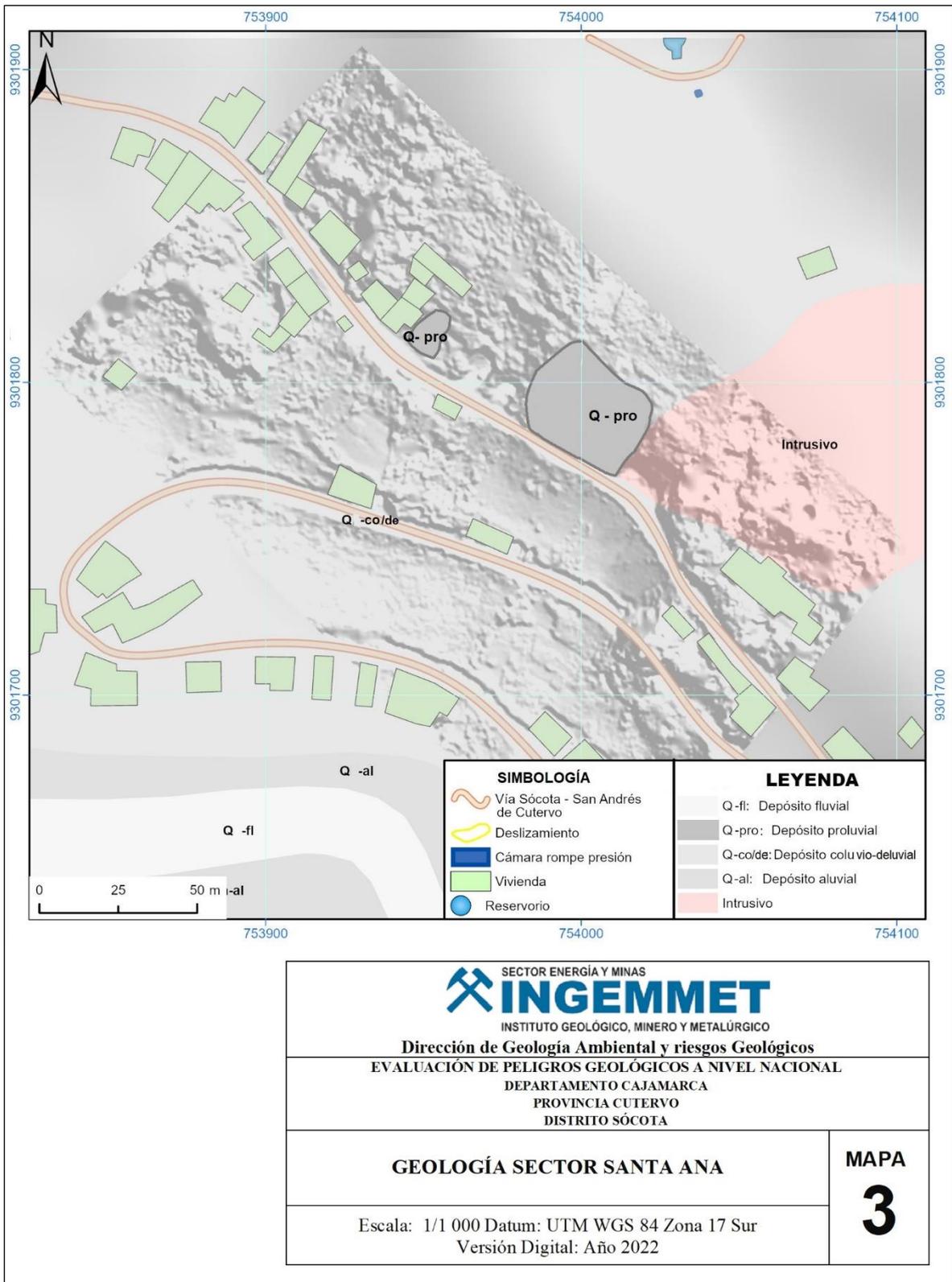

 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
Dirección de Geología Ambiental y riesgos Geológicos
 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 PROVINCIA CUTERVO
 DISTRITO SOCOTA

