

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7318

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE YANALPAN WASURRUMI

Departamento Lima
Provincia Oyón
Distrito Andajes



NOVIEMBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL
SECTOR DE YANALPAN WASURRUMI**
(Distrito Andajes, provincia Oyón, departamento Lima)

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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén
Guisela Choquenaira Garate
Griselda Luque Poma

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Yanalpan Wasurrumi. Distrito Andajes, provincia Oyón, departamento Lima. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7318, 46 p.

ÍNDICE

1. RESUMEN	4
2. INTRODUCCIÓN	5
2.1. Objetivos del estudio	5
2.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
2.3. Aspectos generales.....	7
2.3.1. Ubicación	7
2.3.2. Población	7
2.3.3. Accesibilidad	10
2.3.1. Clima	10
3. DEFINICIONES.....	11
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	14
4.1. Unidades litoestratigráficas	14
4.1.1. Grupo Chicama	14
4.1.2. Formación Oyón.....	17
4.1.3. Grupo Goyllarisquizga – Formación Carhuaz	17
4.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd).....	19
4.1.5. Depósito coluvial (Qh-co)	20
4.1.6. Depósito proluvial (Qh-pl).....	20
4.1.7. Depósito aluvial (Qh-al).....	20
5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	22
5.1. Pendientes del terreno	22
5.2. Unidades geomorfológicas	23
5.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	23
5.2.1. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	23
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	25
6.1. Peligros por movimientos en masa.....	25
6.1.1. Deslizamientos.....	25
6.1.2. Derrumbes	30
6.1.1. Flujo de detritos.....	35
6.1.2. Erosión de laderas-cárcavas.....	36
6.2. Factores condicionantes.....	36
6.3. Factores desencadenantes	37
7. CONCLUSIONES	38
8. RECOMENDACIONES	39
9. BIBLIOGRAFÍA	40

1. RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el sector de Yanalpan Wasurumi, ladera este del cerro Yanalpan y Cusicancha, margen derecha del río Huaura, perteneciente a la jurisdicción distrital de Andajes, provincia de Oyón, departamento Lima. 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 para los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el área afloran limoarcillitas gris oscuras esquistosas con niveles de yeso y carbón del Grupo Chicama (formaciones Tinajones y Punta Moreno). Estos afloramientos están muy fracturados y altamente meteorizada por ende la roca se considera de mala calidad y se disgrega con facilidad.

El substrato rocoso está cubierto por depósitos coluvio-deluviales de textura arenosa, conformada por bolos, cantos, gravas y gránulos envueltos en una matriz areno-limosa medianamente consolidada.

Las geoformas identificadas corresponden a geoformas de origen tectónico-degradacional (montañas estructurales modeladas en rocas sedimentarias) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, de tipo deslizamiento.

La ladera Este del cerro Yanalpan es inestable identificándose 09 deslizamientos rotacionales con evidencias de reactivación (grietas y escapamientos), 09 deslizamientos inactivos latentes, 16 derrumbes suspendidos, 07 derrumbes activos, 02 evidencias de flujos de detritos inactivos latentes y 24 cárcavas.

El último de los derrumbes se suscitó en abril del 2022, con las siguientes características: altura de 159 m, ancho promedio de 64 m, con una longitud horizontal de alcance de 242 m. Este afectó aproximadamente 69 m de la trocha carrozable que conecta Andajes y Churín.

Dentro de los factores que condicionaron la ocurrencia de los movimientos en masa, en la ladera este del cerro Yanalpan, se pueden considerar: la pendiente de la ladera (38° - 40°), la mala calidad del substrato rocoso y depósitos cuaternarios. Los principales factores antrópicos que inciden en la inestabilidad son: cortes de talud, canales de riego no revestidos y mala técnica de riego (aspersión no controlada para cultivos de palta) que saturan el terreno.

Por las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas de la ladera este del cerro Yanalpan, se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de movimientos en masa.

Se recomienda mantener controlado la transitabilidad vehicular y peatonal en el tramo delimitado por las coordenadas X:293937.6; Y:8804607 y X:293857; Y:8804636 de la trocha Churín – Andajes (zona del derrumbe de abril del 2022), por existir material detrítico colgado susceptible a generar nuevos derrumbes, prohibir y controlar la expansión urbana en la ladera este del cerro Yanalpan, realizar un control constante y exhaustivo de la ladera con la finalidad de identificar a tiempo la formación de grietas o escarpes que indiquen la formación de nuevos deslizamientos y/o derrumbes, prohibir las actividades agrícolas en la ladera, además de realizar un EVAR para determinar el nivel riesgo en el sector.

2. 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 el oficio N° 101-2022-ALC/MDA de la Municipalidad distrital de Andajes, donde solicita la inspección de peligros geológicos en la zona denominada Yanalpan Wasurrumi (parte baja de la comunidad campesina de Andajes), distrito de Andajes, provincia de Oyón, departamento de Lima, La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa a los Ingenieros Gonzalo Luna Guillén, Griselda Luque Poma y Guisela Choquenaira Garate, realizar la evaluación de peligros geológicos, los cuales se llevaron a cabo el 18 de agosto de 2022, en coordinación con la Municipalidad distrital de Andajes.

La evaluación técnica, se realizó con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo, puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas con dron, así como la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

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

2.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que puedan afectar al sector denominado Yanalpan Wasurrumi (Parte baja de la comunidad campesina de Andajes).
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos en el sector de inspección.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

2.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en los alrededores del sector de evaluación se tienen:

- A) En la Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón, hoja 22 j-II (Romero y Latorre 2003), menciona que en la zona se encuentran afloramientos de edad Jurásica de la Formación Chicama y Cretácico del Grupo Goyllarisquizga (Formaciones Oyón y Carhuaz) ambas cubiertas por depósitos cuaternarios del Neógeno.
- B) Informe técnico – Primer Reporte – Ingemmet – Zonas Críticas Por Peligros Geológicos en la Región Lima (Luque y Rosado 2014), este informe menciona que el sector de Andajes, Coordenadas UTM, WGS 84, 18 s, X: 293650 y Y: 880245, punto ubicado en la ladera este del cerro Cusicancha, margen derecha del río Huaura, en el sector de Baños de Fierro de Cabracancha, se observa procesos de erosión fluvial y

zonas de inundación, donde se recomienda construir gaviones o muros de concreto para proteger los baños termales de Churín, así como realizar la limpieza del cauce.

