

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7248

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LACSACCOCHA

Departamento Áncash
Provincia Huari
Distrito Huantar



ABRIL
2022

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LACSACCOCHA

(Distrito Huantar, provincia Huari, departamento Ancash)

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

Equipo de investigación:

Lucio Medina Allcca

Hugo Dulio Gómez Velásquez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022) - *Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector Lacsacocha. Distrito Huantar, provincia Huari, departamento Ancash*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7248, 37 p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. Ubicación	7
1.3.2. Accesibilidad	8
1.3.3. Clima	8
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	13
3.1. Unidades litoestratigráficas	13
3.1.1. Formación Oyón (Ki-oy)	13
3.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)	14
3.1.3. Formación Santa (Ki-s)	16
3.1.4. Formación Carhuaz (Ki-ca)	16
3.1.5. Depósito coluvial (Q-cl)	16
3.1.6. Depósito proluvial (Q-pl)	17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	20
4.1. Pendientes del terreno.....	20
4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas.....	21
4.2.1. Unidad de Montañas.....	21
4.2.2. Unidad de colina	21
4.2.3. Unidad de piedemonte.....	22
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	22
5.1.1. Deslizamiento Lacsacochoa	23
5.1.2. Factores condicionantes	26
5.1.3. Factores desencadenantes.....	29
6. CONCLUSIONES.....	30
7. RECOMENDACIONES	31
8. BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXO 1: MAPAS.....	33

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación al movimiento en masa de tipo deslizamiento realizado en el sector Lacsacocha, centro poblado Olayan, distrito de Huantar, provincia Huari, departamento Ancash. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

Los materiales rocosos aflorantes en el área evaluada corresponden a limoarcillitas, con escasas secuencias de arenisca intercaladas y finas capas de limoarcillitas, así como la presencia de capas de carbón y yeso en algunos sectores (Formación Chimú). En esta formación geológica se generan la mayor cantidad de movimiento en masa en el área, como deslizamientos, flujos, movimientos complejos, en otros. Por sectores, estos materiales están cubiertos por depósitos superficiales de tipo coluviales y proluviales.

Geomorfológicamente el área evaluada se ubica en ladera de montaña modelada en rocas sedimentarias con pendientes que varían entre los 25° y 45°. En los lugares donde se generaron movimientos en masa la pendiente varía de 5° a 15° con áreas de 15° a 25° dispersas. Cabe precisar que las superficies planas a moderadamente planas (0°-5°) están asociados, en algunos casos, a terrenos de cultivo.

El área evaluada es geodinámica muy activa (procesos exógenos), representada por 12 deslizamientos rotacionales inactivos latentes, 7 deslizamientos rotacionales activos, 4 deslizamientos traslacionales activos, 2 movimientos complejos compuestos por deslizamiento y flujo inactivo latente, 1 flujo de tierra activo, 1 avalancha de detritos inactivo relicto; de este último, según Zavala et al (2009) se originó en el nevado de Tumarinaraju en 1965.

El peligro geológico identificado, que afecta el sector de Lacsacocha, corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento activo - traslacional - retrogresivo. Para una mejor identificación se le ha denominado “deslizamiento Lacsacocha”. Este deslizamiento abarca un área estimada de 28 hectáreas sin considerar los movimientos en masa activos que lo rodean y cuenta con las siguientes características: escarpa principal con longitud de 150 m, el desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 241 m, salto principal menor a 0.50 m, longitud del eje principal con 1100 m y ancho del pie del evento 350 m. Asimismo, en el cuerpo de la masa deslizada se distinguen: asentamientos, agrietamientos escalonados, paralelos y transversales al eje del evento; también, se observó la ocurrencia de deslizamientos rotacionales en el pie del deslizamiento.

Los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento corresponden a: basamento rocoso fragmentado y altamente meteorizado compuesto por limoarcillitas con secuencias escasas de areniscas, niveles de carbón y yeso; además, se encuentra afectada por movimientos en masa antiguos y activos. Conformación de laderas de montaña con pendiente del terreno que varía entre 5° y 15°. Es importante mencionar el inadecuado sistema de riego y los inconvenientes sistemas de drenaje para captar las aguas superficiales y subterráneas.

Los factores desencadenantes están relacionados a las intensas y/o prolongadas precipitaciones pluviales que provocan la saturación de los terrenos inestables de las laderas, induciendo la pérdida de cohesión y posterior colapso de estos materiales.

Por lo antes expuesto, el área donde se encuentra el deslizamiento en proceso de activación y en área aledañas, se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto**.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar el deslizamiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, 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 Alcaldía de la Municipalidad Distrital de Huantar, Oficio N° 089-2021-MDHR-IGTGRD-DC/LHGC/A y la solicitud del poblador Amado Loarte Noe; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación del evento de tipo flujo de tierra que viene afectando viviendas, terrenos agrícolas y una vía vecinal.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Hugo Dullio Gómez Velásquez y Lucio Medina Allica, realizar la evaluación de peligros geológicos in situ, la cual se llevó a cabo los días 20 y 21 de setiembre del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de la información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron con el fin de observar mejor el alcance del evento), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realiza la redacción del informe técnico.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Huantar y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastre, a fin de que sea un instrumento para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante el peligro geológico identificado durante los trabajo de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre el principal estudio realizado regional, que involucra la zona de evaluación, se tiene:

- A) El boletín de **Riesgos Geológicos en la Región Ancash** de la Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, elaborado por Zavala et al. (2009), en él se considera al sector de Lacsacocha con grado de susceptibilidad muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (Figura 1) y como zona crítica a la ocurrencia de deslizamientos y movimientos complejos.

