

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7678

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR PAMPAMARCA

Departamento: La Libertad
Provincia: Sánchez Carrión
Distrito: Cochorco



OCTUBRE
2025

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR PAMPAMARCA

(Distrito Cochorco, Provincia Sánchez Carrión, Departamento La Libertad)



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

Equipo técnico:

*Wilson Gómez Cahuaya
Guisela Choquenaira Garate*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). "Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Pampamarca". Distrito Cochorco, Provincia Sánchez Carrión, Departamento La Libertad, Informe Técnico N°A7678, Ingemmet 36p.

ÍNDICE

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES.....	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
3.1. Unidades litoestratigráficas	10
3.1.1. Grupo Ambo	10
3.1.2. Depósitos Cuaternarios.....	12
3.1.2.1. Depósitos coluvio-deluviales	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
4.1. Pendiente del terreno.....	13
4.2. Unidades geomorfológicas	15
4.2.1. Montaña en roca sedimentaria (M-rs)	15
4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Movimientos en masa	17
5.1.1. Deslizamiento rotacional activo	19
5.2. Factores condicionantes	21
5.3. Factores desencadenantes	22
6. CONCLUSIONES	26
7. RECOMENDACIONES	27
8. BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXO 1: MAPAS.....	29
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS.....	34

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Pampamarca, ubicado en el distrito Cochorco, provincia Sánchez Carrión y departamento La Libertad. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con su función de brindar asistencia en materia de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno: local, regional y nacional.

En el sector Pampamarca, el substrato rocoso está representado por el Grupo Ambo, cuya litología está constituida por areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio a fino de color pardo rojizo, dispuestas en estratos tabulares de 8 a 30 cm de espesor, intercaladas con limoarcillitas gris oscuras en bancos de 12 a 25 cm. Localmente, presenta macizos rocosos con características físicas de baja resistencia (al golpe del martillo) entre 50 a 100 Mpa, asimismo se encuentran muy fracturados, identificándose hasta cuatro sistemas de discontinuidades, con espaciamientos de 10 a 50 cm, con aberturas milimétricas. Superficialmente las rocas se hallan de mediana a fuertemente meteorizadas.

Los depósitos coluvio-deluviales se alojan en la ladera este del cerro Marco y corresponden a secuencias inconsolidadas provenientes de suelos residuales del Grupo Ambo y de antiguos derrumbes, combinados con procesos gravitacionales y de dinámica deluvial. Por su naturaleza suelta e incompetente, se caracterizan geotécnicamente por tener una baja cohesión que ofrecen escasa resistencia al corte y a la erosión, lo que las convierten en terrenos susceptibles a movimientos en masa.

Desde el punto de vista geomorfológico, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa estructurada y modelada en roca sedimentaria, caracterizada por un relieve abrupto, con pendientes de moderado a muy fuertes que varían entre 15° a 45°. Las geoformas de vertiente coluvio-deluviales se emplazan sobre la ladera media-alta con pendiente muy pronunciada, localizadas al este del cerro Marco. Estas condiciones morfológicas del terreno han propiciado la generación y evolución de los movimientos en masa.

Se ha identificado un deslizamiento activo que involucra y moviliza material coluvio-deluvial y parte del macizo rocoso del Grupo Ambo. Se extiende de manera restringida sobre la ladera inestable del cerro Marco; presentando una geometría circular elongada que afecta un área de ~1.4 ha. En la zona proximal presenta un ancho de ~68 m, mientras que, en la distal tiene 108 m, y el desnivel del escarpe principal al pie es de 160 m. Se evidencian múltiples grietas y fisuras en el cuerpo del deslizamiento, que atraviesan la parte lateral del salón principal de la I.E N°82005 de Pampamarca, lo que pone en evidencia un movimiento lento, intermitente pero continuo del deslizamiento.

De acuerdo con las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Pampamarca y a la I.E N°82005 como **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de deslizamientos.

Finalmente, se recomienda a las autoridades competentes y tomadores de decisiones, implementar medidas para mitigar los peligros geológicos identificados. Ante deslizamientos, se sugiere la construcción de zanjas de coronación en la cabecera de la zona de escarpe, con una sección de material impermeable (geomembranas o arcillas), reforestar las laderas con especies nativas y raíces densas a fin de contribuir con una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes. Además, se recomienda realizar el EVAR correspondiente.

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 “Servicio de Asistencia Técnica en la 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 del Gobierno Regional de La Libertad; según oficio N°001-2025-MDC/A. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ingenieros Geólogos Wilson Gómez Cahuaya y Guisela Choquenaira Garate para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva en el sector Pampamarca, el cual se efectuó el 25 de febrero del presente en coordinación con los representantes del sector mencionado.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: Gabinete I (pre-campo) consistió en la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; Campo, se realizó con la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; Gabinete II, se complementó con el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológica y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales que ofrece la plataforma Google Earth, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Pampamarca, Distrito Cochorco, Provincia Sánchez Carrión y Departamento La Libertad.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción ante peligros geológicos evaluados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a la geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes.

- a) Riesgo Geológico en la Región La Libertad INGENMET (Medina et al., 2012). Donde señala que el sector Pampamarca presenta susceptibilidad a movimientos en masa con grado que va de alto a muy alto (**Figura 1**).
- b) Geología de los cuadrángulos de Patate. Hoja: 16-h, INGENMET (Wilson J. & Reyes L, 1964). Determinan las unidades geológicas del Paleozoico y Mesozoico de origen sedimentario y metamórfico en el sector Pampamarca y alrededores.

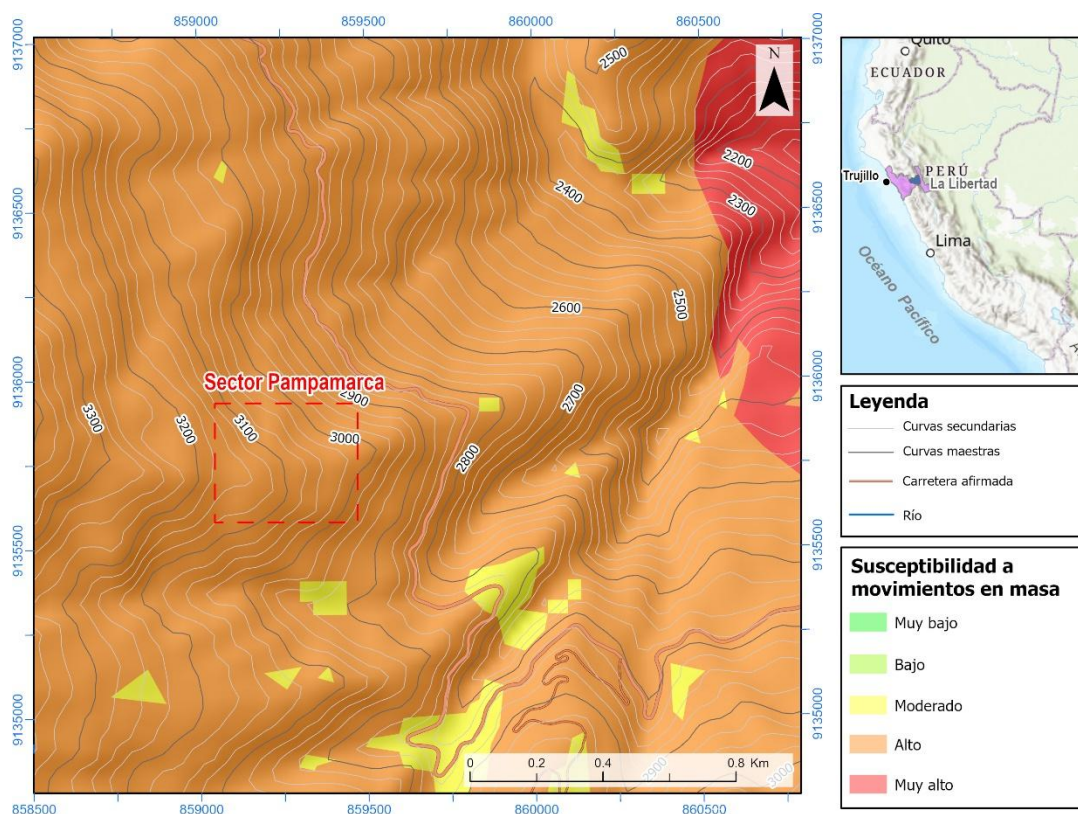


Figura 1. Susceptibilidad por movimientos en masa del sector Pampamarca. Tomado de Medina et al., (2012). Fuente: Elaboración propia.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Pampamarca, políticamente pertenece al distrito Cochorco, provincia Sánchez Carrión y departamento La Libertad. Está comprendido entre las siguientes coordenadas UTM WGS 84: 197488 Este y 9136136 Norte.

