

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7634

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS Y FLUJO DE DETRITOS EN LOS CASERÍOS MEL, CHURIACO Y CENTRO POBLADO LA PECA

Departamento: Amazonas

Provincia: Bagua

Distrito: La Peca



**JUNIO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS Y FLUJO DE DETRITOS EN LOS CASERÍOS MEL, CHURIACO Y CENTRO POBLADO LA PECA.

(Distrito La Peca, provincia Bagua y departamento Amazonas)



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

Equipo técnico:

Cristhian Chiroque Herrera

Luis León Ordáz

Elvis Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *Evaluación de peligro geológico por deslizamientos y flujo de detritos en los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca.* (Distrito La Peca, provincia Bagua y departamento Amazonas). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7634, 54p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad	5
1.3.3. Población.....	5
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades litoestratigráficas	10
3.1.1. Formación Pulluicana/Quilquiñan (KsP-ft/re).....	10
3.1.2. Formación Chulec (Ki-ch)	10
3.1.3. Formación Cajamarca (Ki-c)	11
3.1.4. Formación Celendín (Ks-ce)	11
3.1.5. Depósitos cuaternarios	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	16
4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)	16
4.2. Pendientes del terreno	16
4.3. Unidades geomorfológicas	19
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	19
4.3.1.1. Unidad de montaña	19
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	20
4.3.2.1. Unidad de piedemonte	20
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	24
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Mel	24
5.1.1. Deslizamientos inactivos relictos (DR-ir).....	24
5.1.2. Deslizamiento rotacional activos (DR-a)	26
5.2. Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Churiaco y La Peca	31
5.2.1. Deslizamientos inactivos relictos (DR-ir).....	31
5.2.2. Deslizamiento rotacional activos (DR-a)	33
5.2.3. Flujo de detritos (FD-aCH).....	35
5.3. Factores condicionantes	37

5.3.1. Pendientes	37
5.3.2. Litológico	38
5.4. Daños por peligros geológicos.....	39
5.4.1. I.E. 17295 Mel.....	39
5.4.2. Vías de acceso	40
5.4.3. Canal de riego	42
6. CONCLUSIONES.....	42
7. BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXO 1: MAPAS	45
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	52

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los caseríos Mel, Churiaco y el centro poblado La Peca; jurisdicción del distrito La Peca, provincia Bagua y departamento Amazonas. 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 (local, regional y nacional).

En la parte alta del caserío Mel afloran secuencias de calizas margosas de la Formación Pullucana/Quilquiñan (KsP-ft/re) intercaladas con lutitas y margas de la Formación Chúlec (Ki-ch) hacia el norte y calizas, lutitas y limolitas de la Formación Cajamarca (Ki-c) hacia el sur, se tienen coberturas coluvio-deluviales medianamente consolidadas y de naturaleza arcillosa muy susceptibles a ser removidas.

El caserío Churiaco, se asienta sobre secuencias de naturaleza arcillosa, conformadas por lutitas y limolitas intercaladas con calizas de la Formación Celendín (Ks-ce) limitadas al norte por secuencias de calizas, lutitas y limolitas de la Formación Cajamarca (Ki-c). Los depósitos coluvio-deluviales (Q-cd) están conformados por gravas y cantos subangulosos a subredondeados con matriz de areno arcillosa, en capas medianamente compactas y porosas. Además de depósitos coluviales (Q-co) conformados por bloques dispersos y cantos sueltos y distribuidos sobre laderas con pendientes moderadas.

Entre los meses de febrero a mayo del 2023, se registraron 7 deslizamientos en el caserío Mel que afectaron viviendas, un centro educativo, cultivos y vías de comunicación. Mientras que, entre el caserío Churiaco y en el centro poblado La Peca ocurrieron 3 deslizamientos y flujo de detritos que afectaron trochas carrozables, viviendas y cultivos. Los eventos geodinámicos descritos se desarrollan sobre laderas de montañas estructurales con afloramientos muy fracturados e intensamente meteorizados, los fragmentos fueron removidos y depositados en laderas y cauces de quebradas.

Los deslizamientos antiguos modelaron vertientes o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) sobre los cuales hoy se asientan las viviendas del caserío Mel, Churiaco y La Peca. Las montañas estructurales en rocas sedimentarias (RME-rs), se modelaron en relieves con pendientes moderadas a muy fuertes (15° - $>45^{\circ}$) que, limitan con colinas y lomadas en roca sedimentaria (RC-rs) con relieves con pendientes moderadas (5° - 15°) y lomadas en roca sedimentaria (RL-rs) distribuidas al oeste del área de estudio.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presentan el caserío Mel, se considera de **Peligro Alto** ante deslizamientos; mientras que, el caserío Churiaco es de **Peligro Alto** ante deslizamientos y flujos de detritos; a su vez el sector La Peca se considera de **peligro medio** ante flujos de detritos. Los peligros geológicos identificados podrían activarse ante lluvias intensas o extraordinarias.

Finalmente, se describen recomendaciones generales con el objetivo de mitigar el impacto de los peligros geológicos evaluados, estas medidas deben implementarse con el apoyo de autoridades locales y regionales. Se recomienda realizar la estabilización de laderas a través de medidas estructurales, además de estudios de evaluación de riesgos (EVAR).

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, institución técnico-científica que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) por medio del “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de La Peca, según OFICIO N° 371-2023/MDLP/DCC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “deslizamientos recientes y antiguos”, los cuales afectaron viviendas, vías de acceso, canales de riego, terrenos de cultivo y la pérdida de una vida humana.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Cristhian Chiroque, Luis León y Elvis Alcántara para realizar la evaluación de peligros geológicos, los trabajos de campo estuvieron acompañados por autoridades locales de los caseríos mencionados.

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

El informe que se pone a consideración de la Municipalidad distrital La Peca, Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Amazonas e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca, procesos geodinámicos que afectaron terrenos de cultivo, viviendas y vías de acceso.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados en la zona.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A. Boletín N° 39, serie C: Riesgos Geológicos en la Región Amazonas, realizado por (Medina, et al. 2009); muestra el inventario de peligros geológicos en la región Amazonas; además de la elaboración del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000, mediante la superposición de capas o mapas de factores condicionantes como la litología y las pendientes, mediante un geoprocesamiento en GIS (Tabla 1 y figura 1). En el mapa se muestra que, los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca tienen una susceptibilidad muy alta a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa. En la zona evaluada afloran secuencias de lutitas y calizas muy fracturadas con intercalación de lutitas muy fracturadas e intensamente meteorizadas.

Tabla 1. Niveles de susceptibilidad a movimientos en masa.

GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA		
GRADO	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
MUY ALTA SUSCEPTIBILIDAD	Principalmente áreas donde ocurrieron deslizamientos y erosión de laderas (cárcavas) en el pasado. Actualmente presentan reactivaciones de antiguos eventos por la modificación de sus taludes. Estos eventos son más recurrentes donde el sustrato rocoso es de mala calidad, conformado por rocas metamórficas (esquistos, pizarra y filita), sedimentarias (limolita, limoarcillita, arenisca, conglomerado y yeso) y depósitos de vertientes (coluvio-deluviales), las laderas tienen pendientes entre 25° y 45°, morfología con laderas estructurales de alta pendiente, colinas estructurales altas, piedemontes (detritos de vertiente, depósitos de deslizamiento antiguo, abanicos deluvio-coluviales). Estos terrenos presentan cobertura vegetal escasa o deforestada y áreas intervenidas por la expansión urbana y rural. Su distribución mayor está sobre el macizo del Complejo del Marañón extendido con dirección NO-SE, desde el distrito de Balsas hasta Campo Redondo.	En lo posible evitar el desarrollo de todo tipo de infraestructura. En conclusión, son zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa.
ALTA SUSCEPTIBILIDAD	Corresponden a las zonas donde el sustrato rocoso está compuesto por secuencias de limolita, limoarcillita, arenisca semicompactas, lutita, tufo volcánico; morfología de montaña de moderada y fuerte pendiente. Los terrenos presentan pendientes que varían entre 15° y 25°, en algunos casos hasta 45°. Son zonas donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes (ejemplo: carretera Naranjitos — Pedro Ruiz y Pedro Ruiz - Chachapoyas).	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana, o de instalaciones destinadas a una alta concentración de personas. En el caso de proyectos de infraestructura vial, líneas de energía, minera, etc., se deberán realizar estudios geotécnicos de detalle.

- B. Boletín N° 56, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. Hojas: 12-g, 12-h, 13-g, 13-h, 13-i, 14-h y 15-h (1995).
El área de evaluación se ubica en el centro del cuadrángulo de Bagua Grande, hoja 12-g a escala 1: 100 000 que abarca gran parte del distrito de La Peca. En la zona de evaluación afloran calizas, lutitas, limolitas que limitan al sur con lutitas y limolitas grises a verde, con intercalaciones de caliza delgadas de color gris de las formaciones Cajamarca y Celendín respectivamente. Hacia el suroeste de la zona

evaluada afloran areniscas intercaladas con lutitas, margas y limolitas, además de microconglomerados. Conglomerados y areniscas conglomerádicas en contacto con margas, lutitas y limolitas intercaladas con areniscas rojas, además, niveles blanquecinos de areniscas y limolitas de la Formaciones Fundo El Triunfo/Rentema y Sambimera Inferior.

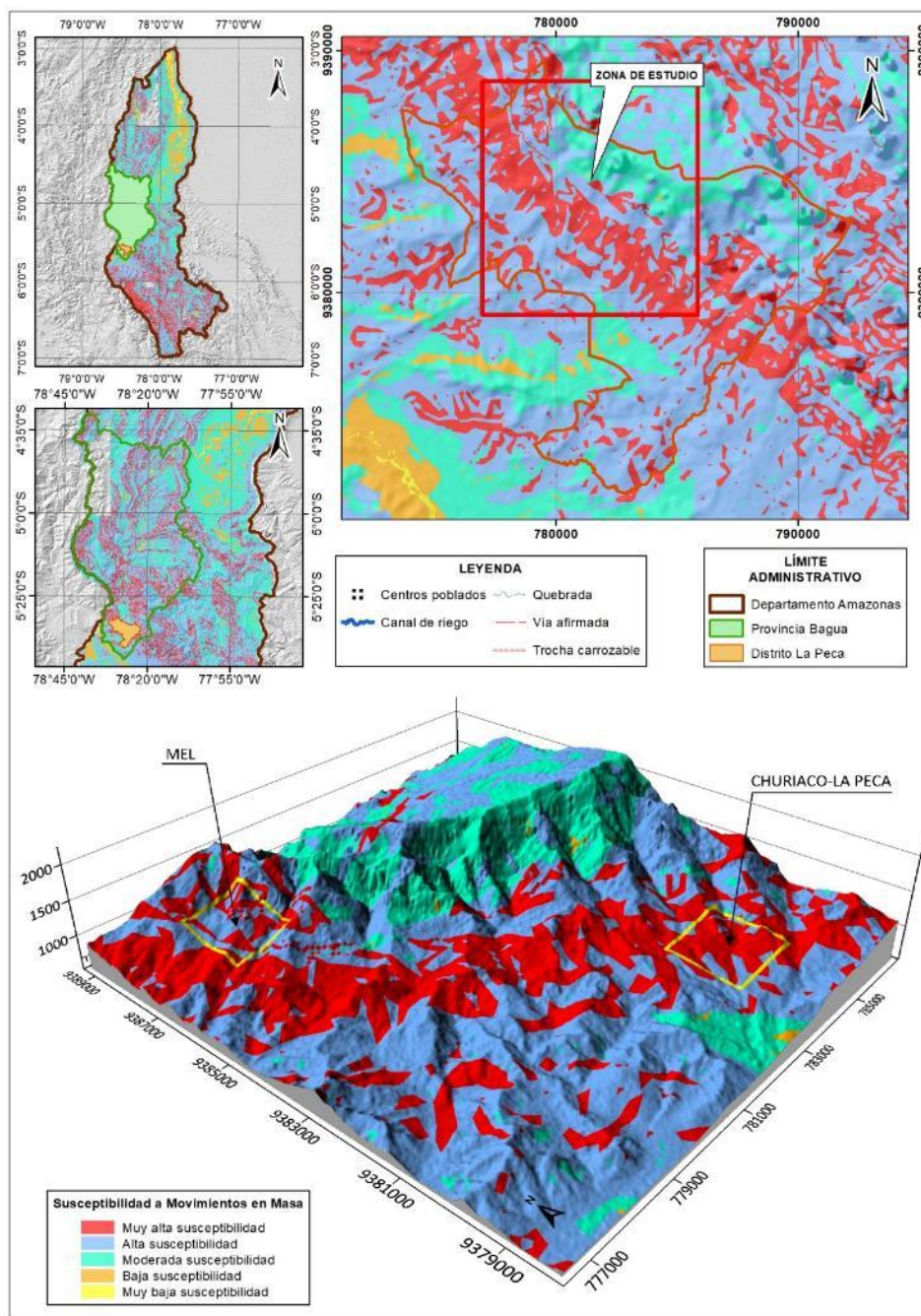


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000 de la zona de evaluación (Adaptado de Medina, et al. 2009).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Las áreas de evaluación se realizaron en los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca, pertenecientes al distrito La Peca, provincia Bagua y departamento Amazonas (figura 2); ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) (tabla 2):

Tabla 2. Coordenadas del área de evaluación

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 17S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	777963	9388275	5° 31' 44.359" S	78° 29' 28.360" W
2	784905	9388275	5° 31' 43.394" S	78° 29' 28.360" W
3	784905	9379431	5° 36' 31.126" S	78° 25' 41.699" W
4	777963	9379431	5° 36' 32.106" S	78° 29' 27.139" W
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Mel	778787	9387974	5° 31' 54.029" S	78° 29' 1.537" W
Churiaco	784213	9380467	5° 35' 57.520" S	78° 26' 4.319" W

1.3.2. Accesibilidad

Se accede por vía terrestres desde la ciudad de Cajamarca mediante la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Rutas y accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chota	Asfaltada	145	3 h 40 min
Chota – Cutervo	Asfaltada	66	2 h
Cutervo – Bagua	Asfaltada	137	3 h 15 min
Bagua – La Peca	Asfaltada	17.5	40 min
La Peca – Mel	Trocha Carrozable	10	30 in

1.3.3. Población

Según el Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígena, los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca tienen un total de 100 viviendas (Cuadro 02). El caserío Mel tiene un total de 33 viviendas con alrededor de 33 familias que podrían verse afectadas ante la activación de los deslizamientos identificados; el caserío Churiado tiene un total de 3 viviendas

distribuidas en laderas en donde 4 familias se ubican en riesgo por los peligros geológicos identificados (INEI, 2017):

DEPARTAMENTO DE AMAZONAS								
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
			Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
010206	DISTRITO LA PECA		6 260	3 223	3 037	2 151	2 048	103
0001	LA PECA	892	3 081	1 541	1 540	1 015	952	63
0005	MEL	1 010	103	52	51	33	32	1
0019	NUEVA FLORIDA	908	174	86	88	68	60	8
0032	CHURIACO	926	4	2	2	3	3	-

1/ Comprende viviendas con personas presentes, viviendas con personas ausentes y viviendas de uso ocasional.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

Cuadro 02. Población y viviendas de los sectores evaluados en el distrito de El Faique y los sectores evaluados (INEI, 2017).