- C) En el Boletín N°76, Serie C (Luque et al., 2020), Muestra el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región de Lima, en este mapa observamos que el sector Yanalpan Wasurumi, ubicado en la ladera entre los poblados de Andajes y Churín presenta MUY ALTA, susceptibilidad, condicionado principalmente por la litología y pendiente de la zona. (figura 1)

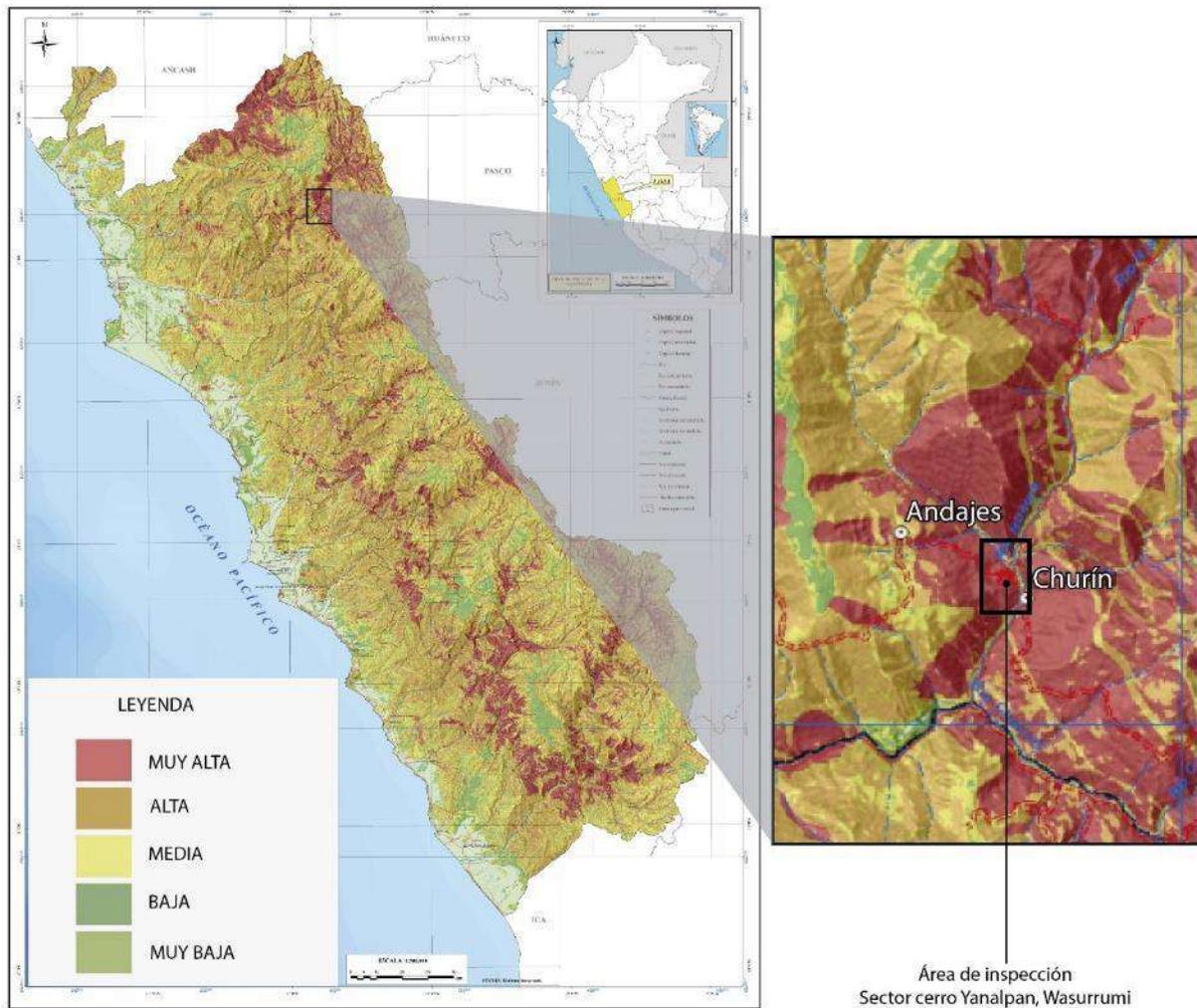


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Lima

Fuente: Luque et al., 2020. (Escala 1:500 000)

2.3. Aspectos generales

2.3.1. Ubicación

El sector de Yanalpan de Wasurumi, se ubica en la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan, en la margen derecha del río Huaura.

Políticamente, se encuentra en el distrito de Andajes, provincia de Oyón, departamento de Lima, con las siguientes coordenadas (cuadro 1, figura 2)

Cuadro 1. Coordenadas del área de inspección. Sector Yanalpan Wasurumi.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	293513.00 m E	8803525.00 m S	-10.817822°	-76.888677°
2	294887.00 m E	8803472.00 m S	-10.818378°	-76.876117°
3	295013.00 m E	8805385.00 m S	-10.801093°	-76.874858°
4	293479.00 m E	8805379.00 m S	-10.801062°	-76.888883°
COORDENADA CENTRAL (DERRUMBE 2022)				
cc	293861.00 m E	8804563.00 m S	-10.808459°	-76.885437°

2.3.2. Población

En cuanto a la población en el área de inspección, según el sistema de Información geográfica del Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI, 2017*), existen 08 sectores poblados en la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan, que se encuentra dentro del área de inspección (incluido el centro poblado de Churín en la margen izquierda del río Huaura, distrito de Pachangará).

Sectores Poblados en el distrito de Andajes ubicados en el área de inspección.

- **Chimba Bajo:** Este es el mayor poblado ubicado en la parte baja del cerro Cusicancha, sobre un abanico aluvial en la margen derecha del río Huaura, cuenta con 50 viviendas y una población de 60 personas*.
- **Chimba Alto:** Se ubica al sur de Chimba Alto, sobre la ladera este del cerro Cusicancha, cuenta con 30 viviendas (la mayoría, casas para agricultura) y una población de 9 personas*.
- **Jutimpampa:** Se ubica al Suroeste de Chimba bajo, en la ladera este del cerro Cusicancha, cuenta con una vivienda y dos habitantes*.
- **Quichuas y Huachac:** Estos dos sectores se ubican en al suroeste de Jutimpampa, cuenta con 06 viviendas y 07 habitantes*.
- **Huasurumi y Hualta Hualpan:** Estos dos sectores se ubican en el suroeste de Quichuas, cuenta con 3 viviendas y 06 habitantes*.

Sectores Poblados en el distrito de Pachangará, ubicados en el área de inspección.

- **Churín:** Es el centro poblado más grande ubicado en el área de inspección sin embargo se encuentra en la margen izquierda del río Huaura, por ello pertenece al distrito de Pachangará, es considerado dentro del presente informe por su cercanía a la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan, cuenta con un total de 600 viviendas y 1800 habitantes, además una de sus principales actividades económicas es el turismo.

Cuadro 2. Población en el área de inspección y aledaña a la misma.
[http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/.](http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/)

Centros poblados	Población	Viviendas	Vía de Mayor uso	Longitud	Latitud
Chimba Bajo	60	50	Camino de herradura/Trochas vecinales	-76.87718	-10.81225
Chimba Alto	9	30		-76.88004	-10.80468
Jutimpampa	2	1		-76.88341	-10.80427
Quichuas	3	1		-76.88549	-10.80085
Huachac	4	5		-76.88595	-10.8010
Huasurumi	1	2		-76.8888	-10.8028
Hualta Hualpan	5	1	Vías asfaltadas	-76.8882	-10.8021
Churín (distrito de Pachangara)	1800	600	Vías asfaltadas	-76.874866	-10.8112
Andajes*	400	700	Vías asfaltadas	-76.909194	-10.7926

*El poblado de Andajes cuenta con 700 viviendas y 400 habitantes se localiza a 3.5 km al suroeste de la zona de inspección y no se encuentra en el área de evaluación. Sin embargo, según los pobladores sus habitantes laboran en los campos de cultivo de paltas del sector de inspección.

