



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

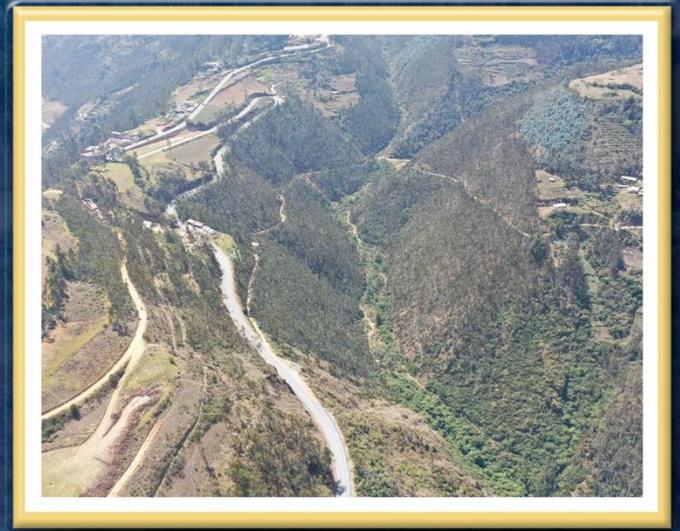
**Informe Técnico N° A7558**

# EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJOS DE DETRITOS EN EL SECTOR HUMACCATA DE LA COMUNIDAD CAMPESINA LLAÑUCANCHA

Departamento: Apurímac

Provincia: Abancay

Distrito: Abancay



NOVIEMBRE  
2024

## EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJOS DE DETRITOS EN EL SECTOR HUMACCATA DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE LLAÑUCANCHA

Distrito Abancay, Provincia Abancay, Departamento Apurímac



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

*Equipo técnico:*

*Yhon Soncco Calsina*

### Referencia bibliográfica

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). "Evaluación de peligro geológico por flujos de detritos en el sector Humaccata de la comunidad campesina Llañucancha. Distrito Abancay, Provincia Abancay, Departamento Apurímac". INGEMMET, Informe Técnico N° A7558, 35P.*

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1.1. Objetivos del estudio.....	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	5
1.3. Aspectos generales .....	7
1.3.1. Ubicación .....	7
1.3.2. Población .....	9
1.3.3. Accesibilidad.....	10
1.3.4. Clima .....	10
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	11
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	17
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	17
3.1.1. Unidad Lambrama (Peo-lam2-mgr).....	17
3.1.2. Unidad Cotabambas (Peo-cot2-gb).....	17
3.1.3. Formación Socosani (Jm-so3).....	17
3.1.4. Depósito Coluvial (Qh-col) .....	18
3.1.5. Depósito proluvial (Qh-pl) .....	18
3.1.6. Depósito aluvial (Qh-al).....	18
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	18
4.1. Pendientes del terreno .....	18
4.2. Unidades Geomorfológicas .....	19
4.2.1. Unidad de Montaña.....	19
4.2.2. Unidad de Piedemonte .....	19
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	20
5.1 Flujo de detritos .....	20
5.2 Deslizamiento y derrumbe .....	24
5.3 Factores condicionantes .....	25
5.4 Factores desencadenantes.....	25
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	26
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	27
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28
<b>ANEXO 1 MAPAS</b> .....	29
<b>ANEXO 2. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	34

## RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizada en el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha, del Distrito Abancay, Provincia Abancay, Departamento Apurímac. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el sector Humaccata afloran rocas intrusivas constituidas de monzogranitos, correspondientes a la (unidad Lambrama); dioritas, gabros, granodioritas, sienitas y tonalitas de la (unidad Cotabambas); calizas de la (Formación Socosani)- Estas unidades se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Además, se aprecian depósitos cuaternarios (coluviales, aluviales y eólicos) los cuales se encuentran poco consolidados.

En inmediaciones del sector Humaccata los relieves modelados corresponden a: montaña en roca intrusiva, con pendientes mayores a 35°; montaña en roca sedimentaria, con pendiente de 25° a 35°; Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, con pendientes de entre 10° a 25°; Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y Vertiente con depósito de deslizamiento.

En el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha, el principal peligro geológico identificado es flujo de detritos (huaico). El depósito del flujo se extiende 145 metros desde su origen hasta su desembocadura en la quebrada Marcamarca, afecto un área aproximada de 0.20 Ha.

Los factores condicionantes de peligro geológico son: presencia de rocas intrusivas, que se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Además de depósitos proluviales y coluviales poco consolidados. Pendientes desde moderada a muy fuertemente inclinadas (10° - 45°).

Con base a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha es considerado de PELIGRO MEDIO, frente a movimientos en masa del tipo flujo de detritos (huaico), deslizamiento y derrumbes.

Finalmente, se brindan recomendaciones para las autoridades competentes, como: Canalizar y evacuar las aguas provenientes de la vía nacional Abancay – Cusco, hacia el fondo de la quebrada Marcamarca, con la finalidad de evitar futuros procesos de movimientos en masa.

## 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 (ACT16)”, 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 la carta N° 01 C.C. LLAÑUCANCHA-AB-AP-2024, emitida por el presidente de la comunidad campesina Llañucancha, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector Humaccata en la comunidad campesina de Llañucancha. Distrito Abancay, Provincia Abancay, Departamento Apurímac.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó al ingeniero Yhon Soncco, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica y de los peligros geológicos que afectan el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha. Los trabajos de campo se realizaron los días 29 y 30 de agosto 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 las Municipalidad Distrital Abancay 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 Humaccata, distrito Abancay; eventos que pueden comprometer la seguridad física de terrenos agrícolas y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones 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) Luza, et al., 2015. Caracterización geodinámica de la ciudad de Abancay para la prevención de desastres. Libro de resúmenes: Foro Internacional

sobre la Gestión del Riesgo Geológico: Reduciendo riesgos para el desarrollo sostenible, Arequipa. El autor realizó una descripción del macizo rocoso en la estación 07, que se encuentra próxima al área estudiada en el presente informe. El autor menciona que el macizo rocoso es de buena calidad según la clasificación RMR, para este sector.

- b) Villacorta & Valderrama (2012). Evaluación del flujo de detritos de Tamburco. Provincia de Abancay, región Apurímac. Informe Técnico; N° A6595. El estudio se realizó de una zona próxima al área de interés del presente informe. En el cual los autores mencionan la presencia de peligros por deslizamiento, huaico, derrumbes, y procesos complejos, que pueden ser provocados o “detonados” por precipitaciones pluviales excepcionales o por sismos de gran magnitud.
- c) Villacorta et al., (2012). Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Apurímac. Informe Técnico; N° A6594. Del cartografiado de peligros geológicos a escala 1:50,000 en la región Apurímac, se ha registrado un total de 692.
- d) Villacorta, et al. (2013). Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Apurímac. Informe Técnico; N° A6624. Los autores señalan que en el distrito Tamburco, se presentó una avalancha-flujo-inundación de detritos del Cerro Chuyllurpata. En el distrito de Abancay, la zona urbana se encuentra cimentada sobre depósitos de flujos antiguos que descendieron por la quebrada Sahuanay, aspecto que incrementa la vulnerabilidad del área, considerándosele como zona crítica (figuras 1A y 1B).



**Figura 1.** A) Avalancha-flujo de detritos en Cerro Chuyllurpata (Tamburco, Abancay) a causa de lluvias de marzo del 2012. B) Avalancha-inundación de detritos del cerro Chuyllurpata; depósito que muestra la presencia de un flujo hiperconcentrado que arrastra un vehículo. Villacorta, et al. (2013).

- e) Luna, Á. & Choquenaira, G. (2022). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa el sector de Umaccata baja: Distrito Abancay, provincia Abancay, departamento Apurímac. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7332, 52 p. Este sector está próximo al área de estudio del presente informe. Los autores indican que el 21 de diciembre del 2021 se suscitó un deslizamiento en este sector a consecuencia de las obras de mejoramiento de la vía que conecta la ciudad de Abancay con el sector de Umaccata, específicamente un corte de talud para la apertura de una vía.