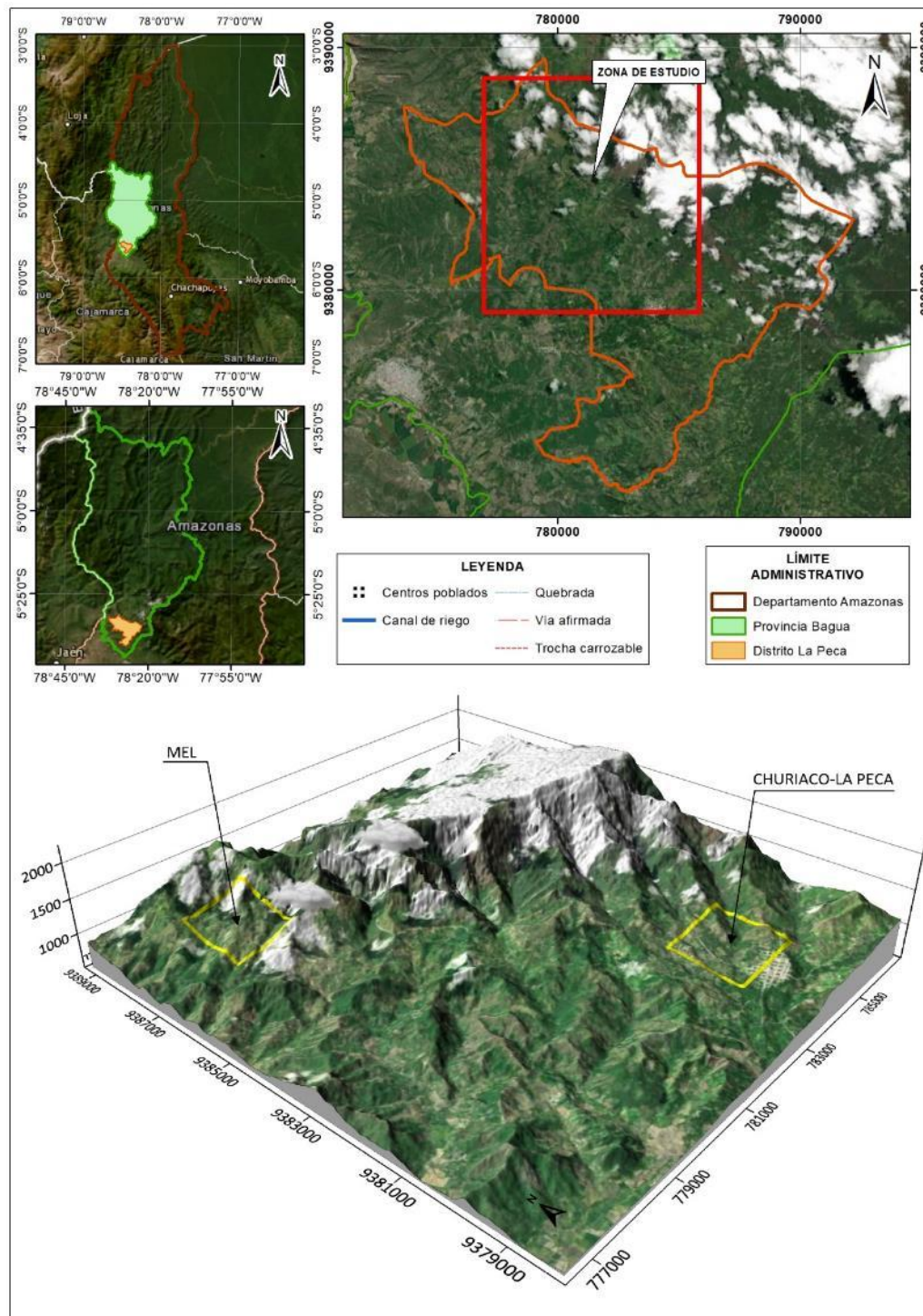


Figura 2. Ubicación de los caseríos Mel y Churiaco-La Peca.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

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

Buzamiento: Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

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

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

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

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

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.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa,

socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

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

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

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

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

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

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

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

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

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

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

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

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

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

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis ingeniero - geológico realizado de los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca, se desarrolló en base a la información recolectada en campo y al análisis del cuadrángulo geológico de Bagua Grande – Hoja 12-g-IV a escala 1:50 000. Se describen secuencias conformadas por calizas color beige, calizas grises parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas que se muestran el Anexo como Mapa 1.

3.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio (figura 8):

3.1.1. Formación Pulluicana/Quilquiñan (KsP-ft/re)

Está conformada por secuencias indiferenciadas de calizas beige, calizas grises, calizas margosas en estratos de 1 a 2 m. Se extienden en las inmediaciones del caserío Mel en una franja noroeste sureste, desde el caserío Espital, Mel, San Isidro, Yacupe, La Palma y Paraíso. Estas secuencias se encuentran fuertemente fracturadas y altamente meteorizadas que afloran al centro y norte del área de estudio (figura 3).

3.1.2. Formación Chulec (Ki-ch)

Estos afloramientos están conformados por calizas intercaladas con lutitas y margas. Las secuencias se observan en forma de franjas con dirección suroeste a noreste continuando los contactos entre varias formaciones de naturaleza sedimentaria y arcillosa, además de poco competentes.

Las secuencias de las Formaciones Chulec y Pulluicana/Quilquiñan se encuentran en contacto y aportan sedimentos procedentes de la erosión de calizas y lutitas que se emplazan en las laderas donde se han identificado deslizamientos (figura 3).



Figura 3. Montañas y lomas con afloramientos de calizas con intercaladas con lutitas de las Formaciones Pulluicana/Quilquiñan y Chulec en las inmediaciones de caserío Mel.

3.1.3. Formación Cajamarca (Ki-c)

Son secuencia indiferenciada conformada por caliza beige, caliza gris parduscas, además de lutitas grises, limolitas gris verdosas y calizas margosas. Estas secuencias se encuentran fuertemente fracturados e intensamente meteorizados, con filtraciones de agua evidenciadas en surgencias de agua ladera abajo.

3.1.4. Formación Celendín (Ks-ce)

Estos afloramientos están conformados por lutitas y limolitas gris a verde, a veces se encuentran abigarradas, con intercalaciones de caliza delgadas grises. Estos afloramientos se observan en forma de franjas con dirección sureste a noroeste, ubicadas 1 km al suroeste el área urbana del caserío Mel. La Formación Celendín se encuentra en contacto con la Formación Cajamarca por medio de una falla inversa inferida (figura 4).



Figura 4. Calizas, lutitas y limolitas de las Formaciones Cajamarca y Celendín.

3.1.5. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son acumulaciones sucesivas y alternadas de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones ubicadas al pie de taludes escarpados y están conformados por fragmentos de rocas de formas angulosos y heterométricos, de naturaleza litológica homogénea. Conforman taludes de reposo poco estables; dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, etc. (figura 5).

En la zona de evaluación este tipo de depósito se distribuyen en las inmediaciones de los tres caseríos evaluados, al norte y sur del caserío Mel y entre los caseríos Nueva Florida, La Peca y Churiaco.



Figura 5. Vista de los depósitos coluvio deluviales del caserío Churiaco.

Depósito coluvial (Q-co)

Son depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas, como material de escombros no consolidados, heterométricos constituidos por bolos (10%), cantos (20%), gravas (10%), gránulos (35%) de formas subangulosas a angulosas; además de arenas (25%). (figura 6).



Figura 6. Vista de los depósitos coluviales originadas por el deslizamiento en el CP. Churiaco.

Depósitos proluviales (Q-pl)

Estos depósitos están compuestos por fragmentos rocosos polimícticos y heterométricos (bloques, gravas y arenas) soportados en matriz areno-limosa, que han sido depositados en forma de chorreras a lo largo de la quebrada La Peca-Churiaco. Estos materiales están asociados directamente a las ocurrencias de flujos de detritos o huaicos (figura 7).



Figura 7. Depósitos proluviales originadas por el deslizamiento en el caserío Churiaco.

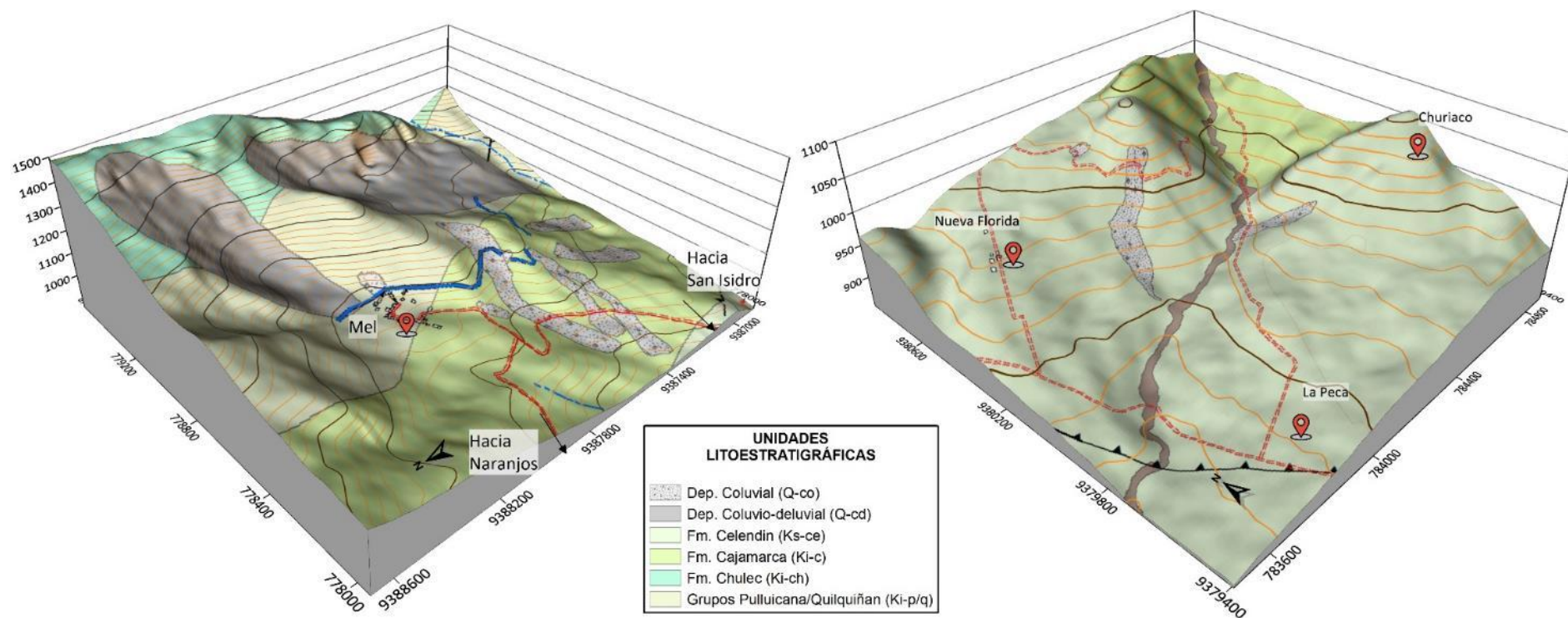


Figura 8. Afloramientos de rocas identificadas en la zona de evaluación.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Se realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de elevaciones, pendientes y ortofoto con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel, esta información se complementó con un MDT extraído del servicio ALOS PALSAR de 12.5 m/pix. Además, se realizó la revisión de imágenes satelitales y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

El área evaluada del caserío Mel se ubica sobre elevaciones que van de 840 m s.n.m. hasta 1506 m s.n.m., las viviendas se ubican entre 1010 m y 1030 m de altitud. Los peligros geológicos como los deslizamientos antiguos o recientes se distribuyen sobre una ladera con elevaciones entre 1450 m s.n.m. y 890 m s.n.m., en la zona de arranque y pie de las zonas de piedemonte coluvio-deluvial (figura 9). En las laderas se desarrolla actividad agrícola irrigada por canales de riego sin revestir, se identificaron acequias, en la parte superior o corona de los derrumbes y deslizamientos.

Los caseríos Churiaco, y La Peca se ubican sobre elevaciones entre 853 m s.n.m. y 1071 m s.n.m., las viviendas se distribuyen en las partes bajas desde 950 m de altitud hasta los piedemontes donde se emplazan los deslizamientos y flujos que descienden desde las cabeceras de montañas.

4.2. Pendientes del terreno

Los relieves con pendientes escarpadas pueden condicionar la ocurrencia de movimientos en masa y controlar el modelamiento de las geoformas que conforman el relieve actual. En ese sentido, se elaboró el mapa de pendientes para identificar zonas de aporte y recepción de materiales provenientes de deslizamientos y que condicionan los peligros geológicos recientes. Para el análisis, el mapa de pendientes fue rasterizado y luego reclasificado para el cálculo de áreas, expresado en porcentaje por cada rango de pendiente.

El área de evaluación del caserío Mel abarcó un total de 293 ha, donde se determinó que, las laderas con pendientes llanas a suavemente inclinadas (0° - 5°) solo abarcan el 2% (6 ha), en estos rangos se ubican viviendas y se desarrollan actividades agrícolas. Los relieves con pendientes moderadas a fuertes (5° – 25°) alcanzan un 67% del área total con 196 ha, donde se ubican los deslizamientos formando piedemontes coluvio-deluviales. Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas (25° < 90°) abarcan la mayor parte del área de estudio 31% (91 %), relieves distribuidos en montañas, lomadas y colinas donde se ubican los movimientos en masa identificados (figura 10).