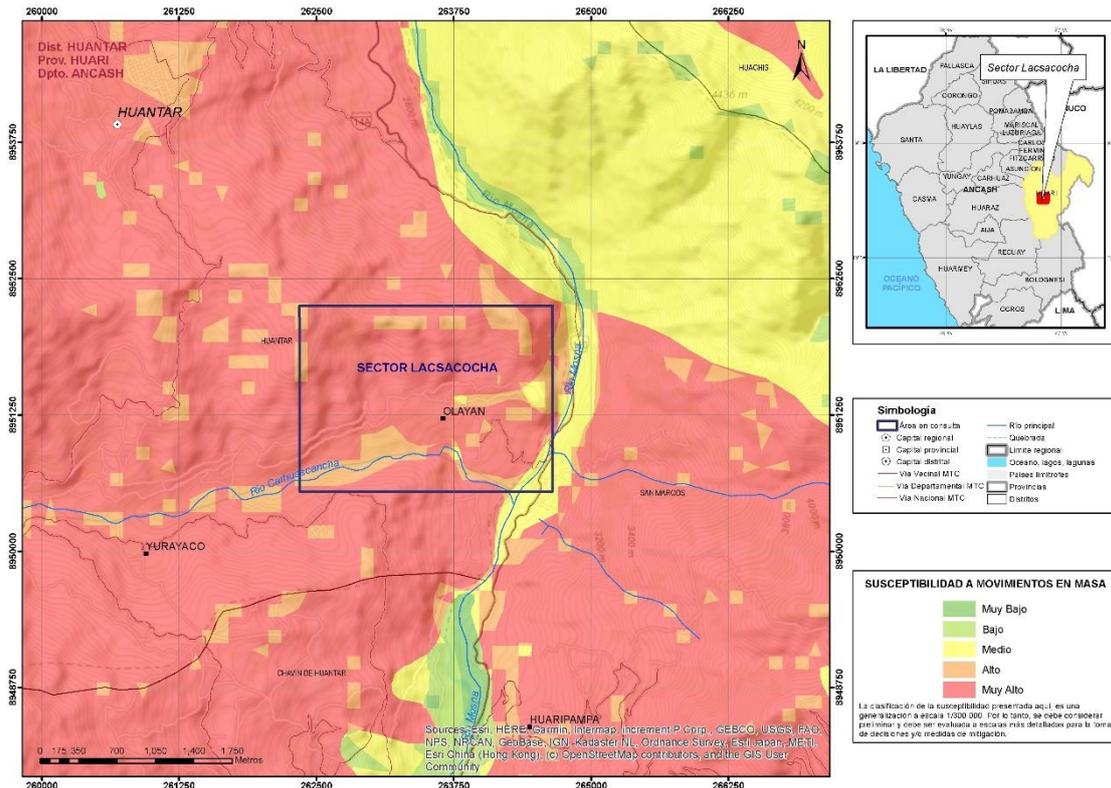


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en el sector de Lacsacocha
 Fuente: Zavala et al., 2009.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector evaluado pertenece al sector Lacsacocha del centro poblado de Olayan, distrito de Huantar, provincia Huari, departamento Ancash (figura 2). Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Coordenadas del sector Lacsacocha

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	264500	8952200	-9.472348°	-77.144963°
2	264500	8950600	-9.486809°	-77.145053°
3	262300	8950600	-9.486686°	-77.165081°
4	262300	8952200	-9.472224°	-77.164991°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	263181	8951473	-9.478845°	-77.157012°

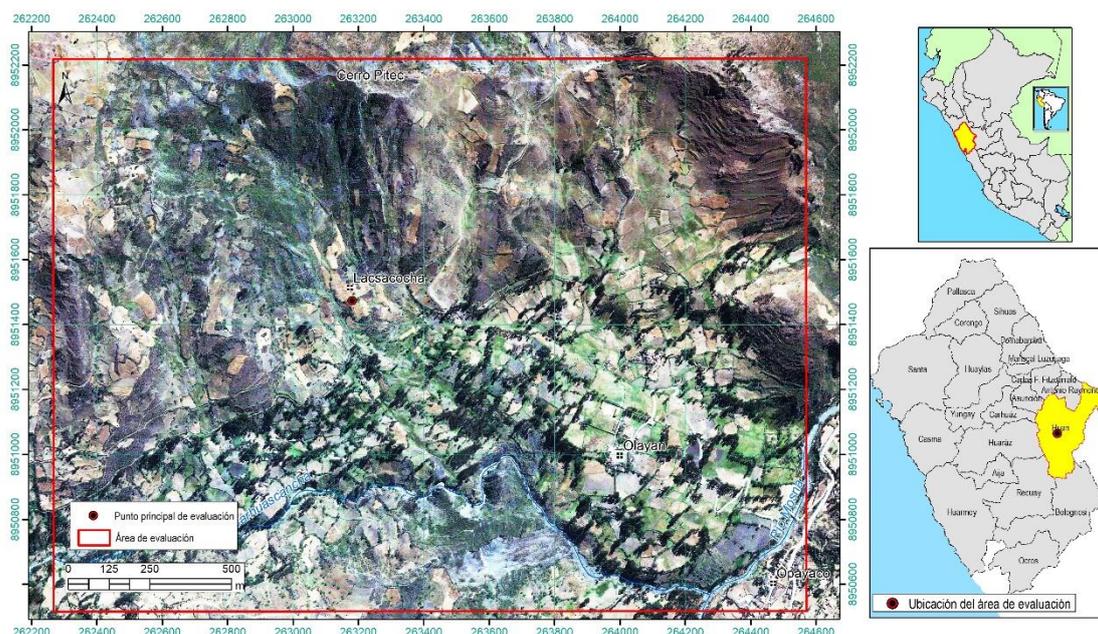


Figura 2. Ubicación del sector Lacsacocha.

1.3.2. Accesibilidad

Para acceder al sector Lacsacocha, se parte de la ciudad de Lima, siguiendo las siguientes rutas mencionadas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Barranca	Carretera asfaltada	199	3 horas 30 minutos
Barranca – San Marcos	Carretera asfaltada	256	5 horas
San Marcos – Desvío Olayan	Carretera asfaltada	5,5	10 minutos
Desvío Olayan - Lacsacocha	Trocha carrozable	3	10 minutos

1.3.3. Clima

La zona evaluada posee un clima semiseco, templado, con humedad abundante todas las estaciones del año (C(r)B'), según el Mapa de Clasificación Climática Nacional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi (Castro, et. 2021).

La temperatura máxima varía entre 21°C a 25°C y la mínima entre 7°C a 11°C; así mismo, la precipitación anual puede alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

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 plana 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 (Hungry *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.

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.

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.

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.

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 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.

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.

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.

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).

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

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos.

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.

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El aspecto geológico del área de evaluación se analizó en base a la información de la carta geológica del cuadrángulo de Huari, hoja 19i, elaborado por Wilson (1967) y reinterpretado por Molina (1993) a escala 1: 100,000. Además, se realizó trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área evaluada (mapa 1), se conforman por secuencias de origen sedimentario de las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y depósitos cuaternarios conformados por coluviales y proluviales.

3.1.1. Formación Oyón (Ki-oy)

Según Wilson (1967) consiste de areniscas gris a gris oscuras, carbonosas, de grano fino a medio, intercaladas con limoarcilitas y limolitas gris oscuras. En su parte inferior presenta estratificación delgada, con laminación fina, ondulada y paralela. En su parte media, niveles limoarcílicos con capas de areniscas y limolitas. En su parte superior, predominan las areniscas y limolitas carbonosas, con intercalaciones de limoarcilitas carbonosas, en las cuales existen algunos niveles de carbón. La estratificación de las areniscas es lenticular y tabular. El contacto superior, es concordante y definido por la aparición de areniscas cuarzosas, en estratos gruesos que caracterizan la Formación Chimú.

