

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7543**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CERRILLOS – FRENTE AL BALNEARIO LA PUNTA

Departamento: Arequipa  
Provincia: Camaná  
Distrito: Samuel Pastor



OCTUBRE  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CERRILLOS – FRENTE AL BALNEARIO LA PUNTA.

Distrito de Samuel Pastor, Provincia Camaná, Departamento Arequipa

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

*Equipo de investigación:*

*Yhon Soncco Calsina*

*Rigoberto Aguilar Contreras*

### Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2024). *Evaluación de peligros geológicos en el sector Cerrillos – frente al balneario La Punta. Distrito de Samuel Pastor, provincia Camaná, departamento Arequipa.* Lima: Ingemmet, Informe técnico A7543. 24 p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	5
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	5
1.2.1. Ubicación .....	6
1.2.2. Accesibilidad .....	7
1.2.3. Precipitación pluvial .....	8
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	9
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	11
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	11
3.1.1. Formación Camaná (Nm-cam).....	11
3.1.2. Depósito coluvial (Qh-col) .....	12
3.1.3. Depósitos aluviales (Qh-al) .....	12
3.1.4. Depósitos eólicos (Qh-e).....	12
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	13
<b>4.1. Pendientes del terreno</b> .....	13
<b>4.2. Unidades Geomorfológicas</b> .....	13
4.2.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y denudacional.....	14
4.2.2. Unidades de carácter depositacional o agradacional.....	14
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	15
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	15
5.1.1. Deslizamiento Cerrillos .....	15
5.1.2. Derrumbe.....	16
<b>5.2. Factores condicionantes</b> .....	17
<b>5.3. Factores desencadenantes</b> .....	17
<b>CONCLUSIONES</b> .....	18
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	19
<b>ANEXO 1 MAPAS</b> .....	21

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizada en el sector Cerrillos, del distrito Samuel Pastor, provincia Camaná, departamento de Arequipa. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área de estudio afloran conglomerados compuestos por fragmentos subredondeados de diferente litología, poco consolidados (Formación Camaná). Además, se aprecian depósitos cuaternarios (coluviales, aluviales y eólicos) los cuales se encuentran poco consolidados.

El sector Cerrillos está ubicado sobre las unidades geomorfológicas siguientes: colina y lomada en roca sedimentaria, con pendiente ( $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$ ); vertiente con depósito de deslizamiento, con inclinaciones de ( $15^{\circ}$  -  $35^{\circ}$ ) y planicie aluvial costera, que presenta pendientes que varían entre llano a suavemente inclinados ( $1^{\circ}$  –  $5^{\circ}$ ).

El principal peligro geológico identificado corresponde a movimientos en masa de tipo deslizamiento y derrumbes. El sector presenta un deslizamiento rotacional antiguo, cuya corona posee una longitud aproximada de 5.8 km, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 1.35 km. Este evento está comprendido entre las cotas 263 a 14 m.s.n.m. es decir presenta un desnivel de 249 m. la masa movilizada se estima que afecto un área 403 has. El movimiento de la masa muestra un desplazamiento hacia al Suroeste. Los derrumbes ocurren al pie del deslizamiento.

Los factores que condicionan la ocurrencia de los procesos de deslizamiento y derrumbe son: a) unidades litoestratigráficas no consolidadas de la Formación Camaná, depósitos coluviales, aluviales y eólicos; b) pendientes del terreno que varían de moderado a fuerte ( $10^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ), en la parte baja y media es muy fuerte ( $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ), existen cambios abruptos a terrenos escarpados ( $> 45^{\circ}$ ). Esto permite que el material suelto que se encuentra en la ladera se desplace cuesta abajo con facilidad y c) vertiente con depósito de deslizamiento, con inclinaciones de ( $15^{\circ}$  -  $35^{\circ}$ ). d) corte de talud de la vía Panamericana-Sur, y el socavamiento para la construcción de las viviendas en el pie del deslizamiento. Que genera derrumbes

Con base en las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Cerrillos en el distrito Samuel Pastor es considerado de PELIGRO MEDIO a ALTO, frente a peligros por deslizamiento y derrumbes.

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades competentes, como: forestar las laderas buscando mejorar los elementos de sostenimiento natural. Para ello tomar en cuenta las especies nativas y/o exóticas que más se adapten a las condiciones y principalmente que cumplan con la función de contención del terreno.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el “Servicio de Asistencia Técnica en la Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo el oficio N° 466-2023-A-MDSP, emitido por la municipalidad distrital Samuel Pastor. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector Cerrillos, en el distrito de Samuel Pastor, en la provincia Camaná, en el departamento de Arequipa.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Yhon Soncco y Rigoberto Aguilar, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan la zona urbana en el sector Cerrillos, del distrito de Samuel Pastor, provincia Camaná, departamento Arequipa. Los trabajos de campo se realizaron del 08 al 20 de abril del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: a) Gabinete I-Pre-campo, recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; b) Campo, se realizó la observación de procesos de movimientos en masa, tomando datos y evidencias que contribuyan a su evaluación (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado geodinámico, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y c) Gabinete II, se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Samuel Pastor 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 el peligro geológico en el sector Cerrillos del distrito de Samuel Pastor; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional se tienen:

- a) INGEMMET. Boletín N° 26, Serie L, Hojas 34q1, 34q4: Geología del Cuadrángulo de Camaná “. Mapa Geológico del cuadrángulo de Camaná a escala 1:50 000” (Ccallo, W.; Torres, D.; Soberón, D.; Santos, A.; Aguilar, R. & Ayala, L., 2021). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde en gran parte a la Formación Camaná.
- b) Zavala, B.; Vílchez, M. & Rosado, M., (2013). “Susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del río Camaná-Majes-Colca, Arequipa”. Los autores presentan el mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa (SMM) a escala 1:50 000, donde el área de estudio se localiza en zonas de susceptibilidad baja a media.