- f) Villacorta et al.,2019. Evaluación integral de la cuenca del río Mariño (Abancay, Apurímac) para la prevención de desastres de origen geológico y geohidrológico”. En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa elaborado por estos autores, el área de estudio del presente informe se encuentra en una zona de susceptibilidad media (figura 3).

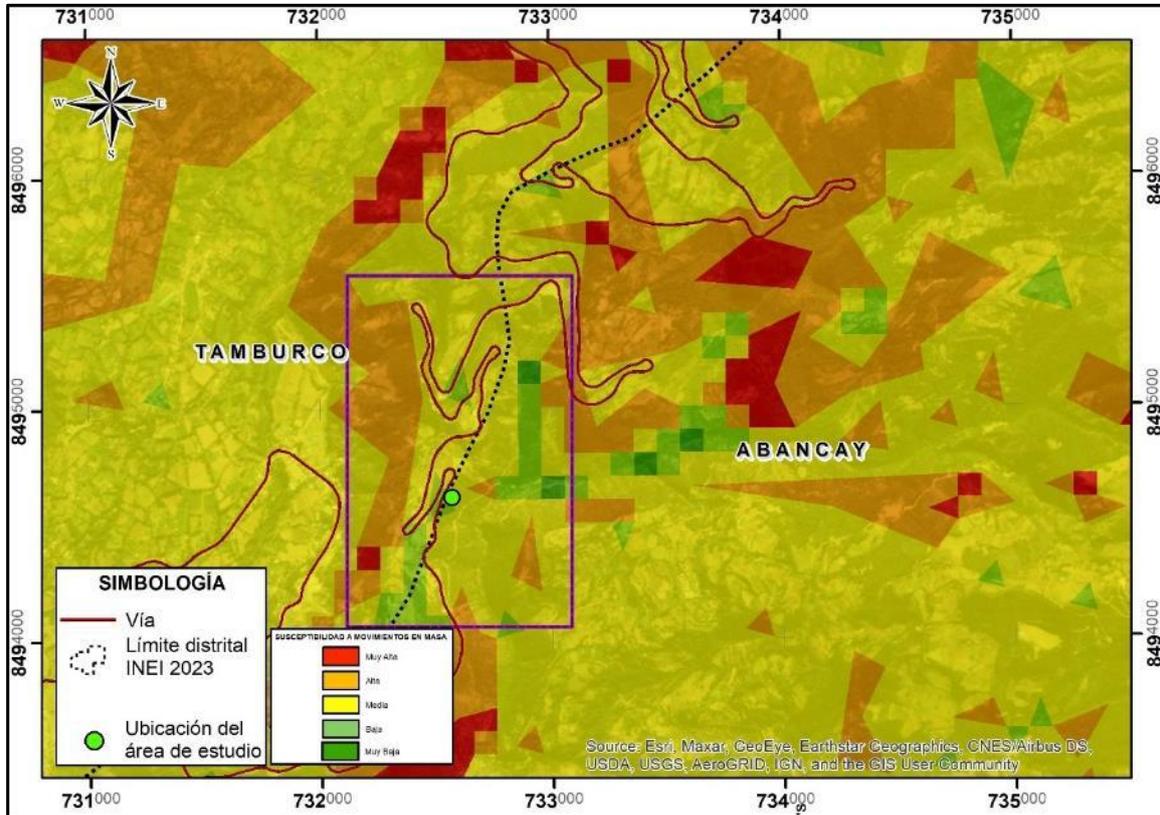


Figura 2. Susceptibilidad a movimientos en masa en la región Apurímac. Villacorta et al. 2019.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

El área evaluada está ubicada en el límite entre los distritos de Tamburco y Abancay, provincia de Abancay, departamento Apurímac (figura 4), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del punto central del área evaluado en la comunidad campesina LlañucanCHA

Anexo	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
LlañucanCHA	732567	8494615	-13.607860°	-72.850465°