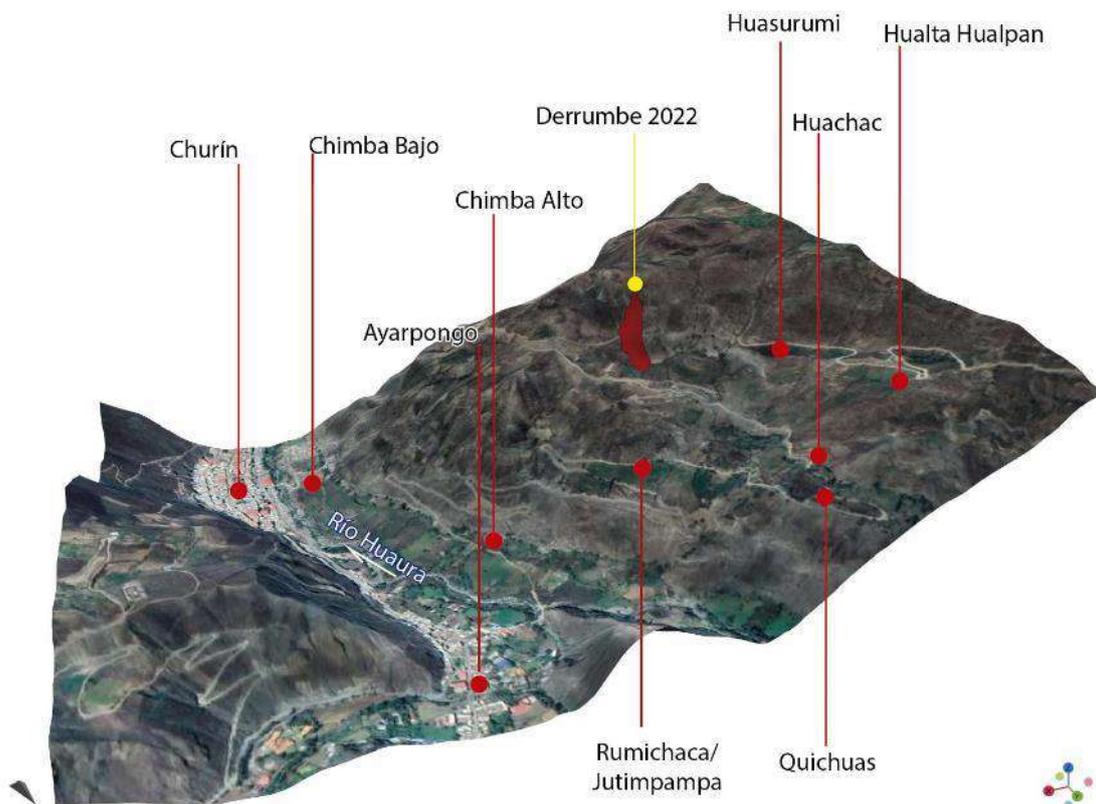


Figura 2. Sectores urbanos en el área de inspección.

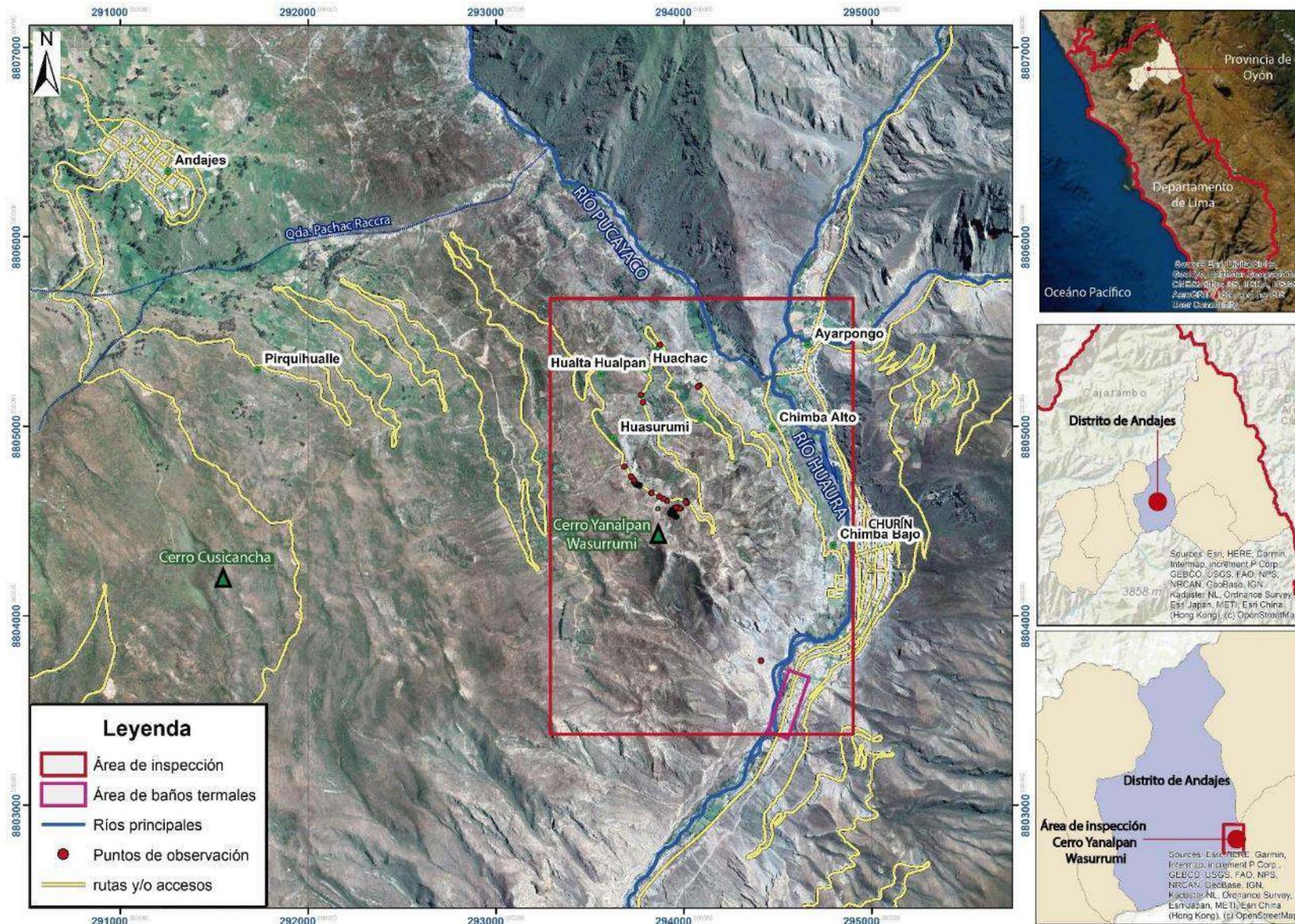


Figura 3. Mapa de ubicación política del área de inspección, referente al sector denominado Yanalpan Wasurrumi.

2.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de vías asfaltadas, trochas carrozables y caminos vecinales, siguiendo la ruta y accesos del cuadro 3.