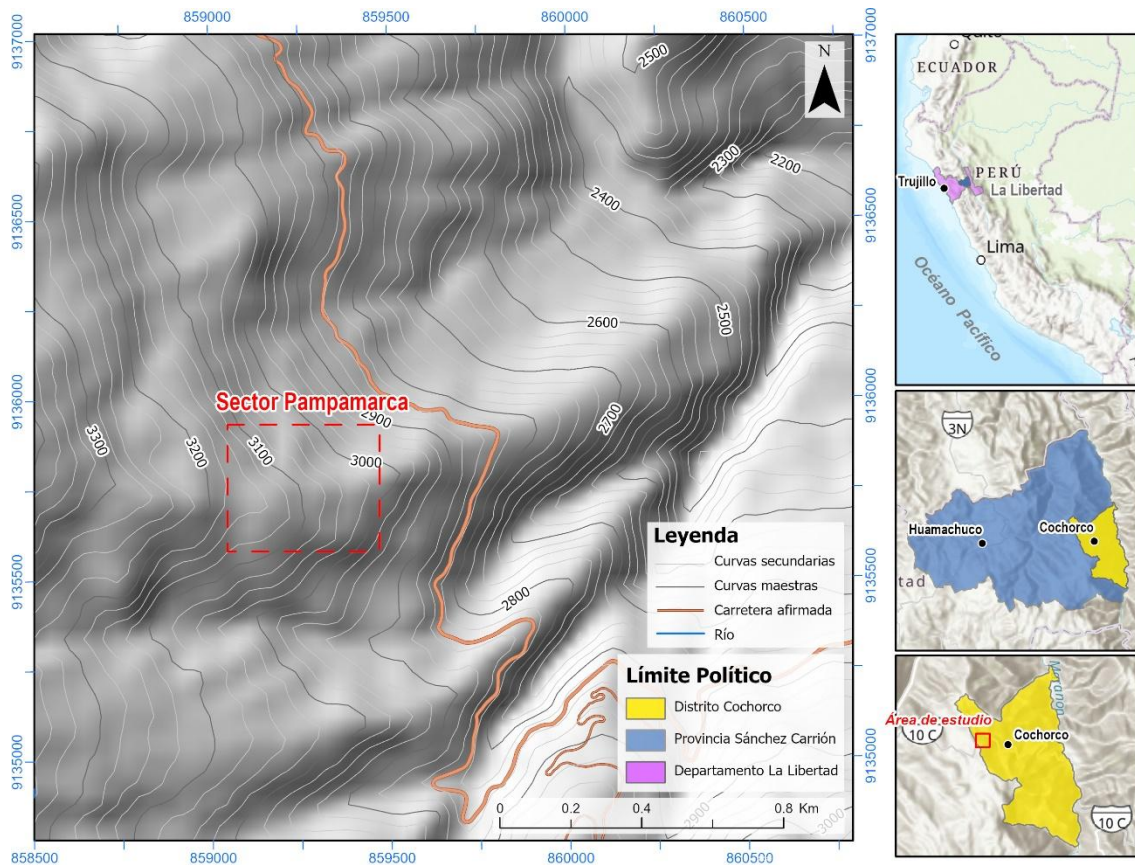


Figura 2. Ubicación de la zona evaluada en el sector Pampamarca, distrito Cochorco, provincia Sánchez Carrión y departamento La Libertad.

1.3.2. Población

De acuerdo con la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas del 2017. La población total susceptible a movimientos en masa en el sector Pampamarca es de alrededores de ~25 habitantes distribuidas en ~7 viviendas. Así también, una Institución Educativa de nivel inicial y primario I.E N°82005, con un total de 62 alumnos y 03 profesores, reportados a la fecha según versiones de padres de familia (**Figura 3**).

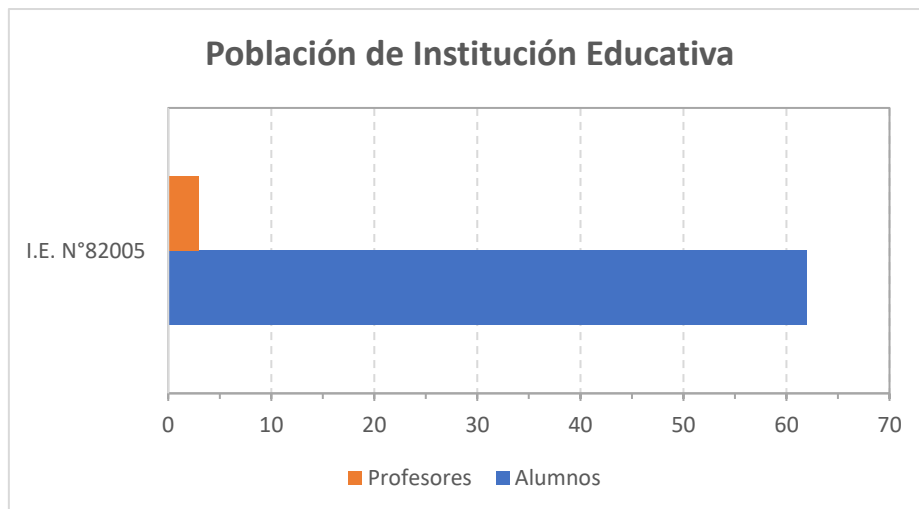


Figura 3. Distribución de alumnos de la I.E N°82005 del centro poblado Pampamarca expuesta a peligro geológico (<https://censo2017.inei.gob.pe/>). Fuente: Elaboración propia.

1.3.3. Accesibilidad

Para acceder al área de evaluación, desde la sede principal del INGEMMET, ubicada en el distrito de San Borja, Lima, se sigue la ruta que se presenta en la siguiente tabla y figura.

Tabla 1. Ruta y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Lima (INGEMMET) – Distrito Huamachuco	Asfaltada	756	12 h 23 min
Distrito Huamachuco – Puente Pallar	Asfaltada	21.9	1 h 30 min
Puente Pallar – Chugay	Trocha carrozable	21	1 h 30 min
Chugay - Aricapampa	Trocha carrozable	51.3	3 h 30 min
Aricapampa – Caserío Pampamarca – IE N°82005	Trocha carrozable	9.38	30 min

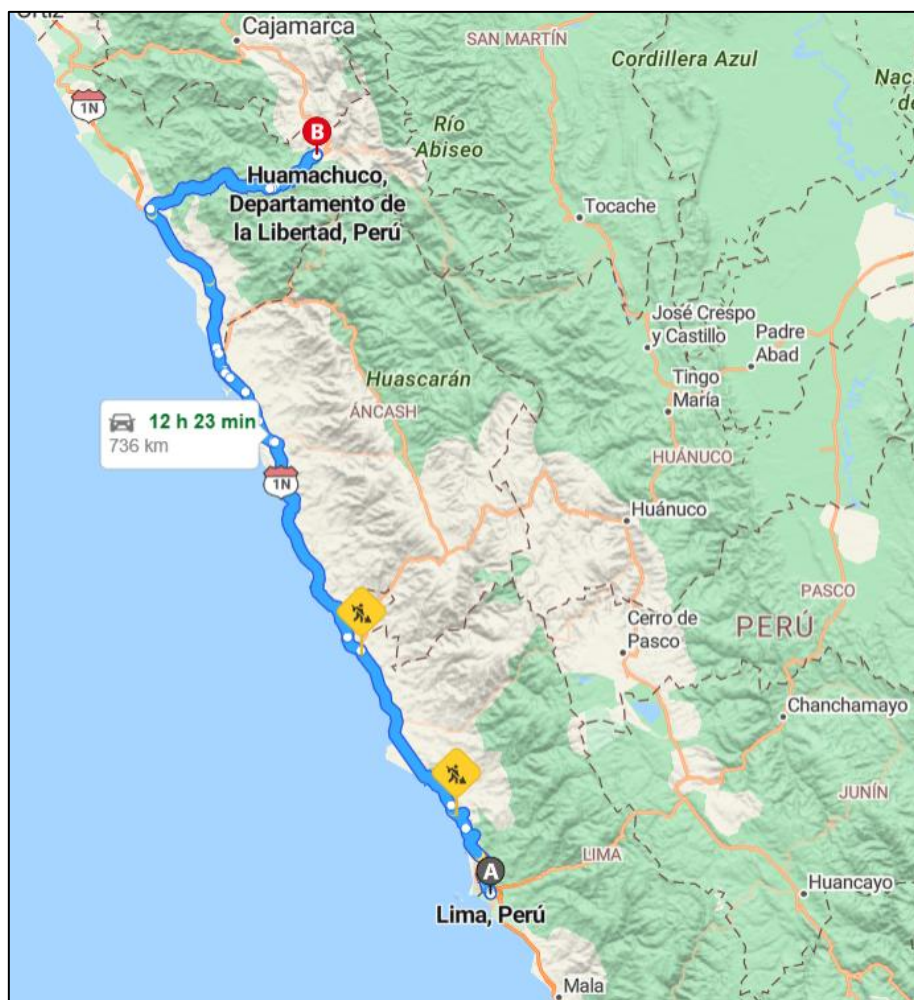


Figura 4. Mapa de accesibilidad al sector Pampamarca, distrito Cochorco, Provincia Sánchez Carrión, departamento La Libertad. Fuente: Bing Maps.

