

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7561**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN LOS SECTORES SAN ISIDRO Y PUERTO ALEGRE

Departamento: Huánuco  
Provincia: Leoncio Prado  
Distrito: Hermilio Valdizán



NOVIEMBRE  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN LOS SECTORES SAN ISIDRO Y PUERTO ALEGRE

(Distrito Hermilio Valdizán, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco)



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

### *Equipo Técnico*

*Wilson Gomez Cahuaya  
Griselda Luque Poma  
Ricky Gonzales Salas*

### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). "Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos en los sectores San Isidro y Puerto Alegre". Distrito Hermilio Valdizán, Provincia Leoncio Prado y Departamento Huánuco, informe técnico N° A7561, Ingemmet 50p*

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Objetivos del estudio.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Aspectos generales.....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	7
1.3.4. Clima .....	8
1.3.5. Zonificación sísmica .....	10
<b>2. DEFINICIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas .....</b>	<b>14</b>
2.1.1. Formación Yahuarango (Paleógeno).....	14
2.1.2. Depósitos cuaternarios .....	15
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Pendientes del terreno.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Unidades geomorfológicas .....</b>	<b>18</b>
4.2.1. Montaña Estructural en Roca Sedimentaria (RME-rs).....	18
4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd).....	20
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1. Movimientos en masa en el sector Puerto Alegre.....</b>	<b>20</b>
<b>5.2. Movimientos en masa en el sector San Isidro.....</b>	<b>31</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS.....</b>	<b>45</b>

## RESUMEN

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.

En el análisis geológico, los sectores Puerto Alegre y San Isidro se localizan dentro de una franja de dirección preferencial NNO-SEE compuesta por secuencias de rocas sedimentarias de la Formación Yahuarango del Paleógeno. Litológicamente, están constituidas por lutitas y limoarcillitas color pardo rojizo, algo abigarradas en bancos de 10 a 80 cm, intercaladas con areniscas cuarzo feldespática de grano medio a fino en estratos de 30 a 50 m de espesor. Estas rocas presentan fracturas distribuidas en dos familias de discontinuidades, con espaciamentos próximas a medianamente espaciadas que oscilan entre 0.10 a 0.8 m y 1.2 a 1.5 m. Por otro lado, presentan una moderada meteorización y están medianamente fracturado a muy fracturado. Esta unidad representa zonas inestables debido a sus características geomecánicas de las lutitas y limoarcillitas que son fisibles, con poca resistencia a la erosión y están asociadas al origen de los movimientos en masa.

Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordante a la Formación Yahuarango, se trata de acumulaciones inconsolidadas de bloques heterométricos dispuestos en una matriz limoarcillosa, provenientes de antiguos depósitos y suelos residuales que tienen características geomecánicas poco cohesivas, que ofrecen baja resistencia a la erosión.

Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa identificados se emplazan sobre montaña estructural labrada y modelada en roca sedimentaria, con un relieve accidentado con pendientes moderados, fuertes a escarpados que oscilan entre 15° a 45°. Por su parte, las vertientes coluvio-deluviales se emplazan en laderas bajas, con pendientes en promedio que oscilan entre 25° a 35°, que condicionaron el terreno para la generación de movimientos en masa.

En el sector Puerto Alegre, la I.E N° 613 se encuentra sobre un terreno inestable provocado por un deslizamiento activo. Este evento causó un ligero basculamiento y hundimiento del terreno, que afectó gravemente la infraestructura de la Institución Educativa. Los daños causados fueron fracturas y rajaduras en las columnas; agrietamientos en el piso de los ambientes educativos, así como en la plataforma y colapso de algunos locales del personal.

En el sector San Isidro, en la planta de procesos de café, se identificó un deslizamiento que destruyó la parte posterior de la planta. Por el carácter violento y las características del movimiento, este deslizamiento se convirtió rápidamente en flujo de detritos que arrastró material ladero abajo. Asimismo, se evidencia un avance retrogresivo del deslizamiento, que se propaga lateralmente y que compromete la parte posterior de la I.E. San Isidro.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presentan los sectores evaluados, se considera en el sector Puerto Alegre, incluida la Institución Inicial N° 613 como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** por deslizamiento, en tanto, la planta de procesos de café se considera como **Peligro Alto** por deslizamiento, mientras que, la I.E San Isidro se considera como **Zona Crítica y Peligro Moderado a Alto** por deslizamiento

Por último, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, así como, la prohibición de construcción de nuevas viviendas e infraestructura en el área de ocurrencia de deslizamiento y considerar la reubicación de viviendas asentadas más próximas alrededor de los deslizamientos, e implementar el Sistema de Alerta Temprana (SAT) y finalmente, 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 de la municipalidad distrital de Hermilio Valdizán, provincia Leoncio Prado y departamento Huánuco, según Oficio N°044-2024-MDHV/GM. Es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en los sectores de San Isidro y Puerto Alegre.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Wilson Gomez Cahuaya, Griselda Luque Poma y al Bach. Ricky Gonzáles Salas para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en los sectores antes mencionados, el cual, se efectuó en coordinación con las autoridades locales del distrito de Hermilio Valdizán.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: la etapa de pre-campo empezó con la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; etapa de campo consistió en 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; y para la etapa final de gabinete se realizó 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 y Sentinel 2, ortomosaico generado a partir del levantamiento fotogramétrico con dron, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

### 1.1. Objetivos del estudio

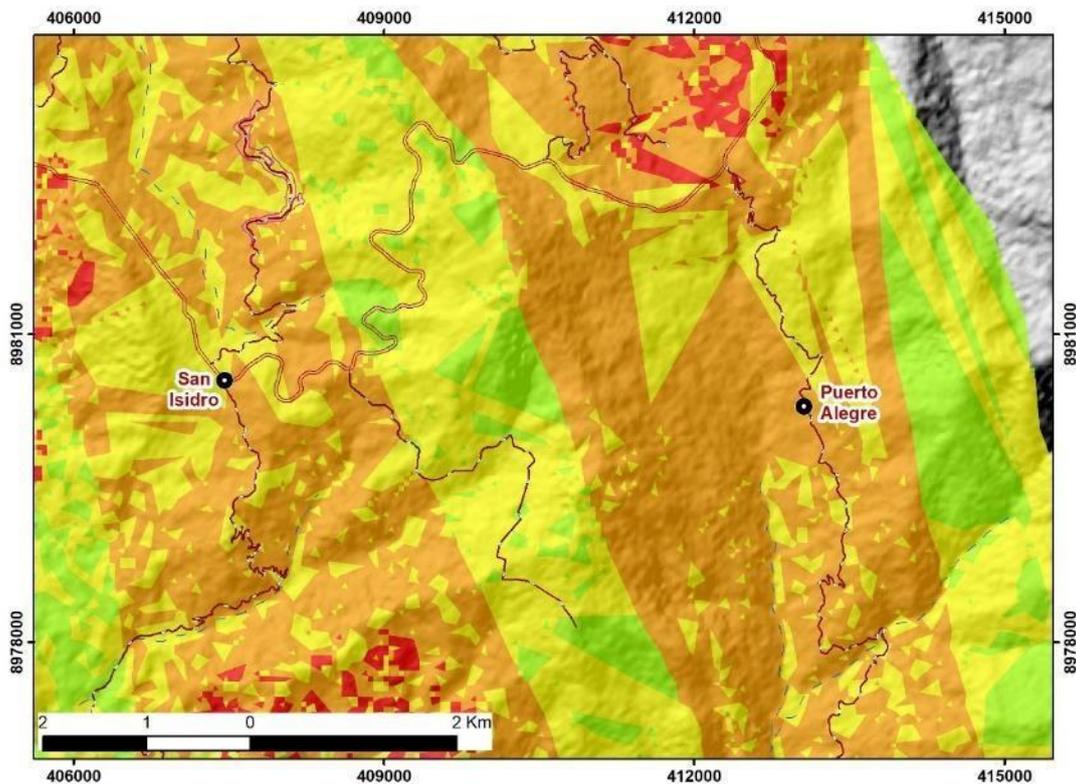
El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en los sectores de San Isidro y Puerto Alegre del distrito de Hermilio Valdizán, provincia Leoncio Prado y departamento de Huánuco.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Proponer y recomendar medidas de prevención y reducción ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

### 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) Boletín N°34, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco” de Zavala & Vilches (2006). Este trabajo presenta un mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, donde los San Isidro y Puerto Alegre se encuentran en zonas de susceptibilidad alta a muy alta.
- B) Boletín, Serie L, Carta Geológica Nacional: “Geología del Cuadrángulo de Aguatía (hoja 19I) de Fabian et al., (en revisión). Describe las unidades litológicas a escala 1:50 000, donde se exponen principalmente rocas sedimentarias de edad Paleógena consisten litológicamente de lutitas pardo rojizas intercaladas con areniscas cuarzo feldespáticas de la Formación Yahuarango.
- C) Boletín N°80 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Aguaytia 19I, Pano (20I) y Pozuzo (21I)” de Julio et al., (1996). Describe, reconoce y correlaciona las principales unidades litoestratigráficas en el borde este de la Cordillera del Oriental y la Faja Subandina del centro del Perú a escala 1:100,000.



**Figura 1:** Los valores de susceptibilidad por movimientos en masa en los sectores Puerto Alegre y San Isidro muestran de media (color amarillo) a alta (color naranja). Tomados de Zavala & Vilchez (2006). Fuente: Elaboración propia.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

Los sectores de Puerto Alegre y San Isidro pertenecen políticamente al distrito de Hermilio Valdizán, provincia Leoncio Prado del departamento de Huánuco. Morfoestructuralmente, se ubican en faja subandina del Perú (**Figura 2**).

Los sectores estudiados se enmarcan dentro de las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

**Tabla 1.** Coordenadas del área de estudio. Sector Puerto Alegre.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	405626.02	8983901.45	-75.85904°	-9.19115°
2	415482.34	8983901.45	-75.76933°	-9.19135°
3	415482.34	8976898.77	-75.76946°	-9.25468°
4	405626.02	8976898.77	-76.85919°	-9.25448°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA</b>				
	413053.00	8980326.00	-75.79151°	-9.22364°

**Tabla 2.** Coordenadas del área de estudio. Sector San Isidro.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	296509.498	8996119.960	-76.8514460°	-9.07696497°
2	299802.820	8996119.960	-76.8214925°	-9.07711557°
3	296509.498	8992345.666	-76.8516215°	-9.11108568°
4	299802.820	8992345.666	-76.8216650°	-9.11123686°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA</b>				
	297996.000	8994812.000	-76.8379863°	-9.08885768°

### 1.3.2. Población

El centro poblado San Isidro, tiene 01 centro educativo, nivel primaria y secundaria de código 25721470. Asimismo, un establecimiento de salud sin internamiento con código único IPRESS 00000948. Mientras que, el centro poblado Puerto Alegre, tiene el centro educativo N° 613, nivel inicial – jardín, código 2566545.