Cuadro 3. Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huaral	Vía asfaltada	80 km	1 h 50 min
Huaral - Andajes	Vía asfaltada	141 km	3 h 18 min
Andajes – Sector Yanalpan Wasurrumi	Trocha carrozable	5 km	15 min

2.3.1. Clima

El departamento de Lima presenta climas variados a consecuencia de su heterogeneidad fisiográfica. Las precipitaciones también muestran una marcada diferencia en función de la vertiente en la que se registran las mediciones; el promedio general de precipitaciones en la zona suroeste de la región, en la vertiente occidental se encuentra por debajo de los 300 mm al año; mientras que, en la vertiente oriental andina, en la zona noreste, el promedio de precipitación es de 600 mm al año (Luque et al.,2019).

En cuanto a la cantidad de lluvia y temperatura local, según fuente de datos meteorológicos y pronóstico del tiempo del servicio de aWhere (que analiza los datos de 2 millones de estaciones meteorológicas virtuales en todo el mundo, combinándolos con datos rasters y de satélite), la precipitación diaria máxima registrada en el último periodo 2020-2022, fue de 36.6 mm en el mes de marzo de 2020. Mientras que las temperaturas oscilaron en rangos de -6° y 18°C (figuras 4 y 5).

Este tipo de precipitaciones puede conllevar a la saturación de suelos, y posteriores movimientos en masa.

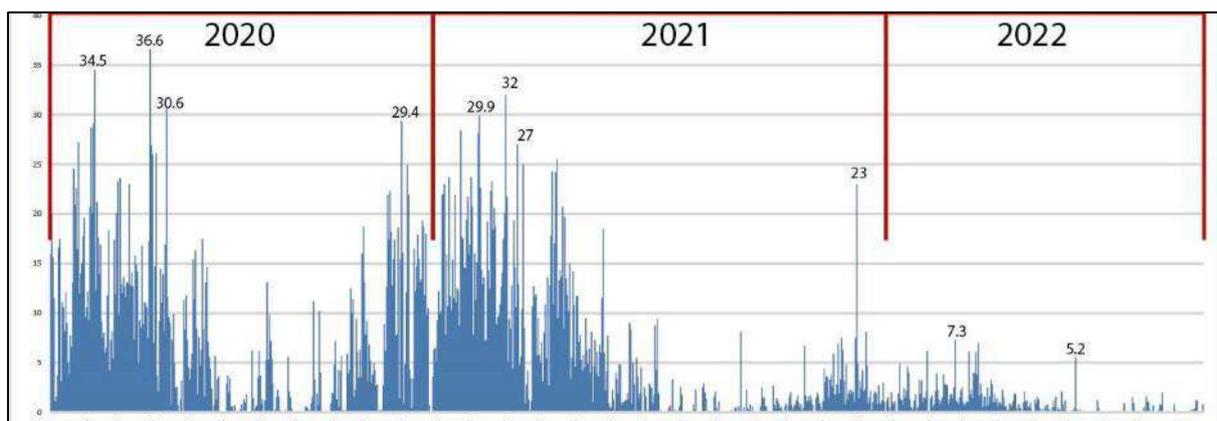


Figura 4. Temperaturas mínimas y máximas en el sector de Yanalpan, Wasurrumi registradas satelitalmente desde el 2020 hasta el 2022.

Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

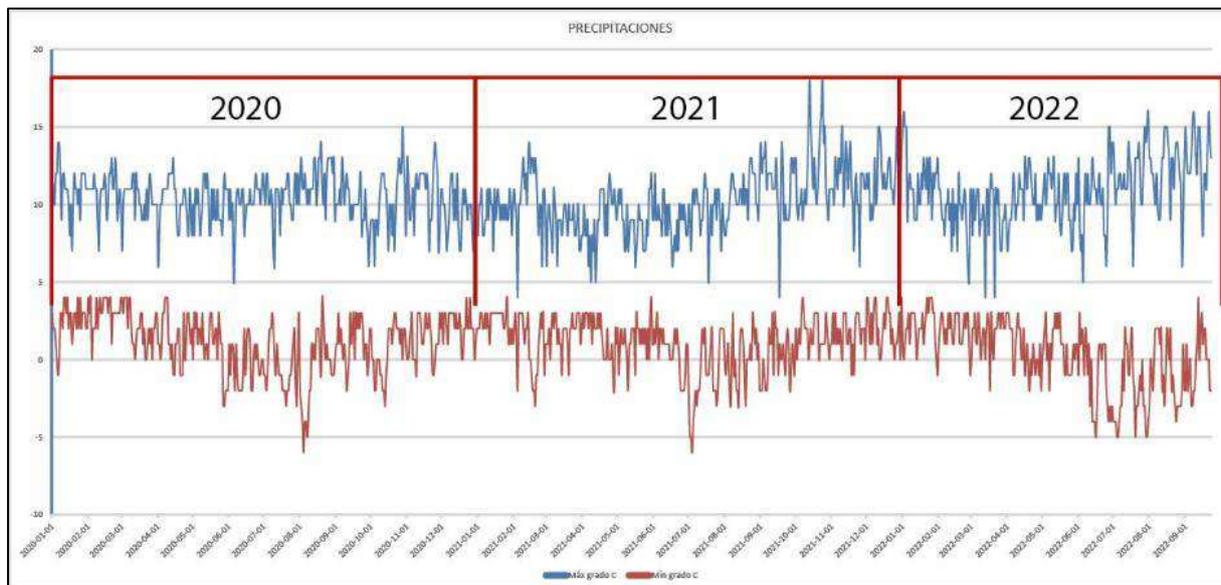


Figura 5. Temperaturas máximas y mínimas diarias según registros satelitales awhere, en el sector de Yanalpan Wasurumi.

Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

3. 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:

- Activo:** Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.
- Aluvial:** Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.
- 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.
- 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.
- Caliza:** La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio, en general calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita y otros carbonatos <https://stonecenter.cl/que-es-una-caliza/> .
- Cárcava:** Tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas.
- 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.
- Derrumbe:** son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.
- Deslizamiento:** Movimiento ladera debajo 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).
- Deluvial:** Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.
- 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.
- 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.

- Inactivo latente:** Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen
- 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.
- 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.
- Reactivado:** Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.
- Suspendido:** Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento
- 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.
- Talud:** Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.
- Zona crítica:** 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.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base a la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón, hoja 22 – j, cuadrante II, de la serie A: “Carta Geológica Nacional”, elaborado a escala 1:50 000 (Romero & Latorre 2003), complementándose con observaciones de campo.

4.1. Unidades litoestratigráficas

De manera general el área de estudio se encuentra sobre rocas de origen sedimentario de edades Jurásico y Cretácico, como son las formaciones Tinajones y Punta Moreno, así como la Formación Oyón, todas ellas cubiertas por depósitos cuaternarios.

A continuación, se describe brevemente la composición y características litológicas de los depósitos y formaciones identificadas en los trabajos de campo (Anexo 1-mapa 1)

4.1.1. Grupo Chicama

Según el mapa geológico empalmado 1:50 000, publicado en la plataforma de Geocatmin, este Grupo presenta dos formaciones geológicas: Tinajones (Miembro Inferior) y Punta Moreno (Miembro Superior).