1.3.4. Clima

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados y disponibles de la NASA, en la que se tiene datos más puntuales en la zona evaluada que corresponden a los años 2023 y 2024 (enero a abril), el cual muestra que las precipitaciones más altas y anómalas registradas corresponden a los meses de enero del 2024, fecha en que reportaron movimientos en masa en el sector Pampamarca (**Figura 5**).



Figura 5. Precipitaciones diarias registradas por la NASA en el sector Pampamarca, obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Fuente: Elaboración propia.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres.

Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

- **Actividad:** La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).
- **Activo:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.
- **Agrietamiento:** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.
- **Derrumbe:** Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra

desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

- **Escarpe.** 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.
- **Deslizamiento.** Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud (Cruden, 1991). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.
- **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.
- **Ladera:** Superficie natural inclinada de un terreno.
- **Meteorización:** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.
- **Movimiento en Masa:** Fenómeno de remoción en masa (Colombia, Argentina), proceso de remoción en masa (Argentina), remoción en masa (Chile), 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 geológico:** 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.
- **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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acuerdo a la Carta Geológica Nacional, en el sector Pampamarca, afloran rocas sedimentarias, representadas por las unidades litoestratigráficas; Grupo Ambo, Grupo Pucará, y Depósitos Coluvio-deluviales.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades que intervienen directamente con los procesos de movimientos en masa en el sector Pampamarca, es la unidad geológica atribuida al Grupo Ambo y los Depósitos Cuaternarios que se detallan a continuación (**Figura 6**).



Figura 6. Unidades litoestratigráficas aflorantes en el sector Pampamarca. Vista mirando al oeste.

3.1.1. Grupo Ambo

Definido por Newell et al. (1953). En el sector Pampamarca esta unidad fue reconocida por Reyes (1980) en los alrededores del cerro Marco.

Se caracteriza por presentar una intercalación de areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio a fino de color pardo rojizas, en estratos tabulares de 8 a 30 cm de espesor intercaladas con secuencias limoarcillitas de color gris oscuro en bancos 12 a 25 cm de espesor (**Figura 6 y Fotografía 1**).

Estructuralmente, estos estratos del Grupo Ambo se inclinan en contra de la pendiente, en el que buzcan en promedio de 40° al suroeste.

Localmente, presentan macizos rocosos con características físicas de baja resistencia (al golpe del martillo) que oscilan entre 50 a 100 Mpa, asimismo se encuentran muy fracturado con cuatro familias de discontinuidades, con espaciamientos que van de 10 a 50 cm con aberturas milimétricas. Estas rocas se encuentran muy fracturados y meteorizados (**Fotografías 1 y 2**).



Fotografía 1. Areniscas gris oscuras de grano medio a fino en estratos medianos que van de 8 a 3 cm de espesor. Este macizo de encuentran muy fracturado y meteorizado, ubicado en la parte media de la ladera este del cerro Marco. Vista mirando al noroeste.



Fotografía 2. Detalle de las rocas aflorantes en el sector Pampamarca. Nótese el grado de fracturamiento y meteorización del macizo rocoso atribuida al Grupo Ambo.

3.1.2. Depósitos Cuaternarios

3.1.2.1. Depósitos coluvio-deluviales

En el sector Pampamarca, estos depósitos se alojan en la ladera este del cerro Marco. Se trata de secuencias inconsolidadas provenientes de suelos residuales del Grupo Ambo y de depósitos de antiguos derrumbes, combinados con procesos gravitacionales y de dinámica deluvial (**Figura 6**).

Estos depósitos están conformados por fragmentos heterométricos de formas subangulosas a subredondeadas dispuestos en una matriz arcillo limosa y arenosa. Por su naturaleza suelta e incompetente, se caracterizan por tener una baja cohesión que ofrecen una baja resistencia a la erosión, lo que las convierten en zonas susceptibles a movimientos en masa (**Fotografías 3 y 4**).



Fotografía 3. Depósitos coluvio-deluviales provenientes de derrumbes antiguos que fueron acumulados en la parte media superior de la ladera este del cerro Marco. Vista panorámica mirando al oeste.



Fotografía 4. Detalle de los depósitos coluvio-deluvial alojados en la ladera media en el sector Pampamarca. Mirando al oeste.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendiente del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0° a 1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado (**Figura 7**).

Para el sector Pampamarca, se elaboró un mapa de pendientes a partir de un modelo de elevación digital (DEM) de resolución de 5 m/pixel proveído por CONIDA (**Anexo 1. Mapa de pendientes**).

El área muestra un relieve accidentado y escalonado en la ladera este del cerro Marco, con pendientes moderado que van de 5° a 15° localizadas en la parte media de la ladera hasta pendiente muy fuertes. Por el lado este, presenta pendientes muy fuertes que van de 25° a 45°. En este sector se ha asentado la población de Pampamarca y la I.E N°82005, lo que le convierte en zona altamente susceptible a la generación de movimientos en masa (**Figura 7 y Fotografía 5**).

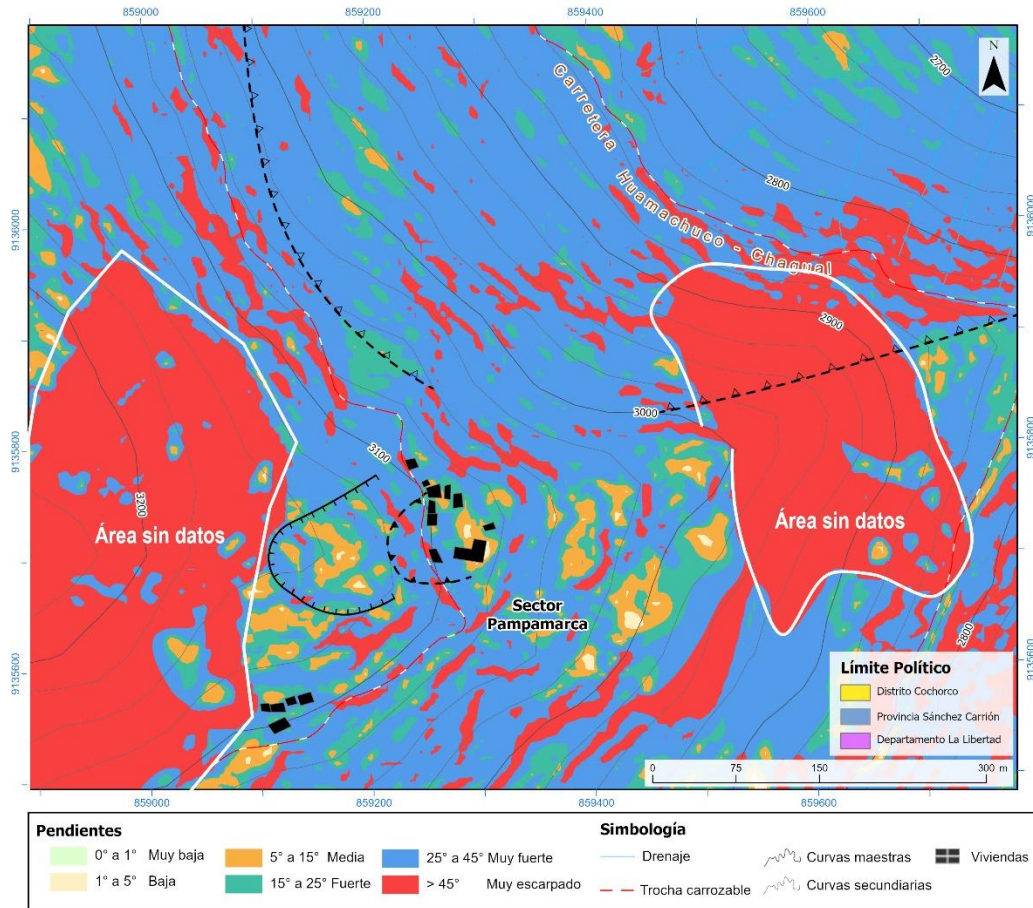


Figura 7. Mapa de pendientes del sector Pampamarca.