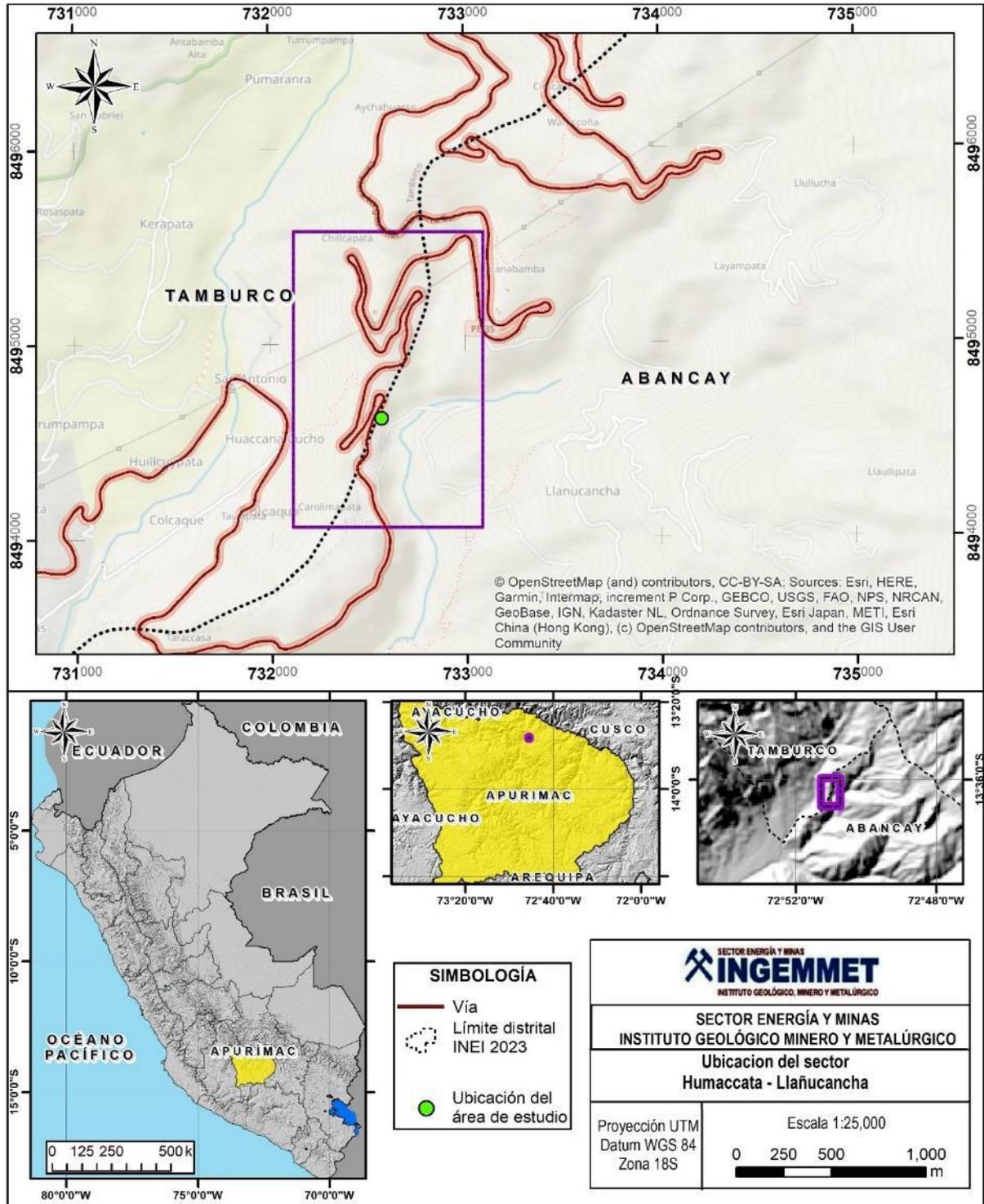


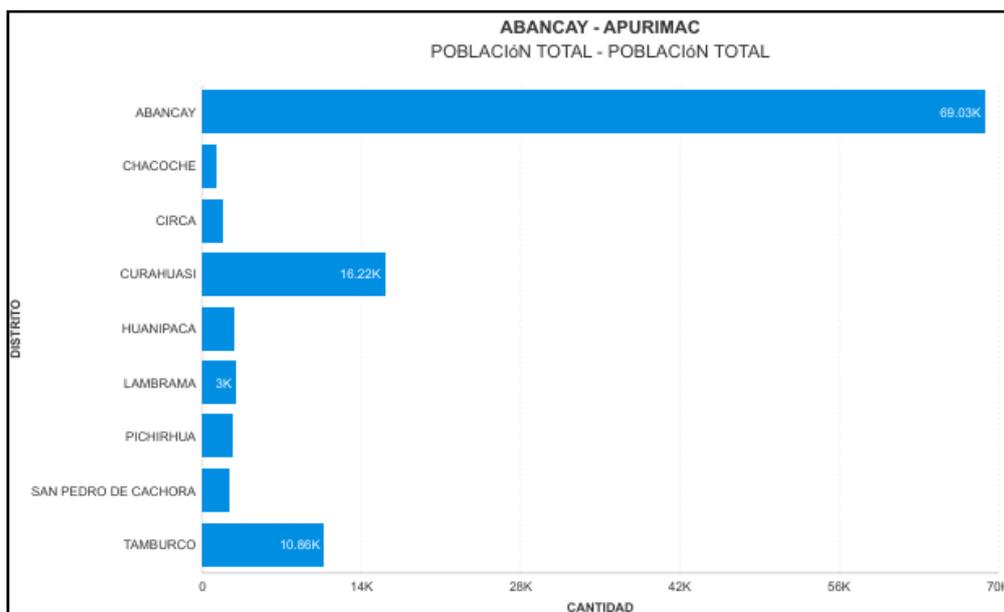
Figura 3. Ubicación de las áreas de evaluación en la comunidad campesina Llañucancha.



**Figura 4.** Vista del sector Humaccata en la comunidad campesina de Llañucancha.

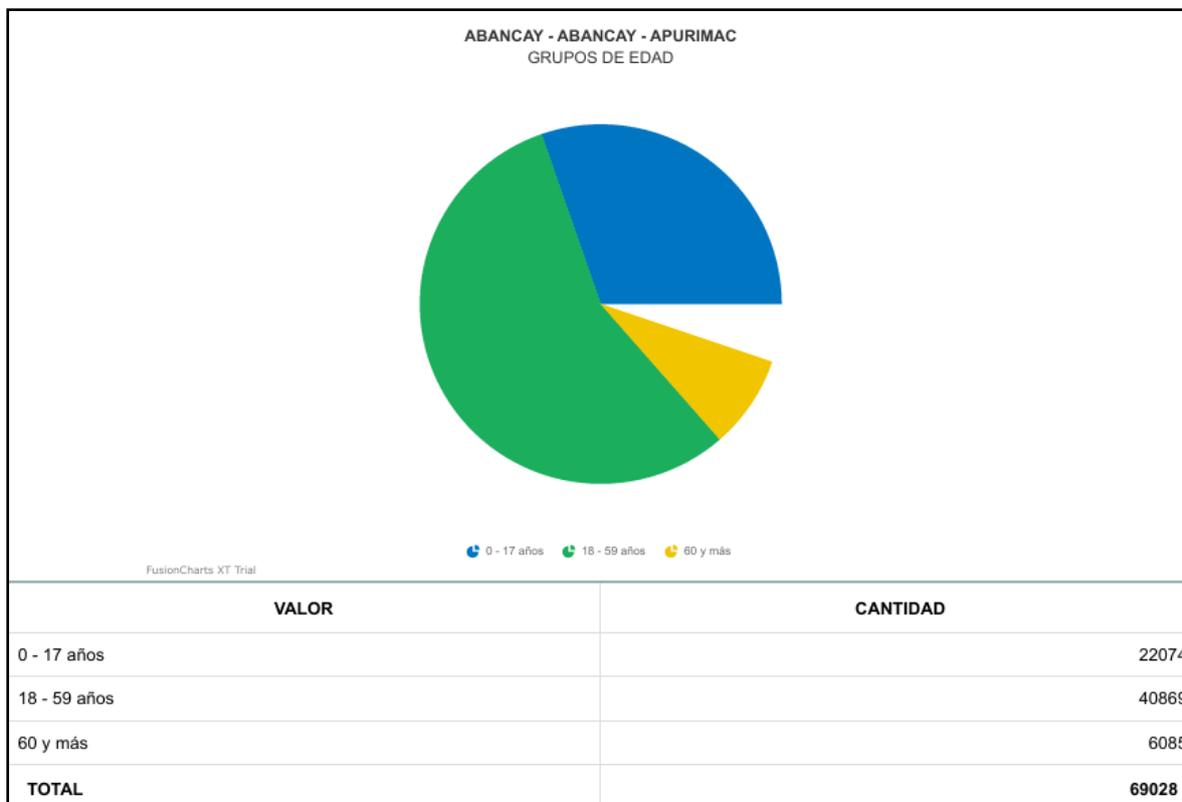
### 1.3.2. Población

En la provincia de Abancay, los distritos con más población son Abancay, Curahuasi y Tamburco, de acuerdo con el XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda (CPV, 2017). En total la provincia posee 110520 habitantes (Gráfico 1).



**Gráfico 1.** Población por distritos de la provincia Abancay. (<https://cenepred.gob.pe/web/>)

Según el Censo Nacional 2017, en el distrito Abancay las personas están distribuidas según el grupo etario siguiente: (0-17 años) 22074 personas; (18-59 años) 40869 personas y (60 años a más) 6085 personas, (grafico 2).



**Gráfico 2.** Población según grupo etario de Abancay "Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas." Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (<https://cenepred.gob.pe/web/>)

### 1.3.3. Accesibilidad

El acceso al área de estudio se realizó por vía terrestre partiendo desde Lima y se siguió la siguiente ruta:

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

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
<b>Lima – Abancay</b>	Asfaltada	906	15 h 16 min
<b>Abancay – desvió sector Humaccata</b>	Asfaltada	10	25 min
<b>Desvió sector Humaccata – sector Humaccata</b>	Trocha	0.55	5 min

### 1.3.4. Clima

#### Precipitación pluvial

La información disponible de la estación meteorológica Granja San Antonio, ubicada en el distrito de Tamburco del Servicio Nacional de Meteorología e

Hidrología del Perú (Senamhi), (figura 6), muestra que el 27 de setiembre se presentó una precipitación de hasta 6 mm.

Para contar con información de un periodo de tiempo más largo, se tomó en cuenta la estación Curahuasi, este cuenta con información desde 1962 hasta el 2011. Donde la precipitación máxima es de 60 mm, y la precipitación promedio es de 30 mm, siendo la precipitación mínima de 00 mm.

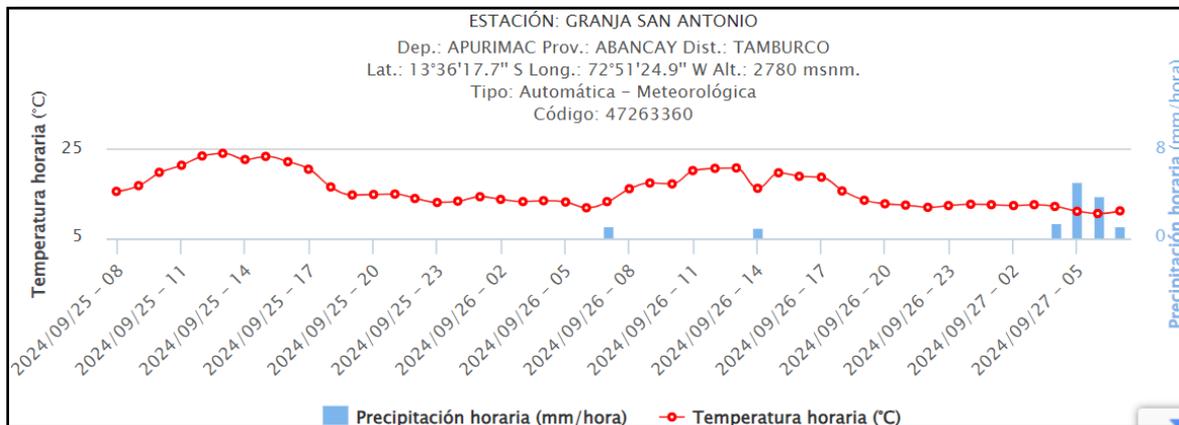


Figura 5. Precipitación diaria según la estación Granja San Antonio - 2024.