En los caseríos Churiaco y La Peca se abarcó un total de 200 ha, donde se determinó que, las laderas con pendientes llanas a suavemente inclinadas (0° - 5°) solo abarcan el 16% (31 ha), en estos rangos se ubican viviendas y se desarrollan actividades agrícolas. Los relieves con pendientes moderadas a fuertes (5° – 25°) alcanzan un 81% del área total con 162 ha, donde se ubican los deslizamientos formando piedemontes coluvio-deluviales. Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas (25° - 90°) abarcan la mayor parte del área de estudio 4% (7 %) relieves distribuidos en montañas, lomadas y colinas (figura 10).

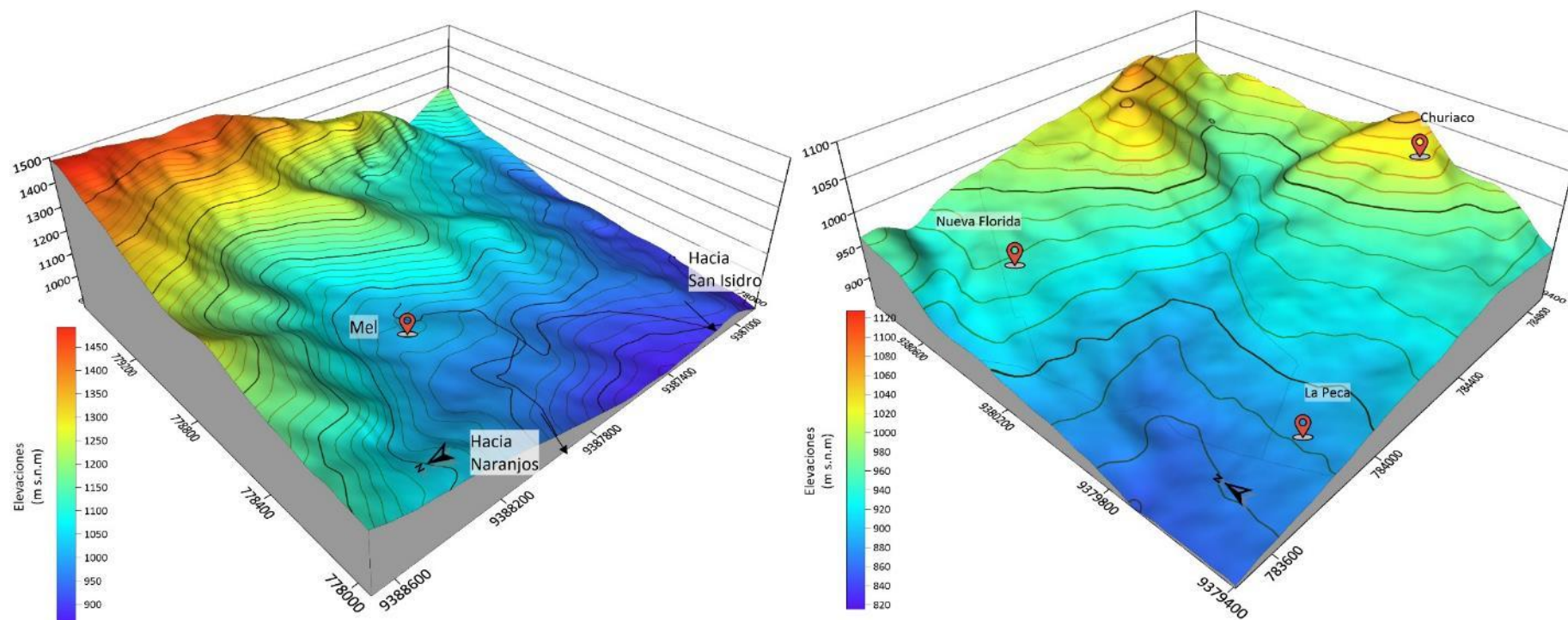


Figura 9. Modelo digital de elevaciones en los caseríos Mel y Churiaco y el centro poblado La Peca.

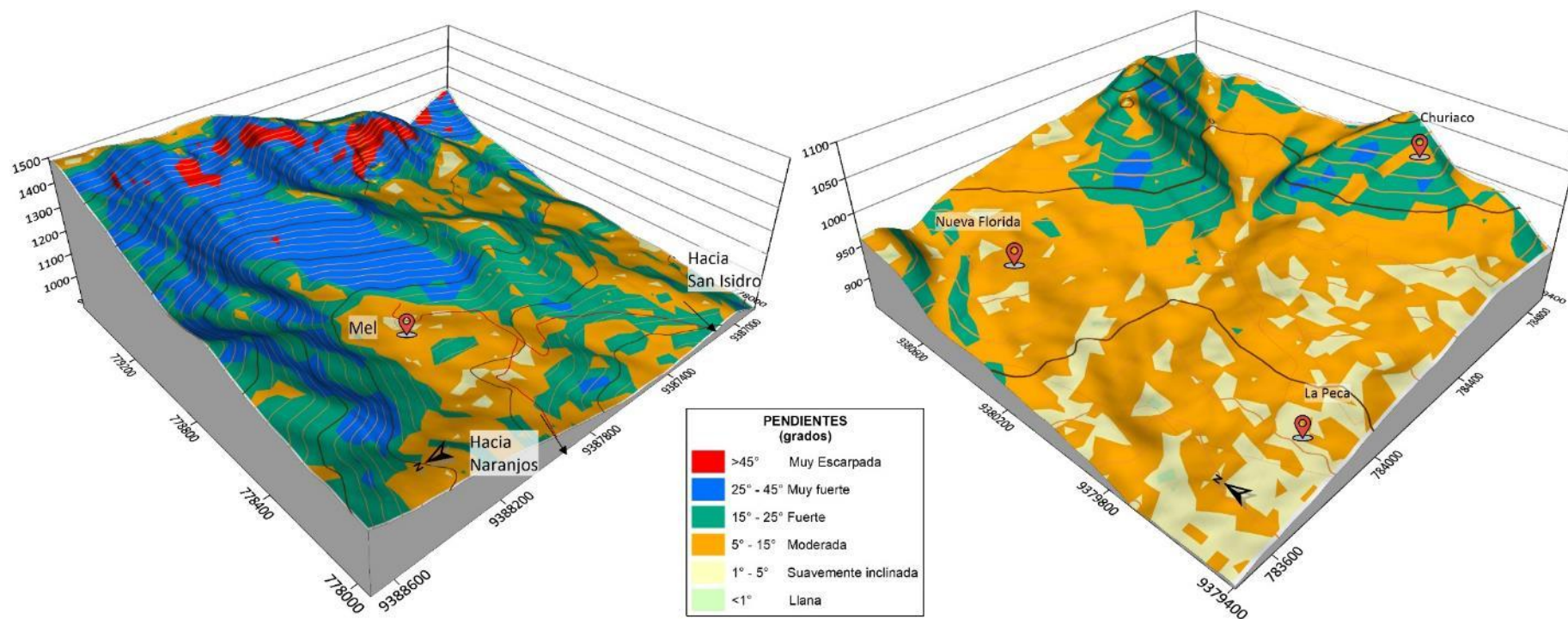


Figura 10. Pendientes en los caseríos Mel, Churiaco y el centro poblado La Peca.

4.3. Unidades geomorfológicas

En el área de estudio se han identificado montañas estructurales en roca sedimentaria, así como colinas y lomadas de la misma naturaleza; propio de la dinámica de la zona se delimitaron vertientes o piedemontes coluvio-deluviales y vertientes con depósito de deslizamientos. A continuación, se mencionan las principales unidades y subunidades geomorfológicas identificadas y que conforman el relieve en la zona de estudio (Anexo 1: Mapa 2, figura 16).

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 del relieve, a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

4.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad que se eleva por sobre el relieve natural donde la cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas se emplazan hacia pendientes con un declive promedio superior al 30%.

Subunidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs): Esta unidad geomorfológica se distribuye ampliamente en las inmediaciones del caserío Mel y al norte y noreste de los caseríos Nueva Florida, Churiaco y La Peca, están conformados por calizas con intercalaciones de lutitas negras que modelan relieves con pendientes fuertes a muy escarpadas. Las montañas se distribuyen en gran parte del área de evaluación, conforman relieves que alcanzan hasta los 1580 m s.n.m hacia el este (fotografía 1).



Fotografía 1. Montaña estructural en roca sedimentaria en las inmediaciones del caserío Mel.

Subunidad de colina estructural en roca sedimentaria (RCE-rs): Se distribuye a 1.5 km al sur y suroeste del caserío Mel y 500 m al suroeste de los caseríos Nueva Florida, Churiaco y La Peca, están conformados por areniscas intercaladas con lutitas, margas y limolitas que modelan relieves con pendientes moderadas. Las colinas se distribuyen hacia la parte más baja de las zonas evaluadas alcanzando elevaciones entre 810 m y 1050 m de altitud (figura 12).

Subunidad de lomada en roca sedimentaria (RL-rs): Se distribuye ampliamente a 300 m al oeste y suroeste del caserío Mel y en las inmediaciones de los caseríos Nueva Florida Churiaco y la Peca, están conformados por lutitas y limolitas gris a verde con intercalaciones de caliza grises que modelan relieves con pendientes moderas a fuertes (figura 11).



Figura 11. Colinas y lomadas en roca sedimentaria en las inmediaciones del caserío Mel.

4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Las geoformas de carácter depositacional y agradacional son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos. Estos tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

4.3.2.1. 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): Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluvio-gravitacionales), presentan pendientes moderadas a fuertes (5°-25°). Este tipo de

depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos (figura 12).



Figura 12. Vertiente o piedemonte coluvio deluvial al este del caserío Mel (línea discontinua blanca), donde se desarrollan deslizamientos recientes (línea discontinua amarilla).

Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados debido al deslizamiento, modifican localmente la forma de las laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas. El deslizamiento ocurrido el 23 de marzo, transportó gran cantidad de materiales conformados por bolos, cantos y gravas en una matriz arenosa que alcanzó 270 m de largo (figuras 13 y 15).

Subunidad vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Se encuentra posicionada al pie de estribaciones andinas o sistemas montañosos y se encuentra ligeramente inclinada y extendida. Está conformada por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales o excepcionales, que pueden formar abanicos (Vílchez et al., 2019). En el área de evaluación, esta subunidad se distribuye hacia el área urbana del centro poblado Yacupe desde los 915 hasta 840 m de altitud (figuras 14 y 15).



Figura 13. Vertiente con depósito de deslizamiento en el caserío Churiaco.



Figura 14. Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial en el caserío La Peca.

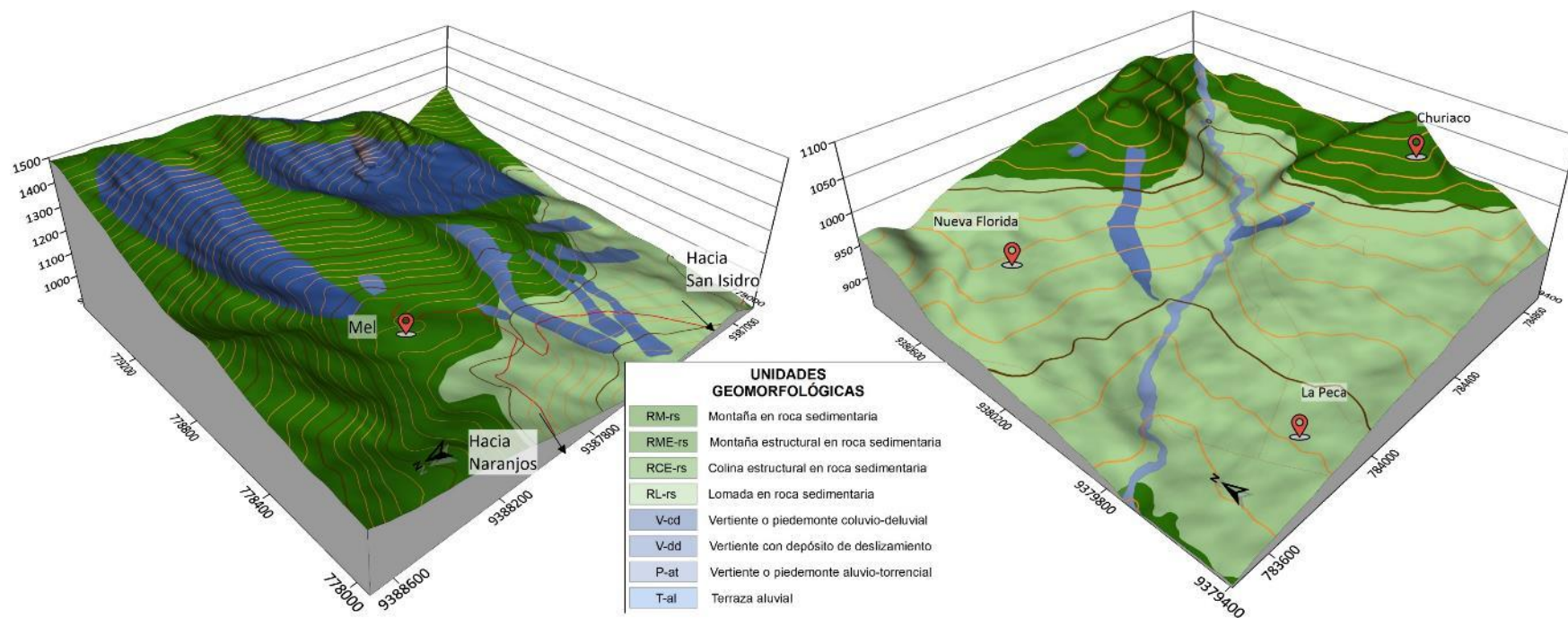


Figura 15. Unidades geomorfológicas delimitadas en los caseríos Mel, Churiaco y el centro poblado La Peca.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los principales peligros geológicos identificados en los caseríos Mel, Churiaco y el centro poblado La Peca, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos y flujos de detritos (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, condicionado por afloramientos de rocas incompetentes, sedimentos poco consolidados y susceptibles a la generación de movimientos en masa (Anexo 1: Mapa 3).

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Mel

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el caserío Mel, se realizaron trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica basada en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas y fotogrametría con drone.

En las inmediaciones del caserío Mel se identificaron deslizamientos rotacionales antiguos o también llamados inactivos relictos (DR-ir) y deslizamientos de tipo rotacional activos (DR-a) los cuales se describen a continuación:

5.1.1. Deslizamientos inactivos relictos (DR-ir)

En el caserío Mel se cartografiaron tres deslizamientos antiguos que se evidencian a través de escarpes antiguos, depósitos coluvio-deluviales, superficies onduladas, entre otros. Estas zonas modelaron superficies donde en la actualidad se desarrollan actividades agrícolas y existen asentamiento de áreas urbana. A continuación, se describen los deslizamientos antiguos identificados:

Características visuales del deslizamiento inactivo relictos DR-irM1:

A continuación, se describen sus principales características (figura 16):

- Forma de corona: Semicircular.
- Escarpe (forma): irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 650 m de largo
- Área: 23 ha
- Volumen: 575 000 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (15%), grava (25%), arenas y arcillas (50%).
- Distancia recorrida: 0.85 km.