Formación Tinajones (Js-t/i)

Litológicamente, está compuesta por Limoarcillitas gris oscuras, esquistas, intercaladas con delgados estratos de calizas y areniscas (Romero & Latorre 2003).

Localmente se han observado limoarcillitas grises y amarillentas con niveles de yeso y carbón en los alrededores del sector Yanalpan Wasurumi (fotografías 1 y 2). A diferencia del buzamiento descrito en el mapa geológico de Oyón (de 65° al NE) estos afloramientos evidencian localmente buzamientos de 15° en la misma dirección, con rumbo N 75° Estos afloramientos están fragmentados (la roca se muestra astillosa y se separa con facilidad), y altamente meteorizados (cuadros 4 y 5)

Los derrumbes en el sector de Yanalpan Wasurumi, están relacionados con esta Formación.

Cuadro 4. Clasificación de fracturamiento de los afloramientos de la Formación Tinajones (Grado de meteorización de rocas ISRM, 1981)

INTENSIDAD DE FRACTURAMIENTO				
NOMBRE	SEPARACIÓN	DESCRIPCIÓN		Clasificación
F1	> 3 m.	Maciza	Fracturas espaciadas entre si (mas de 3)	
F2	3 - 1 m.	Poco Fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles	
F3	1.0 - 0.3 m.	Medianamente Fracturada	Espaciamiento regular entre fracturas	
F4	0.30 - 0.05 m.	Muy Fracturada	Fracturas muy proximas entre si. Se separan en bloques tabulares	
F5	< 0.05 m.	Fragmentada	La roca se muestra astillosa y se separan lascas con facilidad	x

Cuadro 5. Clasificación de la meteorización de los afloramientos de la Fm. Tinajones (Grado de meteorización de rocas ISRM, 1981)

GRADO DE METEORIZACIÓN				
NOMBRE	DESCRIPCIÓN			Clasificación
A1	Roca fresca	No hay signos visibles de meteorización, ligera decoración		-
A2	Ligeramente meteorizada	Decoloración en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas)		< 10%
A3	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto o desintegrado a suelo		10-50 %
A4	Altamente meteorizada	Mas del 50% esta descompuesta y/o desintegrada a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos discontinuos.		50-90 %
A5	Completamente meteorizada	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.		> 90 %
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura y textura están destruidos.		100 %

Formación Punta Moreno (Js-pm)

Litológicamente, está compuesta por cuarzo arenitas oscuras, esquistosas, intercaladas con delgados estratos de calizas y areniscas (Romero & Latorre 2003).

Esta Formación aflora por encima de la zona de derrumbes del sector del sector Yanalpan Wasurrumi y se encuentra en contacto con la formación Tinajones por una falla inversa de alto ángulo.



Fotografía 1. Afloramiento de lutitas grises con niveles de yesos en los alrededores de sector Yanalpan Wasurrumi, en las coordenadas UTM, WGS 84, 18 s: X: 293866 Y:8804627



Fotografía 2. Afloramiento de lutitas grises y pardas con niveles de yesos y carbón en los alrededores de sector Yanalpan Wasurumi, en las coordenadas UTM, WGS 84, 18 s: X:293827 Y: 8804646.



Fotografía 3. Cuarzoareniscas de la Formación Punta Moreno, aflorantes en las coordenadas UTM, WGS 84, 18 s: X. 294311, Y: 8803812.

4.1.2. Formación Oyón

Aflora en la margen derecha del río Huaura, al SW, del cerro Yanalpan, donde se observan areniscas cuarzosas blancas en estratos delgados, intercalados con limoarcillitas gris oscuras a negras y estratos de carbón (Romero & Latorre 2003).



Fotografía 4. Afloramientos de las Formación Oyen en las coordenadas UTM, WGS 84, 18 s: X. 294400, Y: 8803900.

4.1.3. Grupo Goyllarisquizga – Formación Carhuaz

Esta unidad puede alcanzar los 400 m de grosor. Está conformada por tres a cuatro secuencias compuestas hacia la base por limoarcillitas grises, verdes y rojas intercaladas con delgados estratos de areniscas grises, las cuales pasan en la parte superior a areniscas cuarzosas grises y pardas intercaladas con limoarcillitas (Romero & Latorre 2003). Localmente se observa en la margen izquierda del río Huaura.



Figura 6. Afloramientos de la Formación Carhuaz, en la margen izquierda del río Huaura