Asimismo, Valdivia y Mamani (2003) menciona que la parte inferior está constituida por bancos delgados de areniscas cuarzosas grises a veces blancas, de grano fino a medio, ocasionalmente gruesas; se intercalan con limoarcillitas negras y grises a veces laminadas, además de niveles de carbón. En las limoarcillitas son frecuentes los nódulos ferruginosos y la presencia de pirita. En la parte superior los bancos de areniscas cuarzosas son más frecuentes, gruesos y se intercalan con niveles de carbón que pueden alcanzar los 2 m de grosor. También menciona que el límite inferior yace concordante sobre la Formación Chicama e infrayace a la Formación Chimú. En esta parte de la cuenca, los afloramientos son variables y debido a su plegamiento es difícil estimar el grosor; sin embargo, es posible que puedan superar los 800 m.

En el área de estudio la Formación Oyon se ubica al lado este y no influye directamente en la ocurrencia de movimientos en masa.

3.1.2. Formación Chimú (Ki-chi)

La Formación Chimú, según Wilson (1967) está conformada por centenares de metros de cuarcitas, areniscas y arcillitas, con mantos de carbón (antracita), sobreyaciendo a la Formación Oyón é infrayaciendo a la Formación. Santa, con ligera discordancia. A nivel regional, el grosor varía de 150 a 400 m. y esencialmente, comprende dos miembros: el inferior, que consiste en areniscas y cuarcitas con intercalaciones de arcillitas, con presencia de mantos de carbón; el miembro superior, está compuesto de capas macizas de cuarcitas blancas grisáceas, con escasas capas de arcillitas.

Por otro lado, Valdivia y Mamani (2003) menciona que la litología de la base de la Formación Chimú está compuesta por bancos medianos a gruesos, de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio, intercaladas con limoarcillitas carbonosas y niveles discretos de carbón. Y la parte superior está compuesta por bancos gruesos de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, frecuentemente con laminaciones sesgadas y horizontales; asimismo, indica que el grosor de la unidad es variable, en la parte central al oeste de Huari puede alcanzar los 500 m, mientras que hacia el norte se adelgaza y puede variar entre los 200 y 300 m.

Localmente, la Formación Chimú está compuesta por limoarcillitas (fotografía 1) y escasas secuencias de arenisca con finas capas de limoarcillitas (fotografía 2) y presencia de capas de carbón (fotografía 3); así mismo, se encuentra muy fracturada, perturbado y desintegrado (figuras 3 y 4); además, es la formación geológica donde se desarrollan la mayor cantidad de movimientos en masa presentes en el área de evaluación, como deslizamientos, flujos, movimientos complejos en otros.



Fotografía 1. Secuencia de lutitas de la Formación Chimú altamente meteorizadas en la zona de Lacsacochoa



Fotografía 2. Secuencia de areniscas de la Formación Chimú intercaladas de finas capas de limoarcillitas y muy fracturadas en la zona de Lacsacochoa.



Fotografía 3. Secuencia de areniscas de la Formación Chimú con presencia de capas de carbón.

3.1.3. Formación Santa (Ki-s)

Según Valdivia y Mamani (2003), el contacto inferior con la Formación Chimú es concordante e infrayace de la misma forma a la Formación Carhuaz. Litológicamente está compuesta hacia la base por intercalaciones de areniscas cuarzosas y limoarcillitas calcáreas de color verde, además de delgados niveles de calizas. Hacia la parte superior consiste principalmente de bancos delgados de calizas grises a veces con chert, intercaladas con algunos niveles de limoarcillitas calcáreas grises y con presencia de lentes de yeso. El grosor en la zona varía entre 80 y 100 m.

En el área de estudio la Formación Santa se ubica al lado norte y es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.

3.1.4. Formación Carhuaz (Ki-ca)

La Formación Carhuaz de acuerdo a Valdivia y Mamani (2003), sobreyace concordantemente a la Formación Santa e infrayace de la misma forma a la Formación Farrat. Consiste en bancos delgados a medianos de areniscas cuarzosas de grano medio a fino, que se intercalan con limoarcillitas grises, negras, verdes y rojas. Hacia la parte superior resalta una secuencia de areniscas blancas con laminaciones oblicuas curvas y horizontales, similares a la Formación Farrat. Presenta un grosor que puede alcanzar los 500 m.

Afloramiento de la Formación Santa ubicado al lado norte de Lacsacocho que no influye en la ocurrencia de movimientos en masa.

3.1.5. Depósito coluvial (Q-cl)

A los depósitos coluviales se les reconoce por su geometría y deben su origen a movimientos en masa como deslizamientos, movimientos complejos, flujos no canalizados, derrumbes, entre otros, con fuente de origen cercana (fotografía 4). Están formados por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla principalmente.

3.1.6. Depósito proluvial (Q-pl)

Fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.) con matriz limo-arenoso depositado en la confluencia de los ríos Carhuascancha y Mosna (Fotografía 5). Generalmente, se confunden con las terrazas aluviales o se interdigitan. A diferencia de los depósitos aluviales, son mal clasificados, que presentan clastos de rocas subangulosos a subredondeados en una matriz fina.



Fotografía 4. Se observa depósitos coluviales formados por procesos de movimientos en masa como deslizamientos, movimientos complejos, flujos no canalizados, pequeños derrumbes, entre otros.

	Estructura	CONDICIÓN DE SUPERFICIE				
		MUY BUENO	BUENO	EQUITATIVO	POBRE	MUY POBRE
		Drecese la calidad de Superficie				
	INTACTO O MASIVO - Macizo rocoso in situ o especímenes de roca intacta, con escasa discontinuidades ampliamente espaciadas.	90 80			N/A	N/A
	FRACTURADO EN BLOQUE - Masa de roca bien unido, consiste de un bloque cubico formado por 3 conjuntos de intersecciones discontinuas.		70 60			
	FUERTEMENTE FRACTURADO EN BLOQUES Macizo rocoso algo perturbado, conformado por trozos o bloques de roca trabados de varias caras angulosos y definidos por cuatro o más conjuntos de familias.			50		
	FRACTURADO Y PERTURBADO - Macizo rocoso plegado y/o fallado con bloques angulares formado por la intersección de numerosos sets de estructuras.			40	30	
	DESINTEGRADO - Macizo rocoso muy fracturado y quebrado conformado por un conjunto pobremente trabado de bloques y trozos de roca angulosos y también redondeados.				20	
	LAMINADO/CIZALLADO - Rocas débiles plegadas y cizalladas tectónicamente. Carencia de formación de bloques debido a la esquistocidad que prevalece sobre otras estructuras.	N/A	N/A			10



Figura 3. Valor GSI estimado para la secuencia de limorcillitas de la Formación Chimú, se observa la estructura de macizo muy fracturado, perturbado y desintegrado, sin discontinuidades visibles.