Características visuales del deslizamiento inactivo relictos DR-irM2:

A continuación, se describen las principales características (figura 16):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 2.00 m.
- Longitud: 750 m de largo
- Área: 46 ha
- Volumen: 920 000 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (20%), grava (25%), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 1.1 km.

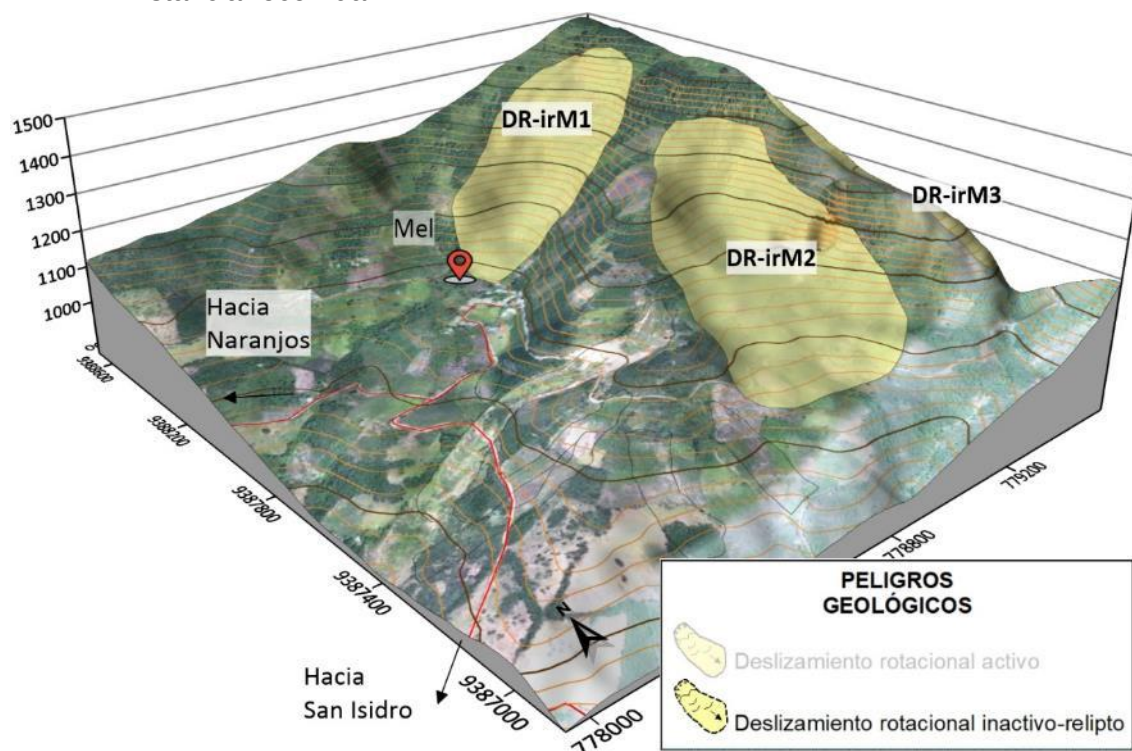


Figura 16. Deslizamientos de tipo rotacional en estado inactivos relictos en el caserío Mel.

Características visuales del deslizamiento inactivo relictos DR-irM3:

A continuación, se describen las principales características:

- Forma de corona: Semicircular-alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 540 m de largo
- Área: 21 ha
- Volumen: 493 000 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (25%), grava (25%), arenas y arcillas (40%).

- Distancia recorrida: 750 m.

5.1.2. Deslizamiento rotacional activos (DR-a)

En el caserío Mel se identificaron siete deslizamientos de tipo rotacional activos que se desarrollan sobre sedimentos de naturaleza arcillosa conformada por calizas beige a gris parduscas, además de lutitas, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas con coberturas coluvio-deluviales y coluviales.

A continuación, se describen los deslizamientos identificados durante los trabajos de campo (figura 17):

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aM1:

A continuación, se describen sus principales características (figura 17):

- Forma de corona: Semicircular-alargada.
- Escarpe (forma): regular (Figuras 18)
- Altura: 0.25 – 0.50 m.
- Longitud: 80 m de largo
- Área: 0.4 ha
- Volumen: 11 227 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (25%), grava (20%), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 100 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aM2:

A continuación, se describen sus principales características (figura 19):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 110 m de largo
- Área: 0.4 ha
- Volumen: 12 854 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (25%), grava (25%), arenas y arcillas (40%).
- Distancia recorrida: 130 m.

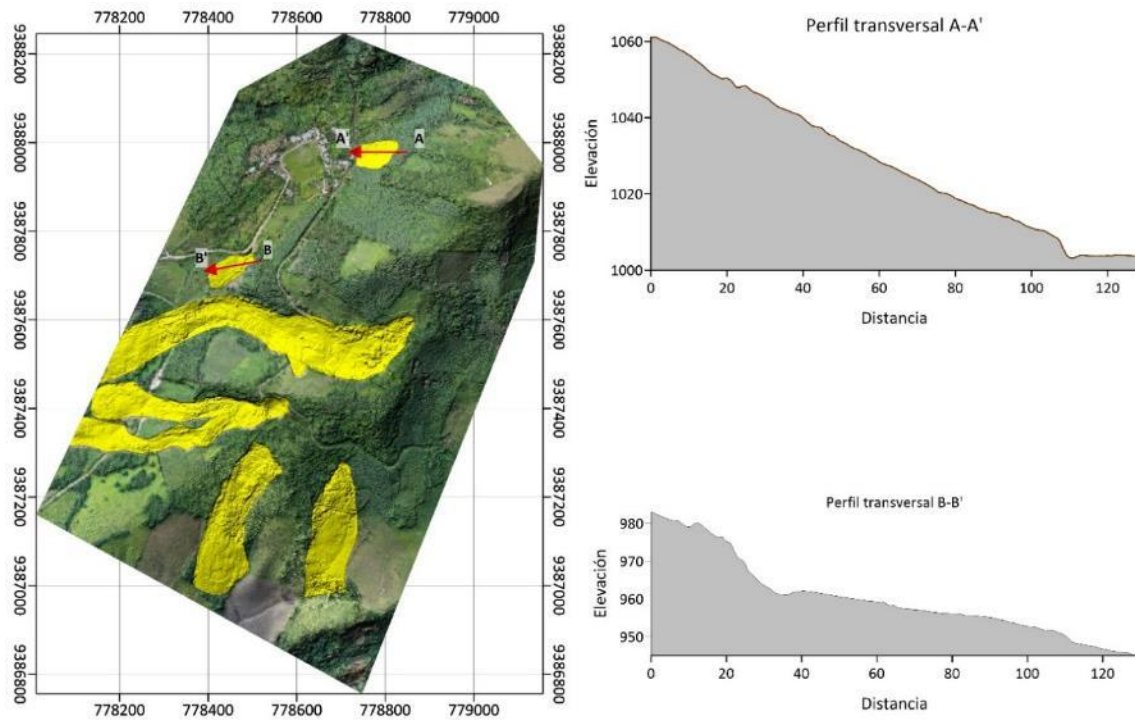


Figura 17. Deslizamientos de tipo rotacional activos DR-aM1 y 2 a pocos metros del caserío Mel.



Figura 18. Escarpe de deslizamientos rotacional activo DR-aM1 en el caserío Mel.



Figura 19. Escarpe de deslizamientos rotacional activo DR-aM2 en el caserío Mel.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aM3:

A continuación, se describen sus principales características (figuras 21 y 22):

- Forma de corona: Semicircular-alargada.
- Escarpe (forma): Regular.
- Altura: 0.25 – 0.50 m.
- Longitud: 80 m de largo
- Área: 0.4 ha
- Volumen: 11 227 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (25%), grava (20%), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 100 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aM4:

A continuación, se describen sus principales características (figuras 21 y 22):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 110 m de largo
- Área: 0.4 ha
- Volumen: 12 854 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (25%), grava (25%), arenas y arcillas (40%).
- Distancia recorrida: 130 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo DR-aM5:

A continuación, se describen sus principales características (figura 20 y 21):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 0.50 – 1.50 m.
- Longitud: 137 m de largo
- Área: 2.26 ha
- Volumen: 50 500 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (20%), grava (25%), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 402 m.

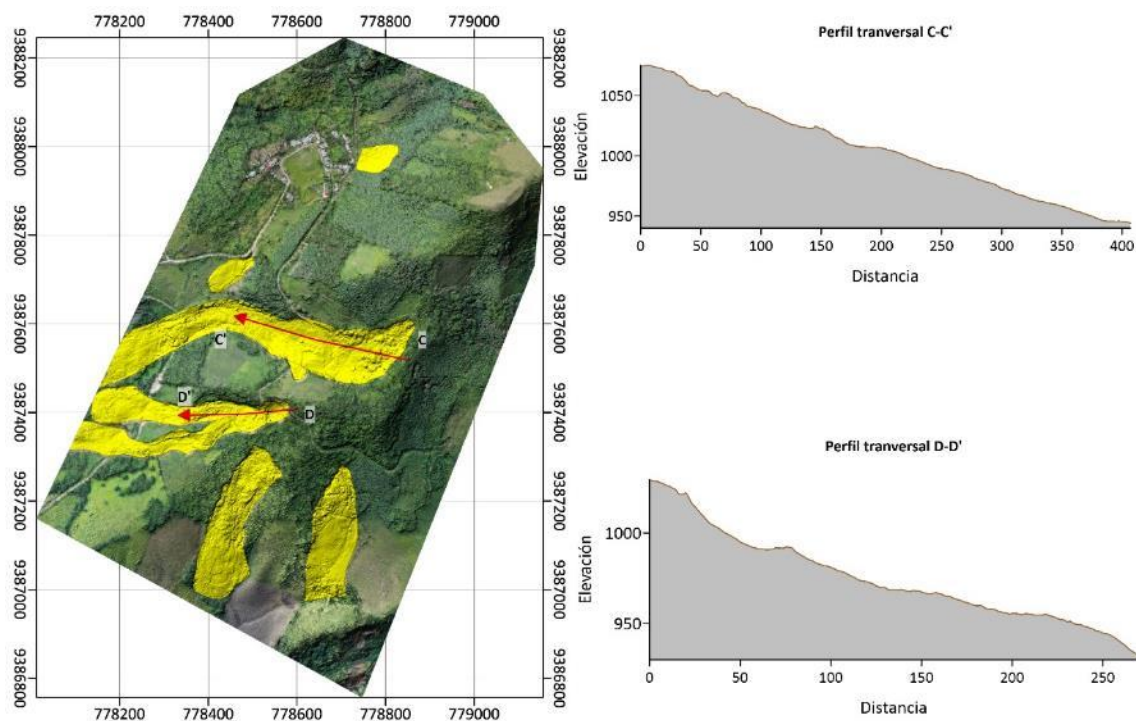


Figura 20. Deslizamientos de tipo rotacional activos DAR-M3 y M4 a pocos metros del caserío Mel.

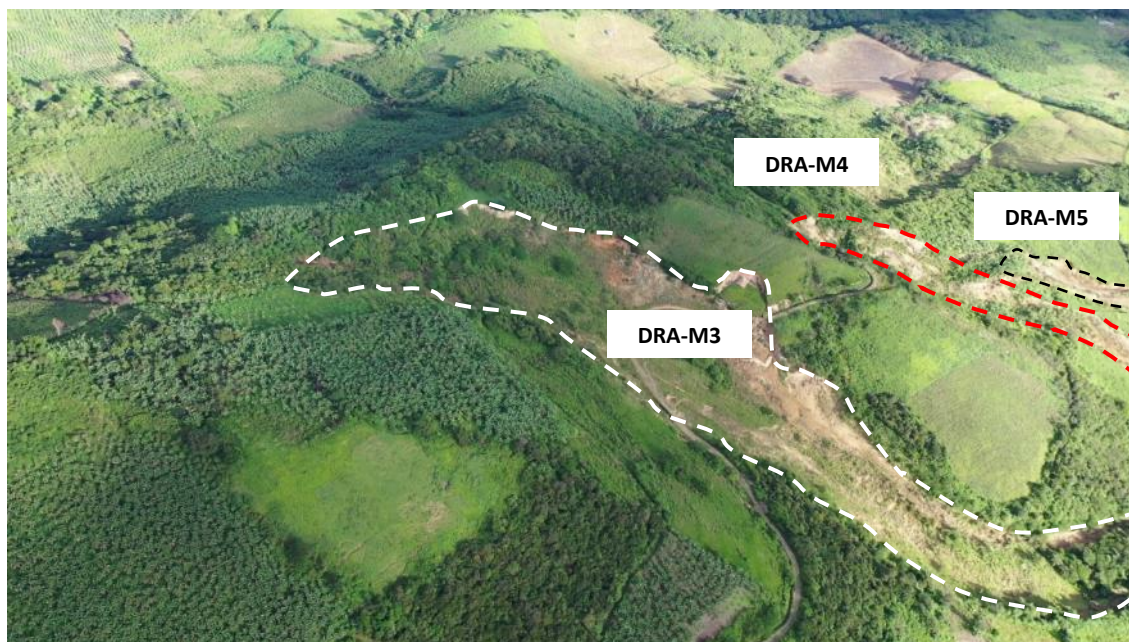


Figura 21. Deslizamientos rotacionales activos DR-aM3, aM4 y aM5 en el caserío Mel.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aM6:

A continuación, se describen sus principales características (figura 23):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 0.50 – 1.00 m.
- Longitud: 205 m de largo
- Área: 3.1 ha
- Volumen: 76 000 m³.
- Tamaño de material: Bloque (15%), canto (20%), grava (25%), arenas y arcillas (40%).
- Distancia recorrida: 365 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aM7:

A continuación, se describen sus principales características (figura 22):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 1.50 m.
- Longitud: 115 m de largo
- Área: 2.5 ha
- Volumen: 31 150 m³.

- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (20%), grava (25%), arenas y arcillas (50%).
- Distancia recorrida: 310 m.