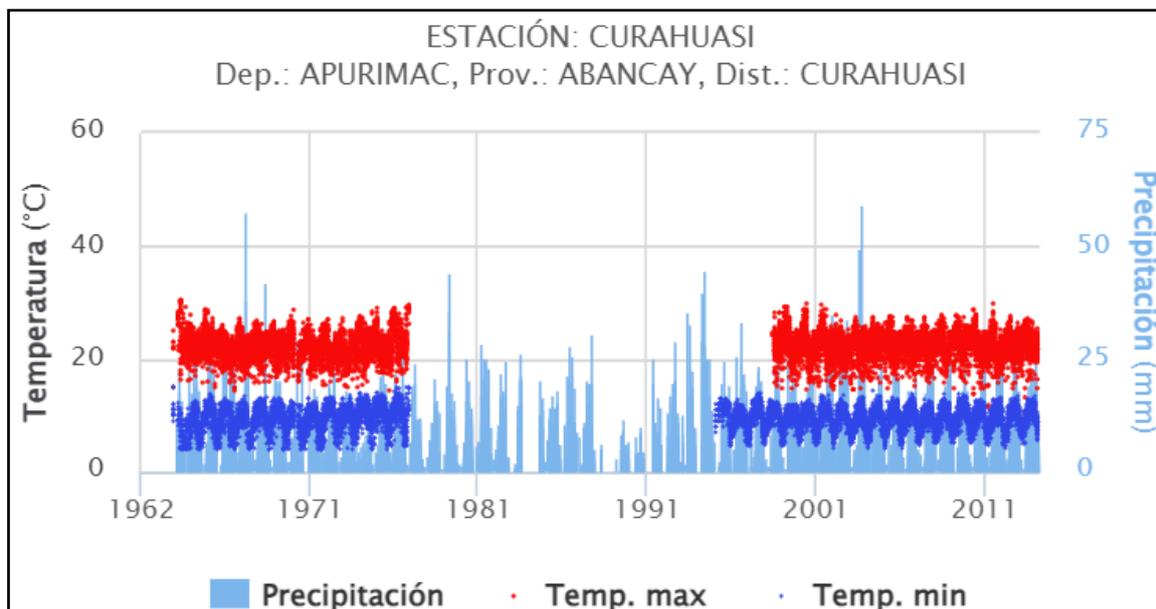


Figura 6. Precipitación según la estación Curahuasi. Periodo de registro 1962 al 2011.

## 2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto

Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

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

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

**Aluvión:** Flujo extremadamente rápido que desciende por cauces definidos, formando ríos de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo. Están relacionados a lluvias excepcionales, aludes en nevados, movimientos sísmicos, ruptura de lagunas o embalses artificiales y desembalse de un río producido por un movimiento en masa.

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

**Arenamiento:** Fenómeno que se produce en zonas que presentan morfología plano-ondulada de pampas, colinas bajas y planicies costaneras aledañas al litoral, con una dinámica eólica importante, donde la dirección, la velocidad del viento y la geomorfología del entorno favorecen la migración y acumulación de arenas, que muchas veces pueden afectar viviendas, terrenos de cultivo y obstruir tramos de carretera. Los arenamientos conforman mantos de arena, dunas, dunas trepadoras que se encuentran detenidas, cordón de dunas, etc.

**Avalancha de detritos:** Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (Hung et al., 2001).

**Avalancha de roca:** Movimiento tipo flujo, extremadamente rápido y masivo de roca fragmentada proveniente de un gran deslizamiento de roca, o de una caída de roca (Hung et al., 2001).

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

**Caída:** Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

**Caída de rocas:** Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

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

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

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

**Crecida de detritos:** Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hung et al., 2001).

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

**Derrumbe:** Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

**Deslizamiento:** Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

**Deslizamiento rotacional:** Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

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

**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.

**Erosión fluvial:** Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

**Erosión marina:** La zona costera es erosionada directamente por la acción marina, siendo las olas el agente más común de la denudación costera. También se tiene acción erosiva de las corrientes de marea y corrientes litorales. La fuerza del golpe de las olas sobre un acantilado da origen a la erosión directa y remoción de detritos desde los acantilados o costas montañosas o colinadas sumergidas, las cuales gradualmente se van regularizando, pero con una morfología que depende de la litología.

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

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

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

**Flujo:** Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

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

**Flujo de lodo:** Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.

**Flujo de tierra:** Movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico. Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto. El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos.

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

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

**Hundimiento:** Desplazamiento vertical brusco de una masa de suelo o roca debido en muchas ocasiones a la falla estructural de la bóveda de una cavidad subterránea. Suelen estar asociados a procesos de disolución de rocas carbonatadas o a la minería subterránea (Hauser, 2000).

**Inactivo abandonado:** Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la causa de la inestabilidad del movimiento ha dejado de actuar (WP/WLI, 1993).

**Inactivo estabilizado:** Movimiento en masa cuyo desplazamiento ha cesado debido a la ejecución de obras correctivas o de control (Cruden y Varnes, 1996).

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

**Inactivo relicto:** Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

**Inundación de detritos:** Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hung et al., 2001). Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos.

**Inundación fluvial:** La inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

**Inundación pluvial:** Se originan por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

**Ladera:** Superficie natural inclinada de un terreno.

**Licuefacción:** Pérdida de la resistencia al corte de un suelo debido a un incremento rápido de la presión de poros del agua. El caso más común se presenta cuando ocurre un sismo en suelos granulares finos saturados con baja densidad relativa. Sin.: licuación.

**Lutita:** Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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

**Movimiento complejo:** Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo

del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

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

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

**Proluvial:** Complejo sedimento deltaico friable de material fragmental, acumulado al pie de una pendiente como resultado de una ocasional avenida torrencial.

**Propagación lateral:** Expansión de una masa de roca o suelo cohesivo, combinada con una subsidencia general de la masa fracturada de material. Sin.: extensión lateral, expansión lateral.

**Reactivado:** Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

**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.

**Retrogresivo:** Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

**Runup:** Desplazamiento hacia arriba del pie de un deslizamiento que ocurre cuando la masa de este pega contra una ladera opuesta a la zona de arranque.

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

**Suelo residual:** Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

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

**Suspendido:** Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

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

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

**Vuelco:** Movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

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

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico se tomó como referencia el mapa geológico del cuadrángulo de Abancay (28-q) elaborado por Caldas et al., (1981); la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Abancay, hoja (28-q) (Valdivia & La Torre, 2003).

Se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y observaciones de campo.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas se muestran en el Mapa 1. A continuación se realiza la descripción de sus características más importantes.

##### 3.1.1. Unidad Lambrama (Peo-lam2-mgr).

Aflora en gran parte del área de estudio, (Mapa 1), se trata de un plutón intrusivo que se encuentra cortando a rocas del Grupo Yura, principalmente a la Formación Socosani.

Esta constituido esencialmente por monzogranitos con minerales de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo. En el área de estudio esta unidad se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturada.

##### 3.1.2. Unidad Cotabambas (Peo-cot2-gb).

Esta Unidad aflora al noreste del área de estudio (Mapa 1), se trata de un Plutón conformado por dioritas, gabros, granodioritas, sienitas y tonalitas. Se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturadas.

##### 3.1.3. Formación Socosani (Jm-so3).

Esta unidad aflora en la parte baja del área de estudio (Mapa 1). Litológicamente se han reconocido calizas y pelitas. La parte inferior consiste principalmente en calizas estratificadas, las cuales se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

### 3.1.4. Depósito Coluvial (Qh-col)

Esta unidad aflora al noreste del área de estudio (Mapa 1). Litológicamente compuesto por bloques y cantos angulosos de tamaños variables, envueltos en una matriz areno arcillosa, todo el material proveniente de un deslizamiento. El depósito se encuentra poco consolidado.