**Tabla 3.** Distribución poblacional del sector Puerto Alegre.

Sector	Distrito	Población	Vivienda
Puerto Alegre	Hermilio Valdizán	98	23
San Isidro	Hermilio Valdizán	580	165

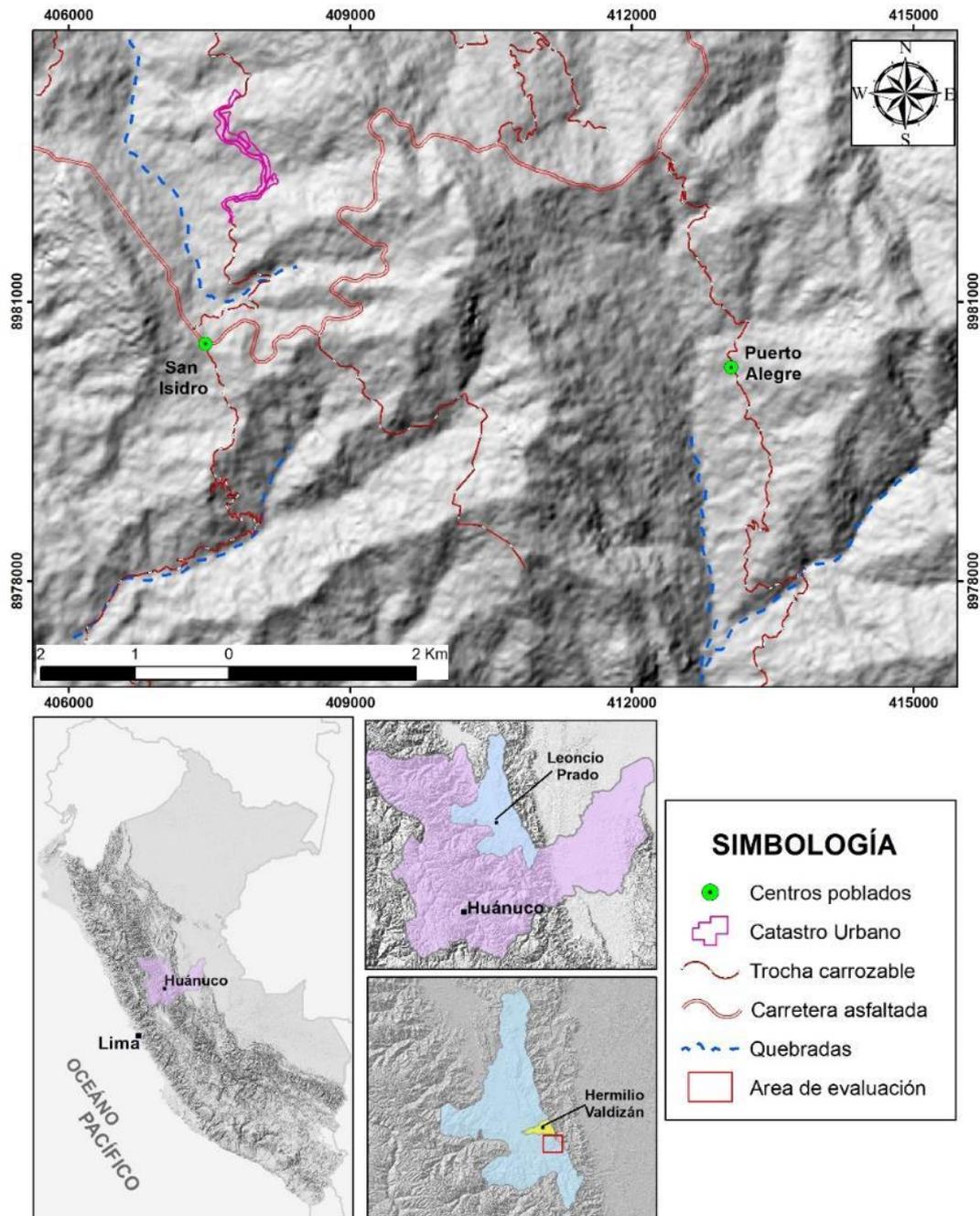
### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (**Tabla 4**):

**Tabla 4.** Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
------	-------------	----------------	-----------------

Lima – Tingo María	Asfaltada	493	10 horas 40 min
Tingo María – C.P San Isidro	Asfaltada y afirmada	33.2	55 min
Tingo María – C.P Puerto Alegre	Asfaltada/Trocha	39.2	1 hora 12 min



**Figura 2.** Mapa de ubicación de las áreas evaluadas. Sectores de Puerto Alegre y San Isidro del distrito de Hermilio Valdizán, provincia de Leoncio Prado y departamento de Huánuco.

#### 1.3.4. Clima

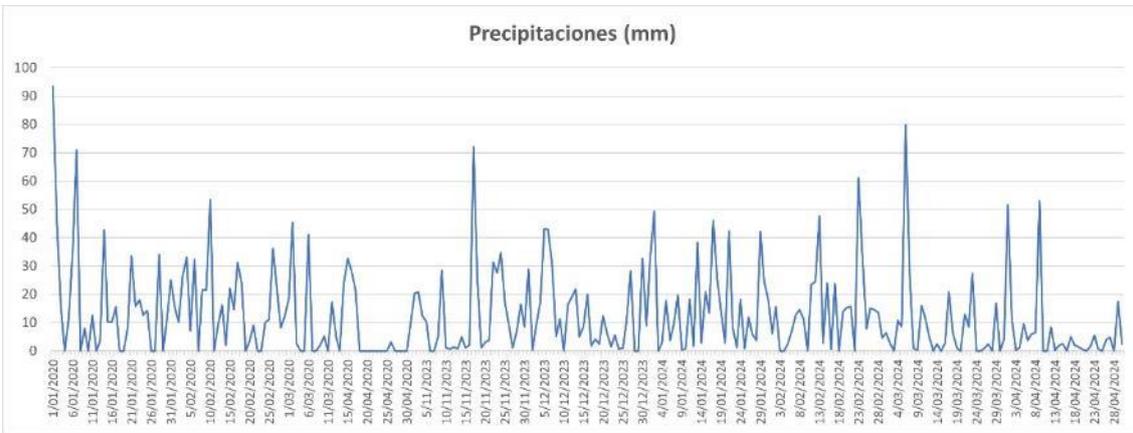
De manera general y de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Hermilio Valdizán y alrededores presenta tres tipos de climas de los

38 definidos en la clasificación a nivel nacional. En tanto, entre los sectores de Puerto Alegre y San Isidro, muestra una variación de climas que va de templado a cálido.

**Tabla 5.** Tipo de climas en el distrito de Hermilio Valdizán, extraído del mapa climático del Perú (SENAMHI 2020).

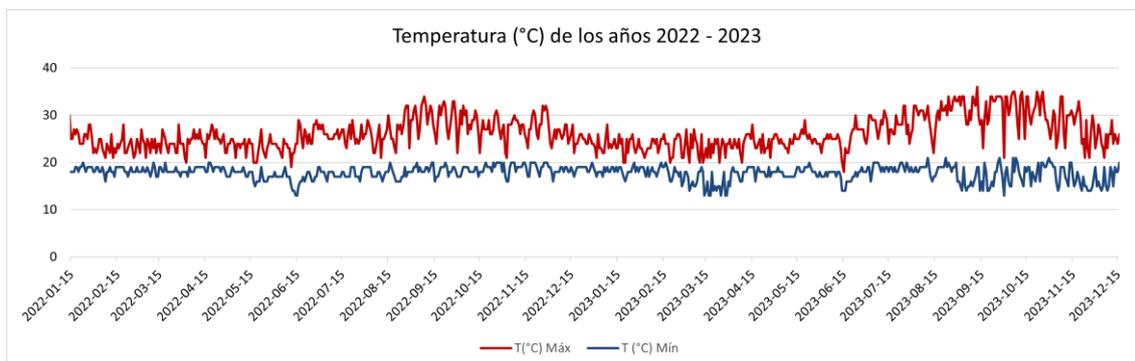
Simbología	Descripción
A (r) A'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. (Cálido)
B (r) B'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)
A (r) B'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados y disponibles de la estación La Divisoria (Leoncio Prado), que es la más cercana a los sectores evaluados. Según estos datos meteorológicos del SENAMHI, se tiene datos de precipitación diaria de los años 2020 (enero a abril), 2023 (noviembre a diciembre) y 2024 (enero a abril), el cual muestra que las precipitaciones más altas y anómalas registradas corresponden a los meses enero del 2020, noviembre del 2023 y marzo del 2024. Asimismo, se observa que las concentraciones más altas caen dentro los meses de enero y febrero del 2024, fecha en el que se reactivó y originó movimientos en masa en los sectores Puerto Alegre y San Isidro (**Figura 3**).



**Figura 3.** Precipitaciones diarias registradas en la estación La Divisoria (Leoncio Prado), extraídas del SENAMHI. Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

Por otro lado, se adjunta el gráfico que expresa las temperaturas máximas y mínimas durante los años 2022 y 2023, realizado en base a los datos históricos extraídos del servicio aWhere. El mínimo y máximo de temperatura oscilan entre los 14°C y 34°C, respectivamente. En tanto que, en los meses de mayor precipitación, la variabilidad de temperatura es menor a comparación de los meses de menor precipitación.



**Figura 4.** Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo de los años 2022 y 2023. Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>.

De acuerdo al gráfico que expresa las temperaturas máximas y mínimas, en base a los datos históricos extraídos del servicio aWhere, se puede observar que la temperatura máxima es de 21°C en el mes de julio y la temperatura mínima es de 1°C en el mes de marzo.

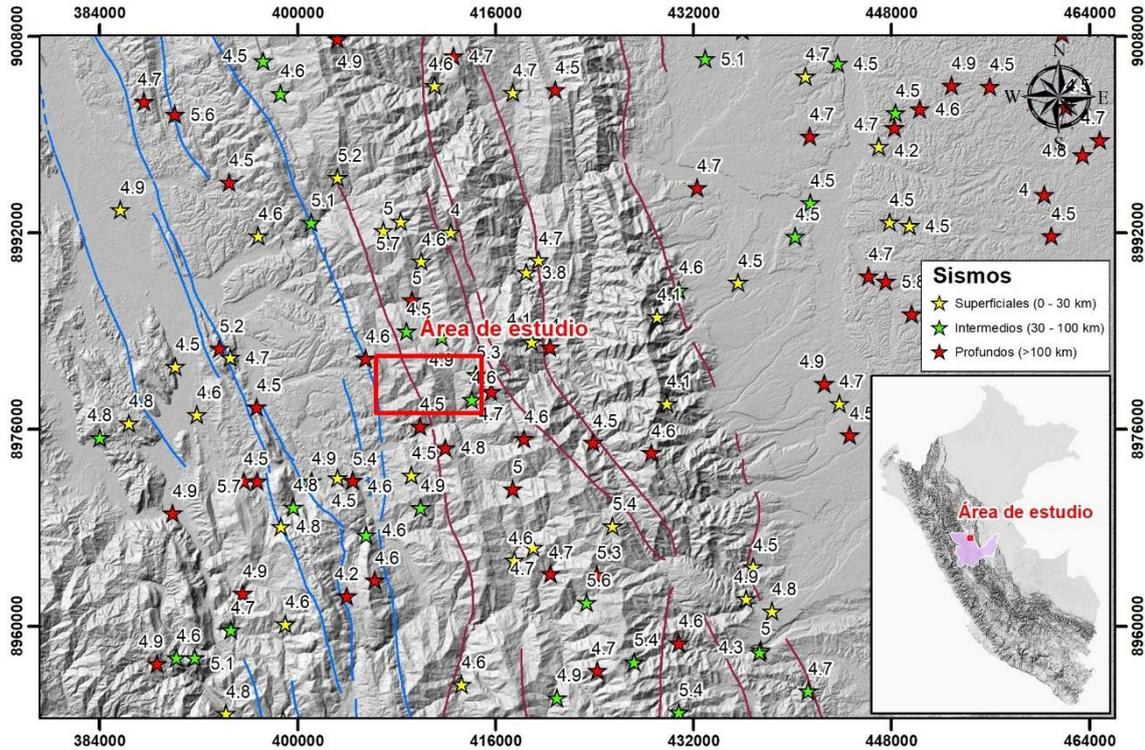
#### 1.3.5. Zonificación sísmica

Para estudios de movimientos en masa en los sectores Puerto Alegre y San Isidro se ha analizado la base de datos del IGP, donde se plotea la distribución espacial de los epicentros de sismos ocurridos entre los años 1960 a junio del 2024. Asimismo, se plotea las fallas regionales y locales provenientes de la Carta Geológica Nacional (Geocatmin-Ingemmet). El cual, se observa que los sismos superficiales (menores a 30 km) que varían entre magnitudes que van de 4 a 5, estarían probablemente relacionados estructuras regionales de dirección NNO, como es el caso del Sistema de Fallas Boquerón Padre Abad y al Sistema de Fallas Oxapampa-San Vicente.