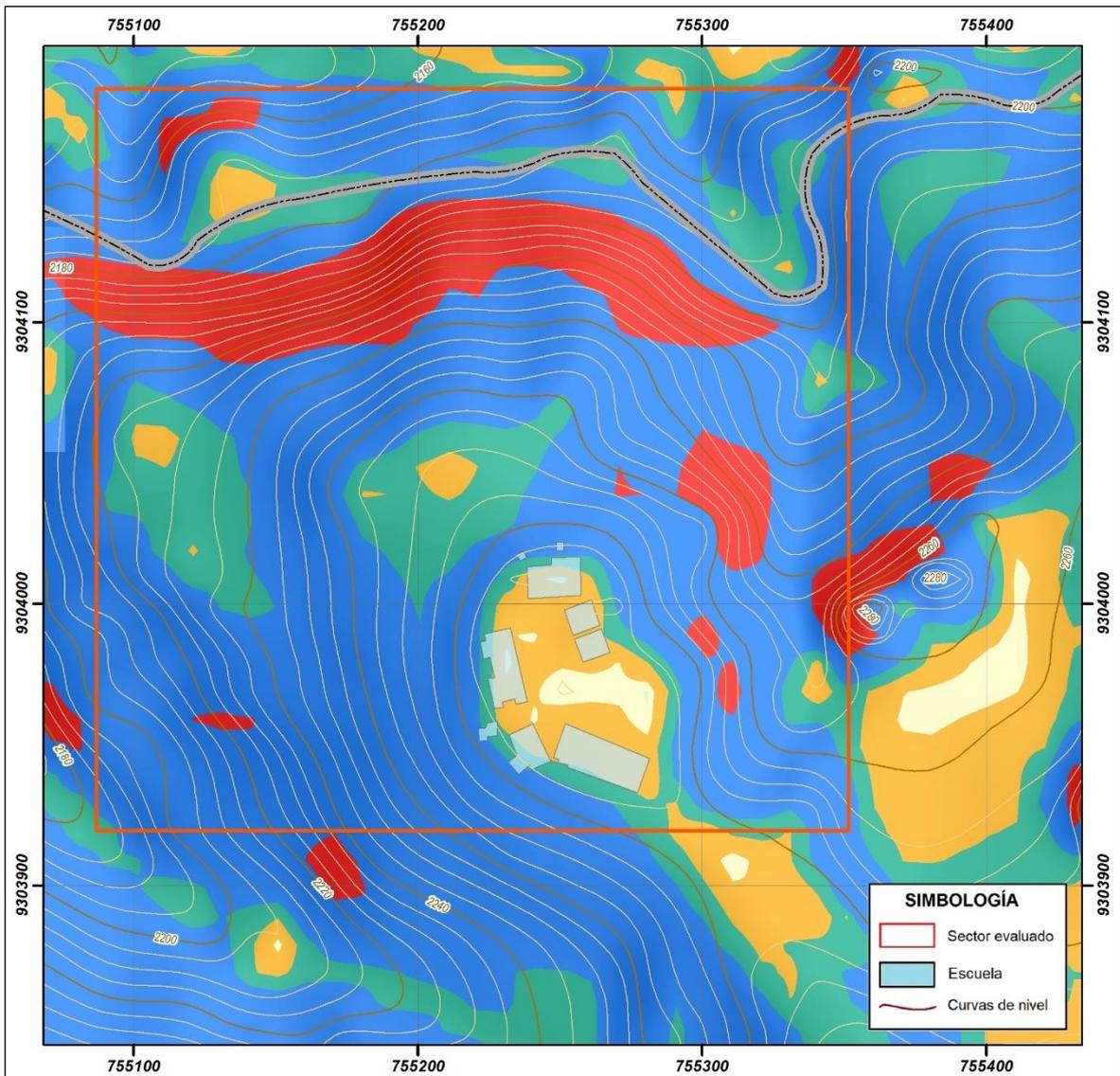
GEOLOGÍA SECTORES SANTA ANA, LAS MINAS Y PASAJE CHE GUEVARA

Escala: 1/50 000 Datum: UTM WGS 84 Zona 17 Sur
 Versión Digital: Año 2022