### 3.1.5. Depósito proluvial (Qh-pl)

El depósito proluvial aflora en el sector Humaccata (Mapa 1). Constituido por fragmentos heterométricos, de formas angulosas y subangulosas y de naturaleza intrusiva, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz areno limosa. Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvia, flujos de detritos (huaicos) y flujos de lodo, que depositaron fragmentos rocosos y lodo, a manera de conos de deyección en su desembocadura. El depósito se encuentra poco consolidado.

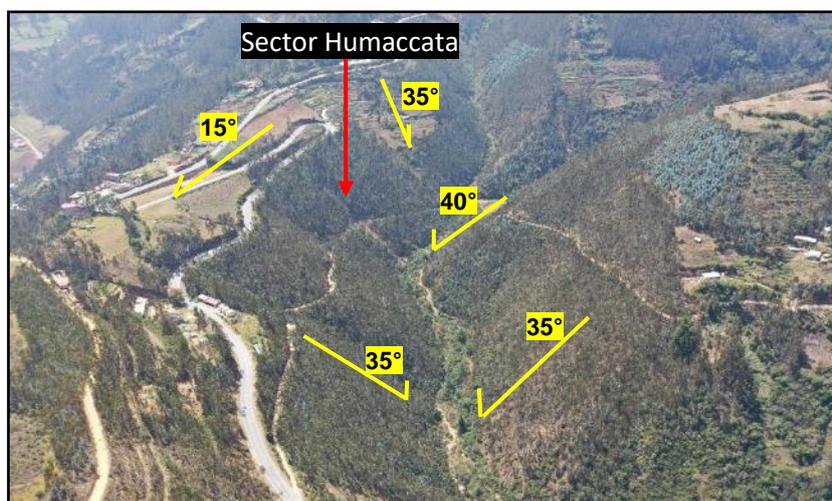
### 3.1.6. Depósito aluvial (Qh-al)

El depósito se aprecia al noroeste del área de estudio (Mapa 1). Son depósitos constituidos principalmente, por gravas, arenas y limos en terrazas y conos aluviales activos. Están estrechamente relacionados con el cauce de los ríos y quebradas activas. Se aprecian poco consolidados.

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en el área evaluada, varía desde moderado a fuertemente inclinado, ellas se aprecian en la cima de las colinas ( $10^\circ - 25^\circ$ ), las laderas presentan pendientes fuertes a muy fuerte ( $25^\circ - 45^\circ$ ), y en la parte alta de los cerros y en las márgenes de los ríos se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ( $> 45^\circ$ ), (figura 7). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM - agosto del 2024), de 20 cm/píxel, a partir de fotogrametría con dron (Anexo 1, mapa 2).



**Figura 7.** Muestra las distintas pendientes en el sector Humaccata en la comunidad campesina Llañucancho.

## 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. Unidad de Montaña

La unidad de montañas consiste en geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local (citado por Villota, 2005) donde se reconocen cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza.

Montaña en roca intrusiva (RM-ri): Se encuentra conformando elevaciones alargadas y de pendiente mayores a 35°, compuesto por rocas intrusivas, moderadamente alteradas y medianamente fracturadas expuestas en la parte central del área de estudio. Esta unidad es susceptible a generar derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos.

Montaña en roca sedimentaria (RM-rs): Es una unidad geomorfológica con pendientes de 25° a 35°, que se conforma por afloramientos sedimentarios. En el área de estudio las montañas pueden alcanzar elevaciones de hasta 3000 ms.n.m. con cimas poco uniformes. Son susceptibles a derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos.

### 4.2.2. 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 coluviales, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las subunidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Unidad extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos; con pendientes que varían entre 10° y 25°. Está formado por la acumulación producto de corrientes de agua. Se ubica en el sector Humaccata.

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial; se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales. Estos se encuentran acumulados al pie de las laderas. Esta unidad se aprecia al sur del área evaluada. Es susceptible a generar derrumbes y deslizamientos.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa recientes, en el área esta representa por depósitos de tipo deslizamientos. Es una unidad susceptible a genera deslizamientos.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

En el sector de Humaccata, se identificó un flujo de detritos (mapa 4) que se describe a continuación.

### 5.1 Flujo de detritos

En el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha, a causa de lluvias intensas ocurridas en enero del presente año (2024) se generó acumulación de aguas de escorrentía, las cuales fueron canalizadas por el sistema de evacuación de la vía nacional Abancay – Cusco, que cruza la parte alta del sector Humaccata.

Gran parte de las aguas fueron vertidas en el punto con coordenadas UTM E 732542, N 8494630. En el sector no existe una canalización, por lo que las aguas saturaron el terreno y generaron flujo de detritos (huaico) que afectó 53 m de una trocha de acceso a la zona poblada de la comunidad campesina de Llañucancha. Además, afectó un canal principal de agua potable administrado por EMUNSAP Abancay, (figura 10).

El depósito del flujo de detritos se extiende 145 metros desde su origen hasta su desembocadura en la quebrada Marcabamba, afectó un área aproximada de 0.20 Ha.

El flujo alcanzó alturas de hasta 1 m, el cual se evidencia en las huellas dejadas por el evento, principalmente en los trocos de los árboles (figura 8). Además, el flujo presentó mayor porcentaje de sólidos, ello se evidencia en los depósitos encontrados en la zona.

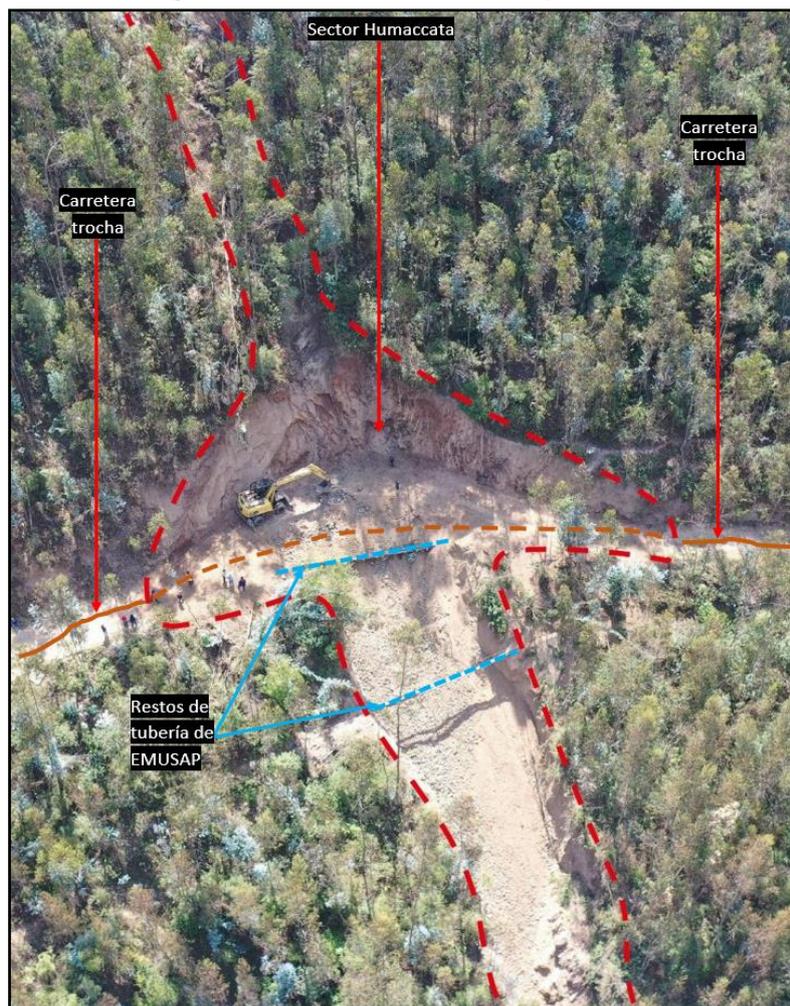
El depósito del flujo está compuesto por bloques (20 %), gravas (45%), englobados en una matriz areno limosa (35 %). Se han observado bloques de hasta 1 m de diámetro.