Las disparadas sísmicas podrían estar relacionados a la ocurrencia de movimientos en masa, sobre todo en el sector San Isidro que se ubica a 1 km al oeste de una falla. Estos movimientos causan inestabilidad en las laderas con material semiconsolidado y dispuestos en pendientes fuertes a abruptas (**Figura 5**).

**Tabla 6.** Sismos según su profundidad.

Tipo	Profundidad (km)
Superficiales	0 a 30
Intermedios	30 a 100
Profundos	>100



**Figura 5.** Sismos que podrían estar relacionados a los movimientos en masa en los sectores Puerto Alegre y San Isidro. Los datos fueron descargados de la plataforma del IGP (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>). 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; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

**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.

**CAÍDA:** Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. Algunos autores, como Corominas y Yague (1997) denominan colapso a los casos en que el material cae de manera eminentemente vertical.

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

**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.

**DESLIZAMIENTO (slide):** 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.

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

**ESCARPE (scarp).** 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.

**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.

**INACTIVO:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

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

**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:** Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

**PELIGROS GEOLÓGICOS:** Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huaicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

**REPTACIÓN DE SUELOS:** Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

**SUSCEPTIBILIDAD:** Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

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

**ZONA CRÍTICA:** Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

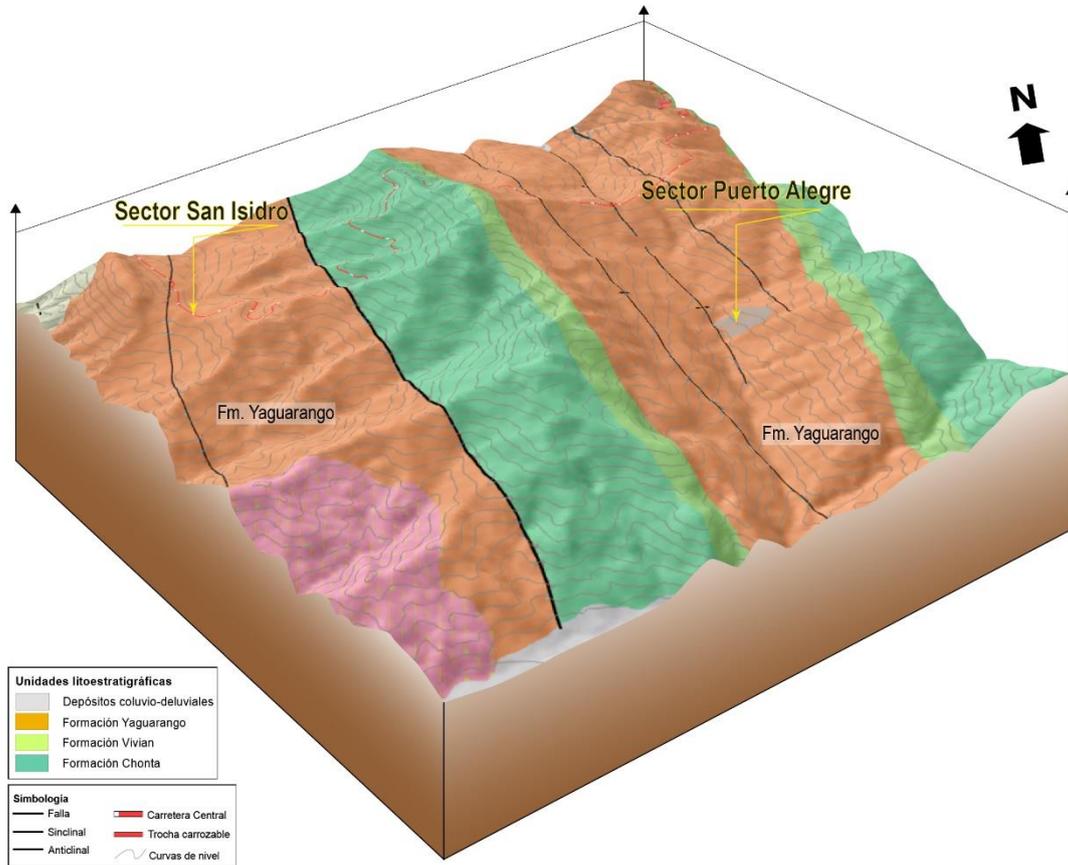
### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En este acápite se realizaron distintas mediciones en campo y finalmente apoyada con la información existente que proviene de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

Las zonas evaluadas se enmarcan dentro de una franja de dirección preferencial NNO-SEE compuesta por secuencias de rocas sedimentarias de la Formación Yahuarango perteneciente al Paleógeno. Mientras que, las secuencias cuaternarias están representados por los depósitos coluvio-deluvial que descansan discordantemente sobre la Formación Yahuarango. Sus características litológicas se detallan más adelante.

Estructuralmente las zonas evaluadas se encuentran afectadas por estructuras de fallas y pliegues de dirección preferencial NNO-SSE. Estas estructuras habrían causado un

cambio en el comportamiento geomecánico de las rocas, que se manifiestan a manera de fracturas, diaclasas y foliaciones en los estratos en superficie, lo que les convierte en zonas inestables e incompetentes asociados a procesos de remoción de masas (**Figura 6**).



**Figura 6.** Mapa de unidades litoestratigráficas en los sectores evaluados de la Planta de procesos de café y de la I.E N°613 de los poblados San Isidro y Puerto Alegre del distrito Hermilio Valdizán.

## 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que se describen a continuación son la Formación Yaguarango, correspondiente a la parte basal del Grupo Huayabamba y los depósitos coluvio-deluviales del Cuaternario (De la Cruz., 1996).

### 2.1.1. Formación Yaguarango (Paleógeno)

Fue definido por Kummel (1946). Esta unidad aflora en los sectores Puerto Alegre y San Isidro y forma parte del substrato rocoso. Litológicamente está constituido por lutitas y limoarcillitas de color pardo rojizo algo abigarradas en bancos de 10 a 80 cm de espesor, en estratos tabulares, se intercalan con areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio a fino, en estratos tabulares de 30 a 50 cm.

Estas rocas presentan fracturas distribuidas en dos familias de discontinuidades, con espaciamentos próximos a medianamente espaciadas que oscilan entre 0.10 a 0.8 m y 1.2 a 1.5 m. En general, según la clasificación de rocas ISRM (1981), estas rocas presentan una moderada meteorización y está medianamente fracturado a muy fracturado (**Figuras 6 y 7**).

Estructuralmente, en el sector Puerto Alegre, los estratos de la Formación Yahuarango se extienden en una dirección de N165° y buzan con 58° al noreste, estos mismos se alinean cortando a la ladera en contra de la pendiente y se estructuran en el flanco oriental del anticlinal NNO-SSE (**Figura 6**).

Por sus características geológico-estructurales, al estar deformadas, meteorizadas y fracturadas, hacen que se comporten geomecánicamente como material incompetente debido a la fisibilidad de las lutitas y limoarcillas, que representan zonas inestables susceptibles a la generación de movimientos en masa, así como, deslizamientos y derrumbes (**Figura 7**).



**Figura 7.** A) Lutitas y limoarcillitas intercaladas con areniscas cuarzo feldespáticas en bancos de 10 a 80 cm. Este afloramiento se observa a la salida del sector Puerto Alegre. B) Detalle de las lutitas fisibles. C) Areniscas moderadamente meteorizadas.

## 2.1.2. Depósitos Cuaternarios

### a. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte baja de la ladera. Se trata de secuencias inconsolidadas, con fragmentos heterométricos de areniscas y limolitas, dispuestos en una matriz limo-arenosa color rojizo. Estos depósitos por su naturaleza y composición

litológica son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación procesos de movimientos en masa.

Los sectores en los que se originaron los movimientos en masa, están conformados por suelos residuales provenientes de la Formación Yahuarango y por depósitos de antiguos deslizamientos, que se combinaron con otros depósitos de procesos gravitaciones y de dinámica deluvial.



**Figura 8.** A) Depósitos coluvio-deluviales a la entrada de la I.E 613 de Puerto Alegre. B) Depósitos coluvio-deluviales en la parte posterior de la planta de procesos de café.

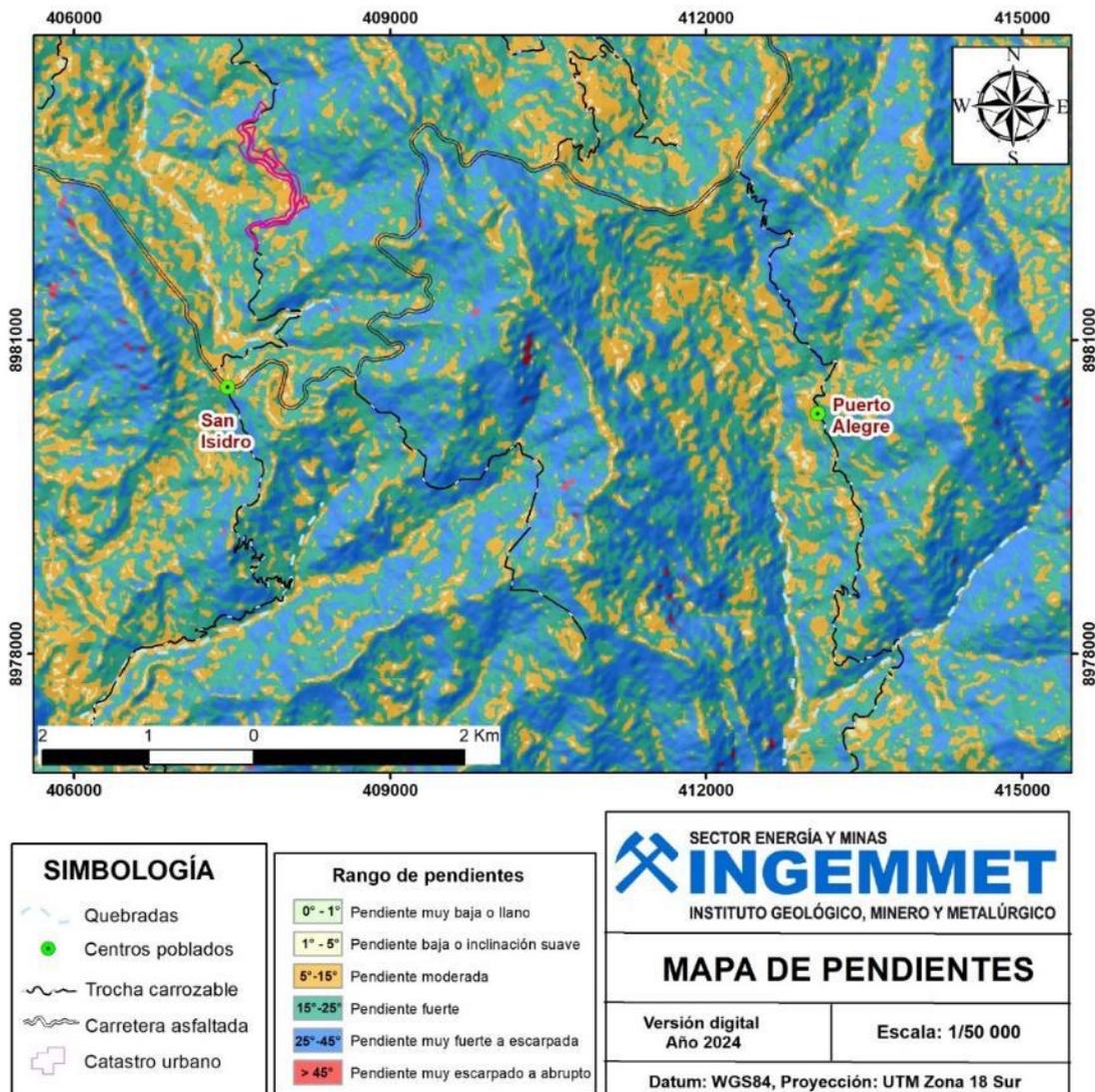
## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes 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°-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.