MAPA
1

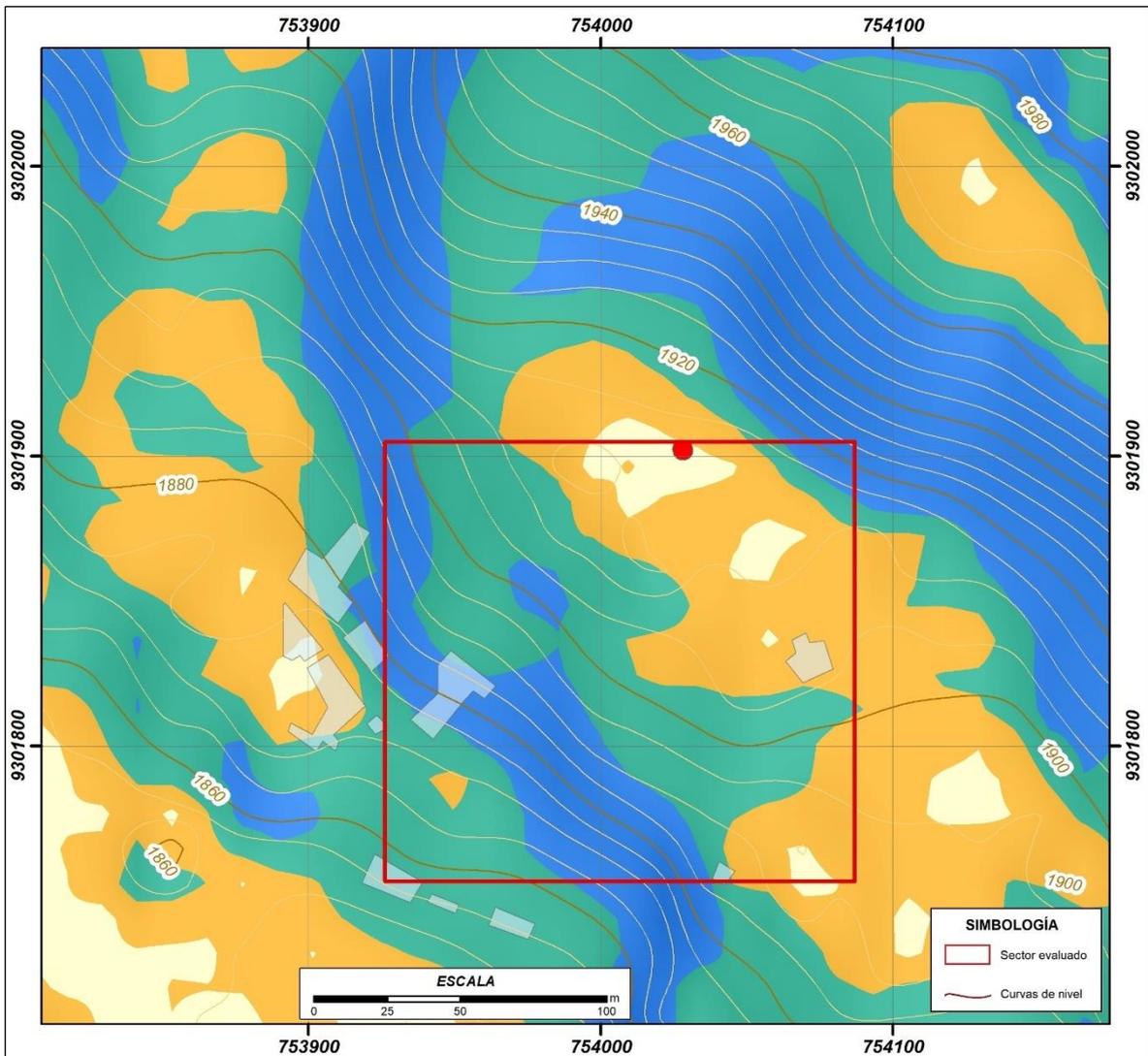






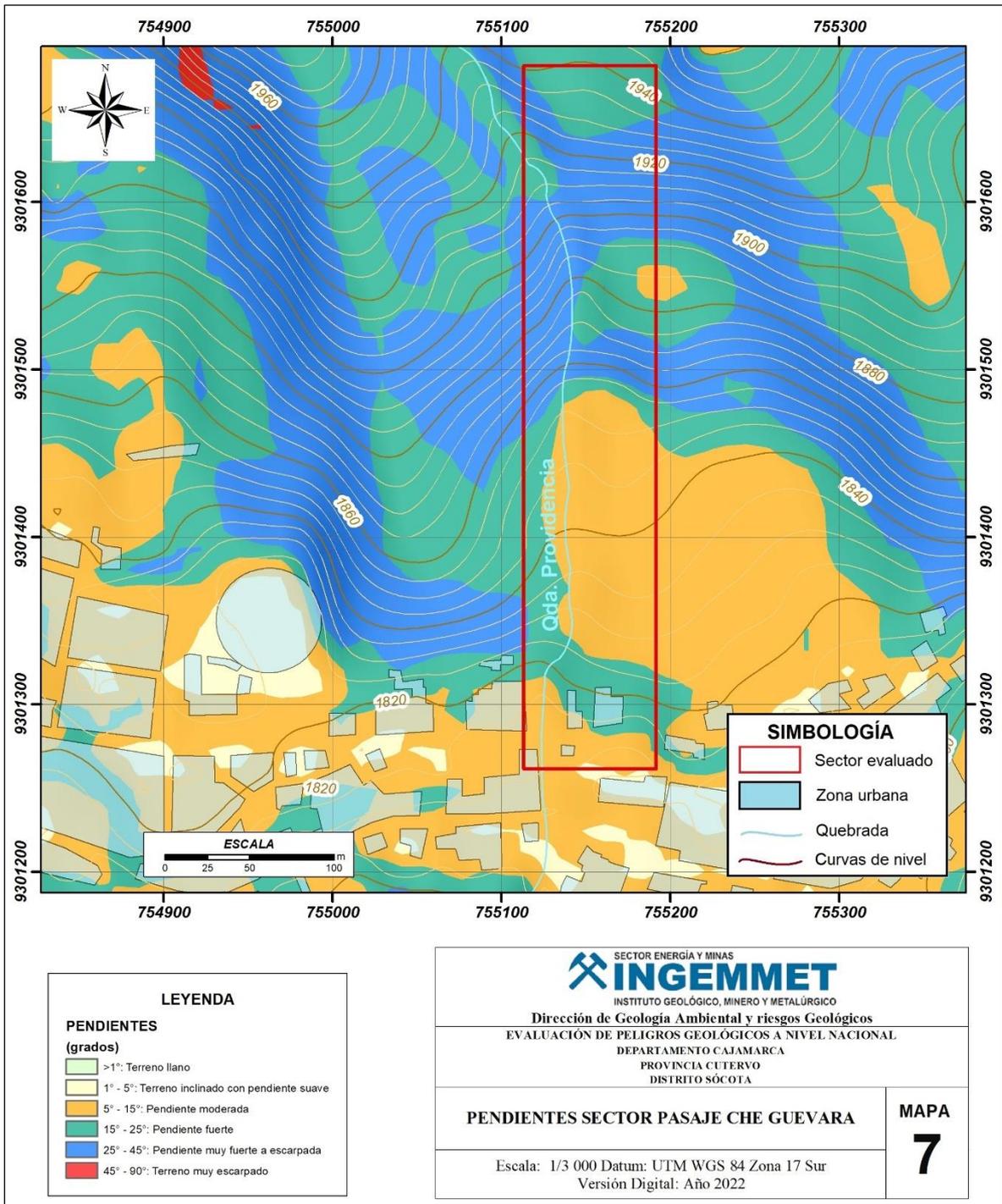
LEYENDA	
PENDIENTES (grados)	
	<1°: Terreno llano
	1° - 5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5° - 15°: Pendiente moderada
	15° - 25°: Pendiente fuerte
	25° - 45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°: Terreno muy escarpado