	Estructura	CONDICIÓN DE SUPERFICIE				
		MUY BUENO	BUENO	EQUITATIVO	POBRE	MUY POBRE
		Drecese la calidad de Superficie				
	INTACTO O MASIVO - Macizo rocoso in situ o especímenes de roca intacta, con escasa discontinuidades ampliamente espaciadas.	90			N//A	N//A
	FRACTURADO EN BLOQUE - Masa de roca bien unido, consiste de un bloque cubico formado por 3 conjuntos de intersecciones discontinuas.	80	70			
	FUERTEMENTE FRACTURADO EN BLOQUES - Macizo rocoso algo perturbado, conformado por trozos o bloques de roca trabados de varias caras angulosos y definidos por cuatro o más conjuntos de familias.		60	50		
	FRACTURADO Y PERTURBADO - Macizo rocoso plegado y/o fallado con bloques angulares formado por la intersección de numerosos sets de estructuras.			40	30	
	DESINTEGRADO - Macizo rocoso muy fracturado y quebrado conformado por un conjunto pobremente trabado de bloques y trozos de roca angulosos y también redondeados.				20	
	LAMINADO/CIZALLADO - Rocas débiles plegadas y cizalladas tectónicamente. Carencia de formación de bloques debido a la esquistocidad que prevalece sobre otras estructuras.	N//A	N//A			10



Figura 4. Valor GSI estimado para la secuencia de areniscas de la Formación Chimú, se observa la estructura de macizo fracturado y perturbado, sin discontinuidades visibles.



Fotografía 5. Depósitos proluviales en la confluencia de los ríos Carhuascancha y Mosna compuesto de fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.) con matriz limo-arenoso, en la base se observa los depósitos aluviales.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Para el área evaluada, la pendiente del terreno se caracterizó en base a la información del modelo de elevación digital de 0.07 m de resolución generado a partir de imágenes captadas con drone Mavic 2 Pro.

Se consideraron 6 rangos de pendientes (mapa 2) como son: 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.

Los lugares donde se originaron los movimientos en masa dentro del área de evaluación tienen pendientes que varía entre los 25° y 45° principalmente; sin embargo la pendiente donde se depositaron varía entre 5° a 15° con áreas dispersas donde la pendiente varía

entre 15° a 25°; asimismo, las superficies planas e inclinadas (0°-5°) están asociados en algunos casos a terrenos de cultivo.

4.2. Unidades y subunidades geomorfológicas

La caracterización de las subunidades geomorfológicas, se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose colinas, piedemontes y planicies.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales) dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes; sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas captadas por drone e imágenes satelitales de alta resolución.

En el mapa 3, se presentan las subunidades geomorfológicas modeladas en el área de evaluación.

4.2.1. Unidad de Montañas

Corresponde geofomas 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.

En el área de evaluación de acuerdo a su morfología y origen se subdivide en:

Montaña en roca sedimentaria (RM-rs):

Subunidad geomorfológica formada en unidades litoestratigráficas de rocas sedimentarias conformadas por las formaciones Oyón, Chimú y Santa, las cuales se muestran intensamente afectadas por procesos tectónicos y erosivos.

La pendiente de sus laderas varía principalmente entre 25° a 45°, caracterizada como muy fuerte a escarpado, también se observa sector aislados con pendiente fuerte (15° a 25°) y muy escarpado asociado a escarpa de ocurrencias de movimientos en masa como deslizamientos y movimientos complejos (pendiente mayor a 45°); asimismo, en sus cimas la pendiente en moderada (5° a 15°).

4.2.2. Unidad de colina

A nivel general, corresponde a relieves complejos con diferentes grados de disección; son de menor altura que una montaña (menor de 300 m desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16 % (citado por Villota, 2005); conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo. Esta unidad geomorfológica, generalmente se ubica próxima a la unidad de montañas, tal como ocurre en el área de evaluación y viene a formar parte de las estribaciones andinas. Se diferencian las siguientes subunidades:

Colina en roca sedimentaria (C-rs)

Corresponde a relieve modelado sobre rocas sedimentarias de las Formación Chimú conformada por areniscas cuarzosas blancas, limoarcillitas grises y niveles de carbón.

La pendiente de sus laderas varía principalmente de 25° a 45°, con cimas ligeramente redondeadas de pendiente variable menor a 15°.

4.2.3. **Unidad de piedemonte**

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta las unidades de montaña, aquí se tienen:

Vertiente deluvial (V-d)

Superficie formada por acumulaciones de material fino y detrítico movilizado por escorrentía superficial, las que se acumulan lentamente en las laderas.

Piedemonte coluvial (P-c)

Esta subunidad corresponde a geoformas que se formaron por las acumulaciones de depósitos de movimientos en masa prehistóricos, antiguos y recientes. La pendiente del terreno varía principalmente entre 5° y 15°.

Piedemonte aluviotorrencial (P-pral)

Corresponde a una superficie ligeramente inclinada extendida al pie del sistema montañoso, formada por el acarreo de material aluvial, arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional, en ocasiones a manera de flujos y avalanchas de detritos. Se depositó en la desembocadura y en el fondo del río Carhuascancha, está asociada a lluvias excepcionales.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

En el sector de Lacsacocha y los alrededores se observó una geodinámica muy activa (mapa 4, figura 5), representada por 12 deslizamientos rotacionales inactivos latentes, 7 deslizamientos rotacionales activos, 4 deslizamientos traslacionales activos, 2 movimientos complejos compuestos por deslizamiento y flujo inactivo latente, 1 flujo de tierra activo, 1 avalancha de detritos inactivo relicto; de este último, según Zavala et al (2009) se originó en el nevado de Tumarinaraju en 1965.

El peligro geológico principal identificado en el área de evaluación que afecta al sector de Lacsacocha corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento traslacional retrogresivo en proceso de activación. Para una mejor identificación del evento se le ha denominado “deslizamiento Lacsacocha” que a continuación se describe:



Figura 5. Delimitada con línea roja continua se observa los deslizamientos activos y con línea discontinua se visualiza un deslizamiento antiguo.

5.1.1. Deslizamiento Lacsacocha

Según el reporte N°1 del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) de Ancash, el deslizamiento afecta 02 viviendas (01 vivienda con paredes de tapial, fotografía 6 y 01 viviendas con paredes de material noble, fotografía 7), 06 hectáreas de tierras de cultivo, 150 metros de trocha carrozable Olayan – Acopara – Chucos, canal de riego de Olayan y caminos de herradura.

De acuerdo a la información reportada por el COER Ancash, el deslizamiento se produjo el día 26 de agosto de 2021, a las 11:00 horas aproximadamente.

El deslizamiento abarca un área estimado de 28 hectáreas, sin considerar los movimientos en masa activos que lo rodea, además se considera el evento en proceso de activación y posee las siguientes características visibles: 150 m de longitud de la escarpa principal, 241 m desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento, salto principal menor a 0.50 m, 1100 m de longitud del eje principal y 350 m de ancho en el pie del evento.