Para los sectores Puerto Alegre y San Isidro se elaboró un mapa de pendientes de acuerdo con el modelo de elevación digital (DEM) de resolución 12.5 m, del satélite ALOS PALSAR. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos y flujos) originados en los sectores evaluados oscilan entre las pendientes 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado (**Figura 9 y 10**).



**Figura 9.** Mapa de pendientes en los sectores evaluados de Puerto Alegre y San Isidro a partir de un DEM de 12.5 m de resolución del satélite ALOS PALSAR.



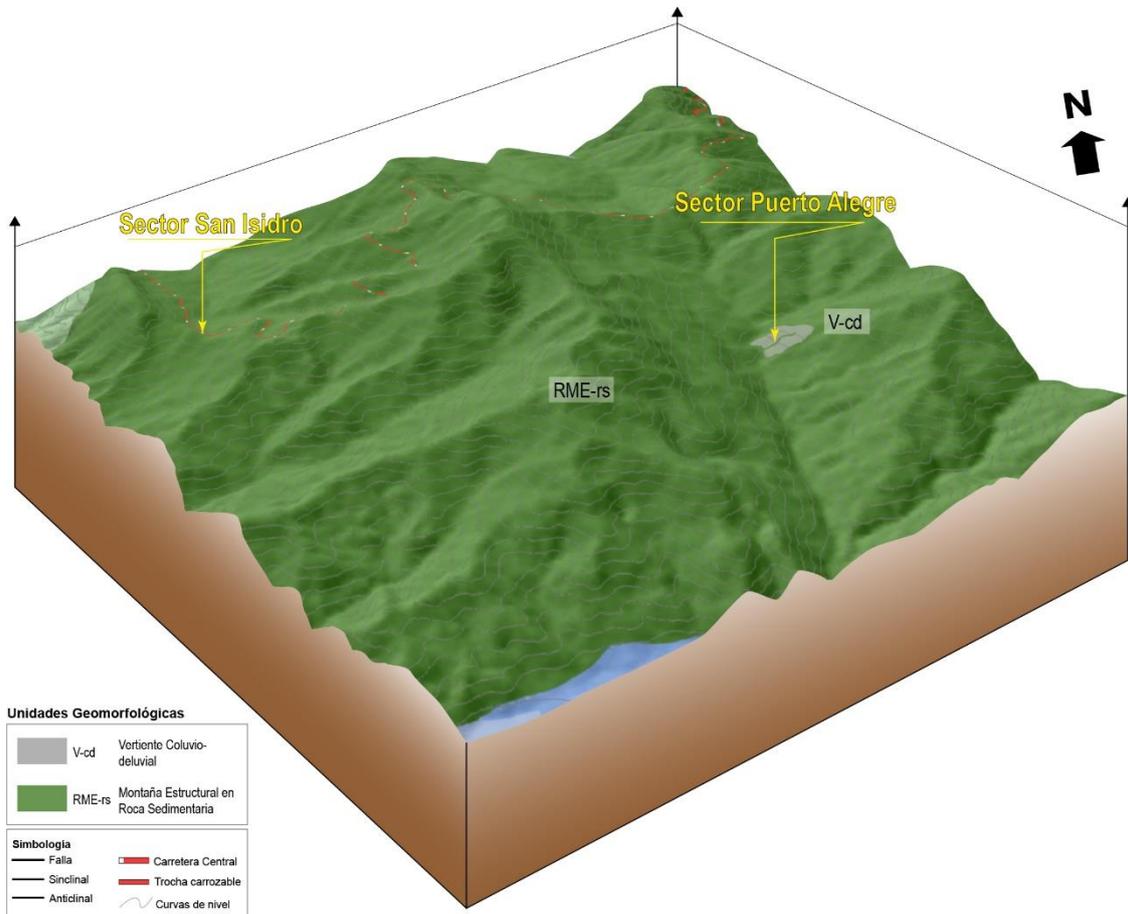
**Figura 10.** Pendiente promedio de 25°-45° en el sector Puerto Alegre. Vista mirando al sureste.

## **4.2. Unidades geomorfológicas**

En la zona de estudio se identificaron dos unidades geomorfológicas: a) relieves montañosos emplazados en rocas sedimentarias, que es de carácter degradacional; b) vertiente coluvial-deluvial, que es de carácter agradacional.

### **4.2.1. Montaña Estructural en Roca Sedimentaria (RME-rs)**

Geoforma ocupada por los sectores evaluados de Puerto Alegre y San Isidro. Se extiende a lo largo de una franja de dirección andina NNO-SSE. Esta unidad está conformada por rocas sedimentarias de la Formación Yahuarango. se caracterizan por presentar relieves tipo montañoso con planicies en la parte superior que forman en sus bordes paredes con pendientes moderadas, fuertes a escarpados que oscilan entre 15° a 45° el cual propiciaron los diferentes tipos movimientos en masa, es decir, deslizamientos, derrumbes.



**Figura 11.** Mapa de las unidades geomorfológicas en los sectores Puerto Alegre y San Isidro.



**Figura 12.** Relieve montañoso con cobertura vegetal densa, con morfología tipo estructural emplazada en rocas sedimentarias. Vista panorámica mirando al noreste desde el sector Puerto Alegre.

#### 4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se emplazan en la parte baja de la ladera oeste del relieve montañoso, en el sector de Puerto Alegre, mientras que en el sector San Isidro se aloja en la cresta de la ladera sur. Han sido originados por la acumulación de depósitos de deslizamientos que ocurrieron en el pasado y suelos residuales producto de la intensa meteorización de las limoarcillitas de la Formación Yahuarango.

En el sector Puerto Alegre, se depositaron en pendientes moderadas a fuertes que oscilan entre 25° a 35° y de muy fuerte a escarpados, de 35° a 45° de pendiente.



**Figura 12.5.** Vertiente Coluvio-deluvial en el sector Puerto Alegre.

### 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 dos áreas comprendidas entre el sector Puerto Alegre y sector San Isidro, ambos situados en el trayecto de la carretera central Tingo María-Aguaytía. Sin embargo, regionalmente guardan relación y comparten características con rasgos geológico-estructurales, geomorfológicos y geodinámicos similares.

#### 5.1. Movimientos en masa en el sector Puerto Alegre

La caracterización de los movimientos en masa en esta área, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo, donde se identificaron y registraron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico,

basado en la observación y descripción morfométrica in situ. También se tomaron datos GPS, fotografías panorámicas aéreas con dron y convencionales a nivel de terreno. Se realizó levantamiento fotogramétrico con dron, en el cual se obtuvo un ortomosaico de 2.26 cm/pixel de resolución, este último complementada con el análisis de imágenes satelitales de Google Earth y Sentinel 2.

### **5.1.1. Deslizamiento**

En el sector de Puerto Alegre, específicamente en la entrada de la I.E N° 613 de nivel inicial, se observa un asentamiento, es decir, una ligera depresión producto de movimiento lento de un deslizamiento en estado activo.

Este evento se aloja en la ladera baja de una de las montañas que componen la faja subandina. Compromete depósitos coluvio-deluviales y suelos residuales derivados de las lutitas y areniscas pardo rojizas de la Formación Yahuarango. Asimismo, se instala en una pendiente en promedio moderada a fuerte.

Según versiones de los pobladores, este deslizamiento se habría iniciado en el 2012, este evento se manifestó a través de grietas tensionales con aberturas que cortaron la trocha que da a la entrada de I.E N° 613. Años más tarde, sobre este mismo, se realizó la construcción de la I.E. en mención, con material noble; sin embargo, el movimiento persistió de manera lenta e intermitente, y causó grave afectación a la estructura levantada.

Durante la inspección de campo se realizó la cartografía del evento ocurrido y se muestra las siguientes características:

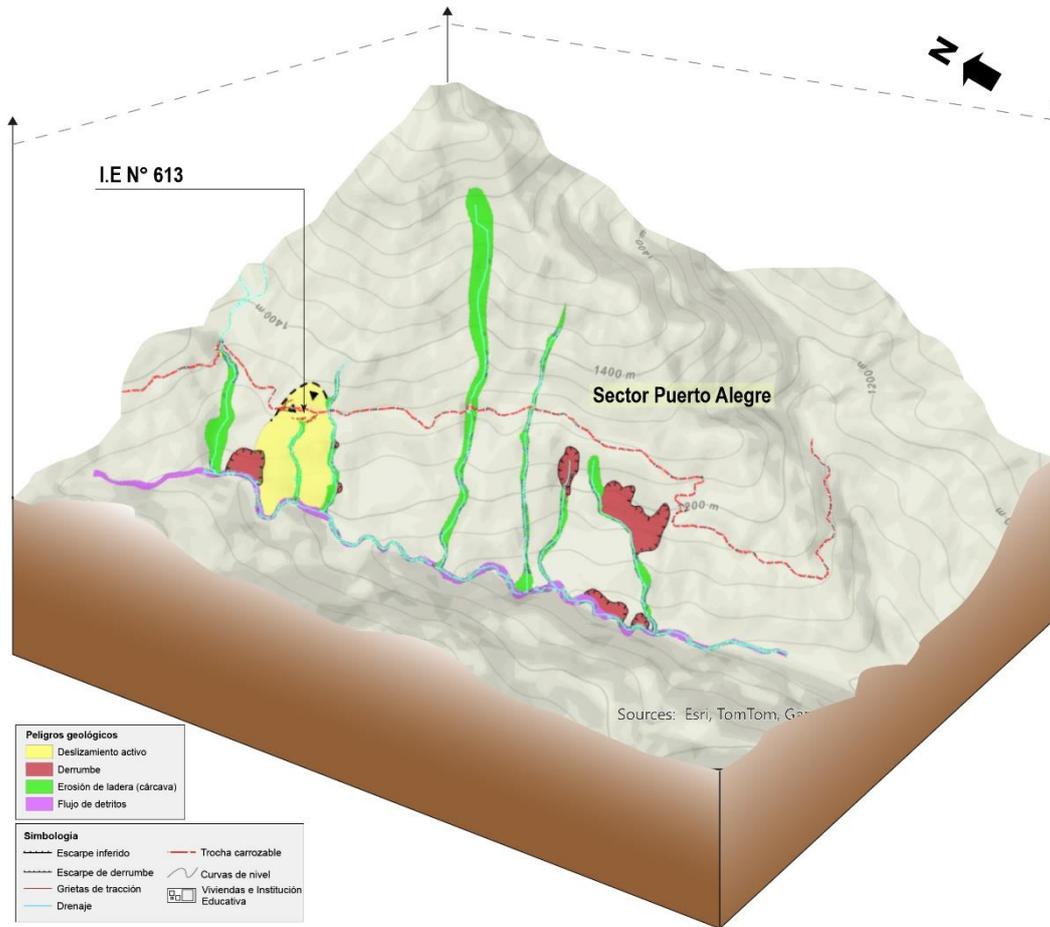
La geometría del deslizamiento tiene forma semicircular elongada, con un ancho de ~220 m en la zona de arranque o proximal, mientras que en la parte distal tiene un ancho de ~370 m hasta llegar a la quebrada. De la corona al pie se tiene ~480 m de distancia.