Fotografía 5. Relieve muy accidentado con pendientes muy pronunciadas en el sector Pampamarca, localizado en la parte media de la ladera este del cerro Marco.

4.2. Unidades geomorfológicas

4.2.1. Montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Geoforma modelada en roca sedimentaria perteneciente a los grupos Ambo y Pucará. Esta unidad se extiende ampliamente en el sector Pampamarca, donde el relieve predominante es de tipo montañoso. Su ladera este presenta una morfología algo escalonada y ondulada, resultado de procesos geológicos antiguos.

En la cima, el cerro Marco, tiene un desnivel de 1391 m desde el pie de la ladera hacia su base la quebrada Molino. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación¹ que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a una topografía accidentada. Su ladera oriental aloja depósitos residuales dispuestas en pendientes muy fuertes que en la actualidad representan zonas inestables y sujetas a procesos de movimientos en masa (**Fotografía 6**).



Fotografía 6. Unidad geomorfológica de montaña modelada en roca sedimentaria. Nótese, la población asentada sobre una ladera con pendiente muy pronunciada. Vista mirando al oeste.

4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

En el sector Pampamarca, estas geoformas se emplazan en la parte media y baja de la ladera este del cerro Marco.

Se trata de materiales coluviales combinadas con la dinámica deluvial constituida por secuencias inconsolidadas dispuestas sobre laderas con pendientes muy pronunciadas, el cual, se caracterizan por presentar baja cohesión y que ofrecen poca resistencia a la erosión y son fácilmente removidas por escorrentía superficial, lo que les convierte en zonas inestables asociadas a procesos de remoción en masa, así como, derrumbes y deslizamientos (**Fotografías 7 y 8**).

¹ Proceso geológico y tectónico que implica levantamiento y el ascenso de rocas de la corteza hacia la superficie (England & Molnar, 1990).



Fotografía 7. Unidad de vertiente Coluvio-deluvial alojada en la parte media media-baja de la ladera este del cerro Marco en el sector Pampamarca. Vista mirando al oeste.



Fotografía 8. Detalle de la Unidad de vertiente Coluvio-deluvial conformado por material incompetente e inconsolidado dispuesta sobre ladera con pendiente muy pronunciada que va de 25° a 45°. Vista mirando al norte.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada se identificaron y cartografiaron procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

En el presente informe, se describen los principales peligros geológicos detalladas en el sector Pampamarca.

5.1. Movimientos en masa

Para caracterizar los movimientos en masa, se generaron mapas ráster de Red Relief Image Map (RRIM), a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 5 m de resolución proveído por CONIDA. Se trata de una técnica que representa visualmente el relieve de la superficie terrestre mediante una escala cromática usando colores con tonos rojos para simular variaciones en la altitud, esto permite resaltar características importantes del terreno (**Figura 8**).

En la figura 8, se resalta los rasgos morfométricos y geológicos que un DEM convencional no proporciona. En este análisis, se logra observar la interacción de la dinámica de los deslizamientos antiguos y activos, el cual representan un peligro latente para los pobladores situadas en la parte media-superior de la ladera este del cerro Marco en el sector Pampamarca.

De acuerdo con la imagen RRIM, se logra observar una zona con depresión y hundida que se ve reflejada en los rasgos morfológicos que resaltan al relieve, se trata de un deslizamiento antiguo que afectó gran parte la ladera este del cerro Marco. Este evento involucró rocas del Grupo Ambo y las depositó hacia la quebrada Molino. La dinámica de movimiento fue aparentemente violenta, debido a la pendiente muy escarpada del terreno (**Figura 8**).

Por su parte, en la corona de este deslizamiento antiguo se viene registrando agrietamientos y asentamientos que podrían corresponder a reactivaciones menores que se manifiesta a manera de un deslizamiento de menor extensión, que en conjunto configuran como peligro geológico, donde actualmente se asentó parte de la población del sector Pampamarca, así también, la Institución Educativa I.E N°82005 (**Figuras 8**).

A continuación, se detallan los resultados de la inspección geológica y geodinámica de a la zona evaluada:

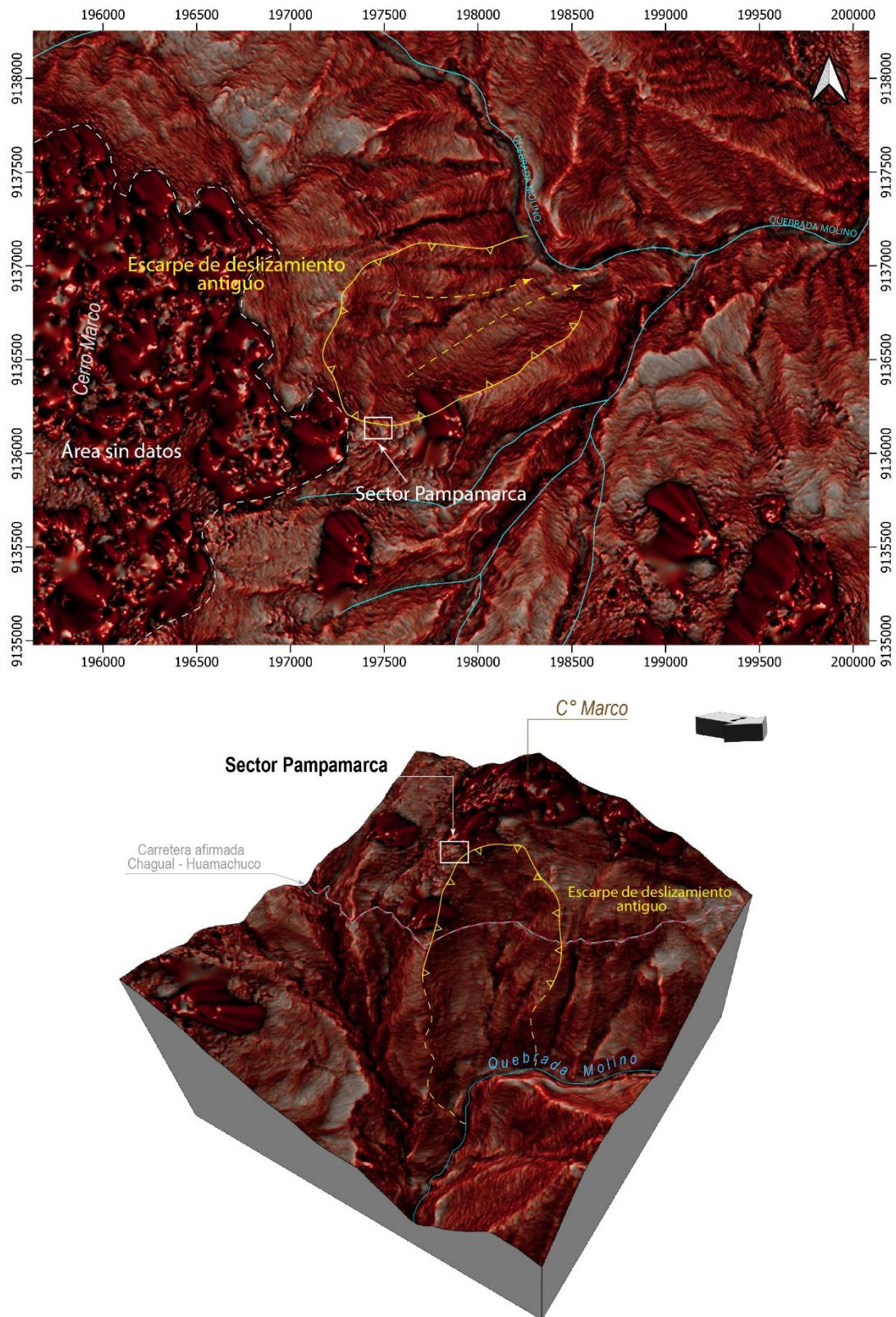


Figura 8. Mapa de ráster RRIM elaborado a partir de un DEM de 5 m de resolución proveído por CONIDA. En la imagen resalta las características morfológicas de un deslizamiento de gran magnitud que afectó gran parte la ladera este del cerro Marco. En la corona de este deslizamiento antiguo se asentó parte de la población del sector Pampamarca. Actualmente se viene produciendo agrietamientos que podrían corresponder como parte de una reactivación a manera de un deslizamiento de menor magnitud que afecta a la I.E N°82005 y viviendas aledañas.