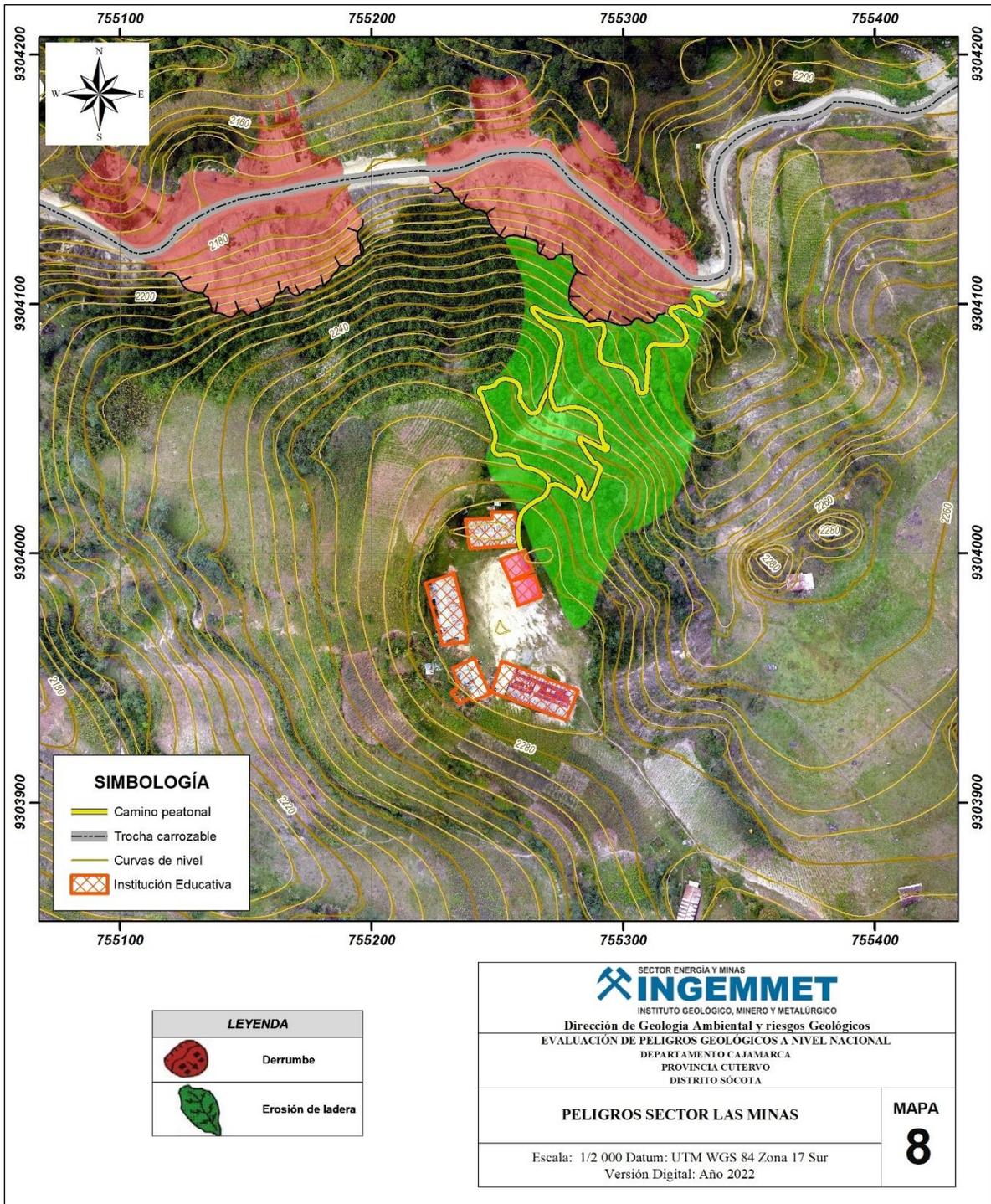
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología Ambiental y riesgos Geológicos EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL DEPARTAMENTO CAJAMARCA PROVINCIA CUTERVO DISTRITO SÓCOTA	
PENDIENTES SECTOR LAS MINAS	
Escala: 1/2 000 Datum: UTM WGS 84 Zona 17 Sur Versión Digital: Año 2022	
MAPA	5