**Figura 8.** Huella de flujo en el sector Humaccata.



**Figura 9.** Vía nacional Abancay – Cusco



**Figura 10.** Zona afectada por flujo en el sector Humaccata en la comunidad campesina de LlañucanCHA. Coordenadas UTM E 732618, N 8494582.



**Figura 11.** Sistema de evacuación de aguas de escorrentía de la vía Abancay – Cusco en el punto con coordenadas UTM E 732514, N 8494642 Z18.



**Figura 12.** Sistema de evacuación de aguas de escorrentía, de la vía Abancay – Cusco, en el punto con coordenadas UTM E 732531, N 8494636 Z18.



**Figura 13.** Sistema de evacuación de aguas de escorrentía, de la vía Abancay – Cusco, en el punto con coordenadas UTM E 732542, N 8494630 Z18.

En la zona evaluada también se evidencia que más de 50 m de tubería de agua perteneciente a EMUNSA Abancay fue destruida, esta tubería abastecía con agua potable a la parte alta de Tamburco y Abancay (figura 14). La tubería fue afectada en el punto con coordenada UTM E 732618, N 849458 Z18.



**Figura 14.** Sistema de agua potable de la ciudad de Abancay (Tomado de EMUNSA).

## 5.2 Deslizamiento y derrumbe

Durante los trabajos de campo y el reconocimiento con dron, se logró identificar un deslizamiento y un punto con derrumbe.

El deslizamiento es de tipo rotacional, se ubica en el punto UTM E 732807, N 8495233 Z18 (figura 14).

Se define por la presencia de una escarpa semicircular en forma de herradura, se puede inferir que posee una longitud de corona de 100 m, la distancia desde la corona hasta el pie del deslizamiento es de 110 m. Este evento está comprendido entre las cotas 3030 a 2996 m s.n m. es decir presenta un desnivel de 34 m, la masa movilizada se estima que afecto un área 0.46 has. En el cuerpo del deslizamiento se identificaron algunos sectores de cultivos y una carretera trocha de 86 m que conducen a los terrenos de cultivo de la zona.

A si vez, el derrumbe identificado ocurre en la parte baja de la vía Abancay – Cusco, en el punto UTM E 732591, N 8494106 (figura 15). Debido a la vegetación no se distingue la cicatriz de rotura. Sin embargo, con el apoyo de imágenes aéreas tomadas con dron se puede observar el derrumbe, con una cicatriz de rotura de 22 m. El material se desplazó en dirección del cauce de la quebrada Marcamarca.



**Figura 15.** Deslizamiento rotacional en la parte baja de la vía Abancay – Cusco. Coordenadas UTM E 732807, N 8495233 Z18.



**Figura 16.** Derrumbe en la parte baja de la vía Abancay – Cusco. Coordenadas UTM E 732591, N 8494106 Z18.

### 5.3 Factores condicionantes

- **Factor litológico:** Presencia de rocas plutónicas, esencialmente por monzogranitos, que se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Además de depósitos proluviales y coluviales poco consolidados.
- **Factor Geomorfológico:** Pendientes desde moderado a muy fuertemente ( $10^\circ - 45^\circ$ ). Esto permite que el material suelto que se encuentra en la ladera se desplace cuesta abajo con facilidad por acción de la gravedad. Presencia de unidades geomorfológicas de montaña en roca intrusiva; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.
- **Factor antrópico:** Canales de evacuación de aguas de lluvias de la vía Abancay – Cusco, las cuales vierten sus aguas directamente a la superficie.

### 5.4 Factores desencadenantes

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), donde las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al deslizamiento y los flujos de detritos (Huaicos). Según datos hidrológicos de zonas próximas al área de estudio, se han encontrado valores de hasta 40 mm/día. Estación Curahuasi (SENAMHI).
- Los sismos también pueden desencadenar los deslizamientos y derrumbes. Según el diseño sismorresistente, del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-vivienda, la zona evaluada se ubica en la zona 3, con un factor Z de 0.35. “El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

## 6. 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 inmediaciones del sector Humaccata afloran rocas intrusivas constituidos de monzogranitos (unidad Lambrama); dioritas, gabros, granodioritas, sienitas y tonalitas (unidad Cotabambas); calizas y pelitas de la (Formación Socosani). Estas unidades se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. También se aprecian depósitos de origen coluvial, proluvial y aluvial, los cuales se encuentran no consolidados.
- b) En el área de estudio se encuentra las siguientes unidades geomorfológicas: montaña modelada en roca intrusiva con pendiente en sus laderas mayor a 35°; montaña modelada en roca sedimentaria con pendiente variable de 25° a 35°; vertiente o piedemonte aluvio-torrencial con inclinaciones entre 10° a 25°; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.
- c) Los peligros geológicos están condicionados por: rocas intrusivas, que se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturada, depósitos proluviales y coluviales poco consolidados. Además de pendientes desde moderado a muy fuertemente inclinadas (10° - 45°). Presencia de unidades geomorfológicas de montaña en roca intrusiva; vertiente o piedemonte coluvio-deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial, y finalmente el sistema de evacuación de la vía Abancay-Cusco, que se vierten sus aguas directamente a la superficie.
- d) El depósito de flujo de detritos originado en enero del presente año 2024 en el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha se extendió 145 metros desde su origen hasta su desembocadura en la quebrada Marcamarca, afecto un área aproximada de 0.20 Ha. Además, en la zona se observó un deslizamiento rotacional que posee una corona de 100 m de longitud y un derrumbe con una cicatriz de rotura de 22 m.
- e) Considerando las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se concluye que el sector Humaccata de la comunidad campesina de Llañucancha es considerado de **PELIGRO MEDIO**, frente a movimientos en masa de tipo flujo de detritos (huaico), deslizamiento y derrumbes.

## 7. 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. Canalizar y captar las aguas provenientes de la vía nacional Abancay – Cusco, hacia el fondo de la quebrada Marcamarca con la finalidad de evitar activaciones de movimientos en masa.
2. Construir un pase aéreo (puente colgante) para las tuberías de agua potable que cruzan el sector y que abastece de agua a la parte alta de los distritos de Abancay y Tamburco.



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



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

## BIBLIOGRAFÍA

Valdivia y Latorre (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Abancay (28-q)

Villacorta C., Sandra P., Vásquez C., Estibene P., Valderrama M., Patricio A., Madueño, Maribel (2013). Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Apurímac. Informe Técnico; N° A6624.

Corominas, J. & García Y agüe 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). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportatiön researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.