5.1.1. Deslizamiento rotacional activo

En la ladera media superior del cerro Marco, se desarrolla y reactiva un deslizamiento que involucra y moviliza material coluvio-deluvial y parte del macizo rocoso perteneciente al Grupo Ambo.

El deslizamiento activo se extiende de manera restringida y aparentemente de menor magnitud, presenta una geometría circular elongada que afecta un área de ~1.4 ha. En la zona proximal presenta un ancho de ~68 m, mientras que en la distal tiene un ancho de 108 m, y el desnivel del escarpe principal al pie alcanza una altura de 160 m (**Figura 9**).

No se distingue muy bien el escarpe principal del deslizamiento, sin embargo, se infiere por las características morfológicas del terreno y de pequeños desprendimientos y derrumbes ubicados en lo que sería la zona de la corona o escarpe principal. En tanto, su escarpe nace en la cota 3120 m y presenta una geometría semicircular e irregular que recorre ~156 m de longitud (**Figura 9**).

Por otra parte, se evidencian múltiples grietas y fisuras subverticales, con aberturas de 2 a 8 cm en el cuerpo del deslizamiento, que se disponen en la parte lateral del salón principal y en la pared del cerco perimétrico de la I.E N°82005 de Pampamarca; lo que pone en evidencia un movimiento lento, intermitente pero continuo del deslizamiento (**Figuras 10 y 11**).



Figura 9. Cartografía de movimiento en masa en el sector Pampamarca. Se observa el deslizamiento activo que afecta parte de la población y la I.E. N°82005.



Figura 10. Grietas que atraviesan transversalmente la parte lateral de la I.E 82005 de Pampamarca.

Por otro lado, en el cuerpo del deslizamiento activo se observa una pirca de piedra que actualmente cumple una función de contención improvisada, la cual evidencia deformaciones y desplazamientos diferenciales atribuidas al movimiento progresivo del terreno. La estructura presenta abombamientos, separaciones entre bloques y desplazamientos horizontales de algunos centímetros, que indican pérdida gradual de soporte en la base. Estos signos confirman la deformación activa y diferencial del terreno que evidencia el movimiento continuo del deslizamiento (**Fotografías 12 y 13**).



Figura 11. Grietas y fisuras que atraviesan el cerco perimétrico de la I.E 82005 que ponen en evidencia de deformaciones diferenciales del terreno dentro del cuerpo del deslizamiento activo.

5.2. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa, es decir, la ocurrencia del deslizamiento se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	- El substrato rocoso está constituido por areniscas y lutitas. Estos macizos rocos se encuentran muy fracturados y fuertemente meteorizados. Geotécnicamente, conforman macizos poco competentes y de baja resistencia al corte, lo que les convierte en susceptibles a movimientos en masa. - Suelos residuales y depósitos coluvio-deluvial inconsolidados poco resistentes al corte y de baja cohesión que se emplazan en la ladera media y superior dispuestas sobre pendientes fuertes a muy fuertes, lo cual las convierten en zonas inestables propicias a la generación y desarrollo de deslizamientos.

Geomorfológicos	• Relieve montañoso labrado en roca sedimentaria y de ladera con morfología accidentada y escalonada con pendientes que van de fuerte a muy fuerte. • Vertiente coluvio-deluvial adosada a una ladera con pendiente muy pronunciada. Presenta características físicas poco competentes e inconsolidadas, con baja resistencia al corte y poca respuesta a la erosión, lo que, las convierte en laderas inestables con alta susceptibilidad al desarrollo de movimientos en masa.
------------------------	---

5.3. Factores desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa se detallan a continuación.

Tabla 3. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	• Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de noviembre a abril. La acumulación de agua, sobresaturan los depósitos inconsolidados, ocasionando la pérdida de la resistencia al corte que favorecen el desplazamiento de la masa inestable (Figura 5).
Antrópicos	• Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la parte media de la ladera del cerro Marco en el sector Pampamarca. En el tramo de la carretera llegando a la I.E N°82005, se observa pequeños derrumbes ocasionados por el corte de talud (Fotografía 11). • Canales de agua sin revestimiento que discurren sobre depósitos de suelos incompetentes, concentrándose en el cuerpo principal del deslizamiento (Fotografía 9). • Excavación y corte del talud en el cuerpo principal del deslizamiento, ocasionando una zona con ligera depresión y contra pendiente, donde se acumula agua, el cual satura el suelo. Estos cortes de talud, comprometen negativamente el equilibrio natural de la ladera (Fotografía 10). • Uso de suelo inadecuado y riego no tecnificado que sobresatura el terreno en el cuerpo del deslizamiento activo (Fotografía 12).



Fotografía 9. Canales (indican flechas amarillas) sin revestir que discurren hacia el cuerpo principal del deslizamiento.



Fotografía 10. Excavación y cortes de talud ocasiona acumulación de agua que sobresatura los depósitos inconsolidados en el cuerpo principal del deslizamiento.



Fotografía 11. Derrumbes en el tramo de la carretera llegando a la I.E N°82005.



Fotografía 12. Zonas de cultivo y muro de contención (flechas amarillas) sobre el deslizamiento activo en el sector Pampamarca. Nótese, las viviendas ubicadas sobre estos terrenos inestables.



Fotografía 13. Muro de contención de piedras con claras evidencias de deformaciones diferenciales del terreno que ponen en evidencia el movimiento progresivo y activo del deslizamiento.

6. CONCLUSIONES

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

- 1) En el sector Pampamarca, el substrato rocoso está constituido por areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio a fino de color pardo rojizas, en estratos tabulares de 8 a 30 cm de espesor intercaladas con secuencias limoarcillitas de color gris oscuro en bancos 12 a 25 cm de espesor del Grupo Ambo. Localmente, presentan macizos rocosos con características físicas de baja resistencia (al golpe del martillo) que oscilan entre 50 a 100 Mpa, asimismo se encuentran muy fracturado con cuatro familias de discontinuidades, con espaciamentos que van de 10 a 50 cm con aberturas milimétricas. Estas rocas se encuentran muy fracturados y meteorizados.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales se alojan en la ladera este del cerro Marco. Se trata de secuencias inconsolidadas provenientes de suelos residuales del Grupo Ambo y de depósitos de antiguos derrumbes, combinados con procesos gravitacionales y de dinámica deluvial. Por su naturaleza suelta e incompetente, se caracterizan por tener una baja cohesión que ofrecen una baja resistencia al corte y a la erosión, lo que las convierten en zonas susceptibles a movimientos en masa.
- 3) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa estructurada y modelada en roca sedimentaria, caracterizada por un relieve abrupto, con pendientes pronunciadas que varían de moderado, fuertes y muy fuertes que oscilan entre 15° a 45°. Las geoformas de vertiente coluvio-deluviales se emplazan sobre la ladera media-alta al este del cerro Marco, el cual, conforman zonas con pendientes muy fuertes que oscilan entre 25° a 45°. Estas condiciones morfológicas del terreno han propiciado la generación y evolución de los movimientos en masa.
- 4) Se ha identificado un deslizamiento activo, que involucra y moviliza material coluvio-deluvial, así también, parte del macizo rocoso perteneciente al Grupo Ambo. Se extiende de manera restringida y aparentemente de menor magnitud, hacia la parte media de la ladera del cerro Marco, presenta una geometría circular elongada que afecta un área de ~1.4 ha. Se evidencian múltiples grietas y fisuras en el cuerpo principal del deslizamiento, dichas grietas se disponen en la parte lateral del salón principal y del cerco perimétrico de la I.E N°82005 de Pampamarca, lo que pone en evidencia un movimiento lento, intermitente pero continuo del deslizamiento.
- 5) De acuerdo con las características y rasgos geológicos, geomorfológicos y geodinámicas, se considera al sector Pampamarca y a la I.E N°82005 como **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en sector Pampamarca.