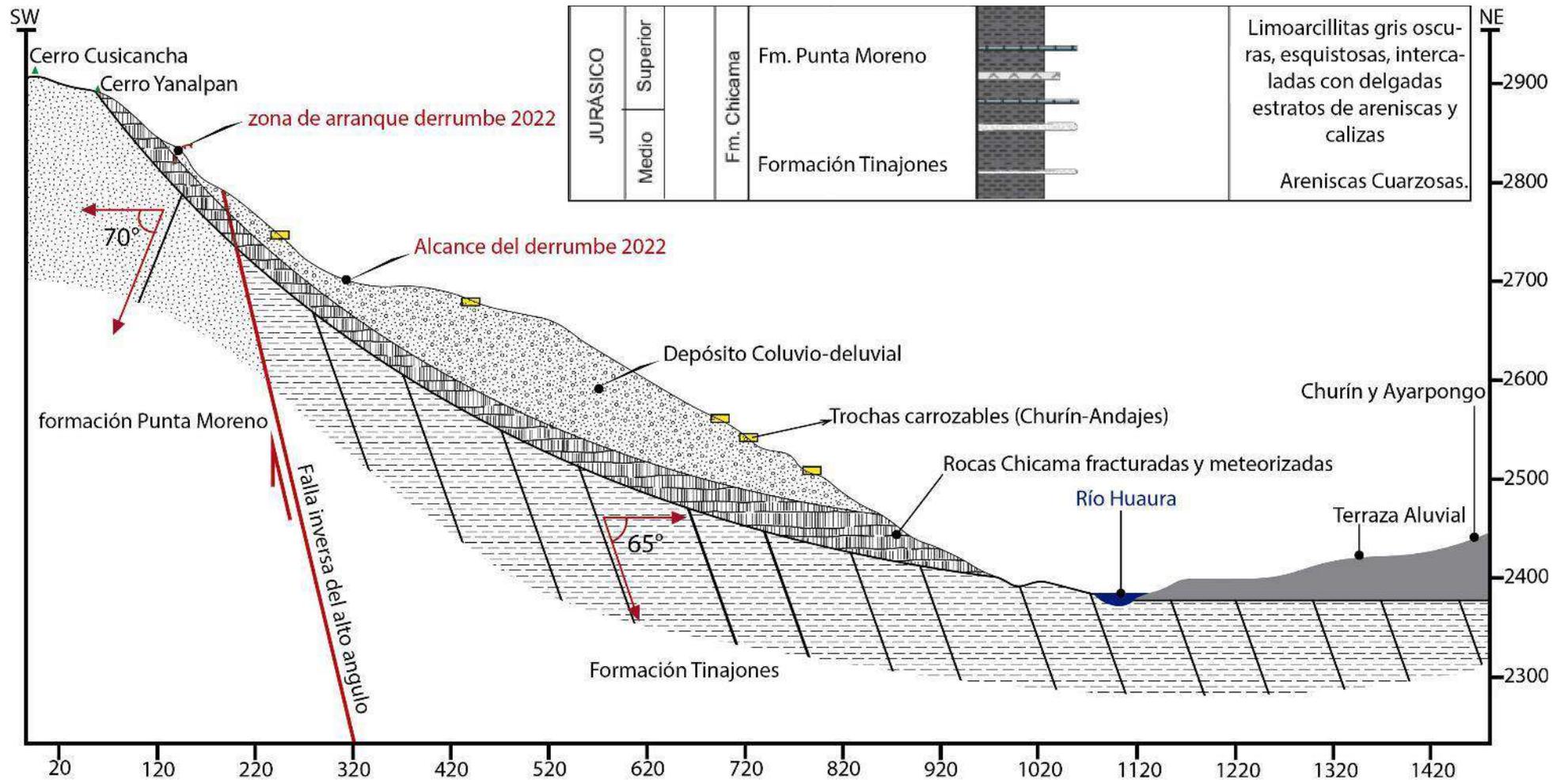


Figura 7. Perfil litológico inferido en base al mapa del cuadrángulo de Oyón 22 j a escala 1:50 000.

Cabe resaltar que la presencia de la falla inversa que pone en contacto las Formaciones Tinajones y Punta Moreno pudo condicionar el grado de fracturamiento de las rocas (especialmente de la Formación Tinajones) creando planos de debilidad que favorezcan la ocurrencia de derrumbes,

4.1.4. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Estos depósitos están constituidos por la intercalación de depósitos de origen coluvial (caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos) y deluvial (procesos de erosión con bajo transporte), que se encuentran entrecruzados haciendo difícil separar uno del otro, estos se presentan adosados a la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan, cubriendo el substrato rocoso (Gpo. Chicama). Estos depósitos se observan con una textura arenosa, conformada por bolos, cantos, gravas y gránulos envueltos en una matriz areno-limosa medianamente consolidado, el porcentaje referencial del material detrítico, forma, redondez y plasticidad se describen en el cuadro 6 y fotografía 5.

Cuadro 6. Granulometría, forma, redondez y plasticidad referencial del material detrítico coluvio-deluvial que conforma la ladera noreste del cerro Cusicancha y Yanalpan.

GRANULOMETRÍA		FORMA		REDONDES		PLASTICIDAD	
%							
20	Bolos	X	Esférica		Redondeado		Alta plasticidad
5	Cantos	X	Discoidal		Subredondeado	X	Med. Plástico
30	Gravas		Laminar	X	Anguloso		Baja Plasticidad
20	Gránulos		Cilíndrica	X	Subanguloso		No plástico
15	Arenas						
5	Limos						
5	Arcillas						



Fotografía 5. Depósitos coluvio-deluviales en la ladera este del cerro Yanalpan.

4.1.5. Depósito coluvial (Qh-co)

Los depósitos coluviales, se sitúan sobre la vertiente coluvio-deluvial de la ladera noreste del cerro Cusicancha y Yanalpan, provienen principalmente de derrumbes de este depósito y de los afloramientos del Grupo Chicama (Fm. Punta Moreno, los bloques caídos varían de 10 cm hasta 1.5 m (figura 8).



Figura 8. Depósitos coluviales por derrumbes en la ladera este del cerro Yanalpan.

4.1.6. Depósito proluvial (Qh-pl)

Conforman conos y abanicos de diferentes dimensiones en función a su dinámica y capacidad de transporte de ríos o quebradas. Se confunden con las terrazas aluviales o se interdigitan con estas. A diferencia de los aluviales los depósitos son mal clasificados; presentan fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno fino arenoso-arcilloso, depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyectivos en la confluencia con el río. Huaura.

Estos depósitos se observan en la margen derecha del río Huaura 430 m aguas debajo del sector de Churín (figura 9).

4.1.7. Depósito aluvial (Qh-al)

Los depósitos aluviales conforman llanuras antiguas y/o niveles de terrazas adyacentes al valle del río Huaura y están compuestos por una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas redondeadas a subredondeadas, limos y arcillas; tienen regular a buena selección, presentándose estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial (Qh-fl), es sobre estos que se asientan parte de la población de Churín (figura 10).



Figura 9. Depósitos proluviales (Qh-pl), en la margen derecha del río Huaura a 430 m aguas abajo de Churín.



Figura 10. Depósitos Aluviales (Qh-al), fluvial (Qh-fl) y coluvial (Qh-co), en la margen derecha del río Huaura a la altura de Churín.

5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

5.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter depositacional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el área de inspección se han identificado los 6 rangos de pendientes descritos en el cuadro 7, así como en el mapa 2 del anexo 1.

Cuadro 7. Rangos de pendiente identificados en el área de inspección. presentes en la leyenda del mapa 2, del anexo 1.

RANGO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
0°-1°	Terreno Llano	Se diferencian pequeños sectores con esta pendiente (< 1 km ²), esporádicamente en los depósitos fluviales y aluviales adyacentes al cauce del río Huaura.	Terraza Aluvial.
1°-5°	Terreno inclinado con pendiente suave	Se presenta en las terrazas aluviales y tramos del cauce del río Huaura, también en terrenos antropogenizadas, modificados para la construcción de viviendas y cultivos.	Terraza aluvial/ Cauce del río / terrenos antropogenizadas.
5°-15°	Pendiente moderada	Se presentan en las terrazas aluviales donde se asientan las viviendas del Churín, de igual manera sobresalen en los sectores plantaciones de paltas sobre la vertiente coluvio-deluvial.	vertiente coluvio deluvial/Terraza aluvial donde se asienta la población de Churín en ambas márgenes de río Huaura.
15°-25°	Pendiente fuerte	Se presenta en los alrededores de la cima del cerro Yanalpan.	Cima del cerro Yanalpan.
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Esta pendiente ocupa la mayor parte de área en la ladera este del cerro Yanalpan y Cusicancha.	Laderas del cerro Yanalpan y Cusicancha.
>45°	Terreno muy escarpado	Se presenta en menor medida en la ladera este de los cerros Yanalpan y Cusicancha, marca las zonas de arranque de deslizamientos y derrumbes antiguos,	Ladera este del cerro Cusicancha/escarpa de deslizamientos y zonas de arranque de derrumbes.

5.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

Dentro de las unidades geomorfológicas aquí se tienen (figura 11 y 12):

5.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RME-rs): Esta subunidad está conformada por secuencias sedimentarias representadas por areniscas y limolitas del Grupo Chicama y las formaciones Oyón y Carhuaz. Presenta pendientes escarpada (25°-45°), La ladera este del cerro Yanalpan tiene una pendiente promedio de 40°.

5.2.1. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles como el agua de escorrentía, los glaciares, etc., los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados (Luque et al., 2020).

Vertiente o piedemonte proluvial (V-pl): Esta subunidad está formada por la acumulación de materiales de arrastre desde las quebradas que disectan la ladera sureste del cerro Yanalpan y Cusicancha.