**1.2.1. Ubicación**

El área evaluada está ubicada, en el distrito de Samuel Pastor, provincia Camaná, departamento Arequipa (figura 1), en la siguiente coordenada

**Cuadro 1.** Coordenadas de área evaluado en el sector Cerrillos, en el distrito de Samuel Pastor

Sector	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
<b>Cerrillos</b>	750820	8157903	-16.648055°	-72.648528°



**Figura 1.** Vista del sector Cerrillos en el distrito de Samuel Pastor.

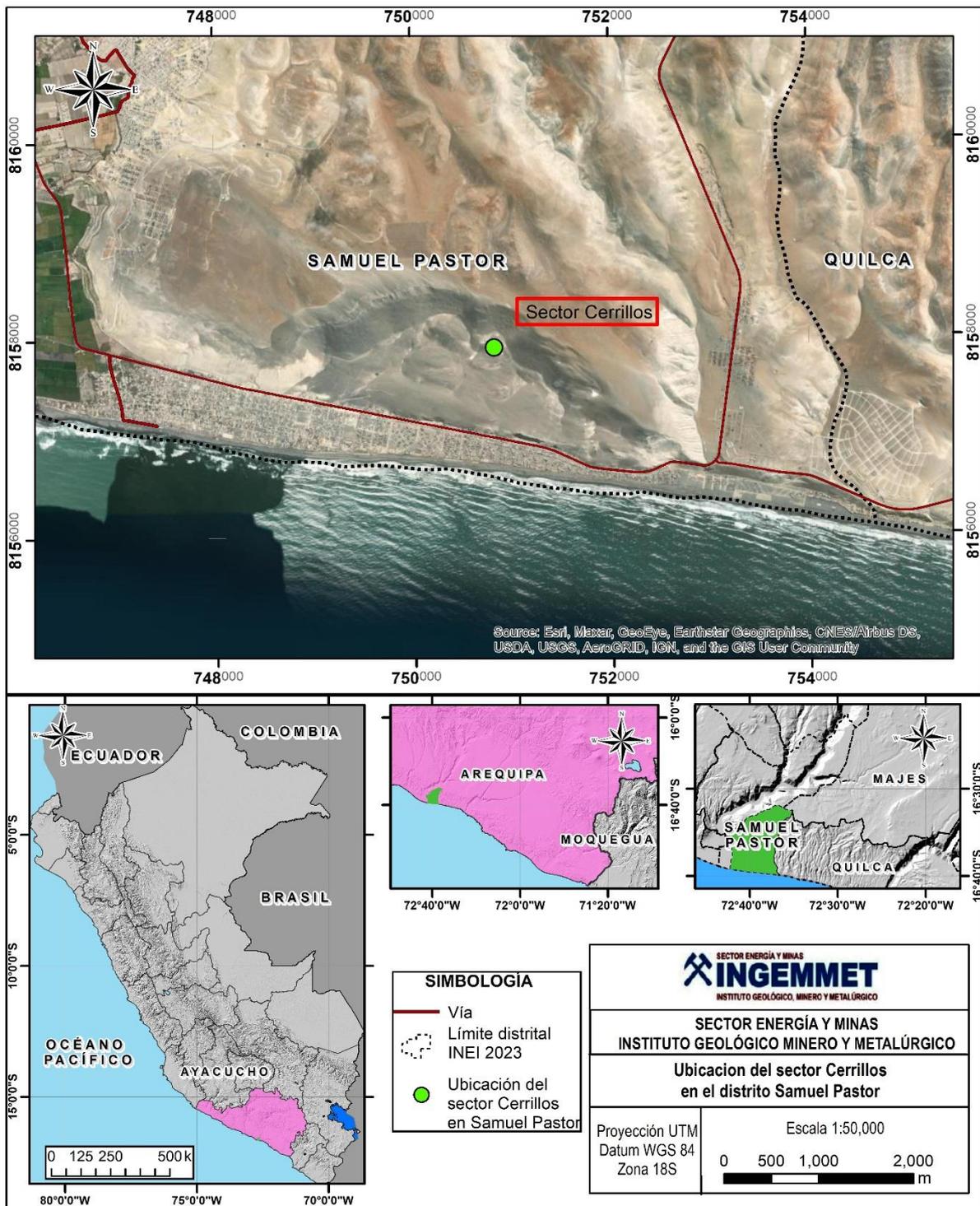


Figura 2. Ubicación del área de estudio en el distrito de Andaray

### 1.2.2. Accesibilidad

El acceso al distrito Samuel Pastor se realizó desde la ciudad de Arequipa, por vía terrestre, mediante la ruta mencionada en el Cuadro 2:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

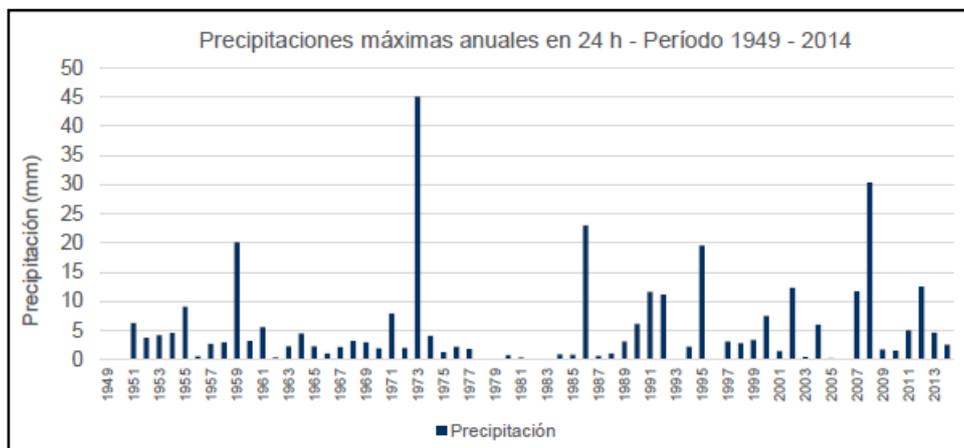
Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
<b>Arequipa – Camaná – Samuel Pastor (quebrada Buen Pastor)</b>	Carretera asfaltada	176	3 h 04 min