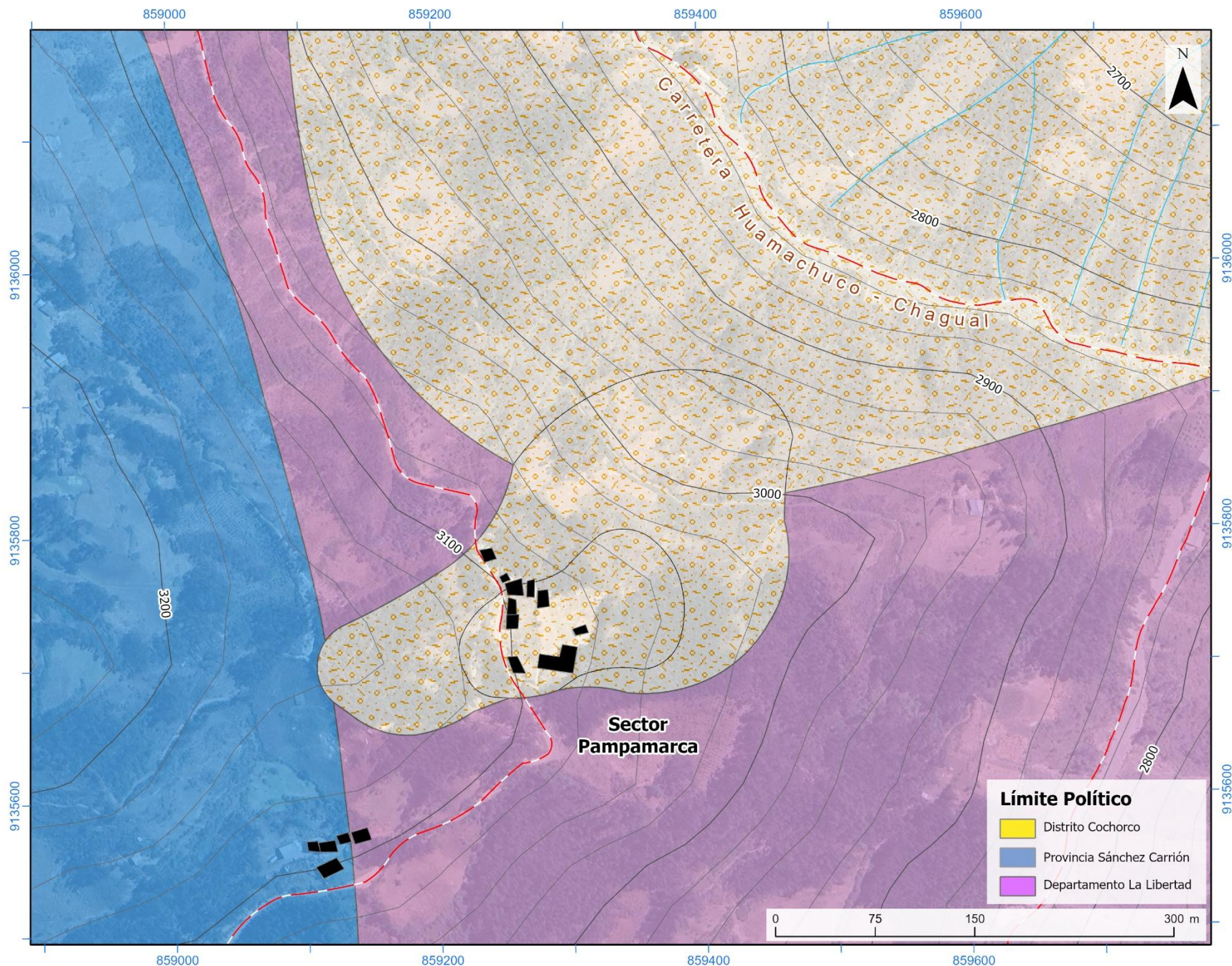
1. Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad distrital de Cochorco.
2. Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
3. Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDEC, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos en el sector Pampamarca.
4. Elaborar la Evaluación de Riesgos (EVAR) con los insumos (mapas a detalle) presentados en el presente informe, con la finalidad de determinar el nivel de riesgo de los elementos expuestos en el sector Pampamarca. Además, de recomendar las medidas correctivas definitivas que atenúen el peligro.
5. Con la finalidad de reducir el nivel de exposición al peligro geológico, se recomienda la reubicación prioritaria de la I.E. N°82005 y de las viviendas asentadas sobre el cuerpo del deslizamiento activo.
6. Construir canales de drenaje/coronación con una sección de material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.
7. Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento y alrededores.
8. Complementar con estudios geotécnicos y estabilidad de taludes antes de realizar cortes de carretera en la ladera este del cerro Marco.
9. Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura en áreas de ocurrencia de deslizamiento.
10. Suspender definitivamente el riego por inundación en zonas agrícolas ya que la remoción antrópica del suelo y el riego de cultivos favorecen la saturación del terreno y su desestabilización progresiva. Implementar riego más tecnificado corroboradas por el Ministerio de Agricultura.
11. Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales, principalmente en la parte media superior de la ladera este del cerro Marco.

Nota: La estabilización de los deslizamientos activos y potencialmente inestables, es un trabajo relativamente complejo que requiere de metodologías especializadas de diseño y construcción, es por ello, que las medidas de mitigación que se recomiendan en el presente informe deben ser ejecutados por profesionales especialistas entendidos en la materia.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- England, P. & Molnar, P. (1990). Surface uplift, uplift of rocks, and exhumation of rocks. *Geology*, v18, p. 1173-1177. DOI:10.1130/0091-7613(1990)018<1173:SUUORA>2.3.CO;2.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: *Canadian Geotechnical Journal*, v. 30p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 23, 330 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- ISRM (1981). Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock masses: *International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci. & Geomech. Abstr.* V. 18, p. 85-110.
- 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.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.). Erosion.com.
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, N°47. p. 53-57.
- Medina, L.; Luque, G.; Pari, W. (2012). Riesgo geológico en la región La Libertad. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 50, 238 p.
- Wilson, J. & Reyes, L. (1964). Geología del cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín, 9, 91 p., 1 mapa.

ANEXO 1: MAPAS
MAPAS DEL SECTOR PAMPAMARCA



Unidades litoestratigráficas

- | | |
|------------------------------|-------------------|
| Depósitos Coluvio-deluviales | Grupo Ambo |
| Grupo Pucará | Formación Contaya |

Simbología

- | | | |
|-------------------|--------------------|-----------|
| Drenaje | Curvas maestras | Viviendas |
| Trocha carrozable | Curvas secundarias | |

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

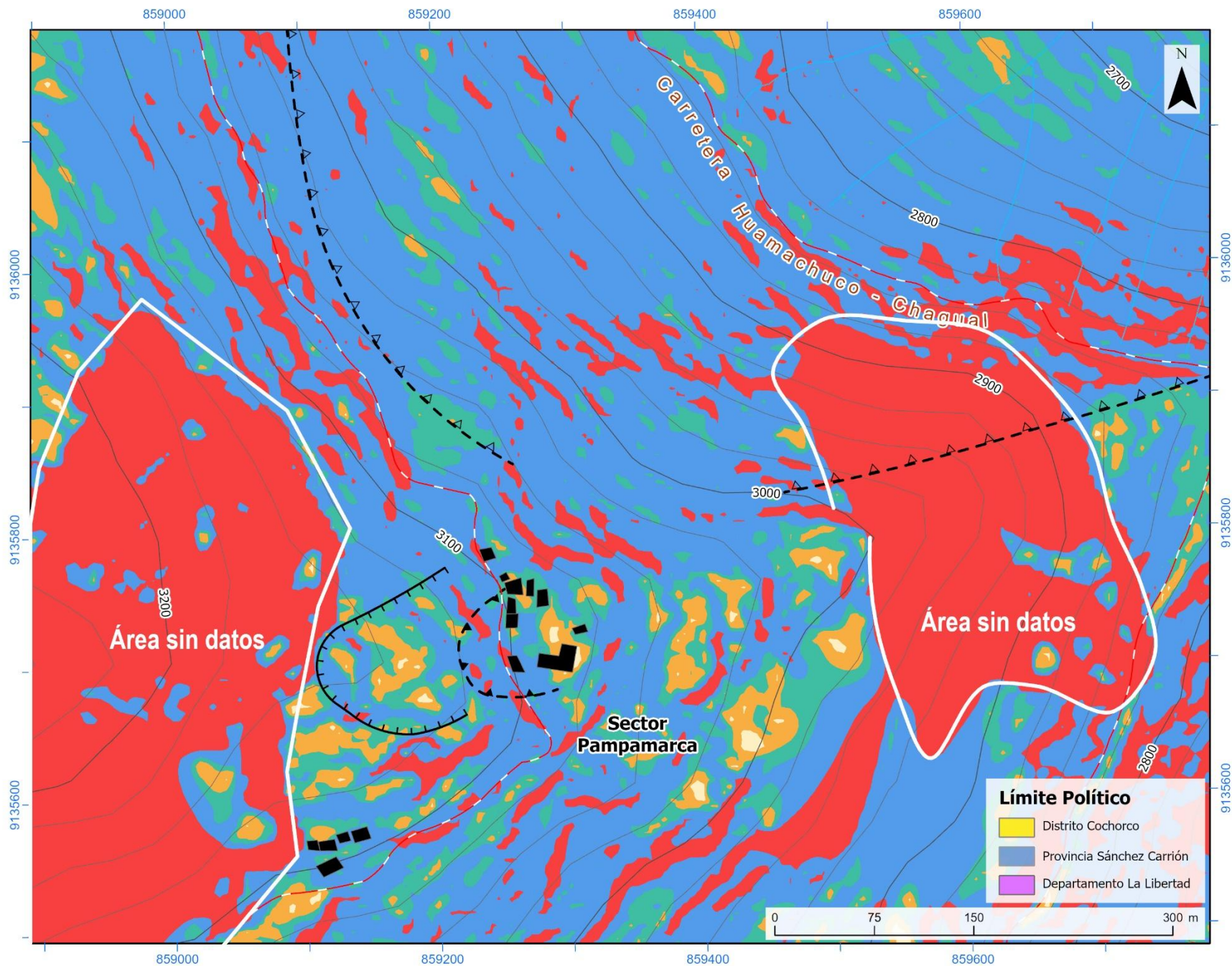
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la
evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geológico