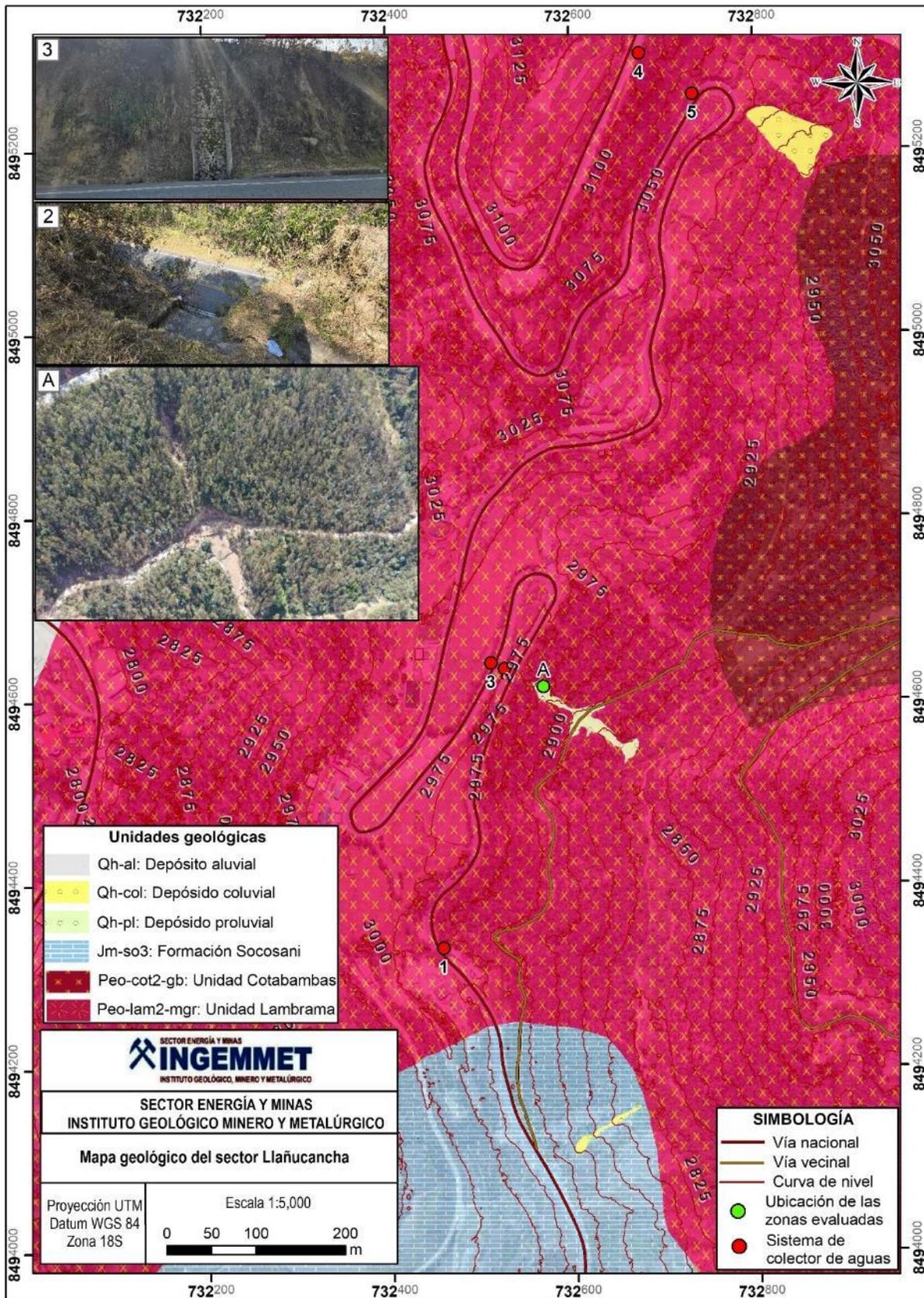
González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

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

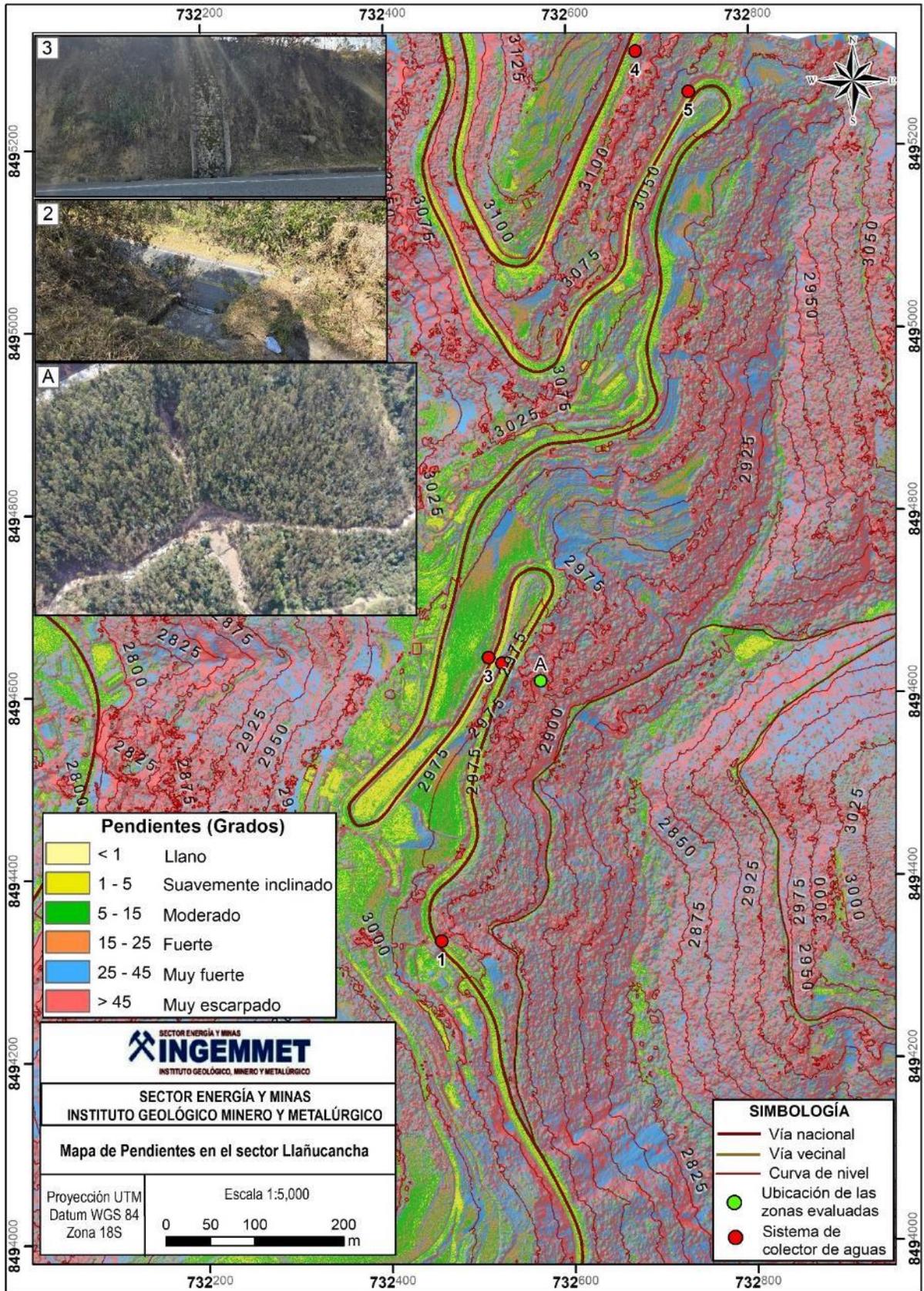
Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportatiön researchs board Special Report 176, p. 9-33