### 1.2.3. Precipitación pluvial

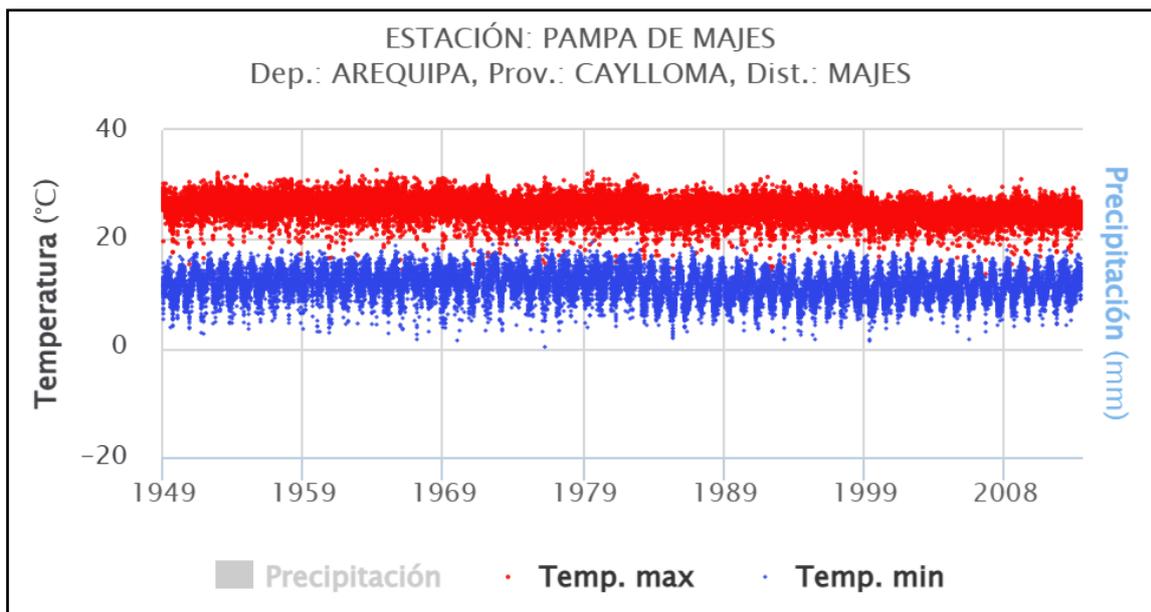
El distrito Samuel Pastor cuenta con un clima de tipo Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, templado - E (d) B' con temperaturas máximas entre 19 °C a 31 °C y mínimas entre 3 °C y 21 °C.

La cantidad de lluvia según datos pluviométricos de la estación meteorológica convencional Pampa de Majes (SENAMHI) en el período 1949 – 2014, registra una precipitación máxima de hasta 45.11 mm en febrero del año 1973 (figuras 3 y 4), enfatizando que la lluvia más intensa ocurre entre los meses diciembre y marzo.

La Figura 4 permite observar con qué frecuencia se producen anomalías en la lluvia que provocan la erosión del suelo y muestra las precipitaciones totales mensuales en milímetros, distribuidas a lo largo del período 1949 – 2014.



**Figura 3.** Histograma de precipitaciones totales mensuales en mm, estación Pampa de Majes: 1949 – 2014.



**Figura 4.** Histograma de temperaturas máximas y mínimas diarias – Estación Pampa de Majes, distribuidas a lo largo del periodo 1949 - 2014. Fuente: Estación meteorológica convencional Pampa de Majes - SENAMHI.

## 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:

**AGRIETAMIENTO (cracking):** Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

**CORONA (crown):** 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.

**DESLIZAMIENTO (slide):** Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). 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.

**ESCARPE (scarp) 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.

**FRACTURA (crack):** Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

**METEORIZACIÓN (weathering):** 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.

**CAÍDAS:** La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

**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.

**EROSIÓN DE LADERAS:** Se considera dentro de esta clasificación a este tipo de eventos, porque se les considera predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Duque et al., 2016).

Los procesos de erosión de laderas también pueden tener como desencadenante la escorrentía formada por el uso excesivo de agua de regadío.

**CÁRCAVAS:** La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

**AVALANCHA DE ESCOMBROS:** Las avalanchas de escombros son deslizamientos súbitos de una parte de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de

inestabilidad, tales como la elevada pendiente del volcán, presencia de fallas, movimientos sísmicos fuertes y/o explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros ocurren con poca frecuencia y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia, se desplazan a gran velocidad, así por ejemplo en el caso del monte St. Helens, se estimaron velocidades del orden de 240 km/h Glicken, (1996). Los mecanismos del colapso, transporte y emplazamiento han sido mejor entendidos a partir de la erupción del volcán St. Helens en los EE. UU. (18 de mayo de 1980), donde se produjo el colapso sucesivo de tres bloques ubicados en el flanco norte.

### **3. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

El análisis local se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Camaná, Hojas 34-q1, a escala 1:50,000 (Ccallo, W.; Torres, D.; Soberón, D.; Santos, A.; Aguilar, R. & Ayala, L., 2021).

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

#### **3.1. Unidades litoestratigráficas**

##### **3.1.1. Formación Camaná (Nm-cam)**

La Formación Camaná ha sido dividida en tres miembros (Ccallo et al., 2021), diferenciada en la cartografía geológica a escala 1:50 000 y estudios anteriores, donde se identificaron variaciones estratigráficas, paleontológicas e isotópicas, (figura 5).

En el área de estudio aflora el miembro superior, constituido por secuencias conglomerádicas con superficies suaves: Los conglomerados presentan clastos subredondeados de cuarcitas (40 %), intrusivos dioríticos (50 %) y gneis (10 %) con diámetros de hasta 20 cm (200 mm).

Afloran principalmente en las partes altas de las colinas. Este miembro se correlaciona con la Formación Millo, que aflora en el dominio de la cuenca Moquegua.