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2025. Versión impreso: 2025

01



Pendientes

0° a 1° Muy baja	5° a 15° Media	25° a 45° Muy fuerte
1° a 5° Baja	15° a 25° Fuerte	> 45° Muy escarpado

Simbología

Drenaje	Curvas maestras	Viviendas
Trocha carrozable	Curvas secundarias	



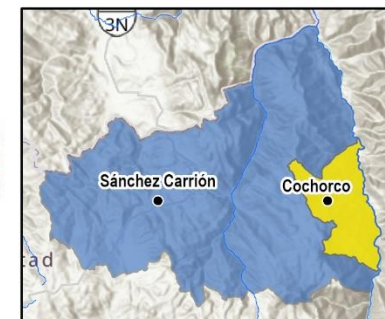
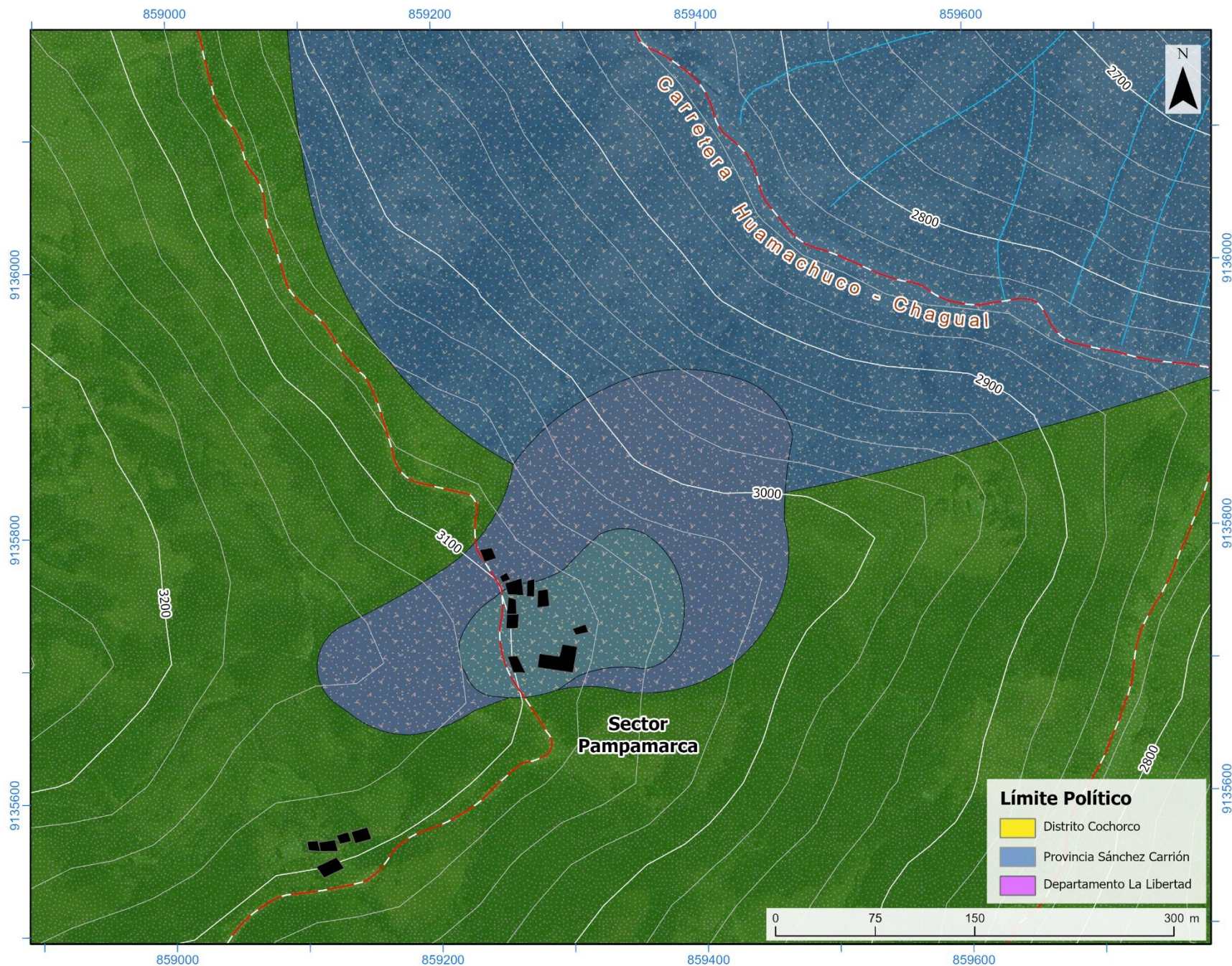
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa de pendientes

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Version digital: año 2025. Version impreso: 2025