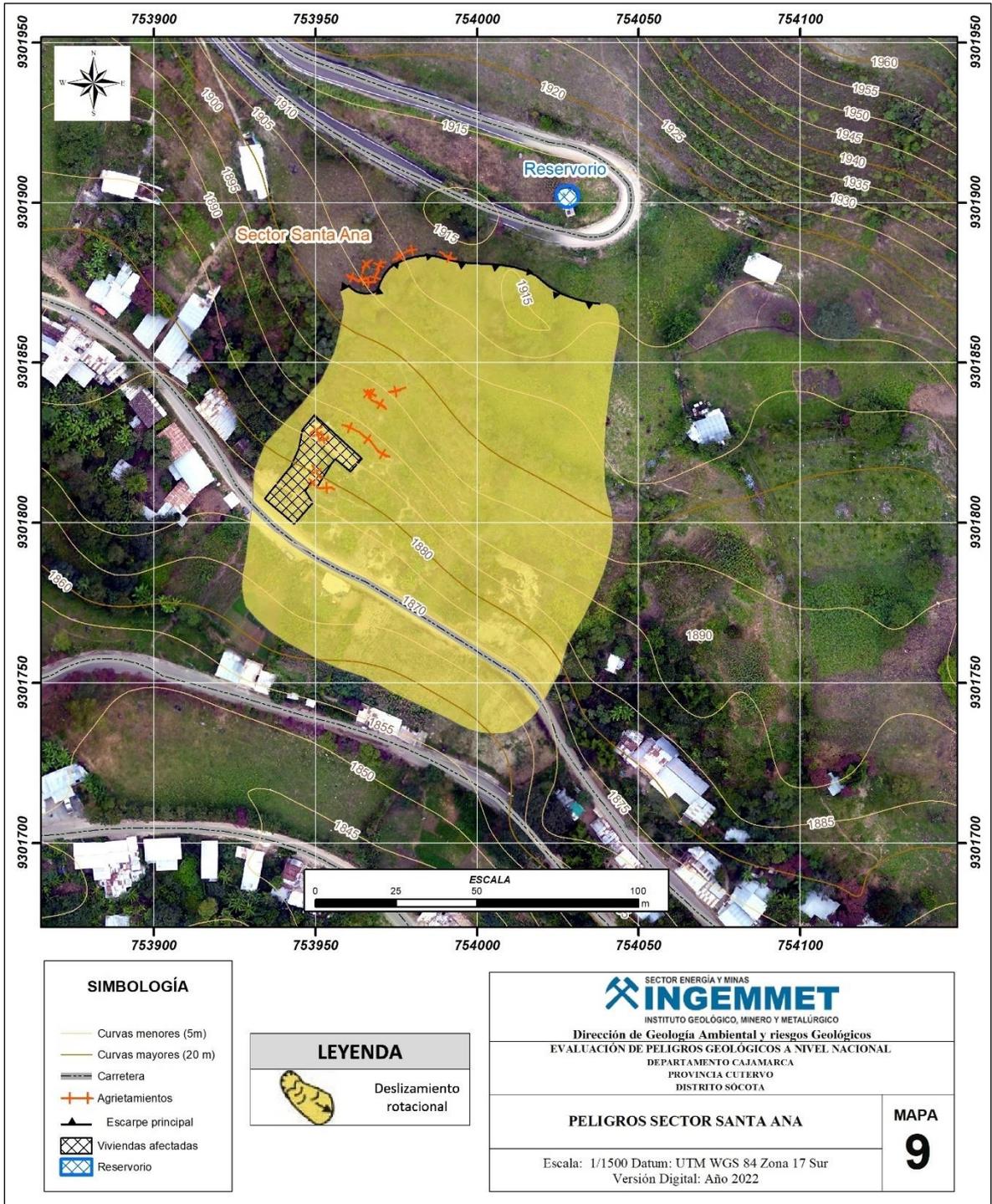


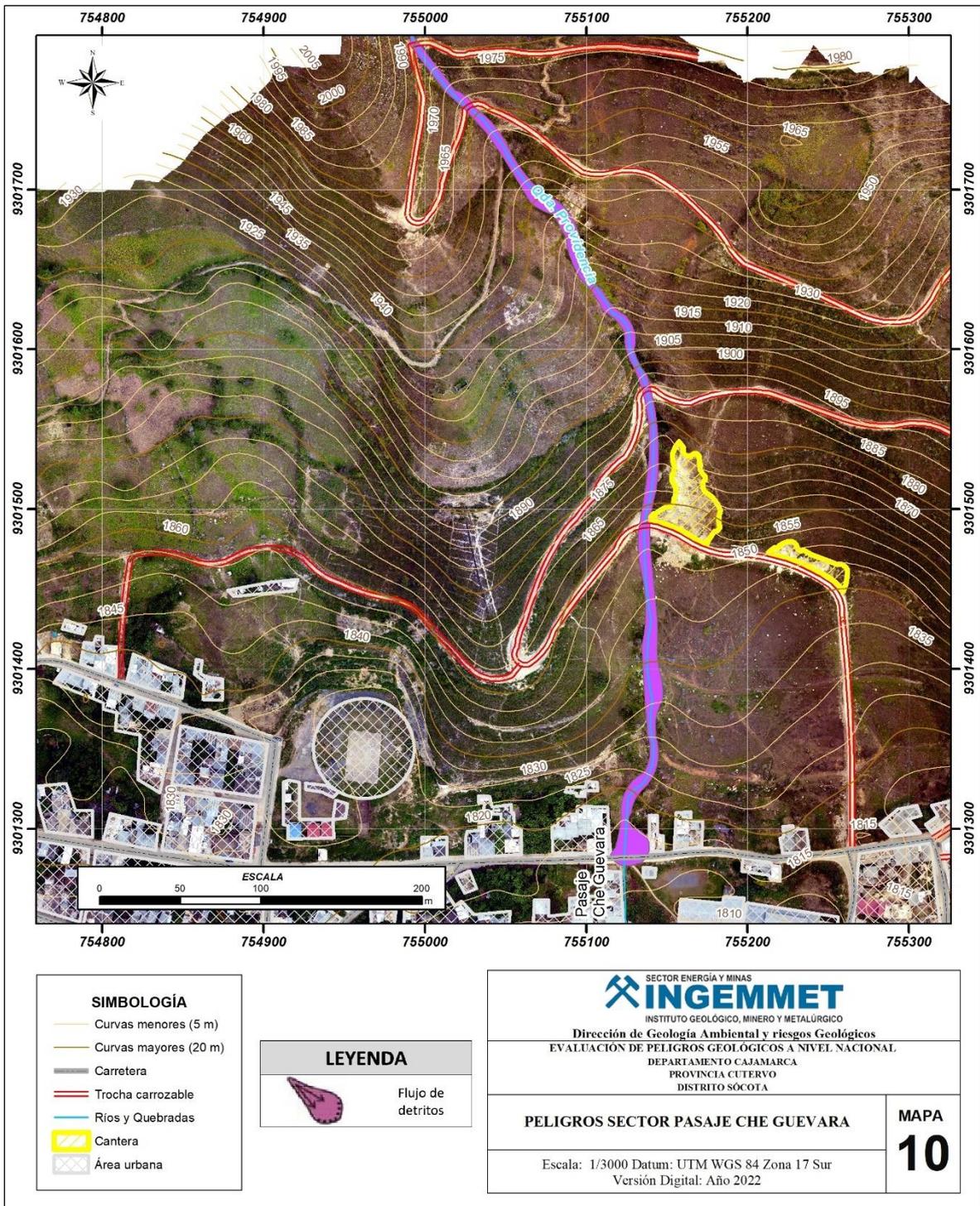
LEYENDA	
PENDIENTES (grados)	
	>1°: Terreno llano
	1° - 5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5° - 15°: Pendiente moderada
	15° - 25°: Pendiente fuerte
	25° - 45°: Pendiente muy fuerte a escarpada
	45° - 90°: Terreno muy escarpado

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
Dirección de Geología Ambiental y riesgos Geológicos EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL DEPARTAMENTO CAJAMARCA PROVINCIA CUTERVO DISTRITO SÓCOTA	
PENDIENTES SECTOR SANTA ANA	
Escala: 1/2 000 Datum: UTM WGS 84 Zona 17 Sur Versión Digital: Año 2022	
MAPA	6