Por motivos de correlación espacial para la cuenca Camaná y la cartografía geológica, se considera esta unidad litológica como parte de la Formación Camaná (miembro superior), las cual se encuentra medianamente consolidadas.

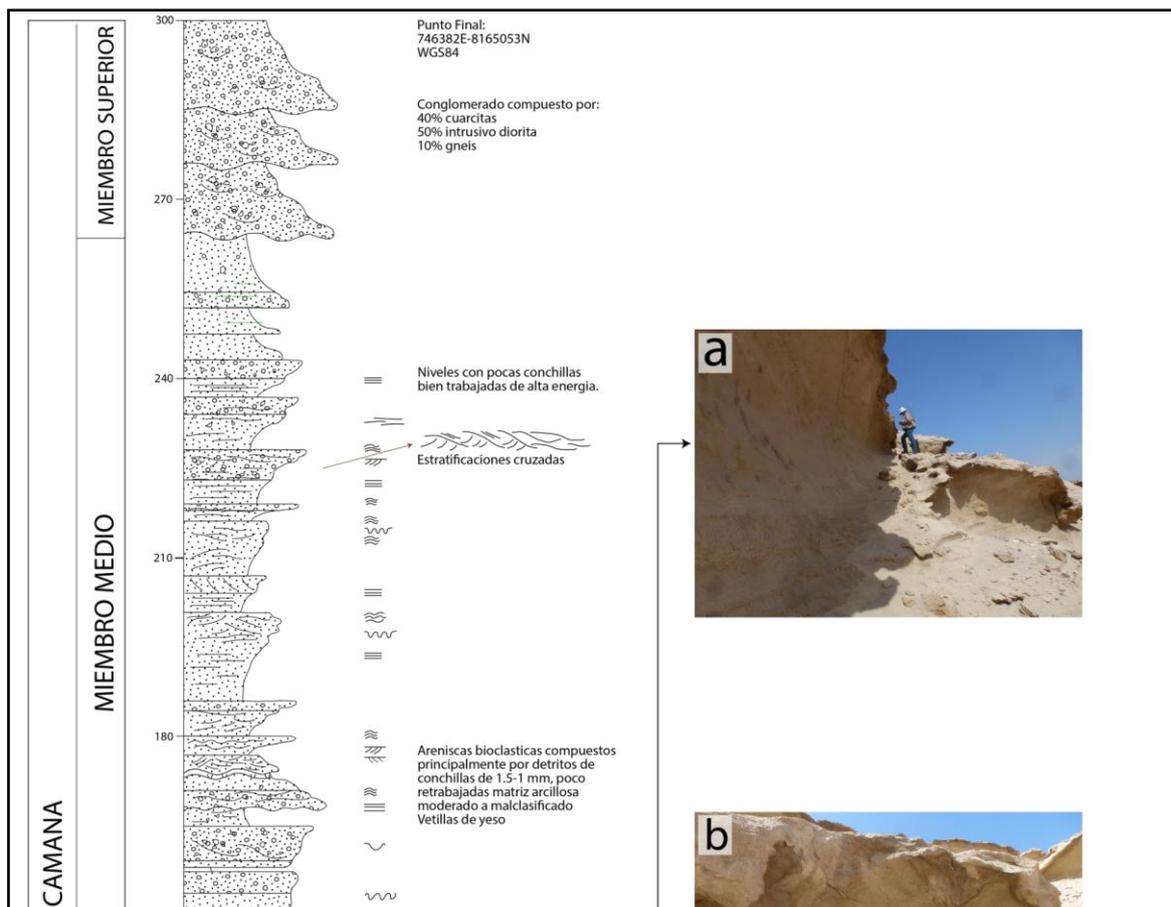


Figura 5. Columna estratigráfica de la Formación Camaná (Ccallo et al., 2021).

### 3.1.2. Depósito coluvial (Qh-col)

Son depósitos provenientes de detritos que no han sufrido gran movilización; se acumulan en las partes bajas de las laderas, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección en su desembocadura. Constituidos por gravas, arenas y limos; cuyos depósitos se encuentran poco consolidados.

### 3.1.3. Depósitos aluviales (Qh-al)

Los depósitos aluviales están compuestos por cantos y gravas polimícticas redondeados a subredondeados en matriz areno-limoso-arcilloso. Estos depósitos conforman las terrazas donde se desarrollan las actividades agrícolas del distrito Samuel Pastor y Camaná, se observan en ambos márgenes del río Camaná, además en la zona próxima a la línea de costa. Unidad poco consolidada.

### 3.1.4. Depósitos eólicos (Qh-e)

Estos depósitos se sitúan en la parte alta del sector Cerrillos, donde las arenas eólicas forman una cubierta de grosor variable. Estas arenas son de grano medio, bien seleccionadas, con regular contenido de ferromagnesianos. Unidad se encuentra poco consolidada.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

En el sector Cerrillos, la pendiente de los terrenos varía desde moderada a fuertemente inclinada ( $10^\circ - 25^\circ$ ), en la parte baja y media es muy fuerte ( $25^\circ - 35^\circ$ ), (figuras 6).

Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm, a partir fotogrametría con dron (Anexo 1, mapa 3).



Figura 6. El texto de color amarillo muestra las distintas pendientes en el sector Cerrillos

Cuadro 3. Clasificación de pendientes del terreno.

Rangos de pendientes del terreno ( $^\circ$ )	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte ha escapado
>45	Muy escarpado

### 4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

La evolución del relieve en el área evaluada se presenta en el (Anexo 1, mapa 2).

#### 4.2.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales, originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes, Villota, (2005). Así en el área evaluada se tiene las siguientes unidades y subunidades:

##### **Unidad de Colinas**

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

Subunidad de colinas y lomadas en roca sedimentaria (RCL-rs): unidad geomorfológica que corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias que han sido reducidos por procesos denudativos. Estas rocas forman elevaciones alargadas con laderas de baja a moderada pendiente (10° - 15°) y disectadas

#### 4.2.2. Unidades de carácter depositacional o agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades.

##### **Unidad de Piedemonte**

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de sus perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Presenta pendientes de entre moderado a fuerte (15° – 25°).