02



Unidades geomorfológicas

- Montaña estructural en roca sedimentaria
- Vertiente coluvio-deluvial

Simbología

- Drenaje
- Trocha carrozable
- Curvas maestras
- Curvas secundarias
- Viviendas

Límite Político

- Distrito Cochorco
- Provincia Sánchez Carrión
- Departamento La Libertad



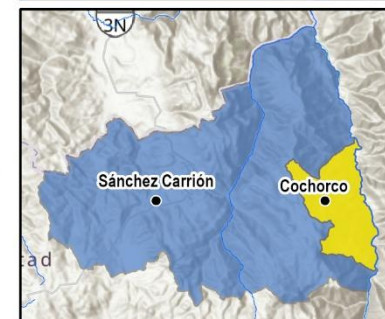
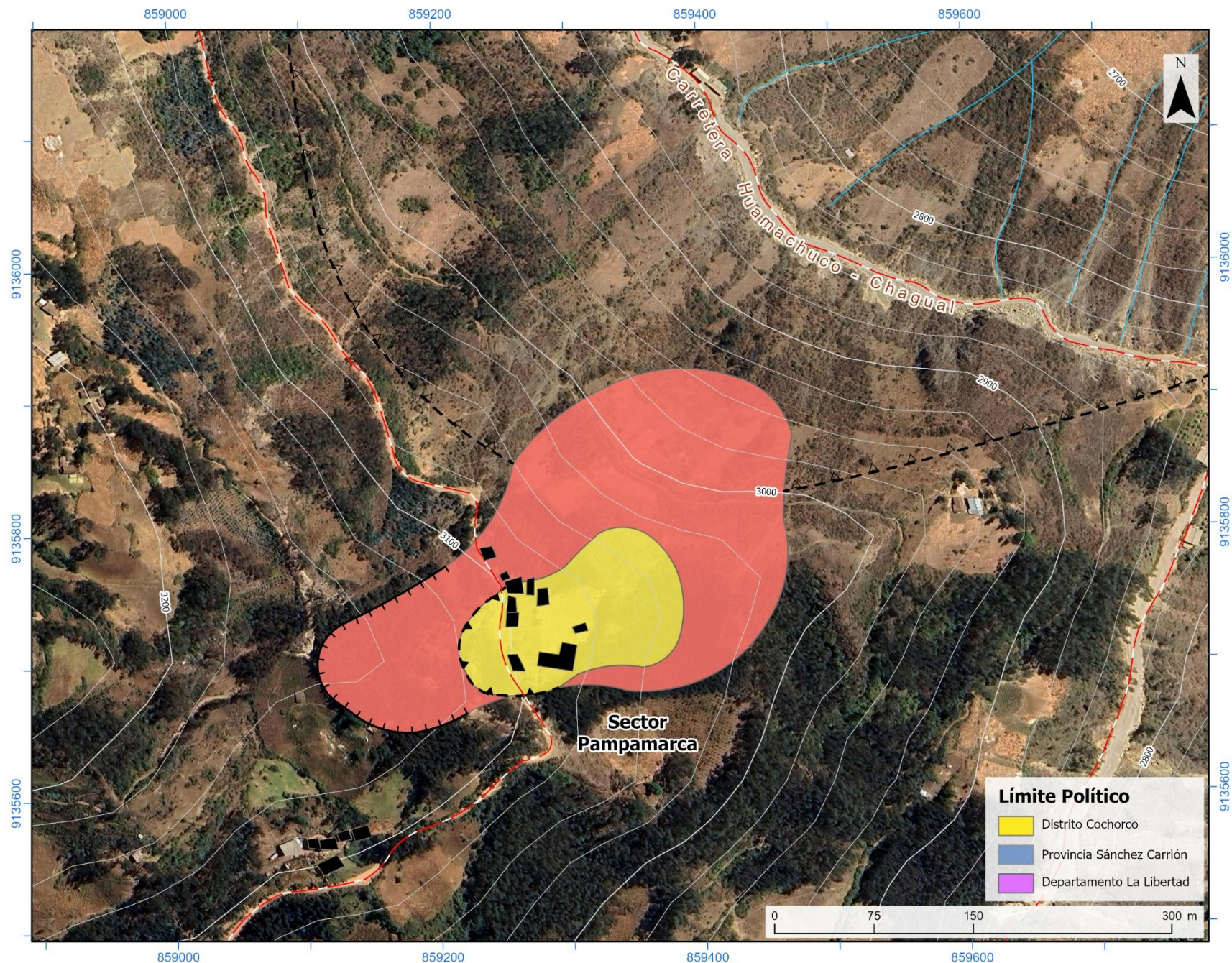
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geomorfológico

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Version digital: año 2025. Version impreso: 2025

03



Cartografía de peligros geológicos

Deslizamiento activo Derrumbe inactivo latente

Simbología

Zona de arranque de derrumbe
Escarpe de deslizamiento antiguo

Escarpe de deslizamiento activo inferido
Drenaje
Trocha carrozable

Curvas maestras
Curvas secundarias
Viviendas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la
evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**Cartografía de Peligros
Geológicos**

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2025. Versión impreso: 2025

04

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de estabilización de los movimientos en masa, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento 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 la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (**Figura 12**). 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.

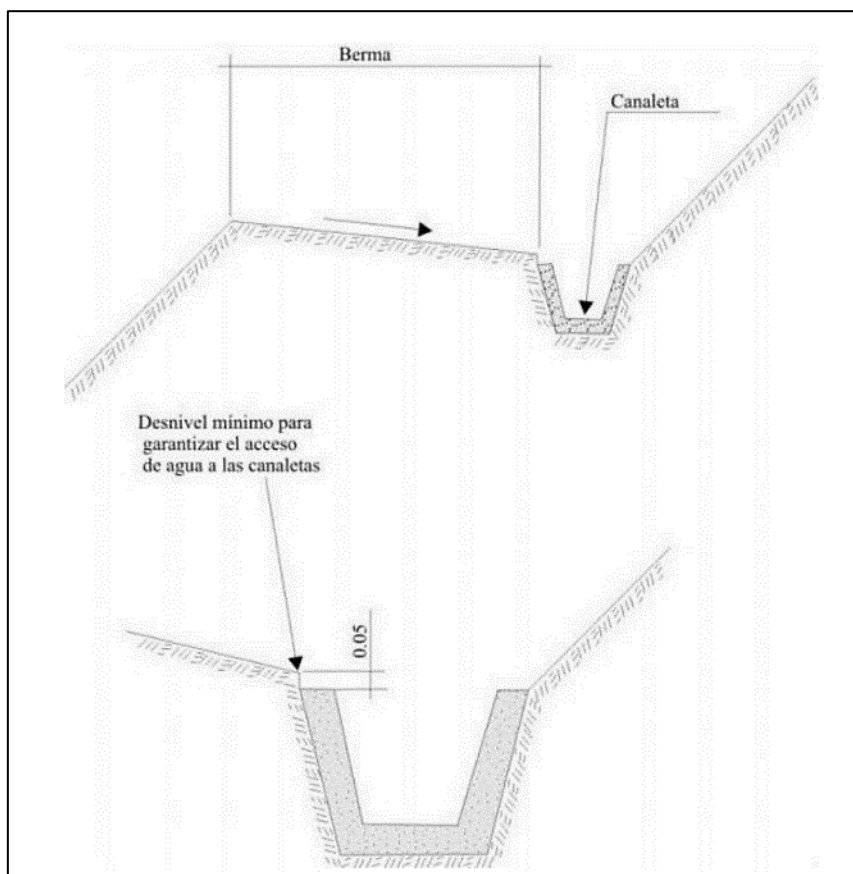


Figura 12. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación

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

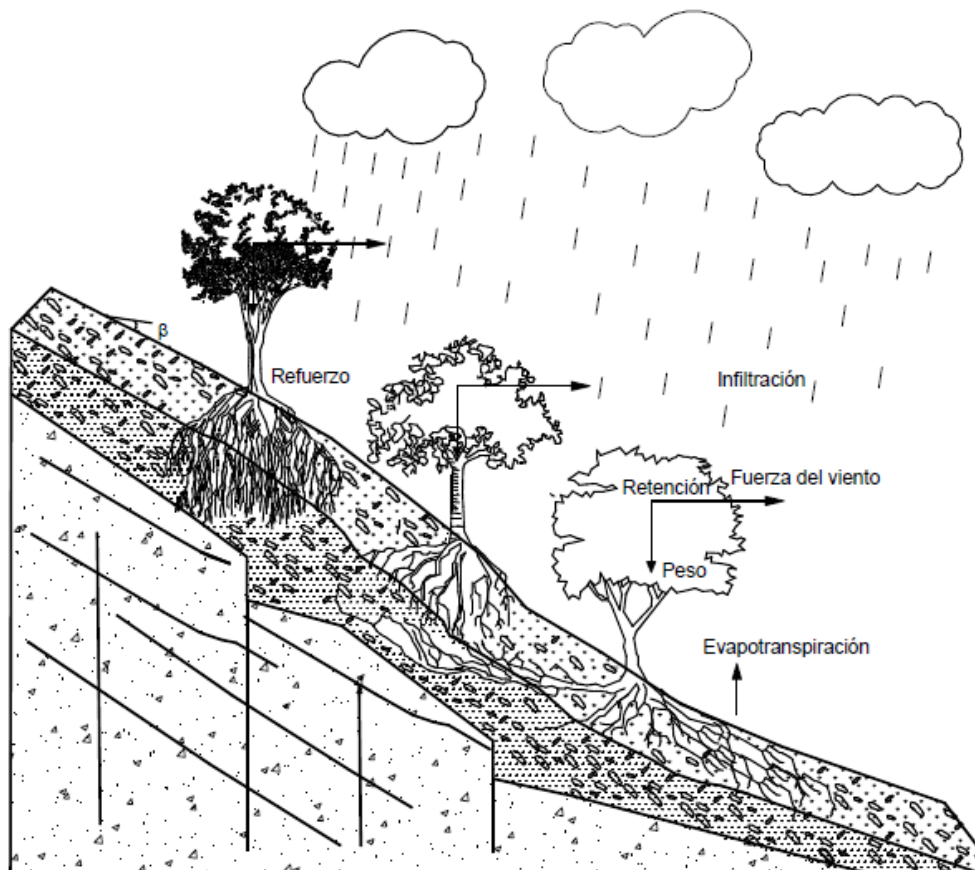


Figura 13. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 14. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.