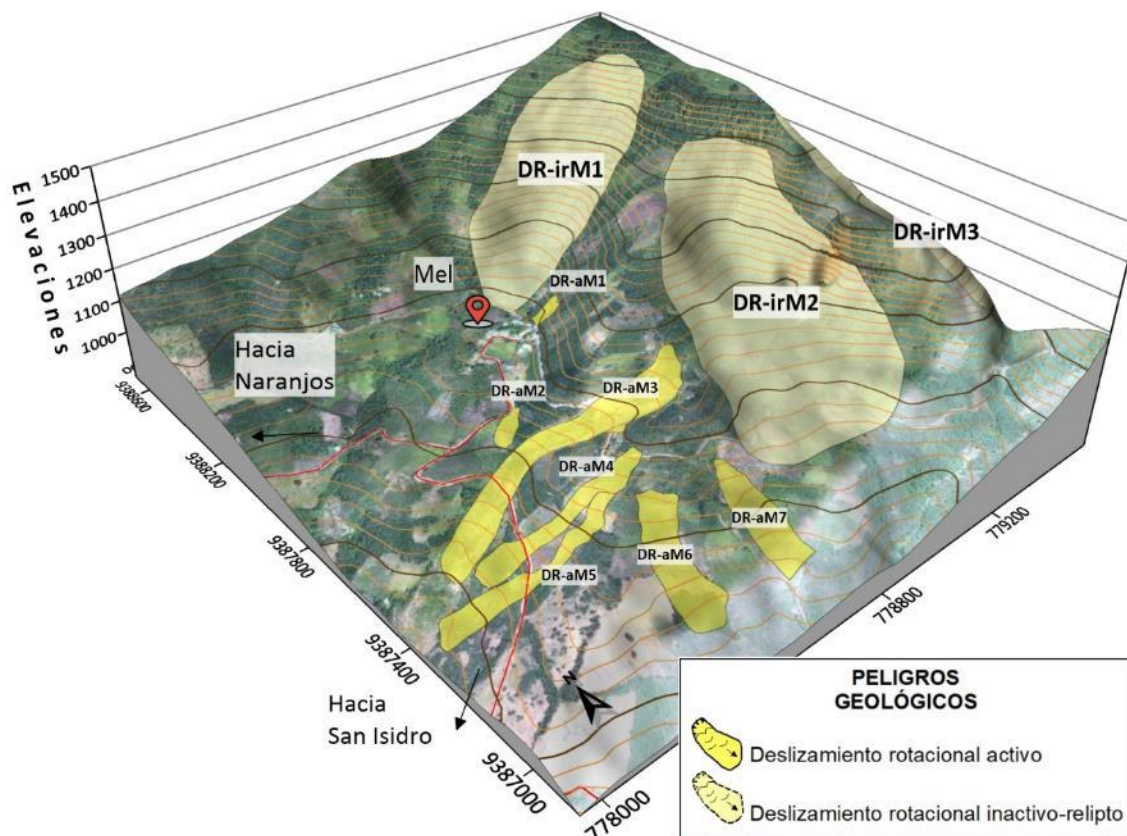


Figura 22. Peligros geológicos en el caserío Mel.

5.2. Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Churiaco y La Peca

Los eventos evaluados se distribuyen principalmente en el caserío Churiaco tanto de deslizamientos antiguos o también llamados inactivos relictos (DR-ir) y deslizamientos de tipo rotacional activos (DR-a) los cuales se describen a continuación:

5.2.1. Deslizamientos inactivos relictos (DR-ir)

En el caserío Churiaco se cartografiaron cuatro deslizamientos antiguos que se evidencian a través de escarpes antiguos, depósitos coluvio-deluviales, superficies onduladas, entre otros. Estas zonas modelaron superficies donde en la actualidad se desarrollan actividades agrícolas y existen asentamientos urbanos. A continuación, se describen los deslizamientos antiguos identificados:

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-irCH1:

A continuación, se describen sus principales características (figura 24):

- Forma de corona: Semicircular-alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 0.25 – 0.50 m.
- Longitud: 320 m de largo
- Área: 22 ha
- Volumen: 75 600 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (10%), grava (30%), arenas y arcillas (50%).
- Distancia recorrida: 855 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-irCH2:

A continuación, se describen las principales características (figura 24):

- Forma de corona: Parabólica.
- Escarpe (forma): Regular.
- Altura: 1.00 – 2.00 m.
- Longitud: 185 m de largo
- Área: 4.8 ha
- Volumen: 105 600 m³.
- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (20%), grava (30%), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 340 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-irCH3:

A continuación, se describen las principales características (figura 24):

- Forma de corona: Semicircular.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 2.00 m.
- Longitud: 170 m de largo
- Área: 7.6 ha
- Volumen: 15 300 m³.
- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (25%), grava (25%), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 272 m.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-irCH4:

A continuación, se describen las principales características (figura 23):

- Forma de corona: Parabólica.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 360 m de largo
- Área: 12 ha
- Volumen: 28 000 m³.
- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (20%), grava (25%), arenas y arcillas (50%).
- Distancia recorrida: 558 m.

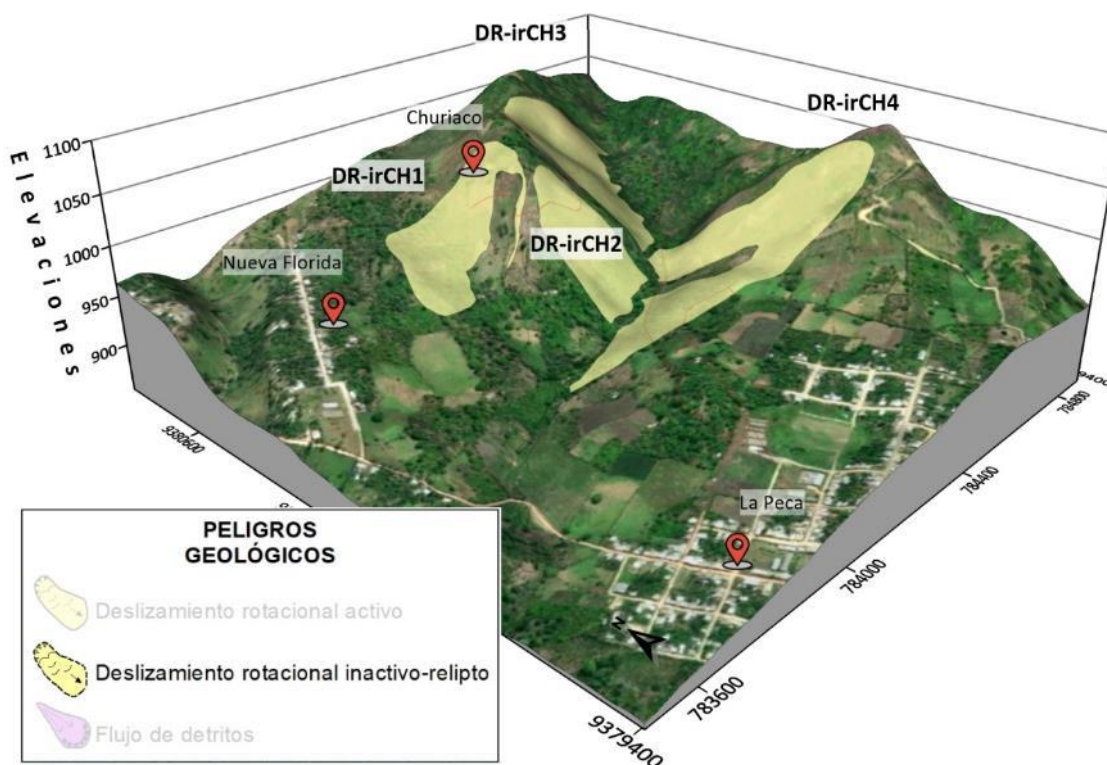


Figura 23. Deslizamientos inactivos relictos en el caserío Churiaco.

5.2.2. Deslizamiento rotacional activos (DR-a)

En el caserío Churiaco y Mel se identificaron tres deslizamientos de tipo rotacional activos que se desarrollan sobre sedimentos conformados por calizas beige a gris parduscas, además de lutitas, limolitas gris verdosas y calizas margosas, estas capas se encuentran muy meteorizadas y fracturadas.

A continuación, se describen los deslizamientos identificados durante los trabajos de campo (figura 26):

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aCH1:

A continuación, se describen sus principales características (figura 24):

- Forma de corona: Semicircular-alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 2.00 m.
- Longitud: 32 m de largo
- Área: 0.24 ha
- Volumen: 6 400 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (20%), grava (20%), arenas y arcillas (50%).
- Distancia recorrida: 60 m.

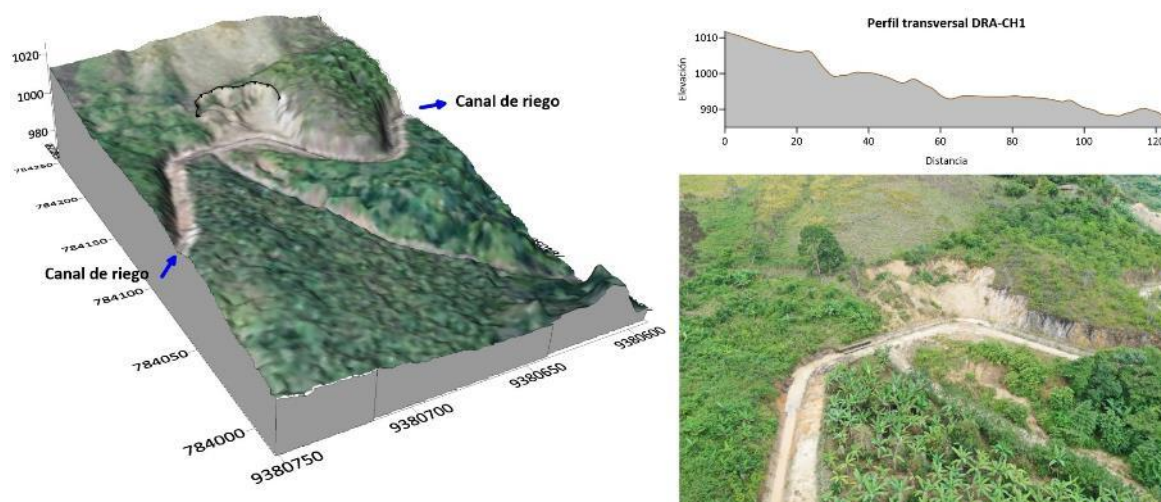


Figura 24. Deslizamientos de tipo rotacional activos DR-aCH1 a pocos metros del canal de riego Churiaco-La Peca.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aCH2:

A continuación, se describen sus principales características (figura 25):

- Forma de corona: Alargada.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 205 m de largo
- Área: 2.7 ha
- Volumen: 54 000 m³.
- Tamaño de material: Bloque (10%), canto (20%), grava (20%), arenas y arcillas (50%).
- Distancia recorrida: 420 m.

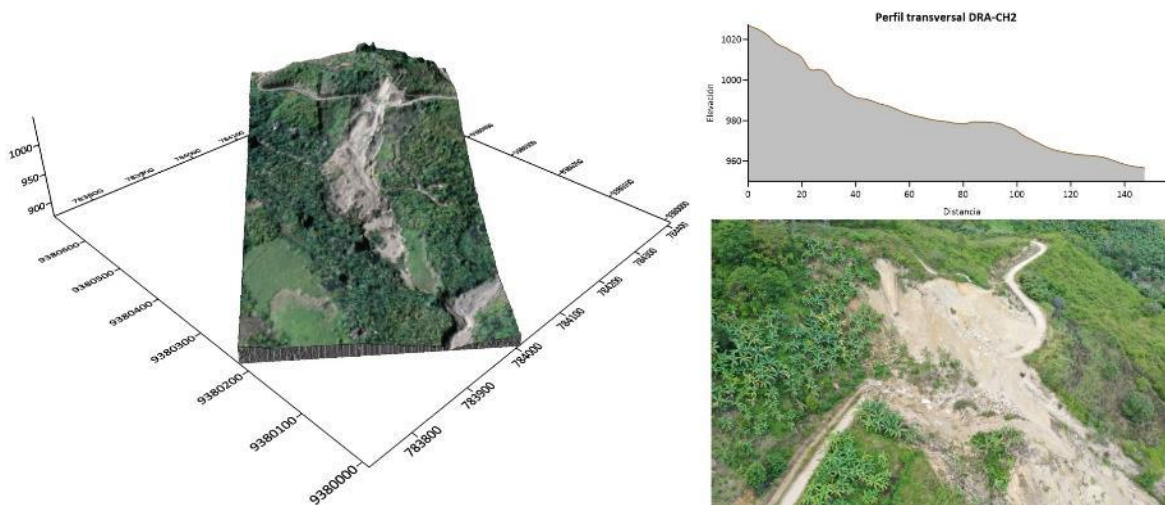


Figura 25. Deslizamiento DR-aCH2 en el caserío Churiaco-La Peca.

Características visuales del deslizamiento inactivo relicto DR-aCH3:

A continuación, se describen sus principales características:

- Forma de corona: Parabólica.
- Escarpe (forma): Irregular.
- Altura: 1.00 – 3.00 m.
- Longitud: 185 m de largo
- Área: 1.7 ha
- Volumen: 24 400 m³.
- Tamaño de material: Bloque (5%), canto (15%), grava (25), arenas y arcillas (55%).
- Distancia recorrida: 250 m.

5.2.3. Flujo de detritos (FD-aCH)

Los deslizamientos descritos en ambas márgenes de la quebrada transportan gran cantidad de materiales a través de las laderas hacia los cauces, provocando represamientos temporales. Estos materiales se sobresaturan y descienden a manera de flujos de detritos.

Características visuales de los eventos

A continuación, se describen las principales características visuales y geométricas del flujo de detritos identificado (fotografía 2).

- Forma de flujo: canalizado.
- Altura del depósito: 1.50 – 2.50 m.
- Área del depósito: 80 000 m².
- Volumen del depósito: 160 000 m³.

- Composición del depósito: Bloques (15%), cantos (20%), gravas (20), arenas y arcillas (45%).
- Distancia recorrida: 3.6 km.
- Obstrucción de vía: 50 m.



Fotografía 2. Flujo de detritos en la quebrada La Peca.