La zona de arranque y hundimiento se caracteriza por presentar grietas de tracción semiparalelas y continuas de forma irregular, que en conjunto recorren 75 m de longitud situadas en el flanco derecho del deslizamiento. La grieta más prominente se emplaza en el parte lateral derecho de la I.E y tiene cerca ~100 m de longitud. Este produjo el asentamiento del terreno que dejó expuesto un salto 50 a 60 cm de desnivel.

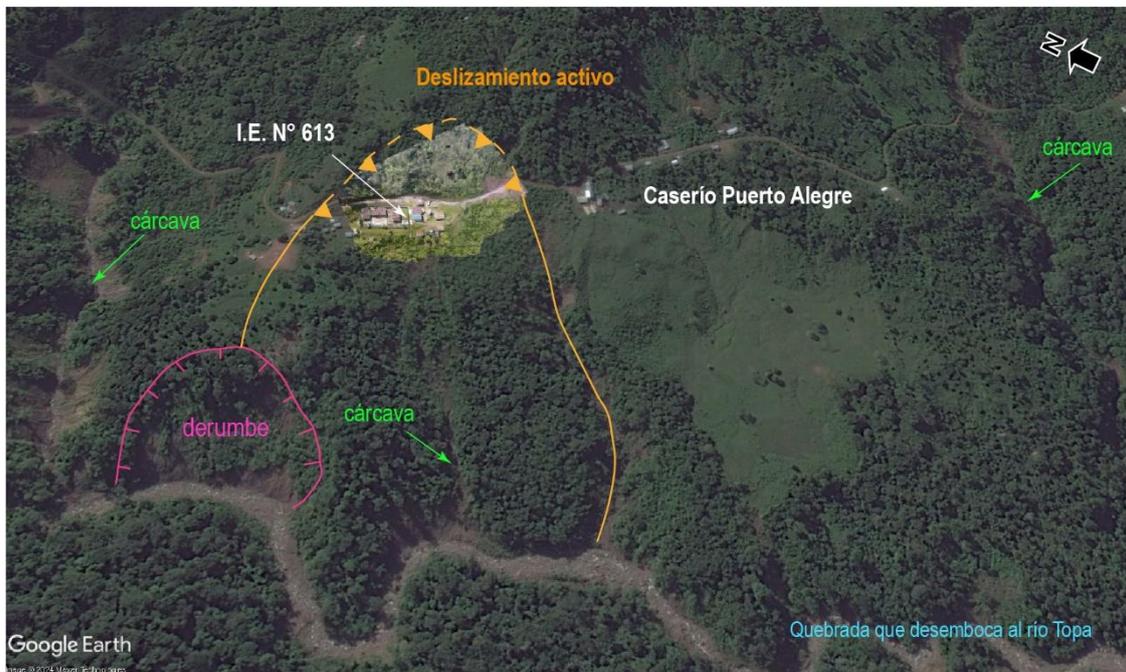
Por otro lado, se observan grietas tensionales semiparalelas en el cuerpo principal del deslizamiento. Estas se emplazan de manera discontinua que compromete un largo 120 m, por un ancho de 30 m, que corta transversalmente a la dirección del movimiento, alojadas en la parte inferior de la institución.

Asimismo, la zona de subsidencia producto del ligero basculamiento del terreno, presenta acumulación de agua que sobresa el suelo, situado en la esquina noroeste de la I.E N°613. Por otro lado, a pocos metros se evidencia zona húmeda de manera puntual que podría tratarse de un ojo de agua que se infiltra en la grieta principal.

En resumen, la Institución Inicial N°613 se encuentra sobre un terreno inestable, el cual representa la zona más crítica del deslizamiento. Este evento tiene un carácter poco violento y retrogresivo, sin embargo, por sus características morfológicas, morfométricas y geodinámicas, evidencian claro movimiento lento pero continuo que pone en peligro la vida de los habitantes.



**Figura 13.** Mapa de procesos de movimientos en masa en el sector Puerto Alegre.



**Figura 14.** Peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Puerto Alegre. Imagen tomada de Google Earth. Al fondo se observa una imagen ortomosaico que cubre el área de la I.E. N° 613 de Puerto Alegre.



**Figura 15.** Deslizamiento que afecta a la I.E. N° 613 de Puerto Alegre. Se observa la zona de escarpe y hundimiento y las grietas que disectan la trocha. Parte superior izquierda de la imagen.



**Figura 16.** Grieta principal que afectó la I.E N° 613, ubicado en el flanco derecho de deslizamiento.



**Figura 17.** Grieta principal que se dirige a la I.E. N°613 de Puerto Alegre, posee 50 a 60 cm de desnivel.



**Figura 18.** Grietas en el cuerpo principal del deslizamiento, a manera de fisuras discontinuas (líneas discontinuas de color amarillo) en el terreno, que afectan los ambientes de la I.E. N°613.



**Figura 19.** Detalle de las grietas con saltos centimétricos distribuidos en el cuerpo principal del deslizamiento.

#### 5.1.1.1. 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 7.** Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
<b>Litológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El substrato rocoso está constituido por secuencias de lutitas y limoarcillitas, intercaladas con areniscas cuarzo feldespáticas, en bancos que van de 10 a 40 cm de espesor. Estas rocas se caracterizan por presentar secuencias incompetentes altamente inestables asociadas al origen de los procesos gravitacionales, debido al alto grado de meteorización y propiedades de fisibilidad de las limoarcillitas de la Formación Yahuarango.</li> <li>• Suelos residuales y depósitos coluvio-deluvial inconsolidados poco resistentes y de poca cohesión que se emplazan en la ladera baja.</li> </ul>
<b>Geomorfológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El deslizamiento se instala en la parte baja de la ladera de montañas con morfología tipo estructural que conforman la faja subandina.</li> <li>• El relieve con morfología accidentada presenta pendientes que van de moderado a fuerte en el caserío Puerto Alegre.</li> </ul>

### 5.1.1.2. Factores desencadenantes

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

**Tabla 8.** Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores desencadenantes	Características asociadas
<b>Precipitaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de noviembre a abril, tal como se muestra en la figura 4.</li> </ul>
<b>Sismos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ocurrencia de sismos superficiales podría estar relacionados con la inestabilidad de laderas dispuestas en pendientes abruptas, tal como se muestra en la figura 5.</li> </ul>
<b>Antrópicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortes y ensanchamiento de la trocha en la zona de arranque del deslizamiento.</li> <li>• Construcciones de ambientes con material noble que posiblemente agregaron carga a la zona de arranque y hundimiento del deslizamiento.</li> </ul>

### 5.1.1.3. Daños ocasionados por el deslizamiento

- 06 ambientes afectados de la I.E N° 613
- Plataforma principal de concreto de I.E N° 613 afectada
- 07 locales del personal de I.E N° 613
- 01 vivienda destruida
- 04 viviendas afectadas
- 01 poste de tendido eléctrico
- 01 trocha carrozable



**Figura 20.** Interior de un ambiente de la I.E. N°163, se observa agrietamiento en la pared y el piso. Las fracturas tienen una separación que van de 3 a 8 cm.



**Figura 21.** Columnas afectadas con fracturas sinuosas que van de 3 a 5 cm de ancho, de un ambiente afectado por el deslizamiento.



**Figura 22.** Aberturas de 8 a 12 cm de ancho, en el piso y la vereda de uno de los ambientes de I.E. N°613, cerca de la grieta principal del deslizamiento.



**Figura 23.** Local del personal de la I.E N°613 con muros y columnas colapsadas.



**Figura 23.5.** Detalle de la grieta que atraviesa el piso de uno de los locales que hizo colapsar.



**Figura 24.** Plataforma en el interior de la I.E. N° 613 que fue afectado por grietas y aberturas que van de 7 a 12 cm de ancho.

### **5.1.2. Derrumbe**

Este se ubica en la parte distal y lateral derecho del deslizamiento, y en la margen izquierda de la quebrada que desemboca al río Topa (**Figura 13**).

El derrumbe tiene un escarpe semicircular e irregular de 370 m, que compromete un área de 1.55 ha. El depósito de este evento aporta material limoarcilloso y detrítico a la quebrada afluente del río Topa (**Figura 13**).