Esta unidad se aprecia en el sector Cerrillos, se extiende hasta la vía Panamericana Sur. Es una unidad susceptible a generar deslizamientos.

## Unidad de Planicie

Las unidades de planicie son terrenos planos con una pendiente suave entre 1 y 5° y un ancho variable. Se encuentran a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río – Quebrada amplias, a mayor altura y representan niveles antiguos de sedimentación fluvial

Planicie aluvial costera (PI-al): es una superficie plana o cuesta suave que se forma gradualmente cuando se depositan sedimentos por la inundación periódica de corrientes o ríos. Presenta pendientes de entre llano a suavemente inclinados (1° – 5°).

Las planicies aluviales costeras son una prolongación del continente y frecuentemente son producto de aluviones sedimentados por la acción de los ríos. Esta zona tiene pendientes llanos.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por los ríos. Estos procesos conllevaron a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía original de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

En inmediaciones del sector Cerrillos, se identificó el peligro geológico correspondiente a movimiento en masa de tipo, deslizamiento. Este proceso tiene como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el grado de consolidación de la roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial y la densidad y tipo de cobertura vegetal. Como factores “detonantes” se tiene a las lluvias periódicas y extraordinarias que se producen en el área; así como la sismicidad. También se identificaron procesos de derrumbes en el cuerpo del deslizamiento y principalmente en el pie del deslizamiento.

### 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

En el sector de Cerrillos, se identificó un deslizamiento (mapa 4) que se describe a continuación.

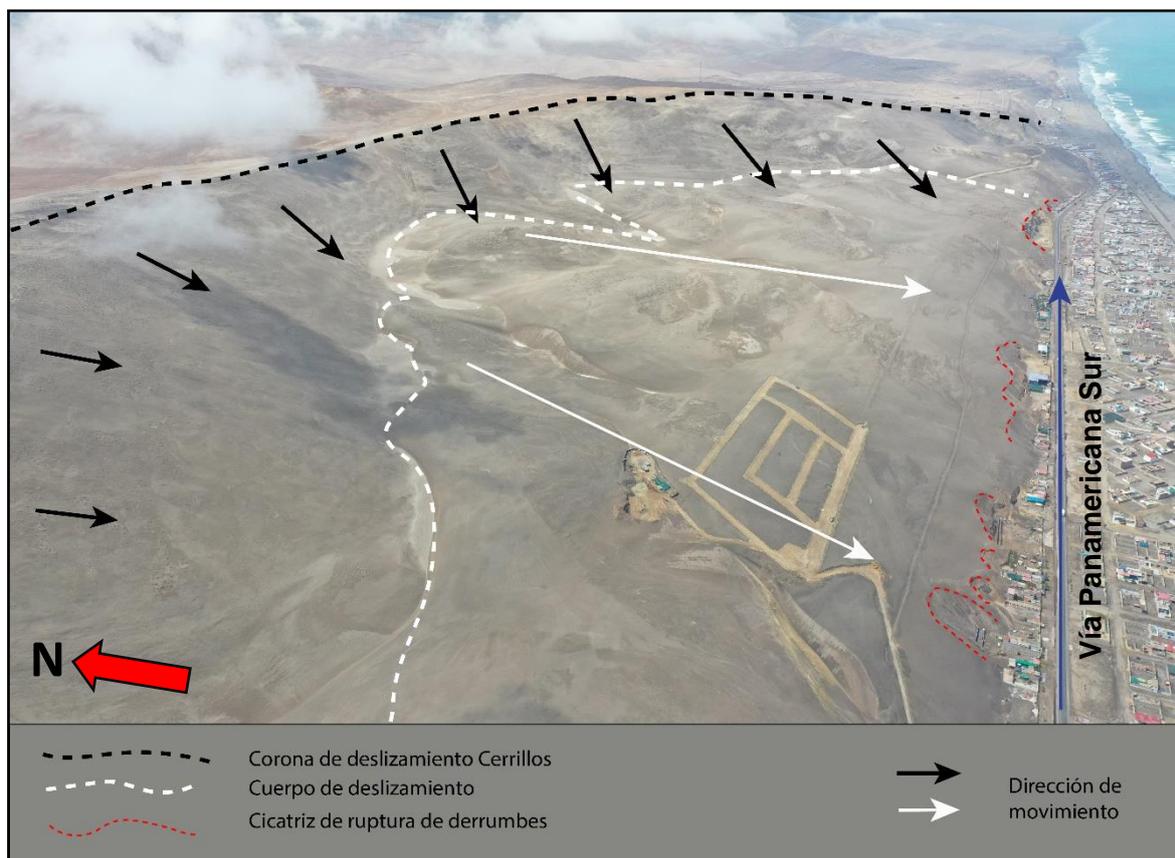
#### 5.1.1. Deslizamiento Cerrillos

Es un deslizamiento rotacional antiguo, el cual no presenta signos de reactivaciones. En el cuerpo del deslizamiento se han identificado, indicios de lotización. En el pie del deslizamiento, se presenta una serie de derrumbes, los cuales se describen más adelante.

A inmediaciones de Cerrillos, se aprecia una escarpa bien definida, que corresponden a la corona de un deslizamiento antiguo, cuya masa deslizada

o removida se extiende hasta la vía Panamericana Sur (figura 7). En el cuerpo del deslizamiento se evidencian ondulaciones, lomeríos y pequeñas depresiones.

Se trata de un deslizamiento tipo traslacional, donde su corona es clara y bien definida. Posee una longitud de 5.8 km, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 1.35 km. Presenta un desnivel de 249 m, comprendido entre las cotas 263 y 14 m.s.n.m; la masa movilizada se estima que afectó un área 403 has.



**Figura 7.** Deslizamiento Cerrillos

### 5.1.2. Derrumbe

En la parte baja del deslizamiento cerrillos, al costado de la vía Panamericana Sur, se aprecian una serie de derrumbes, los cuales se originan por el corte de talud para la ocupación de viviendas, así como para extracción de material.