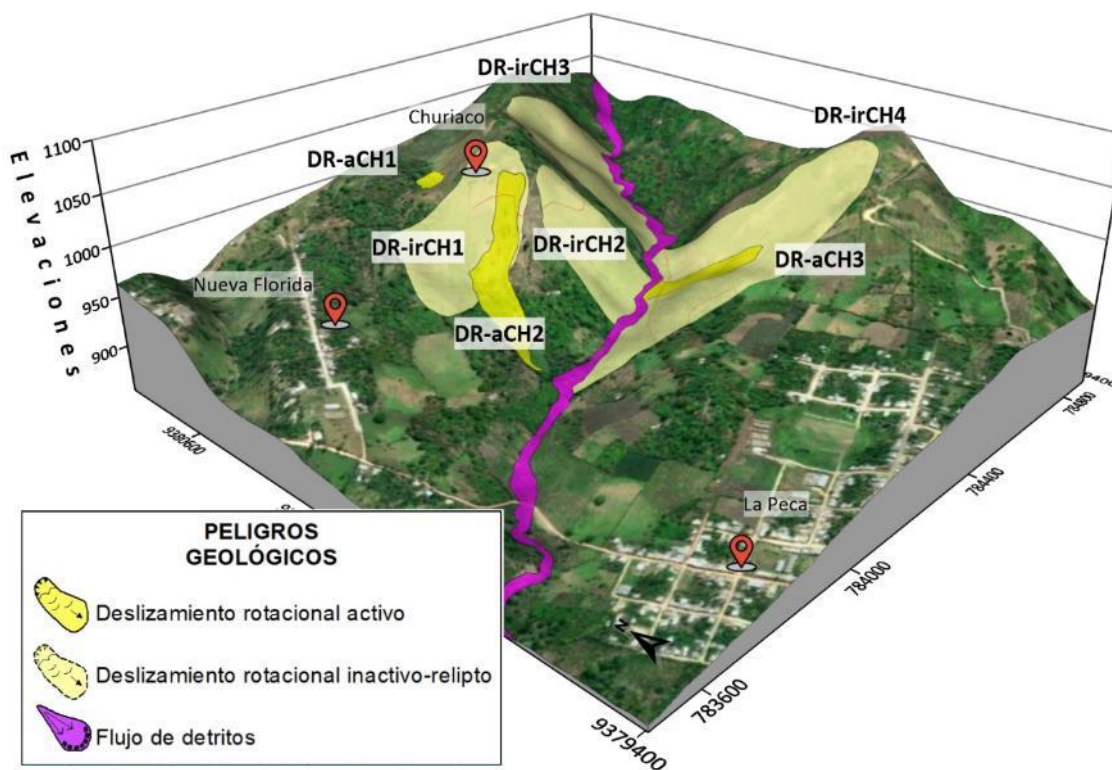


Figura 26. Peligros geológicos identificados en el caserío Churiaco-La Peca.

5.3. Factores condicionantes

5.3.1. Pendientes

El caserío Mel se asienta sobre montañas y lomadas en rocas sedimentarias configuran laderas con pendientes muy fuertes a muy escarpadas que abarcan el 43% del área de estudio (73 ha), mientras que, las pendientes moderadas alcanzan el 24% del total evaluado alrededor de 24 ha, por tanto, el 97% de las laderas donde se cartografiaron deslizamientos relictos (DR-ir) y deslizamientos recientes activos (DR-a), tienen pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa (colores naranja y azul) (figura 29).

Mientras que, el centro poblado Churiaco-La Peca se asienta sobre lomadas en rocas sedimentaria y piedemontes coluvio-deluviales que modelan relieves con pendientes moderadas a muy fuertes que abarcan el 87% del área de estudio (92 ha), mientras que, las pendientes moderadas alcanzan el 41% del total evaluado alrededor de 43 ha. Las pendientes llanas a suavemente inclinadas solo alcanzan 8%. Los deslizamientos relictos (DR-a) y deslizamientos recientes activos (DR-ir), se desarrollan relieves con pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa (colores naranja y azul) (figura 30).

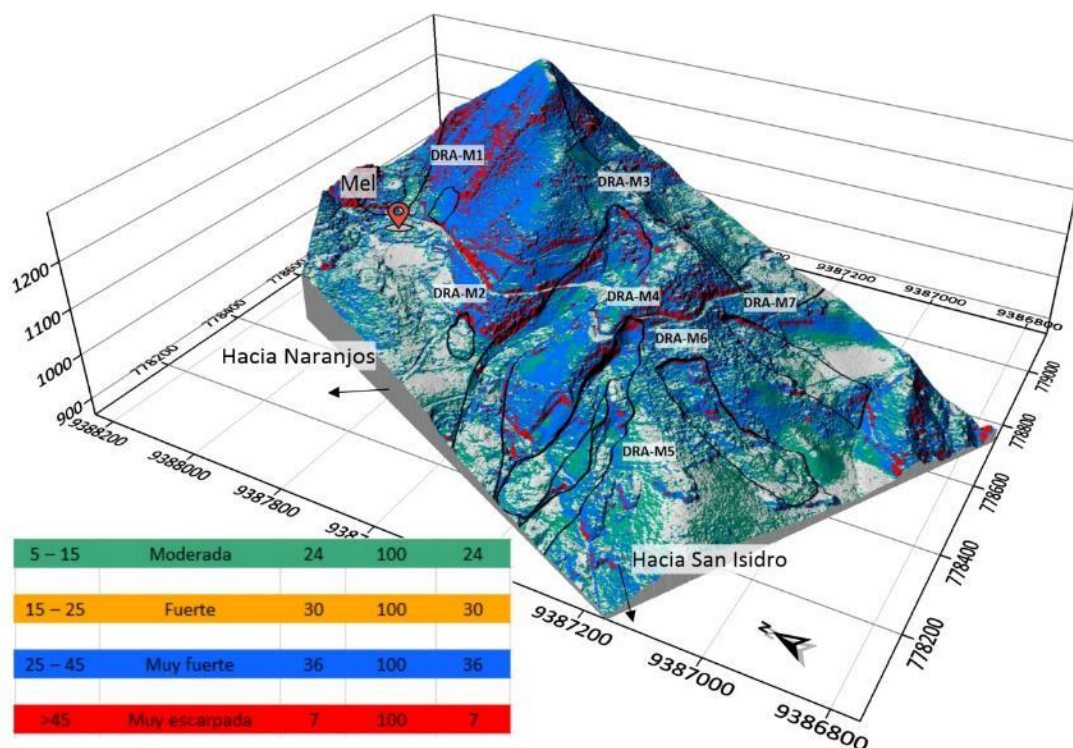


Figura 29. Rangos de pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa, en el caserío Mel

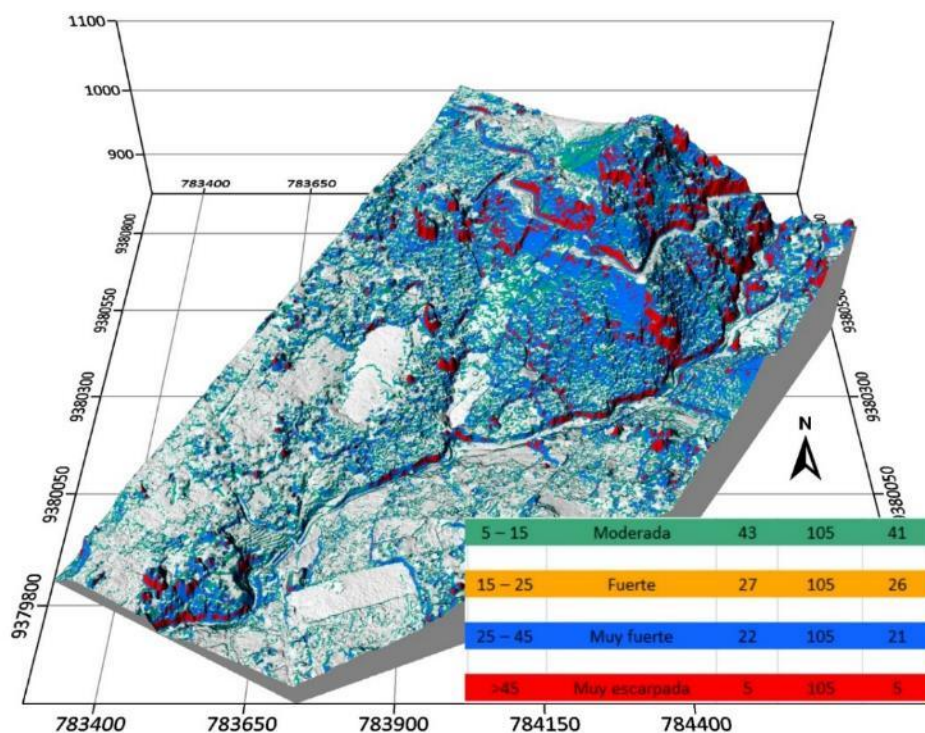


Figura 30. Rangos de pendientes que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa, en el caserío Chiriaco y sector La Peca

5.3.2. Litológico

En las inmediaciones del caserío Mel afloran calizas margosas con intercalaciones de lutitas, limolitas y margas de las formaciones Pulluicana (KsP-ft/re) y Chulec (Ki-ch), estas secuencias se encuentran cubiertas por depósitos coluvio-deluviales poco consolidados y medianamente saturados. Este tipo de rocas, tienen condiciones geomecánicas desfavorables, caracterizadas por el fuerte fracturamiento debido a la presencia de estructuras geológicas como pliegues y fallas regionales con dirección noroeste sureste.

En los cortes de ladera, se diferenciaron los grados de meteorización de acuerdo con la profundidad, las rocas más superficiales se encuentran moderadamente meteorizadas. El factor estructural también está influenciado por la presencia de sinclinal y buzamientos a favor de la pendiente en las laderas donde se identificaron los deslizamientos antiguos (fotografía 3 y 4).

Los materiales y sedimentos de cobertura coluvio-deluvial se encuentran poco consolidados, en mayor porcentaje conformados por una granulometría gruesa: bolos (10%), cantos (10%), gravas (10%), gránulos (25%) de formas subangulosas a subredondeada; todo envuelto en una matriz areno arcillosa (45%).



Fotografía 3. Afloramientos de calizas y lutitas en las inmediaciones del caserío Mel.



Fotografía 4. Depósitos coluvio-deluviales con presencia de clastos y gravas en una matriz areno arcillosa en las inmediaciones del caserío Churiaco.

5.4. Daños por peligros geológicos

En las zonas de evaluación se han producido los siguientes daños:

5.4.1. I.E. 17295 Mel

Los deslizamientos han afectado la I.E. 17295 de nivel primario y un local de Inicial no escolarizado, en las paredes se observan grietas con aberturas mayores a 5 cm, además

de desplazamiento laterales y verticales de las veredas de hasta 20 cm, las estructuras mencionadas han sido declaradas inhabitables (fotografías 5 y 6).



Fotografía 5. Estructura dañada de la escuela de nivel inicial no escolarizado del Mel.



Fotografía 6. Vivienda afectada en el caserío Puente Piedra.

5.4.2. Vías de acceso

En el caserío Mel se han dimensionado un total de 380 m lineales de la trocha carrozable que comunica el caserío Mel hacia Espinal, en 3 tramos afectados por deslizamientos recientes de tipo rotacional (fotografía 7).



Fotografía 7. Tramo de 106 m de la vía de acceso hacia El Mel debido al deslizamiento DR-aM2.

En el caserío Churiaco, La Peca, se interrumpieron varios tramos de carreteras en una longitud de 55 m, por el paso del flujo de detritos que tuvieron alturas hasta de 2 m, dejado gran cantidad de detritos a su paso (fotografía 8).



Fotografía 8. Tramo de 55 m de la vía de acceso del caserío Churiaco hacia Nueva Florida, afectado por flujo de detritos.

5.4.3. Canal de riego

Debido a los deslizamientos ocurridos en el caserío Churiaco, se ha destruido el canal de riego La Peca en un tramo de 100 m, dejando sin abastecimiento de agua a terrenos de cultivo (fotografía 9).



Fotografía 9. Canal La Peca en el caserío Churiaco, afectado por el deslizamiento DR-aCH2.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de los caseríos Mel y Churiaco y el centro poblado La Peca, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones:

- a. Los caseríos Mel, Churiaco y centro poblado La Peca reciben aportes de afloramientos conformados por calizas con intercalaciones de lutitas y limolitas muy fracturadas y altamente meteorizadas, mostrando condiciones geomecánicas desfavorables. Las coberturas recientes tienen una componente granular de naturaleza coluvio-deluvial (bolos, cantos, gravas y gravillas) en una matriz areno arcillosa, las capas se encuentran poco compactas, porosas y deleznales.
- b. El área urbana de los caseríos Nueva Florida y Churiaco se ubican sobre un piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) con pendientes moderadas a fuertes (5° a 25°) modeladas por antiguos deslizamientos. El caserío Mel y el centro poblado La Peca se distribuyen sobre lomadas en roca sedimentaria (RCL-rs) limitadas por montañas estructurales en rocas sedimentarias (RME-rs), cuyas pendientes migran de muy fuertes a moderadas (5° a 15°).
- c. En el caserío Mel, se identificaron tres deslizamientos antiguos o también llamados inactivos-relictos (DR-irM), cuyas zonas de arranque se ubican sobre los 1425 m de

altitud. Mientras que, se delimitaron siete deslizamientos de tipo rotacional activos (DR-a), el deslizamiento DR-aM1 se desarrolla a menos de 50 m al oeste del área urbana del caserío Mel, los deslizamientos DR-aM2, M3, M4 y M5 afectan 380 m lineales de trocha carrozable y 327 m de canal de riego Mel.

- d. En el caserío Churiaco se cartografiaron cuatro deslizamientos inactivos-relictos (DR-irCH) de tipo rotacional. Los tres deslizamientos de tipo rotacional activo (DR-aCH) afectan principalmente vías de acceso y al canal Churiaco-La Peca. Mientras que, el flujo de detritos (FD-a) que descendió por la quebrada La Peca afectó un tramo de la trocha carrozable hacia el caserío Nueva Florida.
- e. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de evaluación, se considera que, el caserío Mel, tiene **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos activos. Mientras que, el caserío Churiaco tiene **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos activos y flujo de detritos. El sector La Peca se considera de **Peligro Medio** ante la generación de flujos de detritos.

RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a deslizamientos y flujo de detritos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

- a. Reubicar las viviendas próximas a los peligros geológicos identificaos y evitar nuevos asentamientos de viviendas en las zonas afectadas.
- b. Realizar la reforestación de las laderas afectadas por deslizamientos antiguos, con la finalidad de reducir el impacto de los materiales desplazados ladera abajo.
- c. Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de todos los terrenos afectados por deslizamientos.
- d. Implementar un programa de monitoreo de las laderas en los caseríos Mel y Churiaco afectados por deslizamientos en temporada de lluvias.
- e. Se debe considerar, el cambio del tipo de cultivo, riego tecnificado y uso controlado del agua para riego, ya que la zona tiene muy alta susceptibilidad a movimientos en masa.