Vertiente o piedemonte coluvial (V-co): Unidad formada por la acumulación de material detrítico heterogéneo, anguloso a sub anguloso, originado por derrumbes. Estos se presentan de manera constante en la ruta Churín Andajes.

Vertiente de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea, con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y con disposición semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Esta es la principal unidad geomorfológica identificada en el área de inspección, corresponde al depósito detrítico de un deslizamiento antiguo en la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan (margen derecha del río Huaura), Esta vertiente de deslizamiento tiene pendientes escarpadas a muy escarpadas. Por su naturaleza es susceptible a presentar reactivaciones de deslizamientos y derrumbes. Es sobre esta vertiente que se suscitó el derrumbe del 2022.

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Es la unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentra interestratificada y no es posible separarla como unidades individuales. Estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles.

En el área de inspección estos depósitos cubren las laderas de las montañas (afloramientos del Grupo Chicama), con pendientes escarpadas de aproximadamente 40°. están conformados por bloques de areniscas englobadas en una matriz limo arenosa, que presenta evidencias de movimiento e inestabilidad (derrumbes constantes).

Terraza aluvial (T-al): Se presenta en ambas márgenes del río Huaura. Está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (cantos, gravas, arenas, etc.), transportados por la corriente del río a grandes distancias. Configuran planicies de pendientes suaves y moderadas (1°- 15°).

Llanura o planicie inundable (PI-i):

Se encuentra en las margenes del cuce del río Huaura a aproximadamente 3 metros a cada lado del eje del río, presente pendientes suaves, este sector se inunda en crecidas del río.

Cárcavas (CA): Son geoformas particulares y se evidencian en la ladera sureste del cerro Yanalpan y Cusicancha, se formaron por procesos de erosión relacionados a cursos temporales de agua, dejando incisiones de 4 m de ancho y longitudes entre 10 y 75 m.

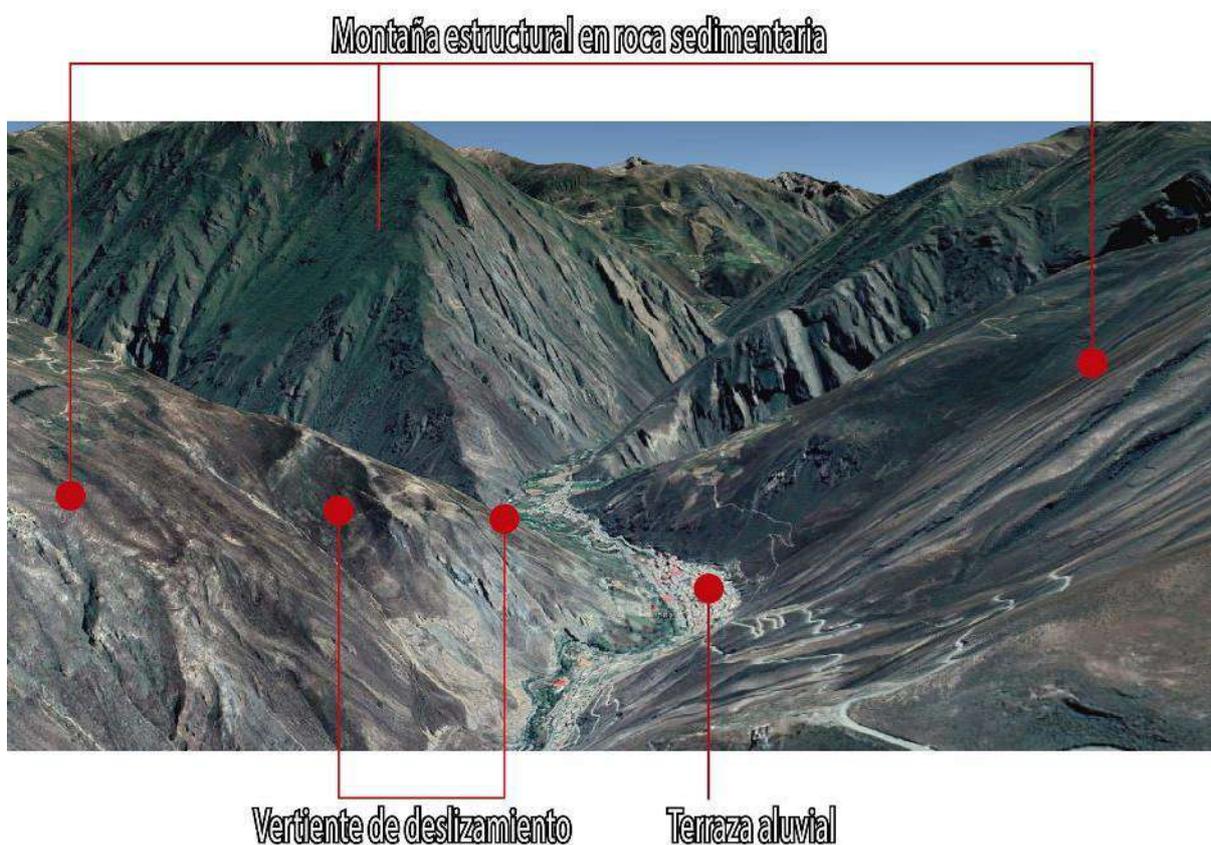
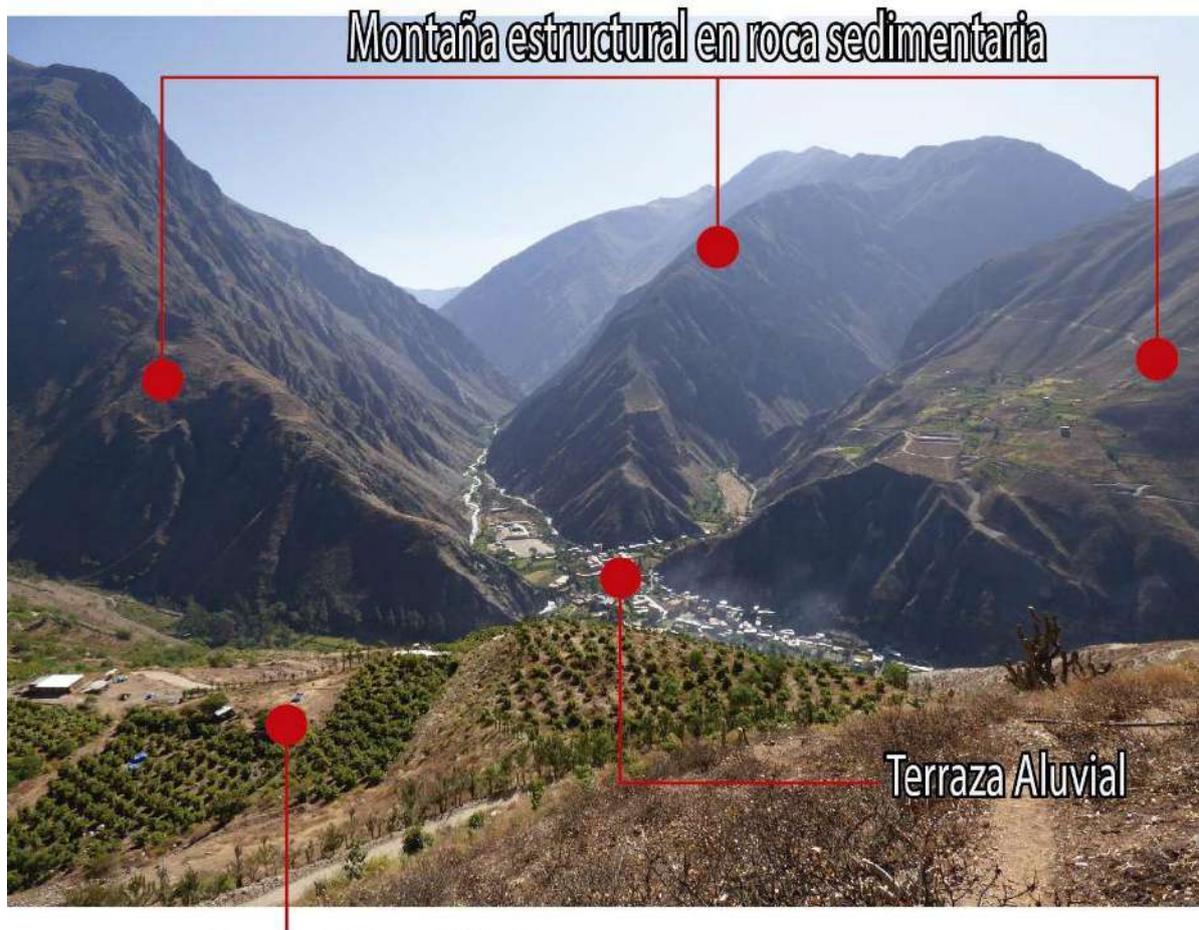