Si el proceso de corte de talud continua podría generar la desestabilización del cuerpo del deslizamiento Cerrillos.

## 5.2. Factores condicionantes

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

### **Factor litológico.**

Presencia de depósitos de la Formación Camaná, conformados por conglomerados poco consolidados formando superficies suaves, compuesto por clastos subredondeados con predominancia de fragmentos de intrusivos dioríticos (50 %), cuarcitas (40%) y gneis (10 %); tapizados por una cobertura superficial de depósitos cuaternarios (coluviales, aluviales y eólicos) los cuales se encuentran poco consolidados.

### **Factor geomorfológico.**

En el sector las laderas presentan pendientes que varían de moderado a fuertemente inclinado (10° - 25°), en la parte baja y media es muy fuerte (25° - 35°). Esto permite que el material suelto que se encuentra en la ladera se desplace cuesta abajo con facilidad.

Unidades geomorfológicas siguientes, subunidad de colina y lomada en roca sedimentario, vertiente con depósito de deslizamiento y planicie aluvial costera.

### **Factor antrópico.**

El corte de talud en la vía Panamericana-Sur, y el socavamiento para la construcción de las viviendas, en el pie del deslizamiento, que genera derrumbes.

## 5.3. Factores desencadenantes

Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia se da entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al. Según la estación de Majes del (Senamhi), en la zona, históricamente se presentaron precipitaciones de hasta 44.11 mm

Los sismos también pueden desencadenar los deslizamientos. Según el Mapa de sismicidad del Instituto Geofísico del Perú-IGP, cercano a la zona, se han presentado sismos con intensidades de VII según el sismo del 21 de octubre de 1687(Arequipa); entre IV y V según el sismo del 23 de junio de 2001 (Arequipa). De presentarse sismos similares a los descritos anteriormente, podrían reactivar el deslizamiento.

## CONCLUSIONES

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

- a) En el área de estudio afloran conglomerados poco consolidados compuestos por clastos sub-redondeados de intrusivos dioríticos, cuarcitas y gneis (Formación Camaná) que los hace susceptibles. Además, se aprecian depósitos cuaternarios (coluviales, aluviales y eólicos) los cuales igualmente se encuentran poco consolidados.
- b) El relieve que domina en la zona está caracterizado por unidades geomorfológicas de colinas y lomadas en roca sedimentaria, con pendiente ( $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$ ); vertiente con depósito de deslizamiento asociado al deslizamiento antiguo de Cerrillos, con inclinaciones de ( $15^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ) y una planicie aluvial costera, que presenta pendientes que varían entre llano a suavemente inclinados ( $1^{\circ}$  -  $5^{\circ}$ ).
- c) El sector Cerrillos del distrito Samuel Pastor en Camaná, muestra peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes.
- d) Los factores condicionantes que han originado la ocurrencia de peligros geológicos en el pasado y las reactivaciones recientes son: a) Secuencias de la Formación Camaná y unidades cuaternarias (coluviales, aluviales y eólicos) poco consolidadas, b) pendientes del terreno que varía de suave a moderada ( $1^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ), y pendientes mayores a  $25^{\circ}$  (pendientes muy fuertes a muy escarpados), lo que facilita los derrumbes y deslizamientos, c) Subunidad de vertiente con depósito de deslizamiento antiguo, que muestra reactivaciones en el frente que da al corte de talud de la vía Panamericana-Sur, y el socavamiento para la construcción de las viviendas, en el pie del deslizamiento, que genera derrumbes.
- e) Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Cerrillos en el distrito Samuel Pastor es considerada de PELIGRO MEDIO a ALTO, frente a peligros por deslizamiento y derrumbes.

## RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los movimientos en masa. La implementación de estas recomendaciones permitirá mitigar el impacto de los riesgos geológicos.

1. A fin de evitar la reactivación del deslizamiento en el sector Cerrillos, se debe controlar la infiltración de agua en el suelo, mediante medidas estructurales con asesoramiento de las entidades correspondientes.
2. Implementar un sistema de monitoreo instrumental, para un análisis periódico (1 – 2 por año) del comportamiento del deslizamiento.
3. Forestar las laderas buscando mejorar los elementos de sostenimiento natural. Para ello tomar en cuenta las especies nativas y/o exóticas que más se adapten a las condiciones y principalmente que cumplan con la función de contención del terreno.
4. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
5. Realizar un estudio de evaluación de riesgos EVAR, en este debe ser realizado por un evaluador de riesgos acreditado por CENEPRED.
6. Implementar ordenanzas municipales, para prohibir:
  - La construcción de viviendas en zonas de alto peligro por movimientos en masa.
  - Por ningún motivo debe continuar la expansión urbana hacia las laderas inestables.



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act. 11



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

## BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C.; Delgado, G.; García, B.; Aguirre, E.; Audin, L. (2017). Neotectónica, Evolución del Relieve y Peligro Sísmico en la Región Arequipa, INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 64, 370 p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1223>

Ccallo, W.; Torres, D.; Soberón, D.; Santos, A.; Aguilar, R. & Ayala, L., 2021 - Geología del cuadrángulo de Camaná (hoja 34-q1), Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000). Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 37 p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3165>

Corominas, J. & García Yagüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072  
Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides 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.