Asimismo, en el cuerpo de la masa deslizada se distinguen diversas características morfológicas; por ejemplo, se encuentran lugares con oconales (fotografía 8), asentamiento, agrietamientos escalonados, paralelos y transversales al eje del evento (fotografías 9 y 10); también, se observa ocurrencia de deslizamientos rotacionales en el pie a causa de la erosión fluvial, erosión causada por las aguas que fluyen en el río Carhuazcancha.



Fotografía 6. Vivienda con pared de tapial afectada por la activación del deslizamiento.



Fotografía 7. Vivienda con pared de ladrillo afectada por la activación del deslizamiento.



Fotografía 8. Ejemplo de oconales presente en el cuerpo del deslizamiento.



Fotografía 9. Grieta paralelo al eje del deslizamiento.



Fotografía 10. Grietas ligeramente transversales al eje del deslizamiento.

Características visuales del deslizamiento Lacsacochoa:

A continuación, se detalla las características relevantes del evento principal al que se le denomina deslizamiento Lacsacochoa (figura 5):

- Estado de actividad: reactivado
- Estilo de la escarpa: enjambre de escarpas pequeñas
- Forma de la escarpa: irregular, discontinua y elongado
- Longitud de la escarpa principal: 150 m
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 241 m
- Superficie de rotura inferida: traslacional
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): menor a 0.50 m
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: No definido
- Longitud del eje principal del evento: 1100 m
- Ancho inicial evento: 60 m
- Ancho en el pie del evento: 350 m
- Área de deslizamiento: 28 ha
- Agrietamientos: escalonados y en diferentes orientaciones a lo largo de la masa deslizada.
- El avance del deslizamiento: retrogresivo

5.1.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

Substrato compuesto por areniscas cuarzosas, limoarcillitas y niveles de carbón de la Formación Chimú intensamente fractura, meteorizada, saturada de agua y afectada por movimientos en masa antiguos y activos.

Factor geomorfológico

Ladera de montaña con pendiente del terreno que varía principalmente entre 5° y 15°, caracterizada como modera.

Factor antropogénico

Inadecuado sistema de riego para tierras de cultivos (fotografías 11 al 14).
Inadecuado sistema de drenaje para captar las aguas superficiales y subterráneas.



Fotografía 11. Captación de agua para riego sin criterio técnico.



Fotografía 12. Sistema de riego deficiente construido en la cima de la montaña influye en la activación del deslizamiento de Lacsacocho



Fotografía 13. Canales de riego sin revestimiento en el cuerpo del deslizamiento de Lacsacocho



Fotografía 14. Tubería de riego rota ubicado en el cuerpo del deslizamiento de Lacsacocha

5.1.3. Factores desencadenantes

De acuerdo a las características del movimiento, se pudo inferir que éste fue causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión. A esto ha influido el mal sistema de riego existente en la zona.

Es preciso indicar que el evento se produjo en la estación de estiaje; sin embargo, existen filtraciones en la ladera que evidencian un flujo del material saturado.

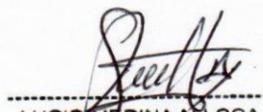
6. CONCLUSIONES

1. El macizo rocoso del área evaluada corresponde a estratos sedimentarios de la Formación Chimú compuesta por limoarcillitas y escasas secuencias de arenisca con finas capas de limoarcillitas y presencia de capas de carbón; así mismo, se encuentra intensamente fracturada, perturbado y desintegrado; se encuentra completamente meteorizada además, localmente es la formación geológica donde se generan la mayor cantidad de movimiento en masa como deslizamientos, flujos, movimientos complejos en otros.
2. Geomorfológicamente la ocurrencia del movimiento en masa se encuentra ubicada en ladera de una montaña modelada en roca sedimentaria; además, los lugares donde se originaron los movimientos en masa tienen pendientes que varía entre los 25° y 45° principalmente; sin embargo la pendiente donde se depositaron varía entre 5° a 15° con áreas dispersas donde la pendiente varía entre 15° a 25°; asimismo, las superficies planas e inclinadas (0°-5°) están asociados en algunos casos a terrenos de cultivo.
3. En el sector de Lacsacocha y los alrededores se observó una geodinámica muy activa (mapa 4), representada por 12 deslizamientos rotacionales inactivos latentes, 7 deslizamientos rotacionales activos, 4 deslizamientos traslacionales activos, 2 movimientos complejos compuestos por deslizamiento y flujo inactivo latente, 1 flujo de tierra activo, 1 avalancha de detritos inactivo relicto; de este último, según Zavala et al (2009) se originó en el nevado de Tumarinaraju en 1965.
4. El peligro geológico principal identificado en el área de evaluación que afecta al sector de Lacsacocha corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento traslacional retrogresivo en proceso de activación. Para una mejor identificación del evento se le ha denominado “deslizamiento Lacsacocha”. Abarca un área estimado de 28 hectáreas, sin considerar los movimientos en masa activos que lo rodera; además, al evento se le considera en proceso de reactivación, y posee las siguientes características visibles: longitud de la escarpa principal de 150 m, desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento es 241 m, salto principal menor a 0.50 m, longitud del eje principal 1100 m y el ancho en el pie del evento es 350 m. Asimismo, en el cuerpo de la masa deslizada se distinguen: asentamiento, agrietamientos escalonados, paralelos y transversales al eje del evento; también, se observa ocurrencia de deslizamientos rotacionales en el pie del evento.
5. Los factores que condicionan la ocurrencia del deslizamiento corresponden a: Substrato compuesto por areniscas cuarzosas, limoarcillitas y niveles de carbón de la Formación Chimú que se encuentra completamente meteorizada y muy fracyturada, saturada de agua y afectada por movimientos en masa antiguos y activos; ladera de montaña con pendiente del terreno que varía principalmente entre 5° y 15°, caracterizada como moderada; inadecuado sistema de riego para tierras de cultivos e inadecuado sistema de drenaje para captar las aguas superficiales y subterráneas.
6. Los factores desencadenantes se pudieron inferir que el evento es causado por las filtraciones de agua acumuladas en el período lluvioso, que ayudaron a humedecer el material detrítico en la ladera, provocando sobresaturación y pérdida de cohesión. A esto ha influido el mal sistema de riego existente en la zona.

7. El área donde se encuentra el deslizamiento en proceso de activación y en área aledañas, se considera como **Zona Crítica** y de Peligro **Muy Alto**; el deslizamiento podría aumentar en área.