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


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

7. BIBLIOGRAFÍA

Ingemmet. (2021). Mapas geológicos integrados 50k ver 2021. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Medina Allca, L., Vilchez Mata, M., & Dueñas Bravo, S. (2009). Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

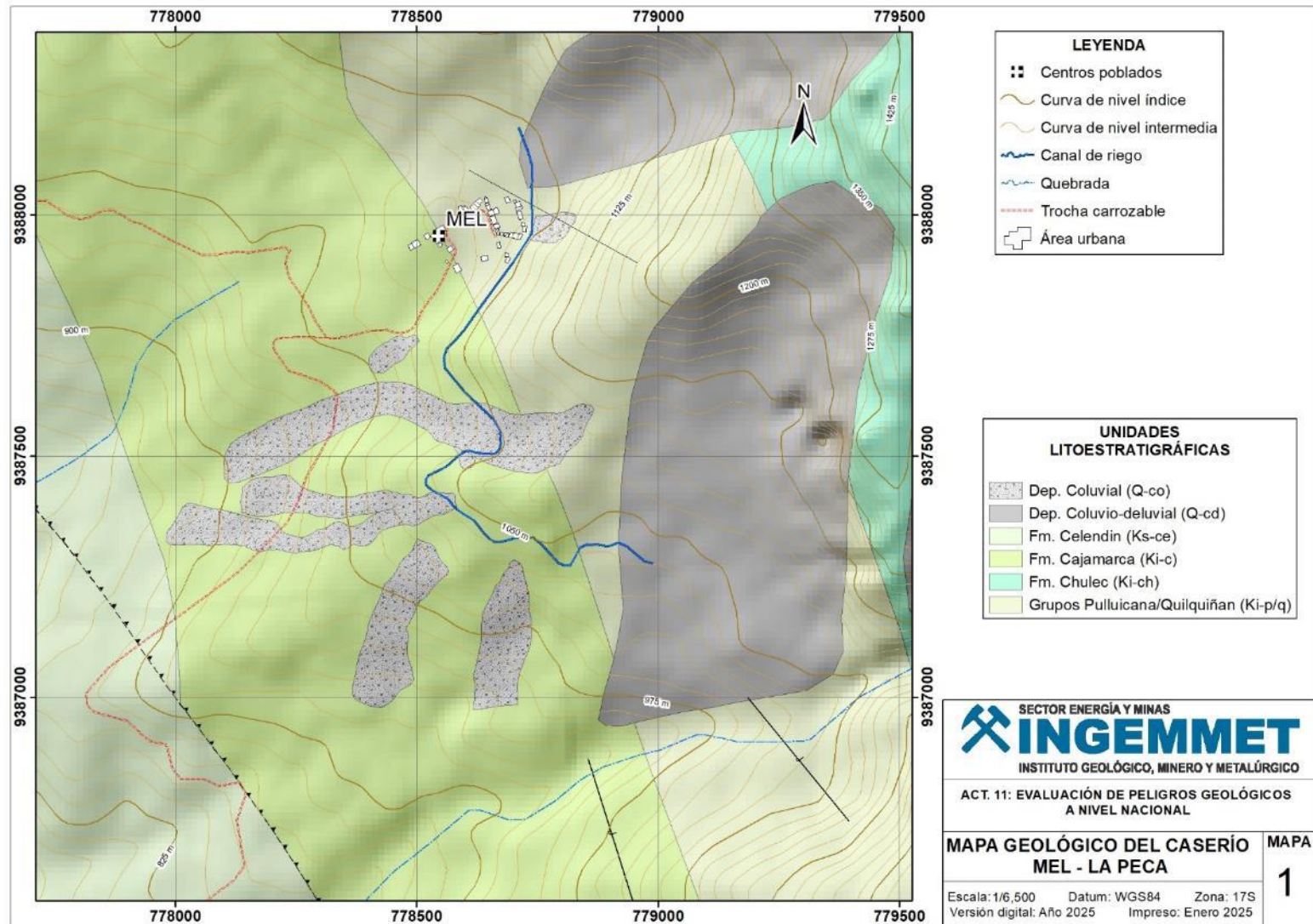
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Sánchez Fernández, A. (1995). Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A.

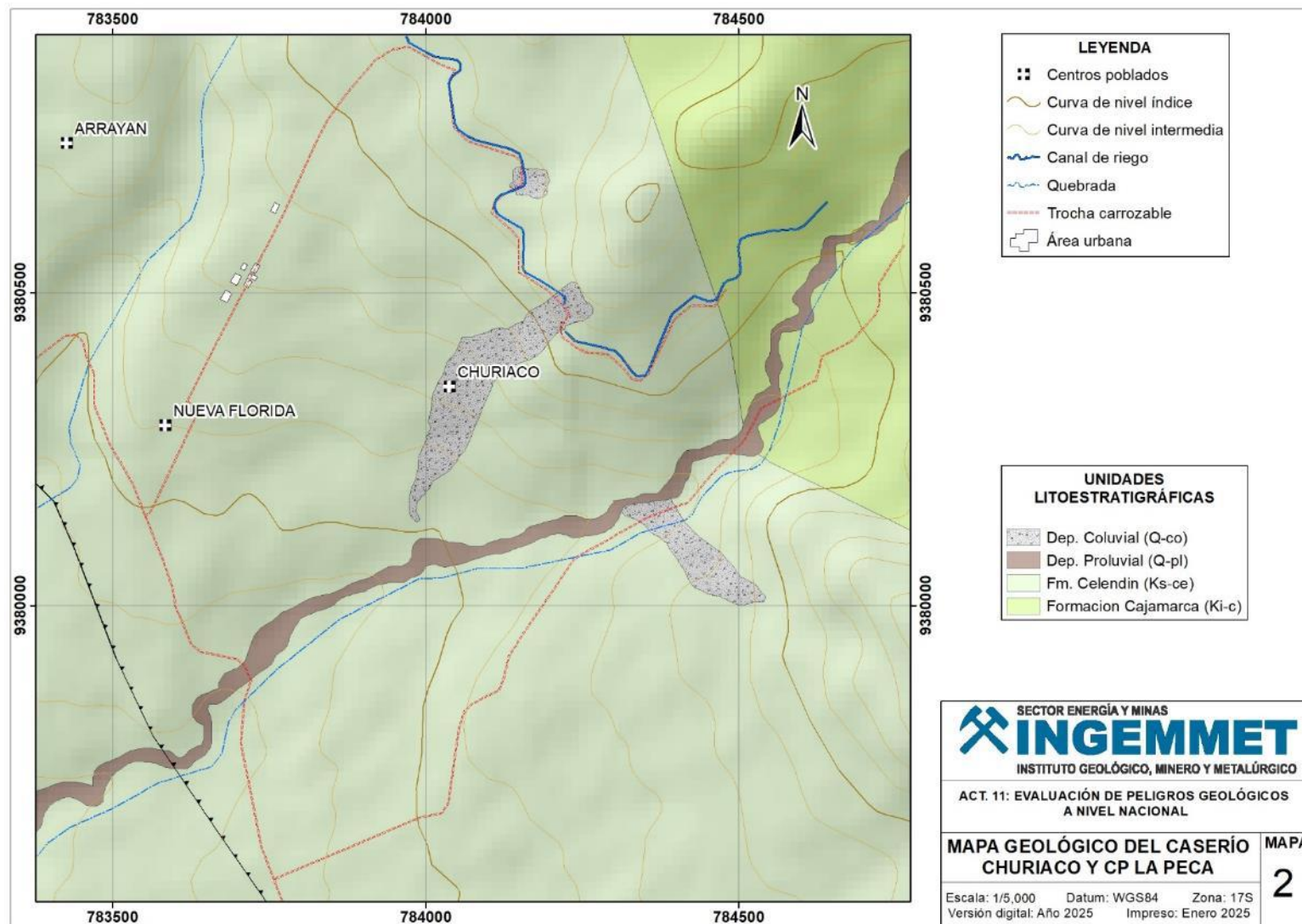
Suarez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

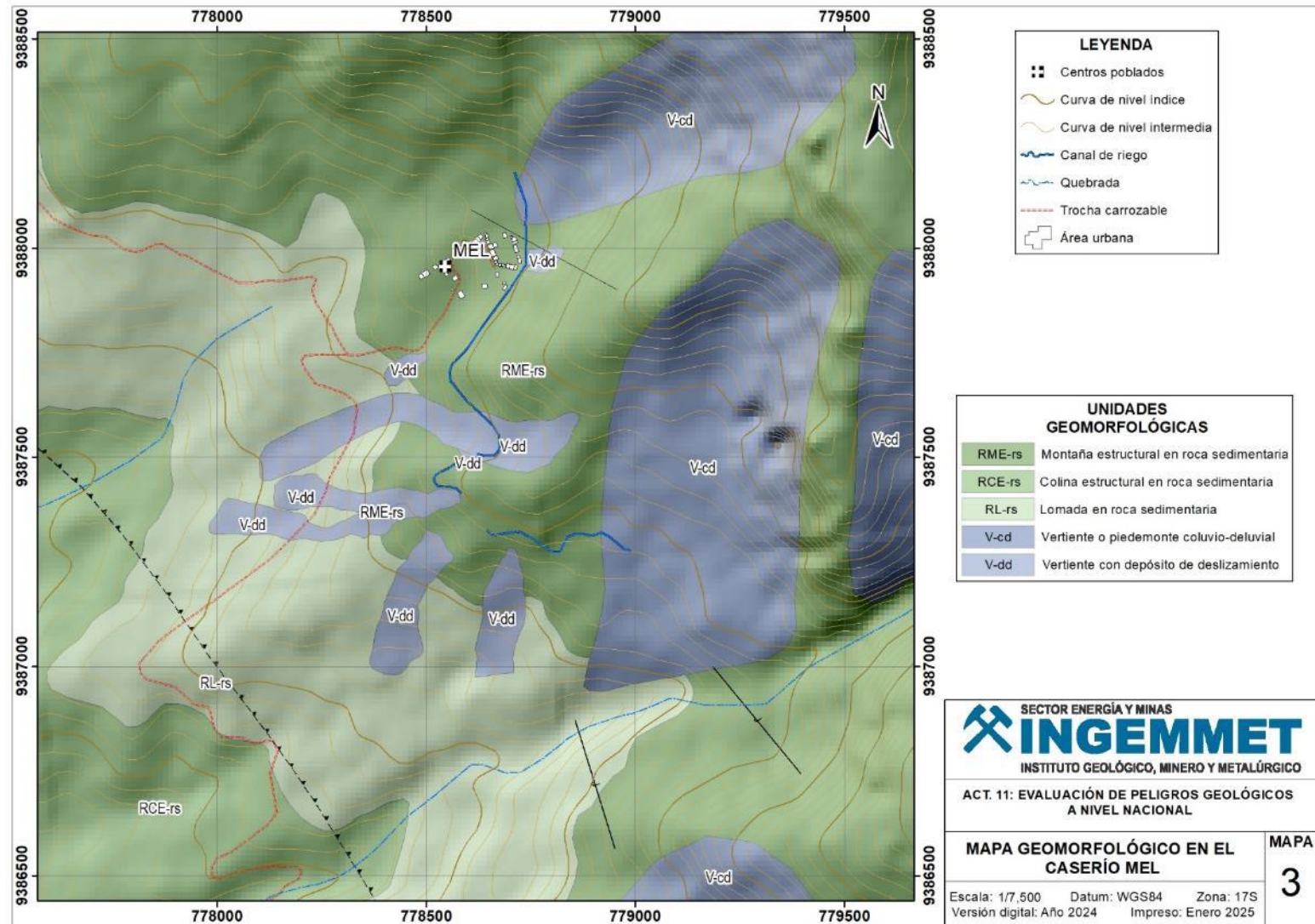
ANEXO 1: MAPAS



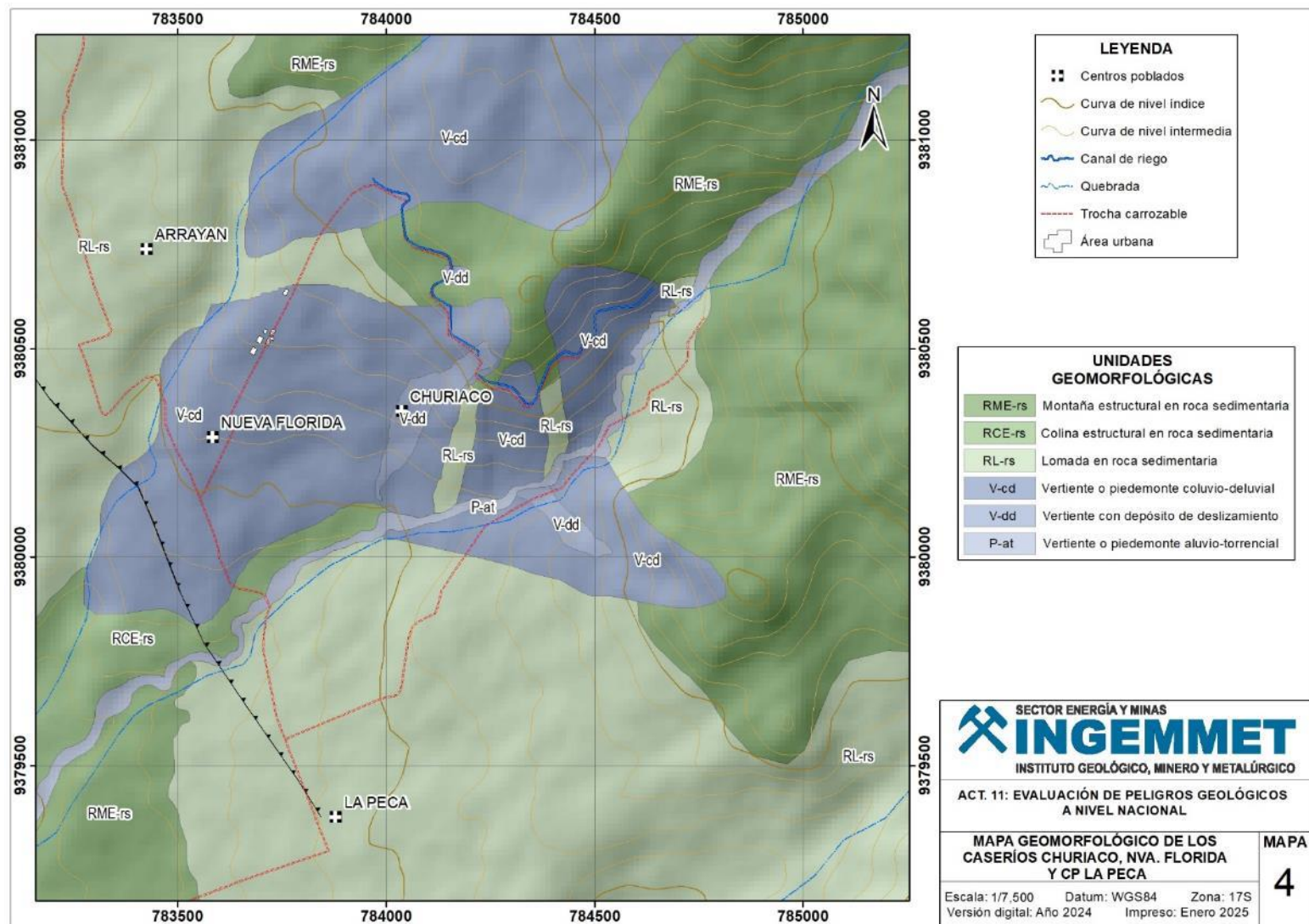
Mapa 1. Geología en el caserío de Mel.