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

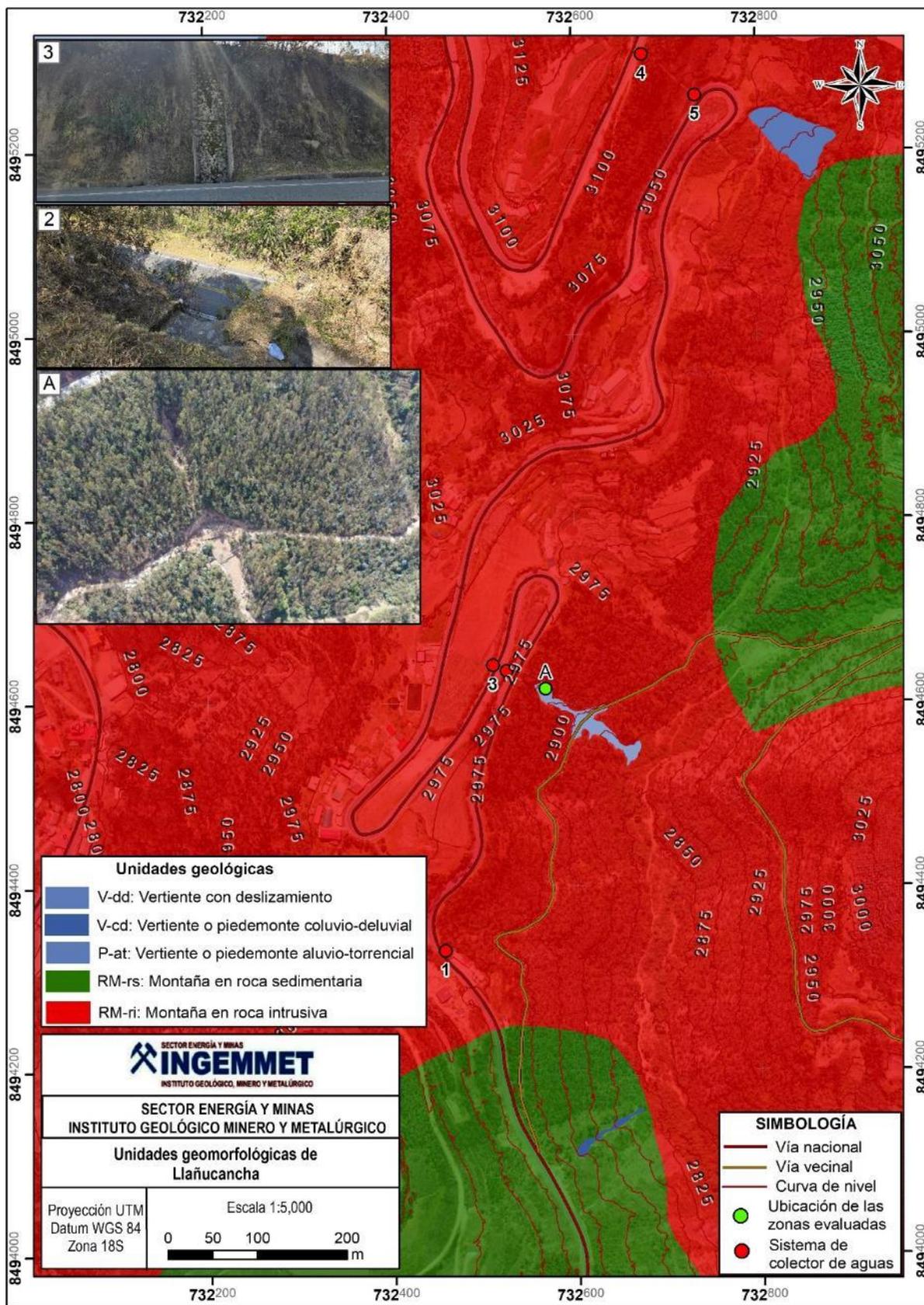
ANEXO 1 MAPAS



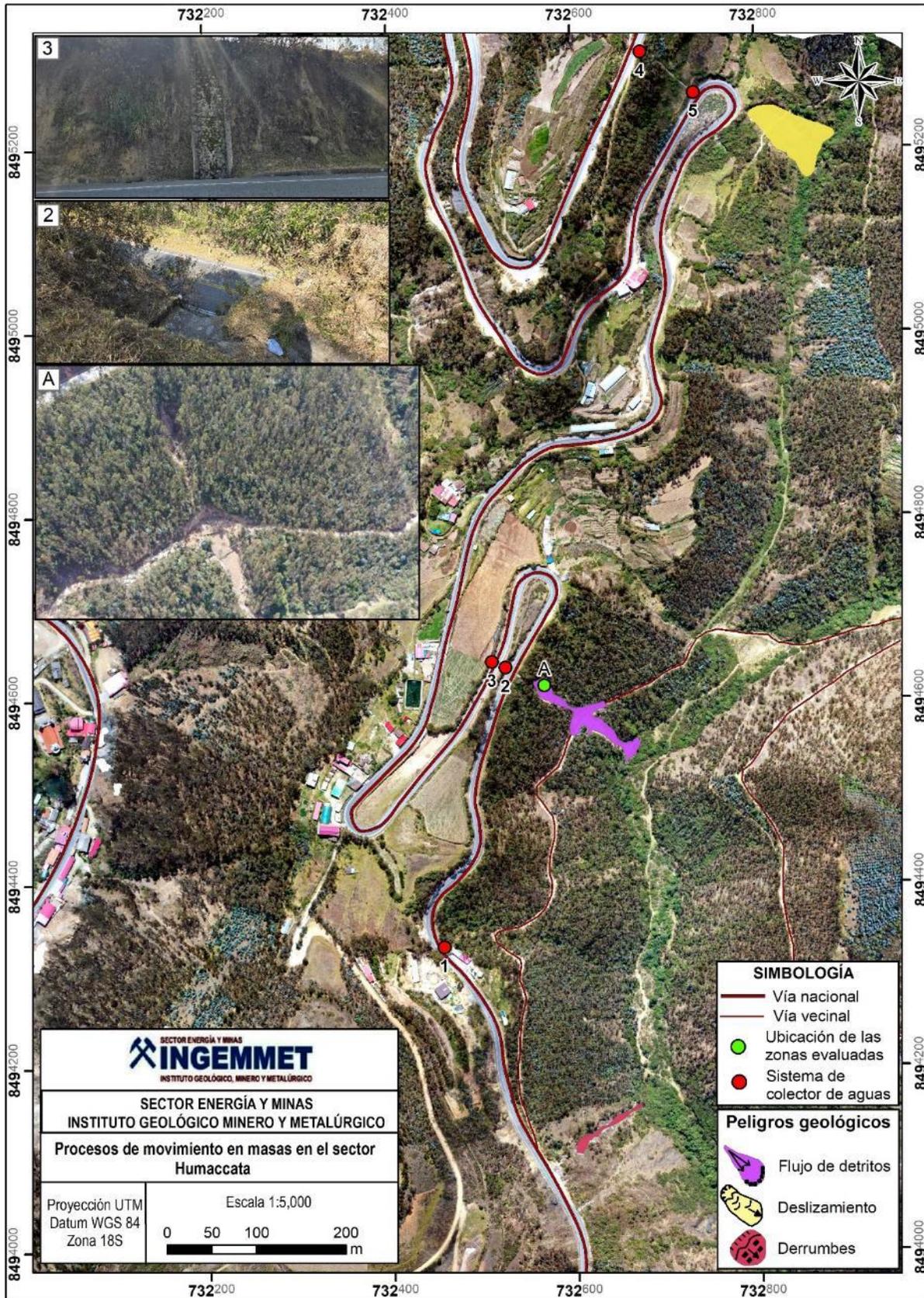
Mapa N°1. Mapa geológico del área de trabajo. Tomado y modificado del mapa geológico del cuadrángulo de Abancay 28-q, de J. Celdas, M. et al (1981)



Mapa N°2. Mapa de pendientes del terreno, se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM - agosto del 2024), de 20 cm/píxel



Mapa N°3. Mapa geomorfológico del área de trabajo. Tomado y modificado del mapa geomorfológico a escala 1:200,000 del Ingemmet.



Mapa N°4. Cartografía de procesos de movimientos en masa del sector Humaccata en la comunidad campesina de Llañucancha. Elaboración propia.



Mapa N°5. Cartografía de procesos de movimientos en masa por flujo de detritos del sector Humaccata en la comunidad campesina de Llañucancho. Elaboración propia.

## ANEXO 2. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

Se dan algunas propuestas de solución de forma general para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de flujo de detritos (huaico)

Acá se desarrollan las medidas para quebradas de régimen temporal donde se producen huaicos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar, en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación.

Encauzar el cauce principal de los lechos de los ríos o quebradas y aluviales secos, retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Hay que considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional, como en el caso del Fenómeno El Niño; es decir, el encauzamiento debe considerar un diseño que pueda resistir máximas avenidas sin que se produzcan desbordes.

Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos (figura 17)

Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos, tales como presas tipo SABO, aplicadas en Japón (este término se usa para describir un grupo de diferentes estructuras que utilizan para controlar un huaico), ya sea presas de control, de rendijas, con pantalla de infiltración de fondo, tipo rejillas y barras flexibles, fosas de decantación; etc. (debido a la permeabilidad de la red, los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido) (figura 18).



**Figura 17.** Presas transversales a cursos de quebradas y crecimiento de bosques Ribereños, (Vilches, 2021)



**Figura 18.** Presas tipo SABO de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos, a) de control; b) tipo rejilla; c) barras flexibles, (Vilches, 2021)