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

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

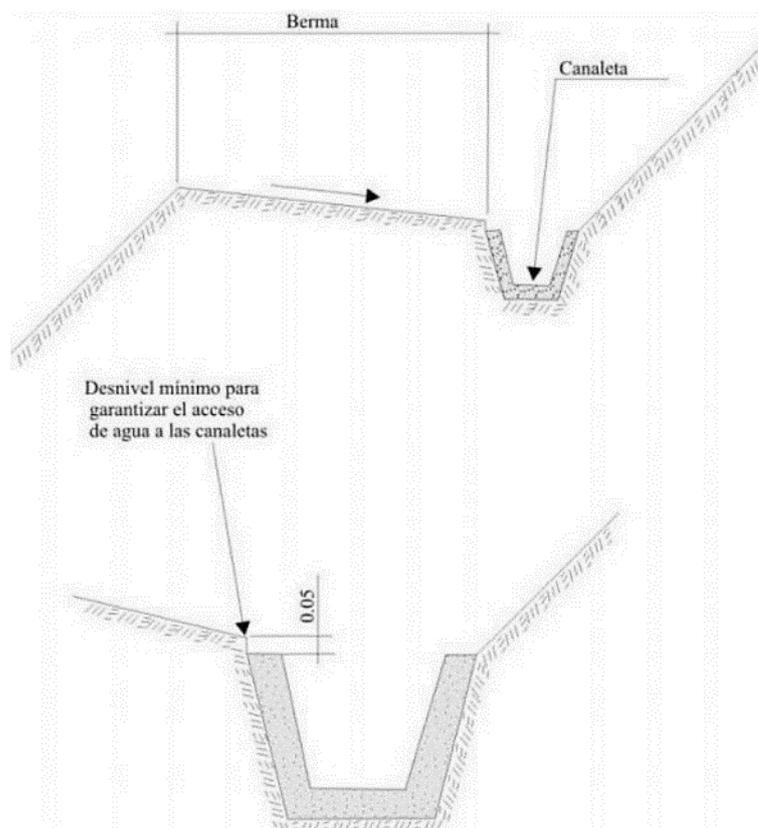


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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

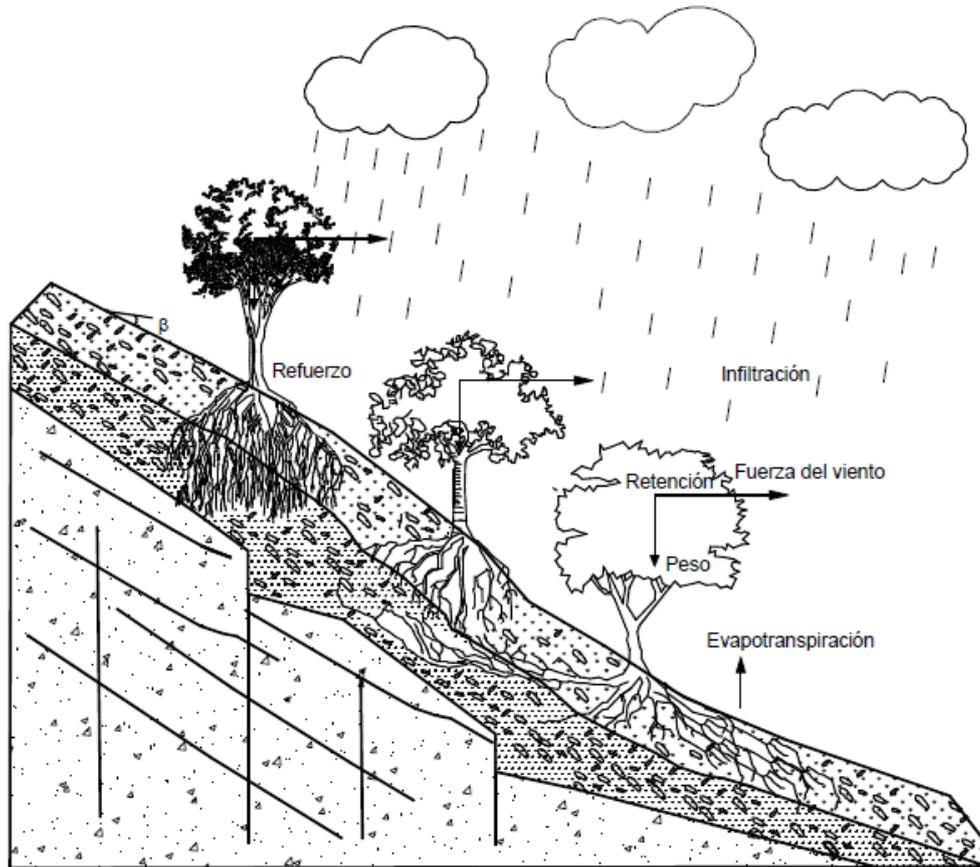


Figura 1. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Figura 2. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.