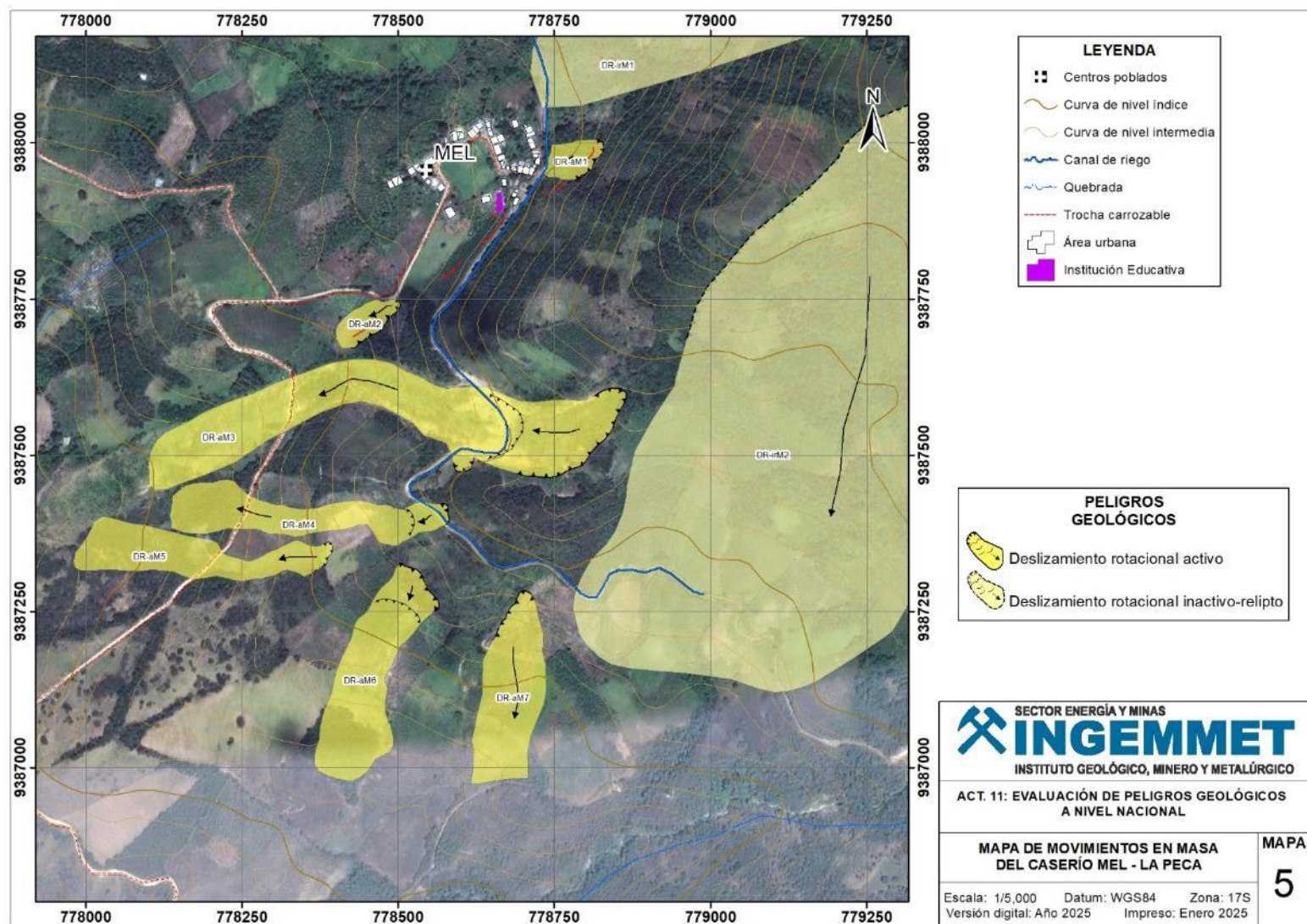
Mapa 2. Geología en el caserío Churiaco y centro poblado La Peca.



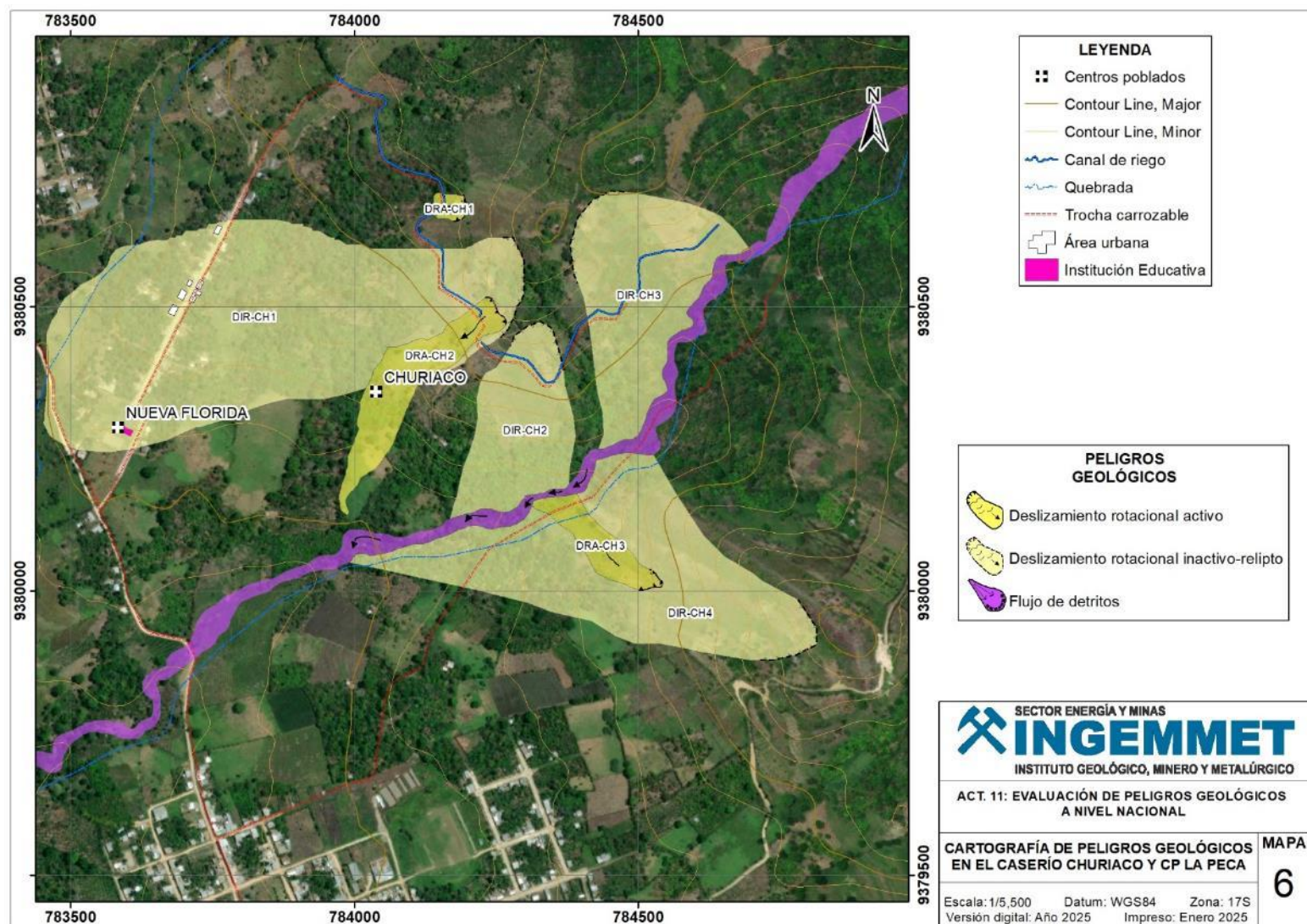
Mapa 3. Geomorfología del caserío Mel.



Mapa 4. Geomorfología del caserío Churiaco y centro poblado La Peca.



Mapa 5. Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.



Mapa 6. Cartografía de peligros geológicos del área evaluada.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007). Figuras 27 y 28

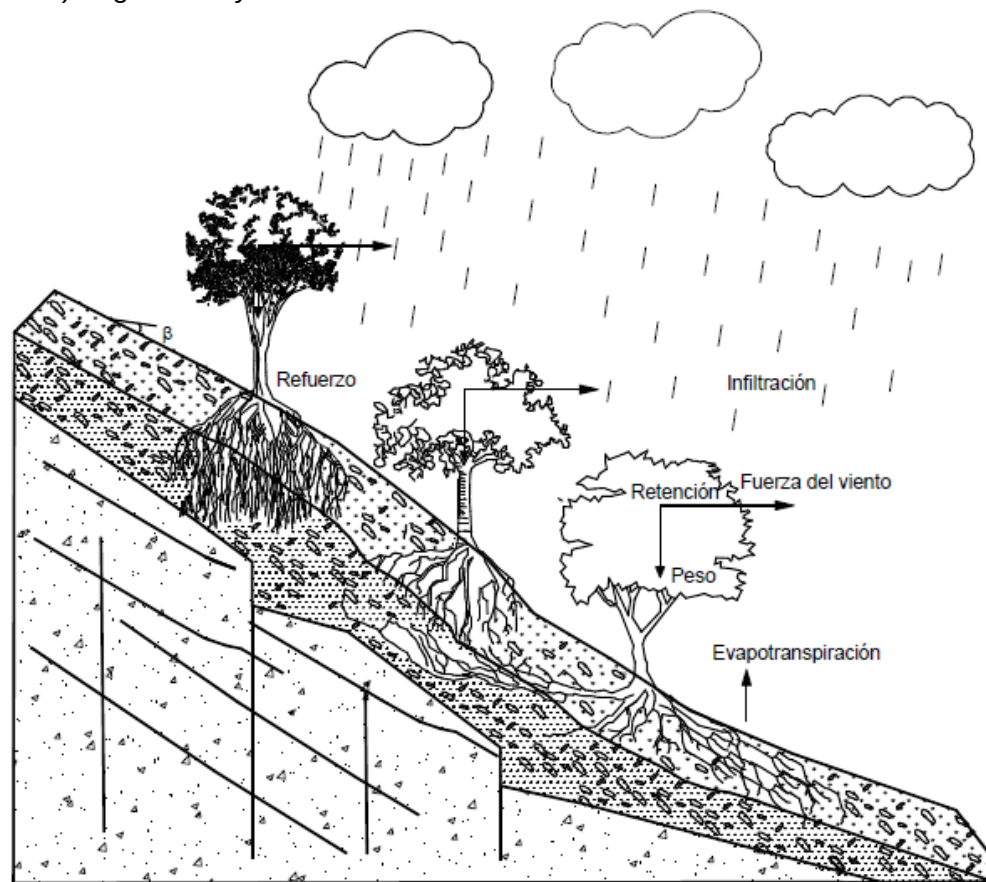


Figura 27. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Figura 28. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.

Para deslizamientos y reptación de suelos

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

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura 29). 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.

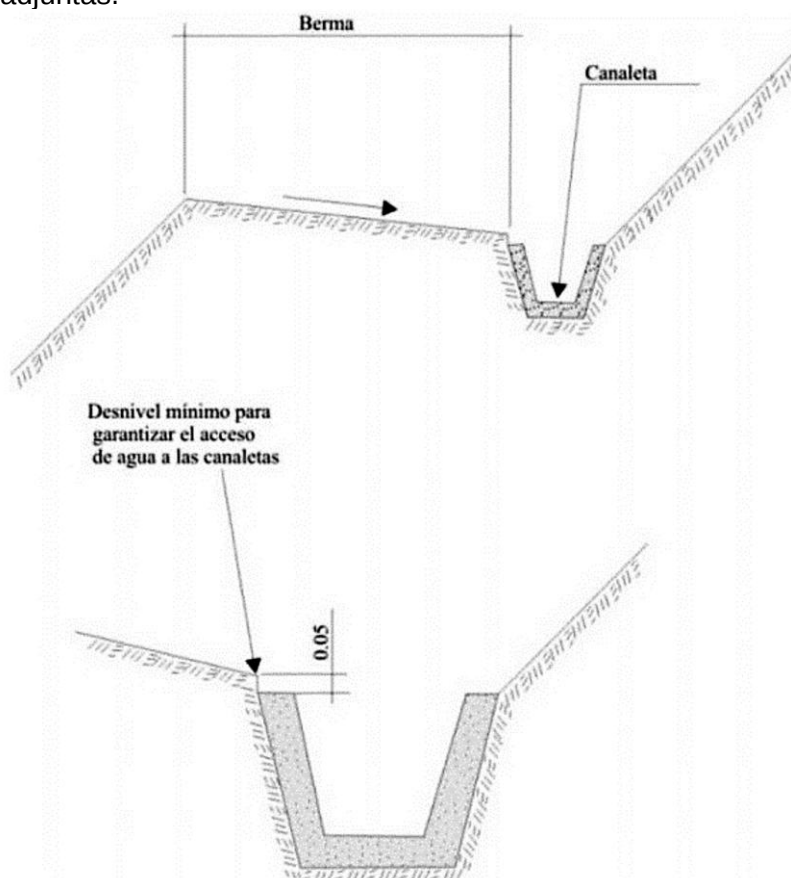


Figura 29. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).