### **5.1.3. Otros peligros geológicos**

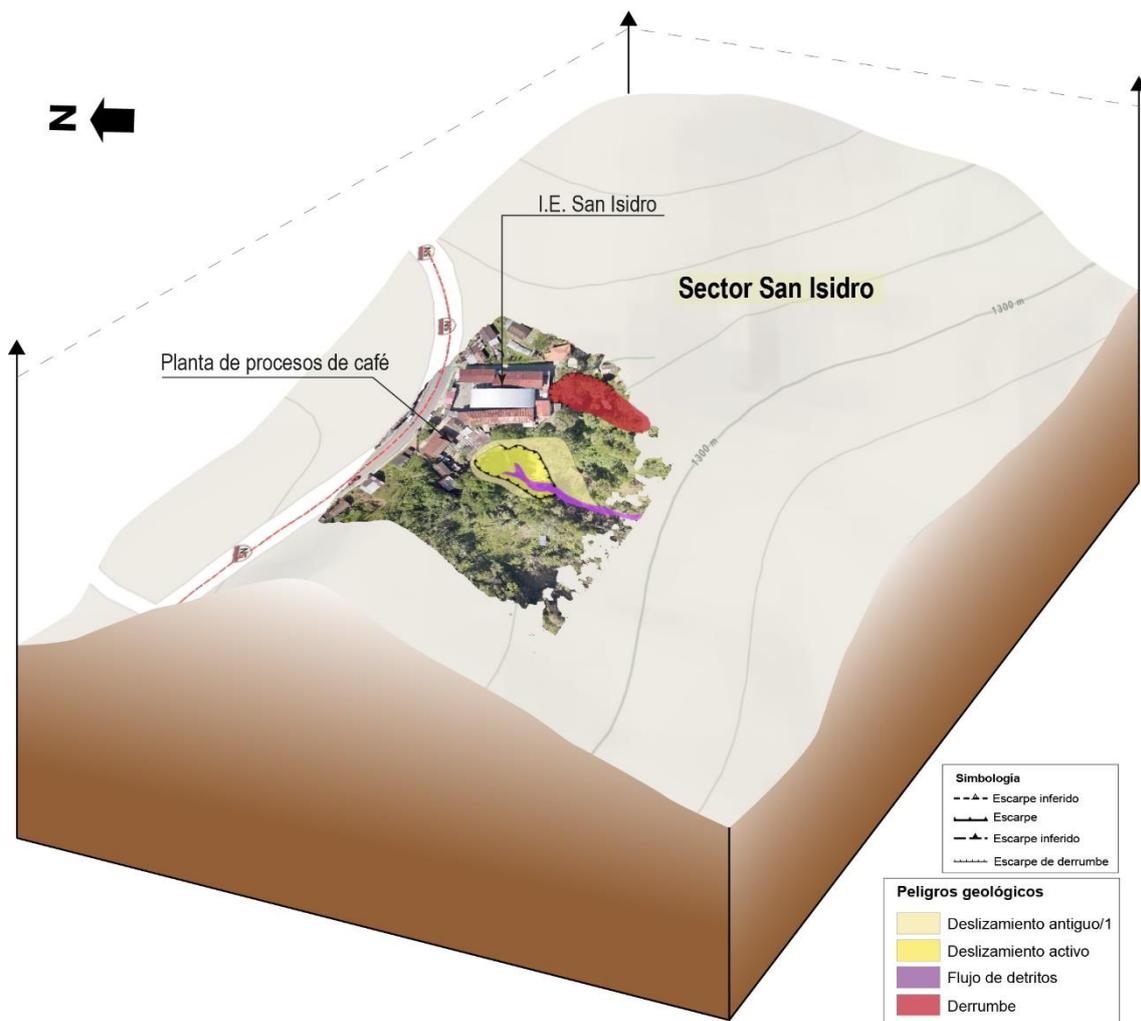
#### **5.1.3.1. Erosión de ladera**

Se identificaron siete cárcavas. Estos se desarrollaron principalmente en el cuerpo y pie del deslizamiento, ubicados en la zona distal. Nacen en la quebrada y se dirigen hacia el cuerpo principal del deslizamiento. Estas cárcavas tienen un ancho promedio de ~13 m y disectan longitudinalmente al deslizamiento con una longitud de ~350 m. El ensanchamiento de las cárcavas provoca pequeños derrumbes que desestabilizan el cuerpo del deslizamiento (**Figura 13**).

Asimismo, se identificaron cárcavas al sur del caserío Puerto Alegre y disectan a los depósitos coluvio-deluviales, provocando derrumbes debido al avance lateral y retrogresivo en sus márgenes (**Figura 13**).

## **5.2. Movimientos en masa en el sector San Isidro**

En este sector se identificaron deslizamientos y derrumbes. Estos se desarrollaron en la ladera oeste del abra de San Isidro. Precisamente en la planta de procesos de café y cerca de la Institución Educativa del mismo nombre, (**Figura 6**).



**Figura 25.** Mapa de procesos de movimientos en masa identificados en el sector San Isidro, planta de procesos de café.

### 5.2.1. Deslizamiento antiguo

Las evidencias del terreno y los rasgos morfológicos de geoformas que presenta el relieve, sugieren una edad tentativa para este deslizamiento, que va de décadas a cientos de años. Actualmente sus depósitos conforman zonas inestables para la generación de movimientos en masa (**Figura 25**).

Este deslizamiento ocurrió en la ladera sur del abra San Isidro. Se trata de un deslizamiento en la que se asentó la planta de procesos de café. Este mismo tiene un escarpe que nace en la cota 1318 m.s.n.m., sigue una geometría semicircular que recorre ~153 m de longitud. El cuál comprometió material rocoso y depósitos residuales de la Formación Yahuarango ladera abajo (**Figura 25**).

Actualmente, su corona está ocupada por la edificación de la planta de procesamiento de café, en la que fue afectada por un nuevo deslizamiento que es materia de investigación del presente informe (**Figura 25**).

### 5.2.2. Deslizamiento activo y flujo de detritos

En el mismo sector de San Isidro, precisamente en la parte posterior de la planta de procesos de café, se produjo un deslizamiento que afectó considerablemente la parte posterior de este mismo. Por el carácter violento y las características del movimiento, el deslizamiento se convirtió rápidamente en flujo que removió material coluvio-deluvial heredado por un antiguo deslizamiento (**Figura 26**).

La geometría del deslizamiento presenta una forma circular elongada con un ancho de 20 m en la zona de arranque y 12 m en la de acumulación o zona distal. Del escarpe principal al pie, tiene una distancia de 48 m de largo. La pendiente de la superficie del terreno en la que se desarrolló el deslizamiento, presenta inclinaciones que varían de 15° a 25° (**Figuras 25 y 26**).

El movimiento inicia en la cota 1323 m.s.n.m. y deja un escarpe de forma semicircular continua de 120 m de longitud, además, expone una superficie subvertical de 2 a 3 m de desnivel (**Figuras 27 y 28**). El cuerpo principal del deslizamiento presenta una morfología de depresión que afectó un área de ~760 m<sup>2</sup> aproximadamente.

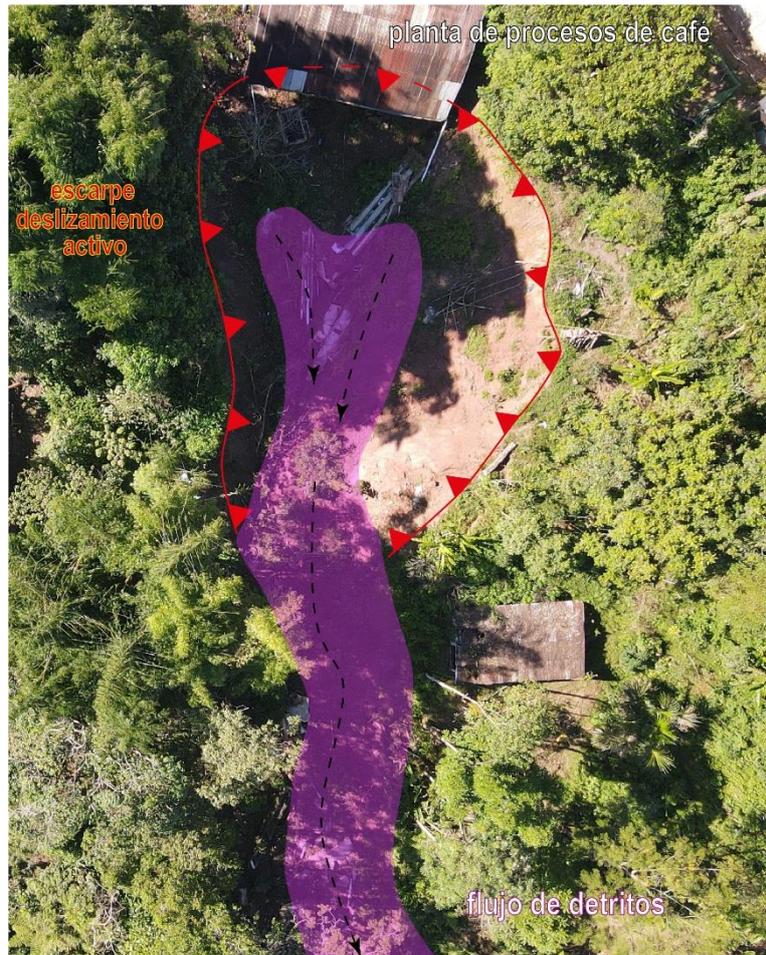
El movimiento tuvo un carácter violento, el cual inició con un deslizamiento y derrumbe que desplazó material limoarcilloso sobresaturado en agua, convirtiéndose así, en flujo, esto debido a la pendiente y la velocidad en la que arrastró el material ladera abajo, llevándose consigo la base del cimiento de la planta y dejándolo suspendido 2 m altura.

El flujo se generó debido a la alta saturación del material que desplazó el deslizamiento. La geometría de este flujo se caracteriza por tener una forma circular elongada y alargada que inicia con un ancho de 9 m y termina con 3 m, haciendo un recorrido total de 75 m de distancia (**Figura 29**).

Durante la inspección se constató que la zona de colapso donde inició el movimiento del deslizamiento recibe altas cantidades de aguas residuales provenientes de la planta, a través de dos tuberías. Lo que provoca un alto índice de saturación en el suelo limoarcilloso.

Por otro lado, en la margen izquierda del deslizamiento se observan grietas con saltos de 30 a 40 cm que se prolongan hacia la Institución Educativa de San Isidro. Esto habría comprometido la esquina lateral izquierda del perímetro, generando grietas centimétricas en la columna y en la pared.

Finalmente, el movimiento en masa genera una zona inestable, propensa a reactivaciones del deslizamiento, con evidencias de un avance retrogresivo y que se propaga lateralmente, lo que le convierte en una zona crítica y peligro alto para la planta de procesamiento de café y la I.E. San Isidro.



**Figura 26.** Vista en planta de la zona de arranque del deslizamiento, que afectó la planta de procesamiento de café.



**Figura 27.** Escarpe principal en el flanco izquierdo del deslizamiento. Nótese el desnivel del terreno.



**Figura 28.** Escarpe principal en el flanco derecho del deslizamiento.



**Figura 29.** Flujo de detritos generado por la masa desplazada del deslizamiento.



**Figura 30.** Huella del flujo de detritos que afectó plantaciones de árboles ladera abajo. Vista mirando al sur.

#### **5.2.2.1. Factores condicionantes**

Los factores condicionantes para la generación del deslizamiento se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa en el sector San Isidro.

<b>Factores</b>	<b>Características asociadas</b>
<b>Litológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sustrato rocoso está constituido por secuencias continentales de lutitas y limoarcillitas, intercaladas con areniscas cuarzo feldespáticas. Estas rocas se caracterizan por presentar secuencias incompetentes altamente inestables, debido al alto grado de meteorización y propiedades de fisibilidad de las limoarcillitas de la Formación Yahuarango.</li> <li>• Suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales inconsolidados, emplazados en la ladera, con poca cohesión, que ofrecen poca resistencia a la erosión y procesos de movimientos en masa.</li> </ul>
<b>Geomorfológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El deslizamiento ocurre en la parte alta del abra de San Isidro, ladera de montañas con morfología tipo estructural que conforman la faja subandina.</li> <li>• Las pendientes en la que se desarrollaron los movimientos en masa van de moderado a fuerte con valores de 25° a 45°.</li> </ul>

#### 5.2.2.2. Factores desencadenantes

**Tabla 10.** Factores desencadenantes por movimientos en masa.

<b>Factores desencadenantes</b>	<b>Características asociadas</b>
<b>Precipitaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de diciembre a abril, tal como se observa en la figura 3.</li> </ul>
<b>Sismos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ocurrencia de sismos superficiales podría estar relacionadas con la inestabilidad de laderas dispuestas en pendientes abruptas, tal como se muestra en la figura 5.</li> </ul>
<b>Antrópicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas residuales provenientes de la planta de procesamiento de café, que es vertido en la zona de escarpe del deslizamiento, ocasionando una sobresaturación del suelo limoarcilloso.</li> </ul>

#### 5.2.2.3. Daños ocasionados por el deslizamiento

- 01 ambiente afectados de la planta de procesamiento de café
- Losa y pavimento de la planta afectada y suspendida 2 m de altura
- 01 vivienda afectada.
- 01 vivienda destruida.
- 01 ambiente de la I.E. San Isidro afectada.
- Cerco perimétrico posterior de la I.E. San Isidro



**Figura 31.** Parte posterior colapsado de la planta de procesamiento de café.



**Figura 32.** Losa y pavimento suspendido a una altura de 2 m. Esto debido a la socavación del deslizamiento.



**Figura 33.** Esquina lateral posterior del cerco perimétrico de la I.E San Isidro, presenta grietas en la columna.

### **5.2.3. Derrumbe**

Es de pequeña magnitud, afectó ligeramente la parte trasera de la I.E. San Isidro. Este derrumbe tiene forma ovalada con un escarpe de ~65 m de longitud, involucró material coluvio-deluvial y afectó la parte posterior de la I.E San Isidro y ligeramente la margen derecha de la trocha que se dirige al poblado de Micaela Bastidas.