7. RECOMENDACIONES

1. Reforestar las áreas afectadas por movimientos en masa y áreas aledañas con plantas nativas de la zona (evitar completamente la plantación de eucaliptos y pinos) bajo el asesoramiento especializado.
2. Realizar el inventario de los bofedales en el área evaluada con la finalidad de captar sus aguas y direccionar al río principal.
3. Captar las aguas superficiales, subterráneas y aperturar canales tipo espina de pescado para drenar las aguas del cuerpo del deslizamiento hasta el río Carhuascancha con la finalidad de disminuir el nivel freático del área afectada y áreas aledañas.
4. Prohibir la construcción de viviendas en las áreas afectadas por procesos de movimientos en masa y reubicar las dos viviendas asentadas en el deslizamiento Lacsacochoa.
5. En toda el área afectada por el deslizamiento y áreas aledañas prohibir el riego por inundación para las tierras de cultivo.
6. Realizar la evaluación técnica de todo el sistema riego para cultivos existente en la actualidad para la conversión en riego tecnificado que no influya en la activación del deslizamiento Lacsacochoa y sus áreas aledañas.
7. Sensibilizar a los lugares en temas de peligros a las que se encuentran expuestos.
8. Elaborar un plan de contingencia ante la ocurrencia de movimientos en masa para los habitantes del sector de Lacsacochoa y de las áreas aledañas al deslizamiento como Olayan.

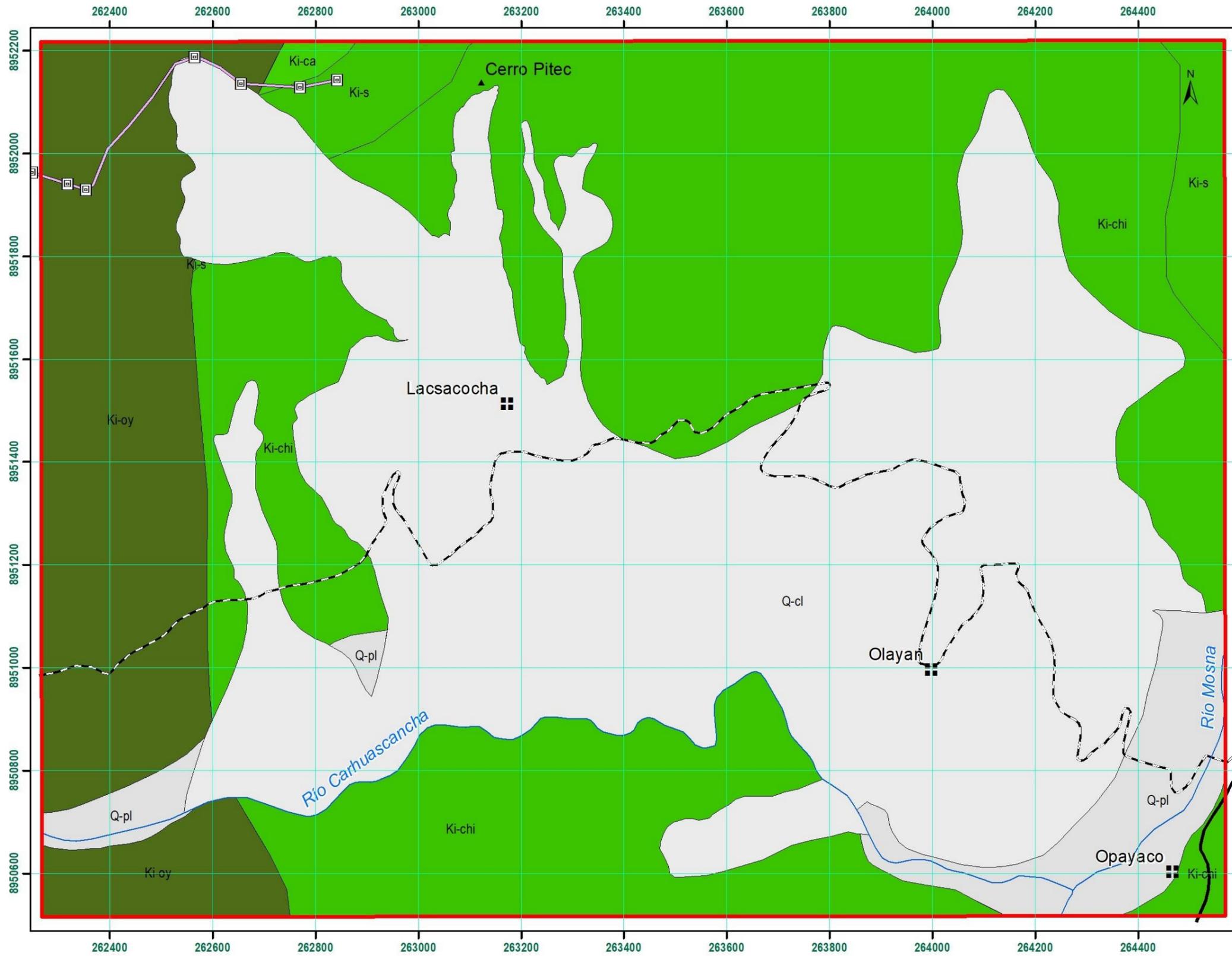

LUCIO MEDINA ALCCA
Ingeniero Geólogo
CIP N° 101456


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, C., ... & Marín, D. (2021) Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional. Lima. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Senamhi.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Wilson, J.; Reyes, L. & Garayar, S. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, y 19-i. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 60. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/182>.
- Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G.; Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; n° 38. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/243>.

ANEXO 1: MAPAS



Simbología

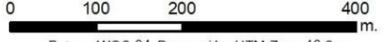
-  Caja rompe presión y de distribución
-  Red de riego por tubería
-  Carretera afirmada
-  Carretera asfaltada
-  Río
-  Área de evaluación