Luque, G.; Pari, W.; Dueñas, K. (2021). Peligro Geológico en la región Arequipa, INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 81, 286 p.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/3160>

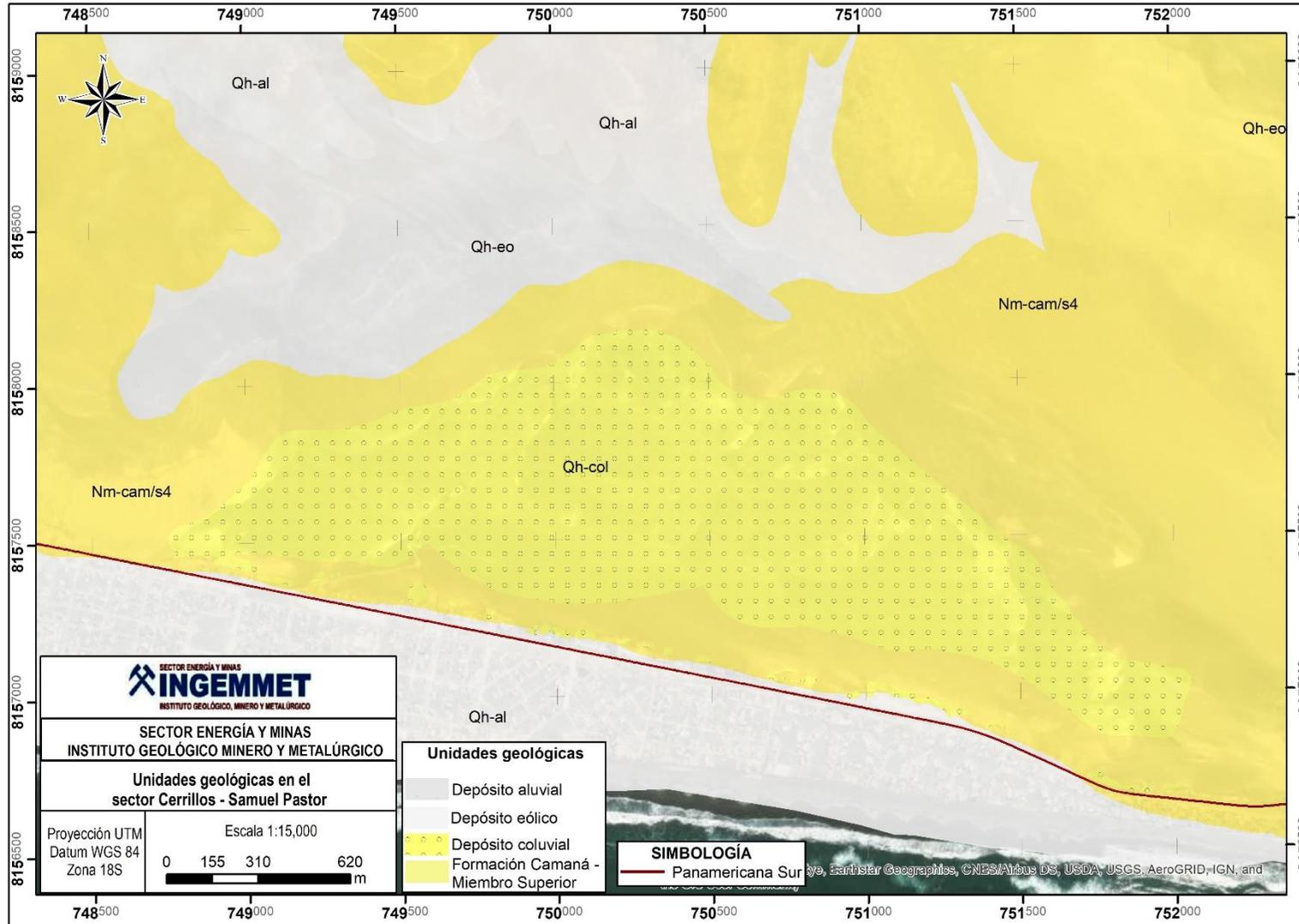
Paguican EMR, Van Wyk de Vries B, Lagmay a. MF (2012) Hummocks: how they form and how they evolve in rockslide-debris avalanches. Landslides 11:67–80. doi: 10.1007/s10346-012-0368-y

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.