## 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) El substrato rocoso está constituido por secuencias de rocas sedimentarias de la Formación Yahuarango. Su litología está compuesta de rocas incompetentes de lutitas y limoarcillas, de color pardo rojizo en bancos de 10 a 80 cm de espesor, intercaladas con areniscas cuarzo feldespáticas en estratos de 30 a 50 cm de espesor. Estas rocas presentan moderada meteorización y fracturamiento.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordante a la Formación Yahuarango. Se trata de acumulaciones inconsolidadas de bloques heterométricos dispuestos en un matriz limoarcillosa, provenientes de antiguos depósitos y suelos residuales, que tienen características geomecánicas poco cohesivas que ofrecen baja resistencia a la erosión.
- 3) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa ocurren sobre montaña estructural labrada y modelada en roca sedimentaria con un relieve accidentado, de pendientes moderadas, fuertes a escarpadas, que oscilan entre 15° a 45°. Por su parte, las vertientes coluvio-deluviales se emplazan en laderas bajas con pendientes en promedio que oscilan entre 25° a 35°, que condicionaron el terreno para la generación de movimientos en masa.
- 4) En el sector Puerto Alegre, la I.E N°613 se encuentra sobre un terreno inestable que fue provocado por un deslizamiento que sigue activo. Este movimiento en masa causó un ligero basculamiento y hundimiento que afectó gravemente la infraestructura de la I.E. Los daños causados fueron fracturas y rajaduras en las columnas y grietas con aberturas considerables, en el piso de los ambientes educativos, así como agrietamiento en la plataforma y colapso de algunos locales del personal.
- 5) En este sector, el deslizamiento representa un **Peligro Alto** a reactivaciones por deslizamiento, que afectaría en su totalidad la I.E N°613 del sector Puerto Alegre. También, el deslizamiento representa un **Peligro Alto** para la trocha carrozable a la altura de la I.E N°613 del poblado Puerto Alegre.
- 6) En el sector San Isidro, en la planta de procesos de café, se identificó un deslizamiento que destruyó la parte posterior de la planta. Por el carácter aparentemente violento y las características del movimiento, este deslizamiento se convirtió rápidamente en flujo de detritos que arrastró material ladera abajo. Asimismo, se evidencia un avance retrogresivo que se propaga lateralmente y que compromete la parte posterior de la I.E San Isidro.
- 7) En este sector, el deslizamiento representa un **Peligro Alto** a reactivaciones por deslizamiento, que afectaría en su totalidad el área de la planta de procesamiento de café. También el deslizamiento representa un **Peligro Moderado a Alto** por

reactivaciones de deslizamiento para I.E. San isidro, en la que afectaría la parte posterior del cerco perimétrico.

## 7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad de mitigar el impacto de los peligros geológicos identificados en los sectores Puerto Alegre y San Isidro. En tanto, la implementación de estas mismas permitirá darle mayor seguridad a la población y medios de vida expuesta.

### Transversales a autoridades y población

- 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 Hermilio Valdizán.
- 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 INDECI, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos en caso enfrentara la población de San Isidro y Puerto Alegre.
- 4) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con la finalidad de determinar las medidas de control de riesgo a implementarse frente a los peligros. Es necesario esta medida en sectores de Puerto Alegre y San Isidro donde estos peligros pueden ocurrir y causar daños a la infraestructura, así como, vías de acceso, viviendas, colegios, áreas de cultivo, entre otros.

### En los sectores Puerto Alegre y San Isidro

#### Ante deslizamientos

- a) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo de los deslizamientos y alrededores.
- b) Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura en áreas de ocurrencia de deslizamientos activos ubicados en los sectores de Puerto Alegre y San Isidro.
- c) Evaluar el reasentamiento de viviendas asentadas en zonas próximas a los deslizamientos.
- d) Construir canales de drenaje/coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.
- e) Sellar y nivelar los escarpes y agrietamientos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- f) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.

- g) Construir zanjas de coronación en la cabecera del escarpe para derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce.



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



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

## 8. BIBLIOGRAFÍA

De la Cruz, Julio., Valencia, M., Boulaugger, Elmer. (1996). Geología de los cuadrángulos de Aguaytía (19I), Panao (20I) y Pozuzo (21). Boletín N° 80. Serie A. Carta Geológica Nacional. INGEMMET.

Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com>

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.

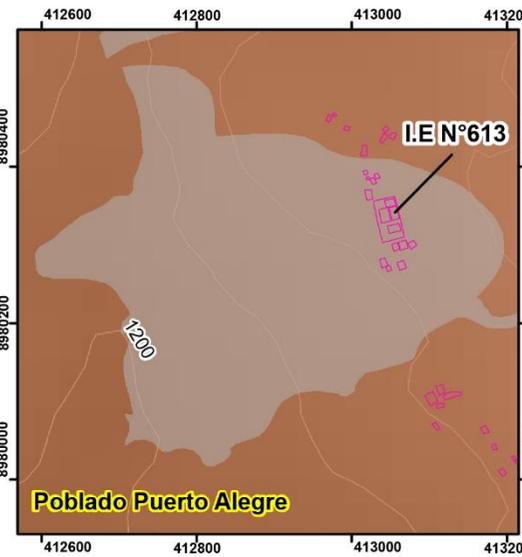
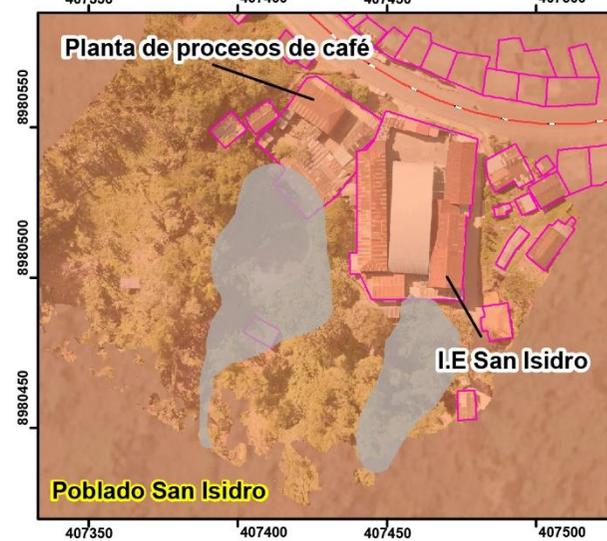
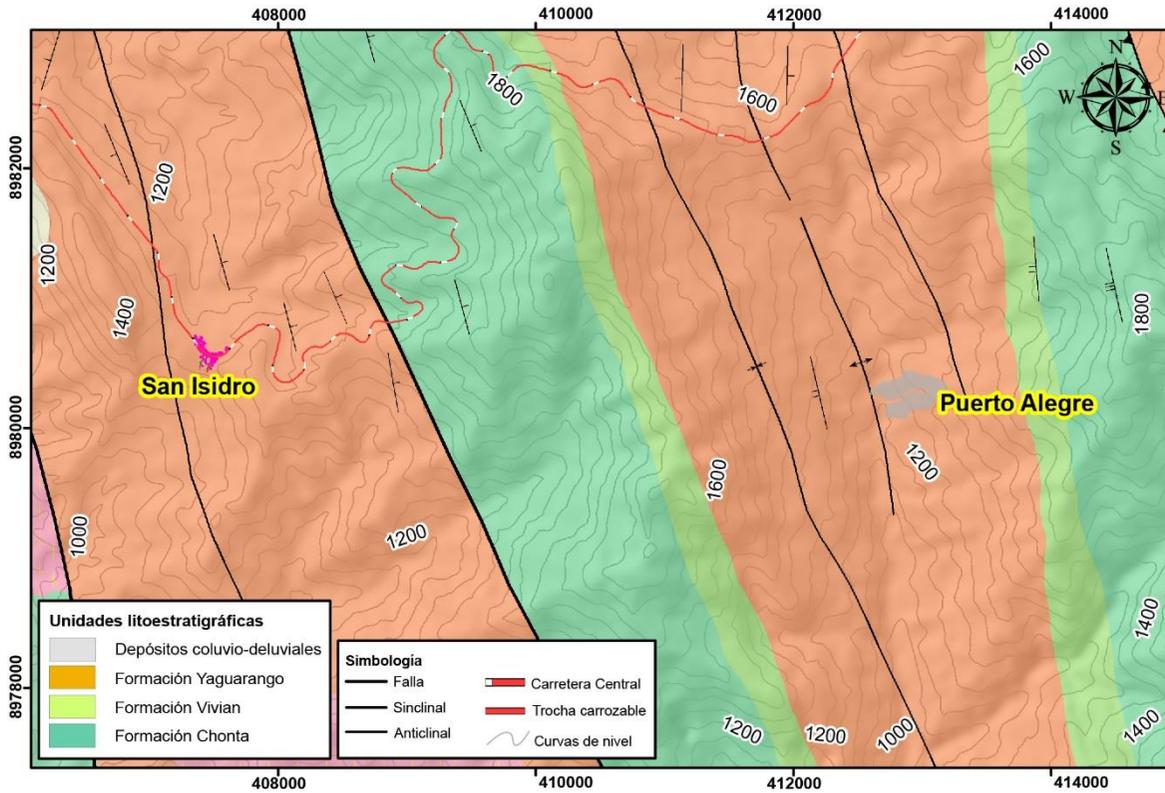
McLaughlin, D.H. (1924). Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Departments of Junin and Lima. Geological Society of America Bulletin, 35(3): 591-632.

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 Meteorológica e Hidrológica, SENAMHI (2020). Mapa de clasificación climática del Perú (Texto). Lima, Perú.

Zavala, B.; & Vilches, M. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.