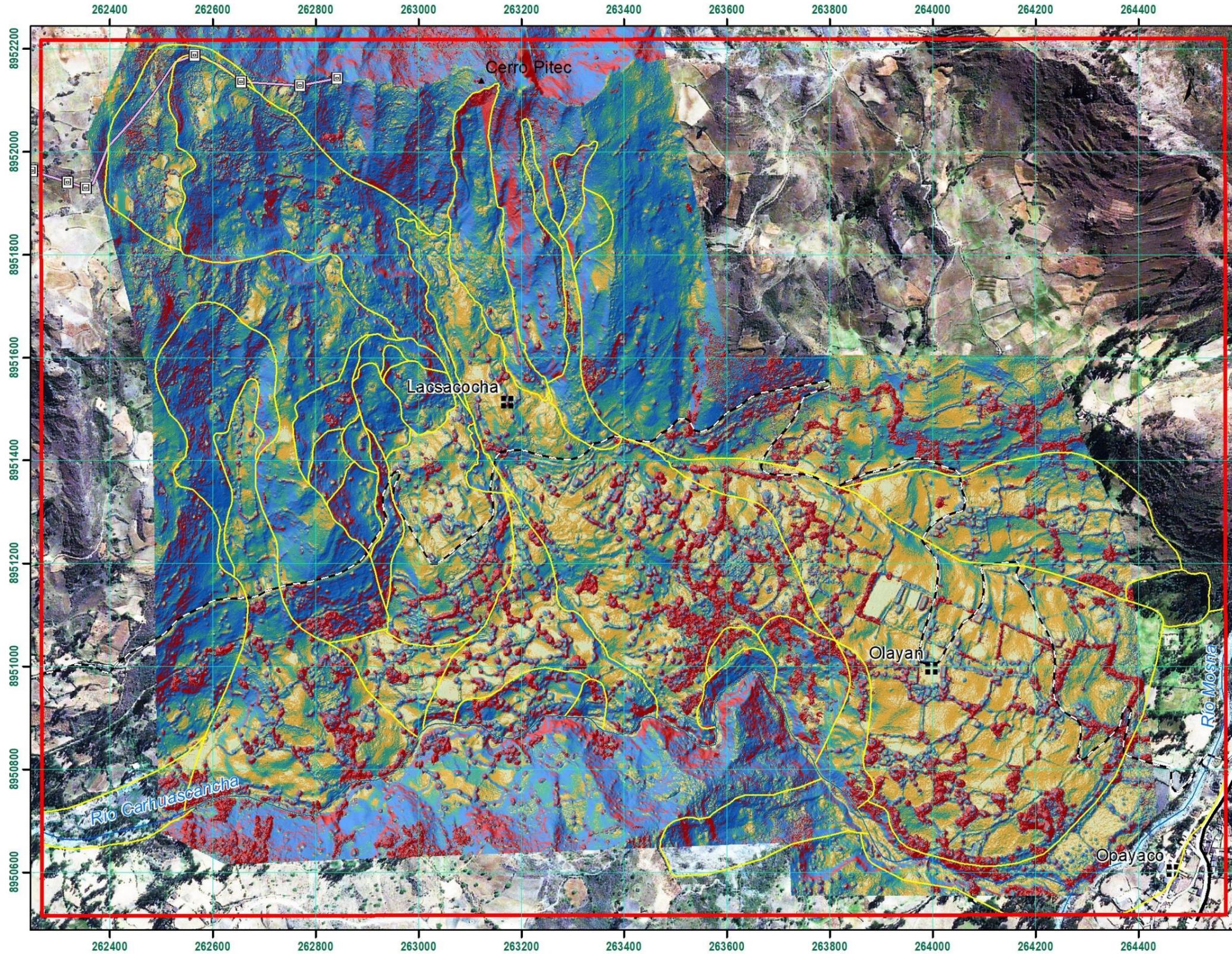
Legenda

-  Q-pl. Depósito proluvial
-  Q-cl. Depósito coluvial
-  Ki-ca. Formación Carhuaz
-  Ki-s. Formación Santa
-  Ki-chi. Formación Chimú
-  Ki-oy. Formación Oyón

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

GEOLOGICO
SECTOR LACSACOCHA

VERSIÓN DIGITAL Año 2021	Escala: 1/8,000  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 01
-----------------------------	--	---------------------------



Simbología

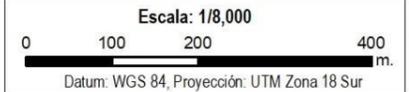
	Caja rompe presión y de distribución
	Red de riego por tubería
	Carretera afirmada
	Carretera asfaltada
	Río
	Delimitación de movimientos en masa
	Área de evaluación

Leyenda

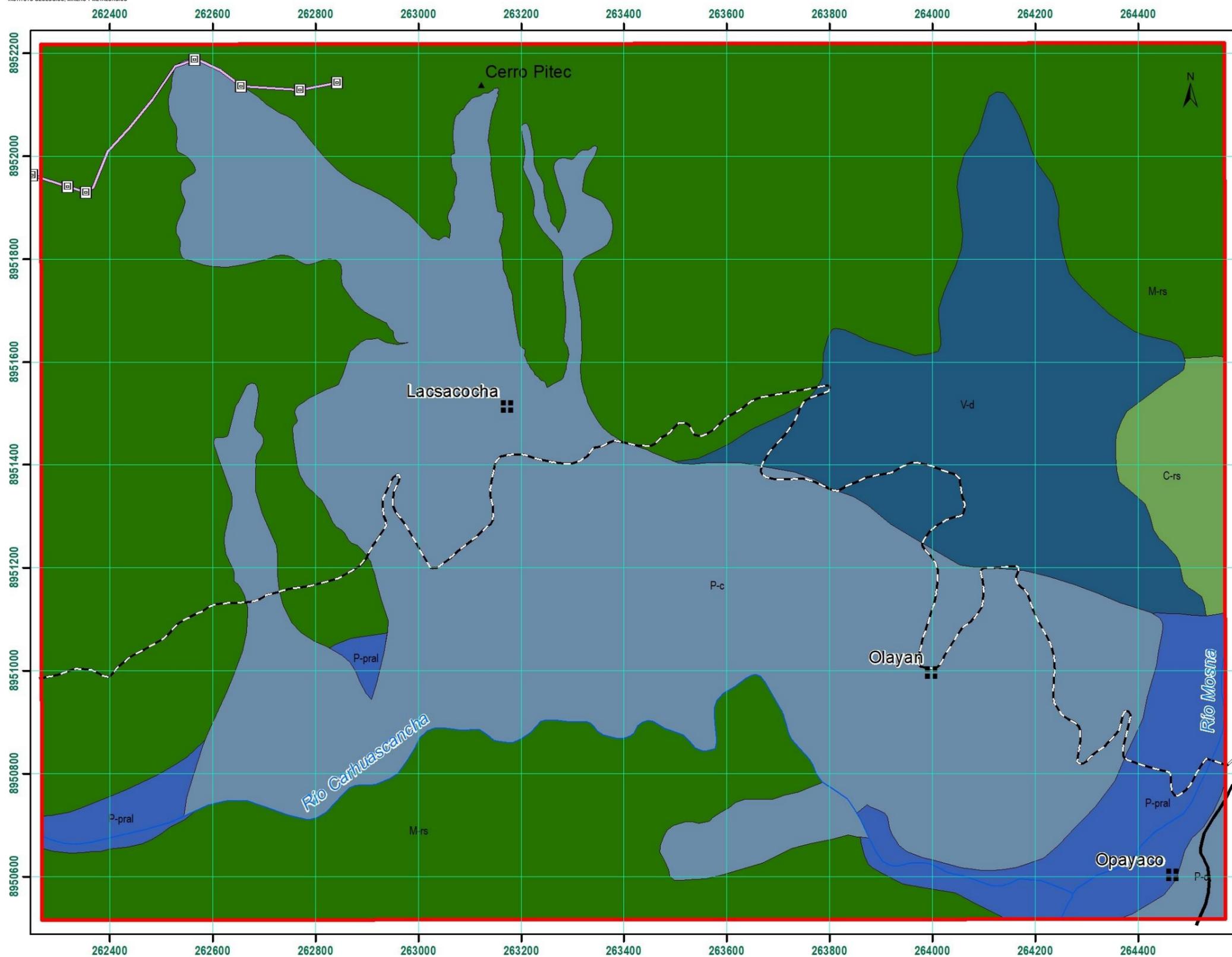
Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 1°		Terreno llano
1° - 5°		Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°		Pendiente moderada
15° - 25°		Pendiente fuerte
25° - 45°		Pendiente muy fuerte a escarpado
> 45°		Terreno muy escarpado