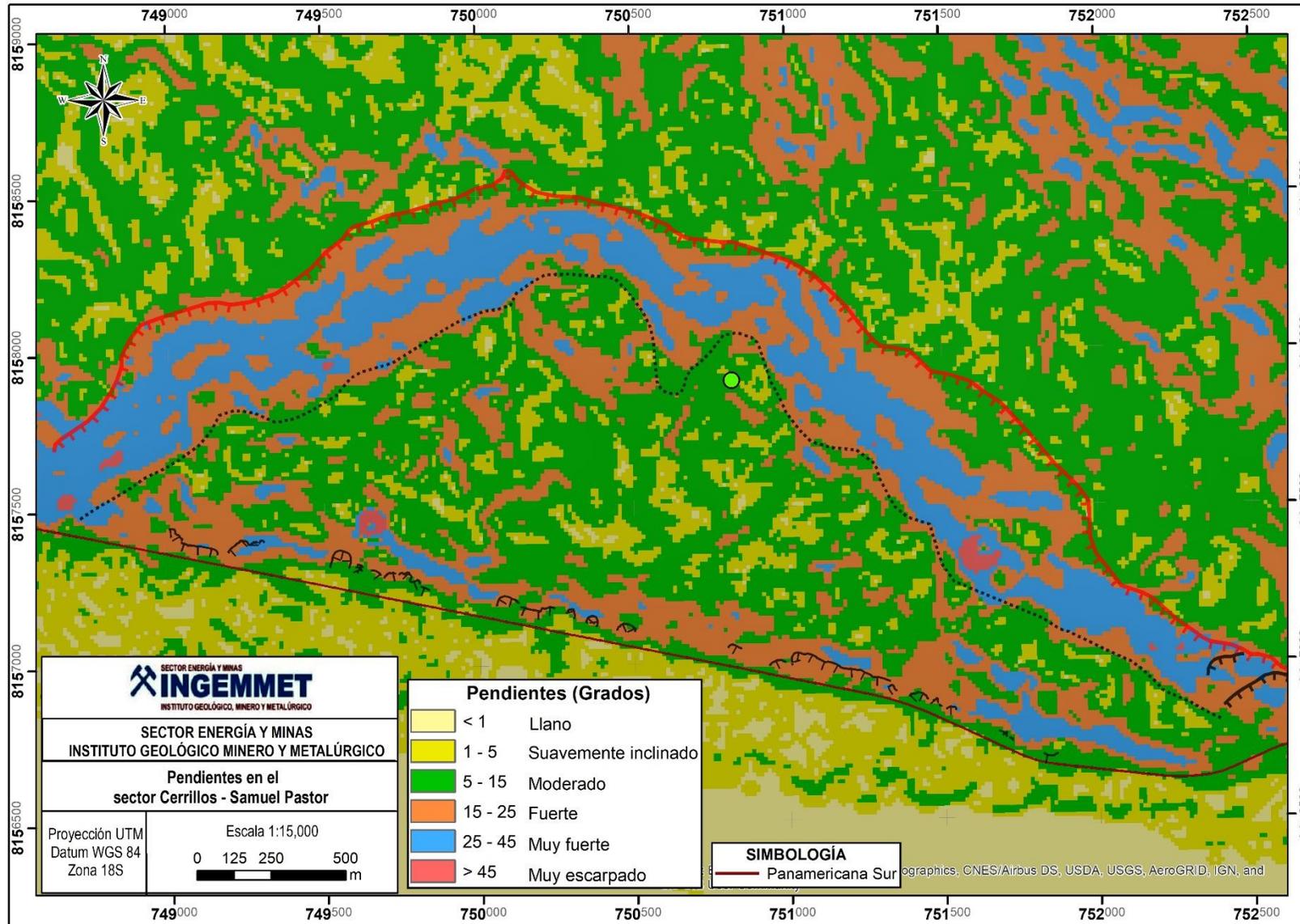
**ANEXO 1 MAPAS**

Se presenta los siguientes mapas:

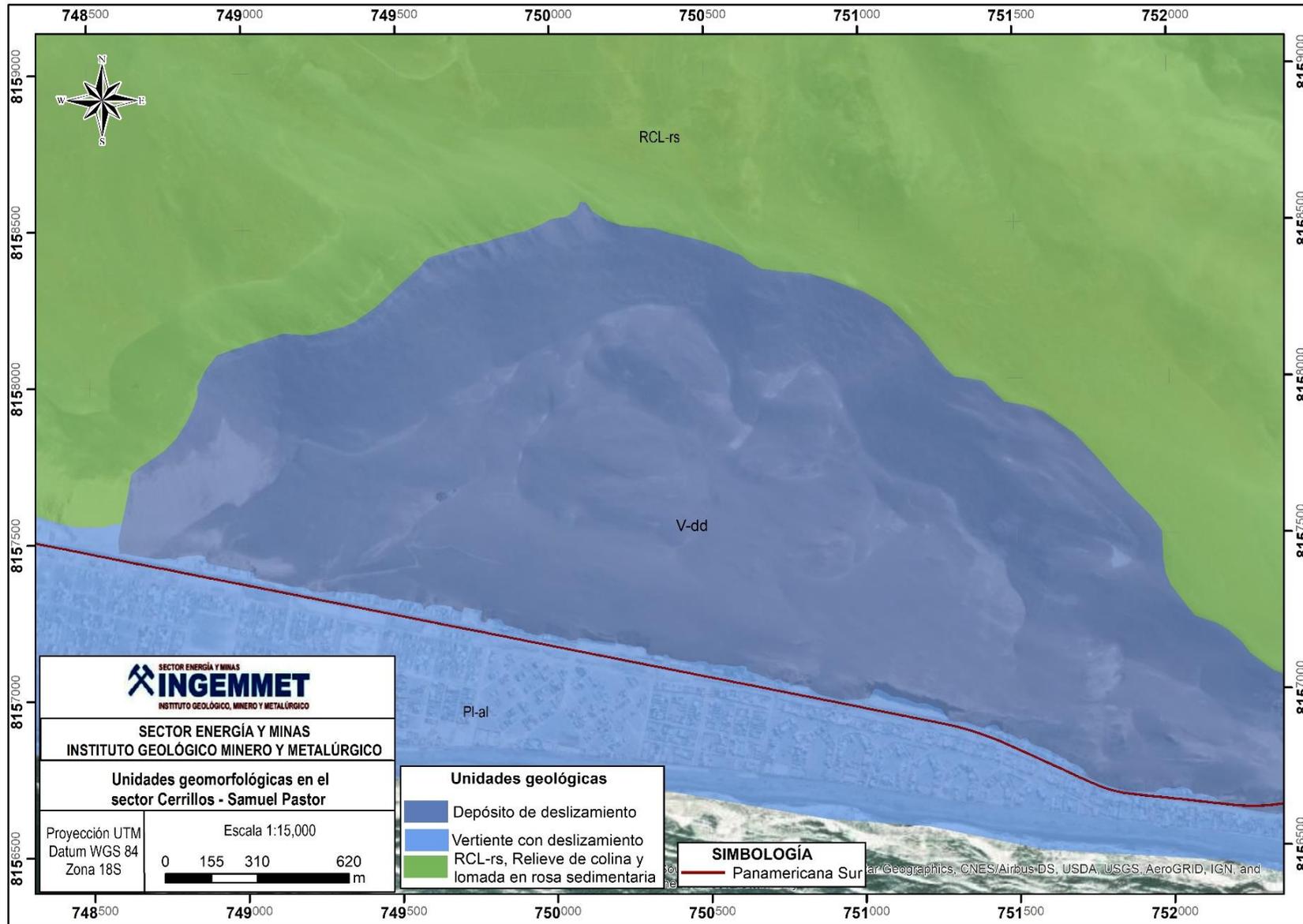
Mapa N°1. Geología del área de trabajo. Tomado y modificado del mapa geológico del cuadrángulo de Camaná, Ccallo, W.; et al. (2021).



Mapa N°2. Pendiente del terreno en el sector Cerrillos, en Samuel Pastor, elaborado a partir de imágenes satélites (Alos Palsar - 25/02/2011)



Mapa N°3. Geomorfología en el sector Cerrillos, en el distrito de Samuel Pastor



Mapa N°4. Cartografía de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Cerrillos, en el distrito de Samuel Pastor