**ANEXO 1: MAPAS**  
**MAPAS DE LOS SECTORES PUERTO ALEGRE Y SAN ISIDRO**



SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

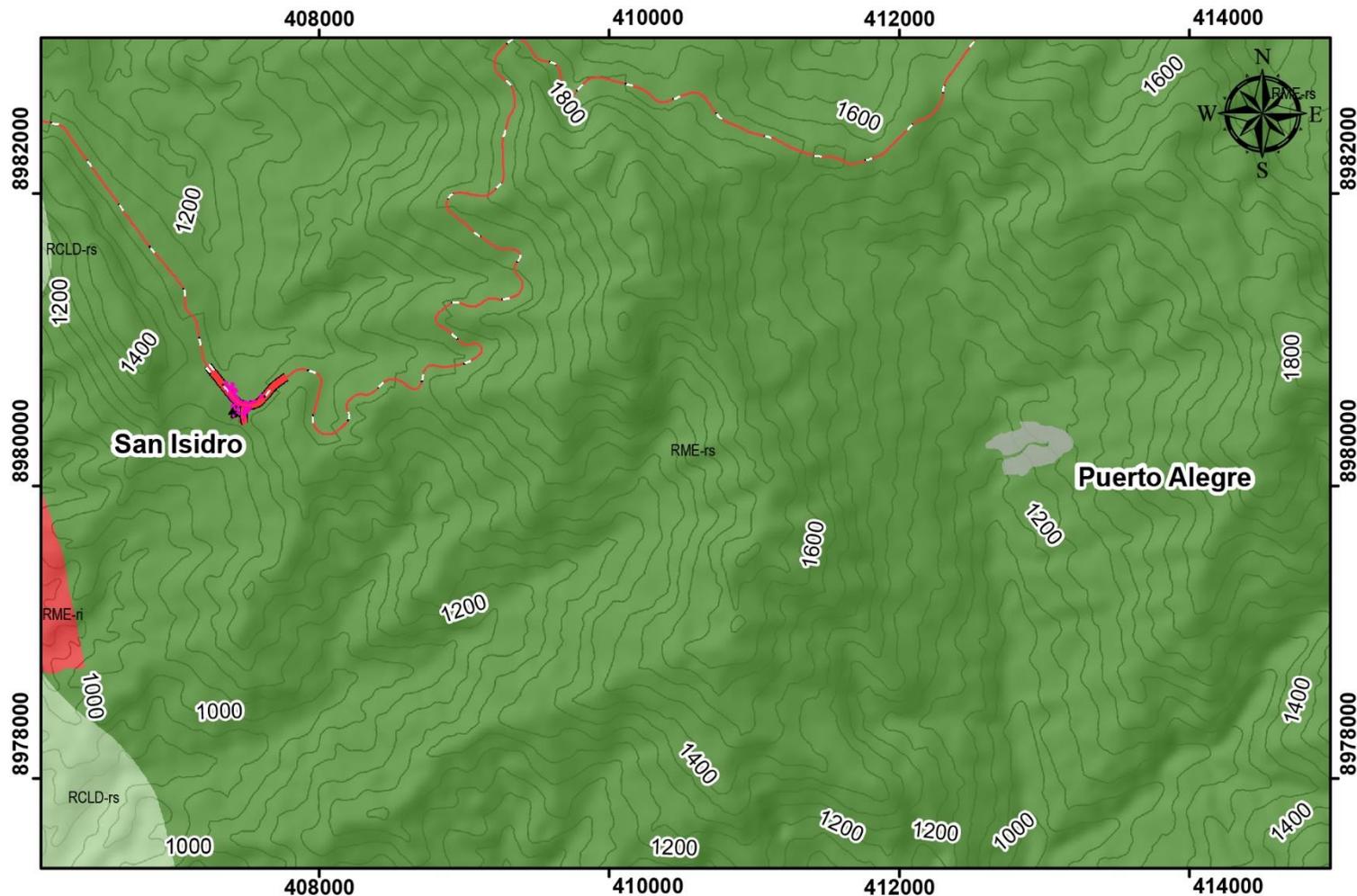
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**Mapa geológico  
 Puerto Alegre y San Isidro**

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s  
 Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024

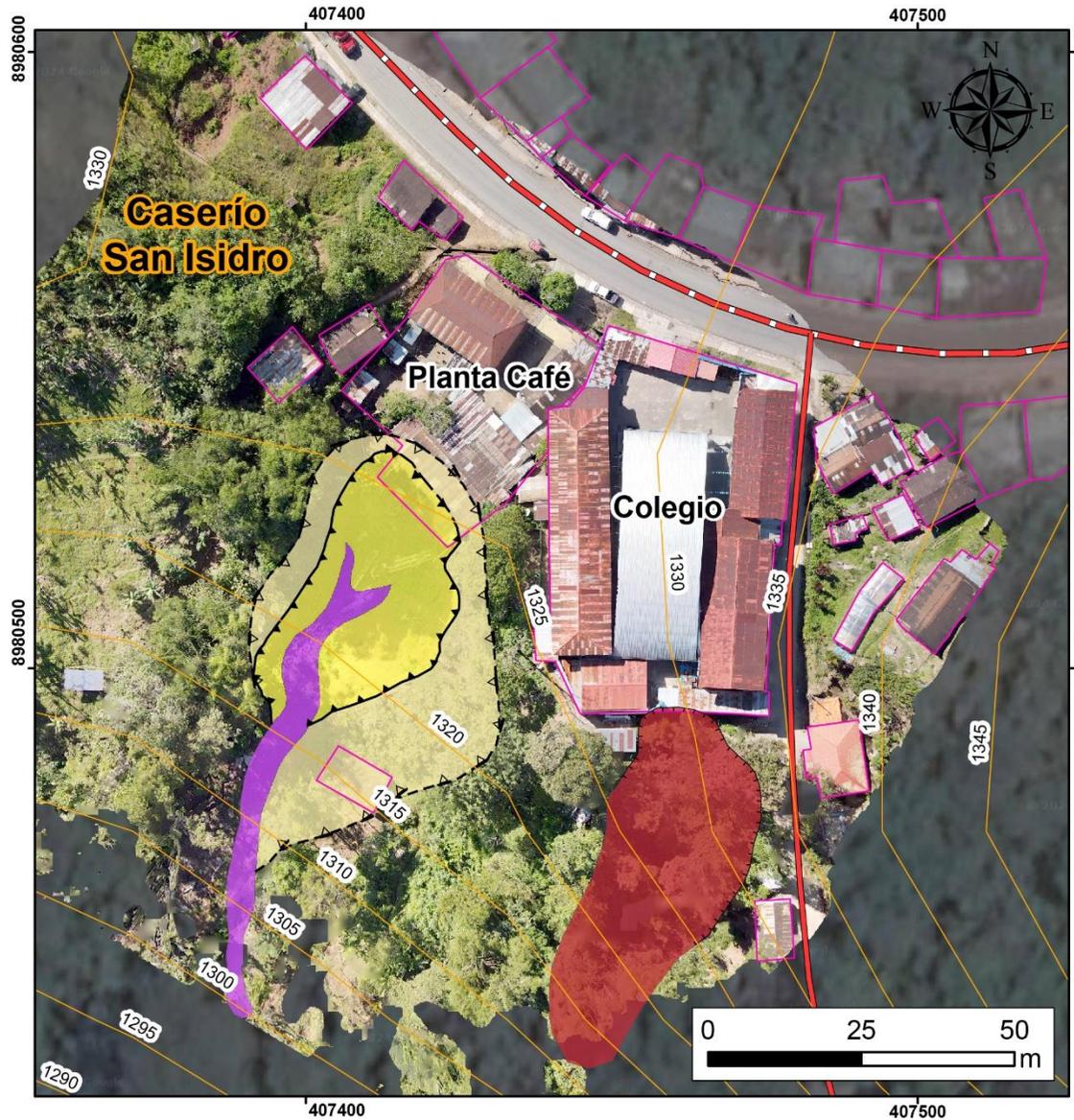
**01**



Unidades geomorfológicas	
	RME-rs Montaña estructural en roca sedimentaria
	V-cd Vertiente coluvio-deluvial

Simbología	
	Carretera Central
	Trocha carrozable
	Curvas de nivel

 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional	
<b>Mapa geomorfológico</b> <b>Puerto Alegre y San Isidro</b>	
Datum: UTM-WGS84, Zona 18s Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024	
02	

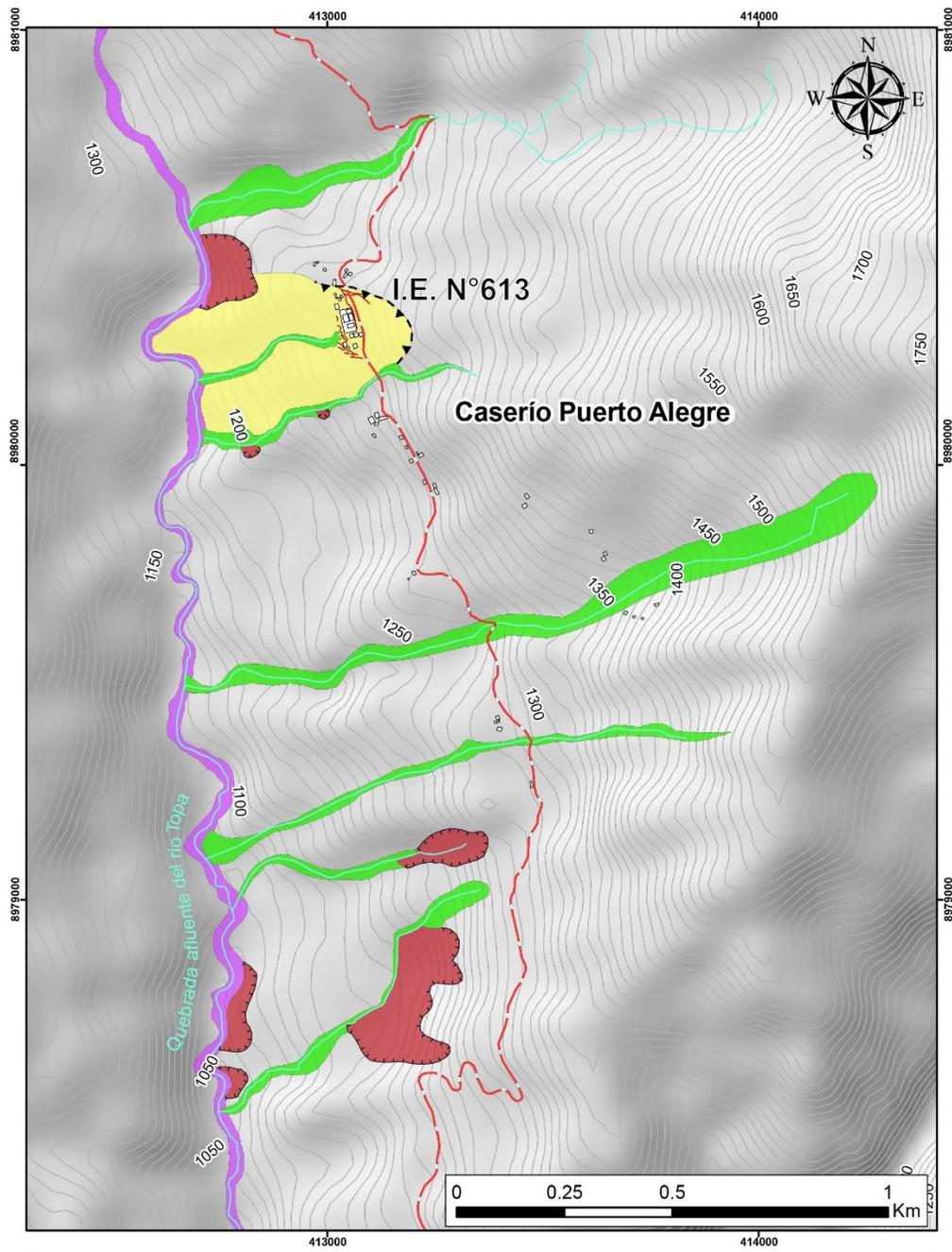


Peligros geológicos	
	Deslizamiento antiguo/1
	Deslizamiento activo
	Flujo de lodo y detritos
	Derrumbe

Simbología			
	Escarpe inferido		Carretera Central
	Escarpe		Trocha carrozable
	Escarpe inferido		Curvas de nivel
	Escarpe de derrumbe		Viviendas e Institución Educativa



 RECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO	
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO	
ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional	
Cartografía de peligros geológicos San Isidro	
Datum: UTM-WGS84, Zona 18s Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024	03



Peligros geológicos	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	Deslizamiento activo
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>	Derrumbe
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green; border:1px solid black;"></span>	Erosión de ladera (cárcava)
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:purple; border:1px solid black;"></span>	Flujo de detritos

Simbología	
	Escarpe inferido
	Escarpe de derrumbe
	Grietas de tracción
	Drenaje
	Trocha carrozable
	Curvas de nivel
	Viviendas e Institución Educativa

**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**Cartografía de peligros geológicos**  
**Puerto Alegre**

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s  
Versión digital: año 2024. Versión impreso: 2024

04