**PENDIENTE DE LOS TERRENOS
 SECTOR LACSACOCHA**

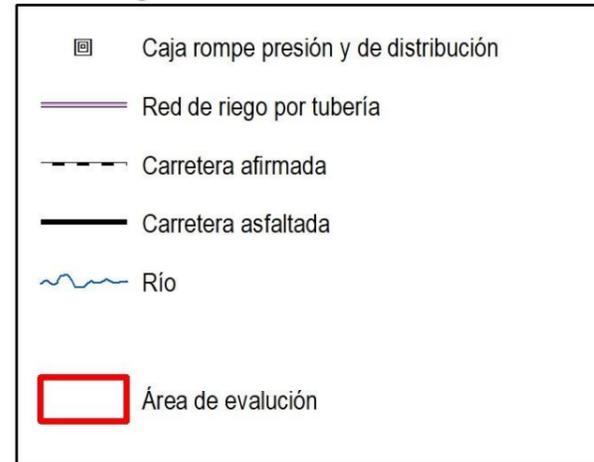
VERSIÓN DIGITAL
 Año 2021



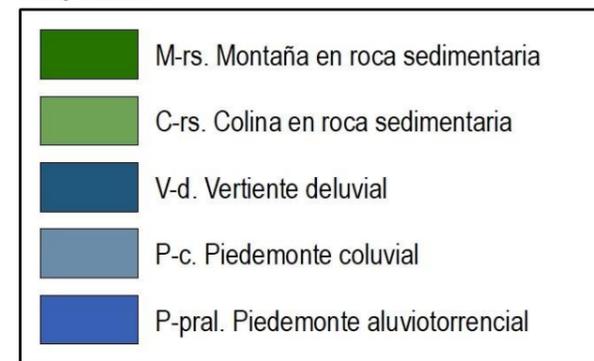
**MAPA:
 02**



Simbología



Leyenda



**GEOMORFOLÓGICO
 SECTOR LACSACOCHA**

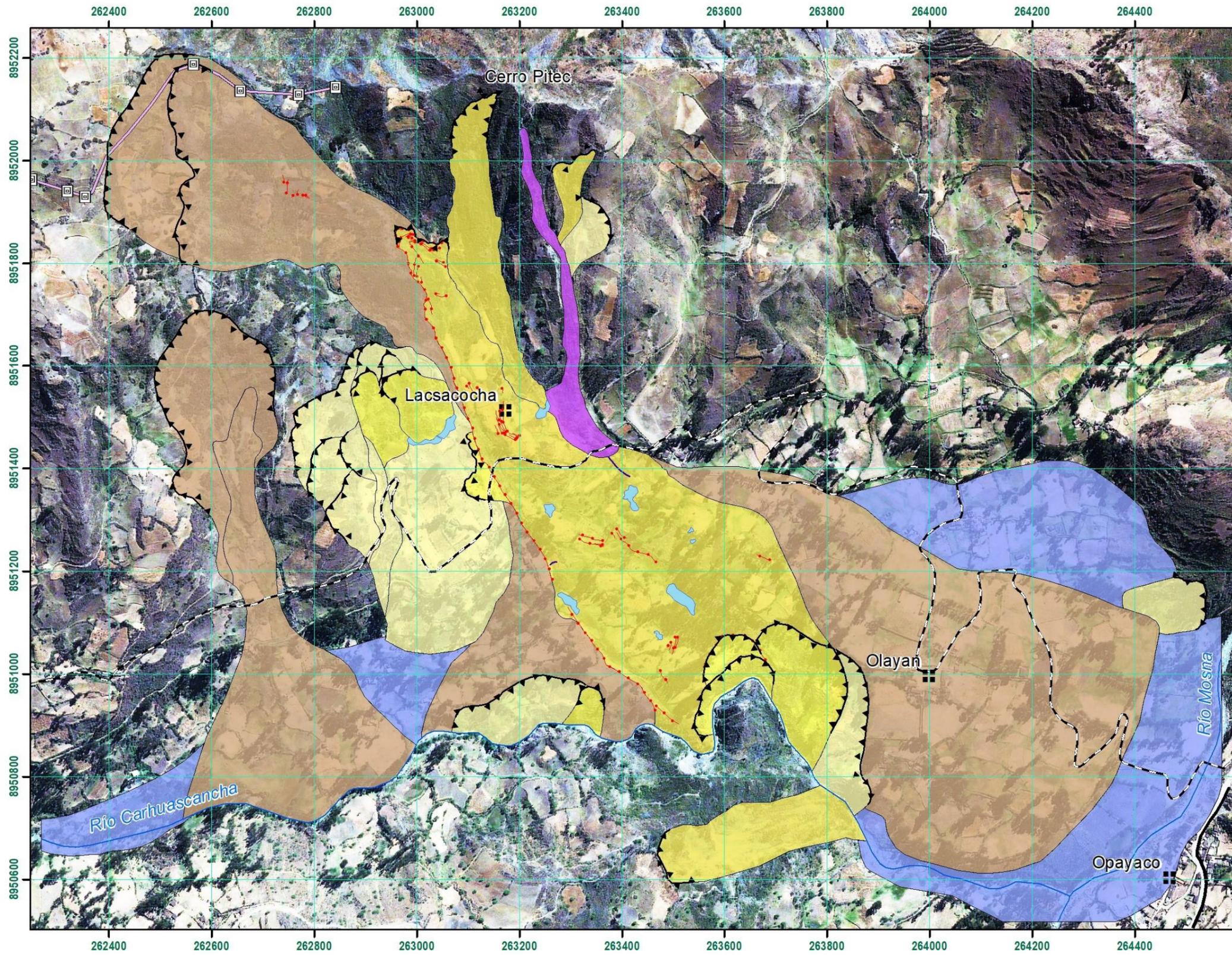
VERSIÓN DIGITAL
 Año 2021

Escala: 1/8,000



Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

**MAPA:
 03**



Simbología

- Caja rompe presión y de distribución de agua para riego
- Red de riego por tubería en cima de montaña
- Escapa de deslizamiento
- Agrietamiento escalonado
- Carretera afirmada
- Carretera asfaltada
- Cauce de río
- Ononales
- Límite de movimiento en masa
- Área de evaluación

Leyenda

- Deslizamiento traslacional, Activo
- Deslizamiento rotacional, Activo
- Deslizamiento rotacional, Inactivo-latente
- Avalancha de detritos, Inactivo-relicto
- Flujo de tierra, Activo
- Deslizamiento - flujo, Inactivo-latente

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

**PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA
 SECTOR LACSACOCHA**

VERSIÓN DIGITAL Año 2021	Escala: 1/8,000 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur	MAPA: 04
-----------------------------	---	---------------------------