Figura 11. Geoformas vistas en Google Earth del valle del río Huaura



Vertiente coluvio-deluvial/deslizamiento

Figura 12. Geoformas del valle del río Huaura, captada desde la cima del Cerro Yanalpan.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

6.1. Peligros por movimientos en masa

6.1.1. Deslizamientos

En la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan, margen derecha del río Huaura se observan cuerpos de deslizamientos antiguos, etiquetados como (D1, D2, D3, D4 y D5), siendo el D5, localizado al NE del cerro Yanalpan, el principal, por que presenta alrededor de 9 reactivaciones (cuadro 8).

El deslizamiento D5 presenta una escarpa degradada de altura aproximada de ~200 m, con una longitud de ~2 km y alcance (distancia horizontal entre la escarpa y pie de avance) de 900 m (figuras 13 y 14).

La escarpa de este deslizamiento presenta un ángulo de 45° y el cuerpo de la masa deslizada de 38°. Este deslizamiento de tipo rotacional involucro a las formaciones Tinajones y Punta Moreno, además de los depósitos coluvio deluviales adosados a la ladera.

Sobre este deslizamiento antiguo, se realizaron labores antrópicas como: cortes de talud para la construcción de trochas carrozables (camino Churín-Andajes) y agricultura (sembrío de paltos).

Por las características geomorfológicas se infiere que el cuerpo del deslizamiento D5, ha sufrido 14 reactivaciones quedando 5 de ellas en estado inactivo latente (2.5-2.9), y 9 de ellos reactivados (1.1 – 1.9) estos últimos presentan evidencias de movimientos como grietas y escarpes que afectan un total de 16 ha.

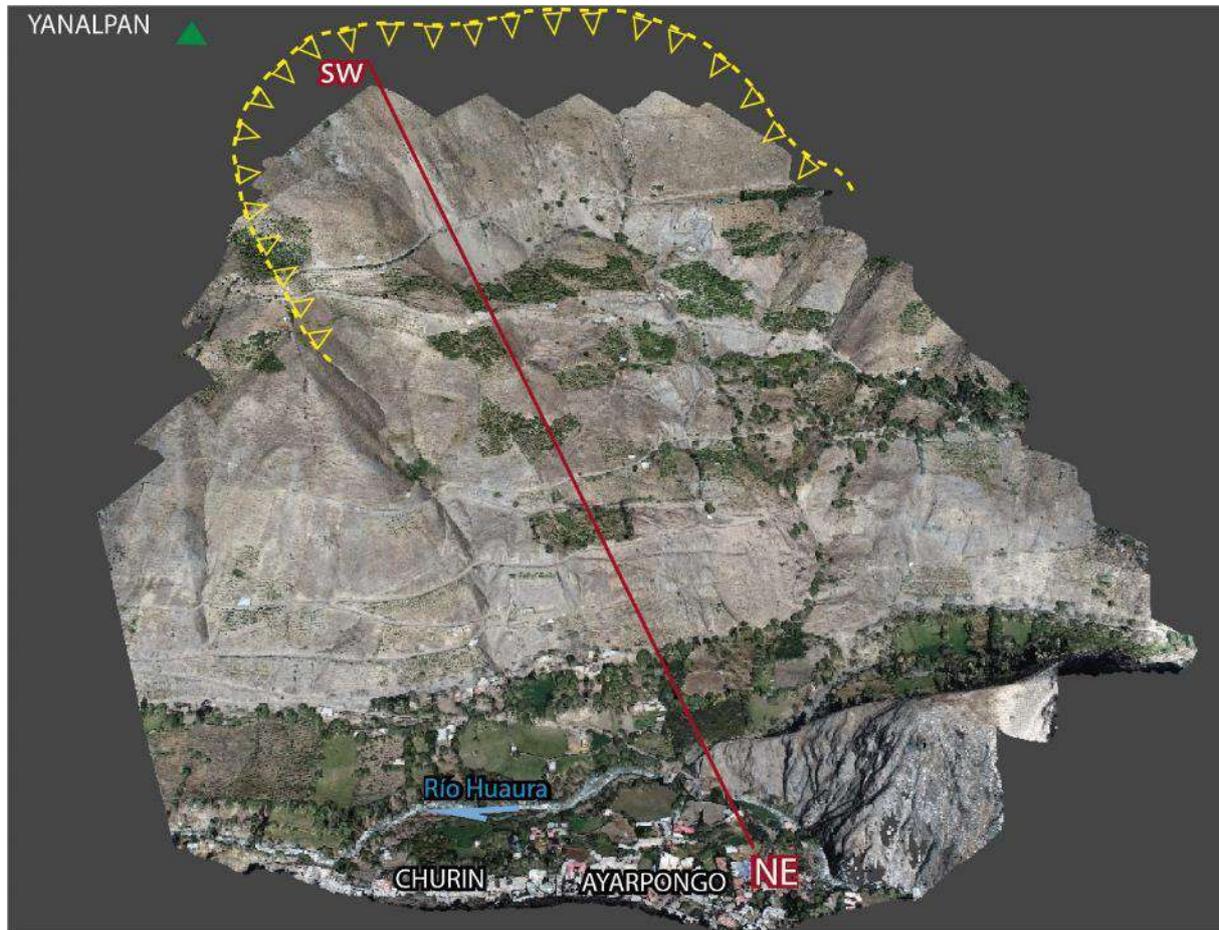


Figura 13. Cuerpo del deslizamiento antiguo D5, muestra el trazo del perfil inferido de la figura 14.

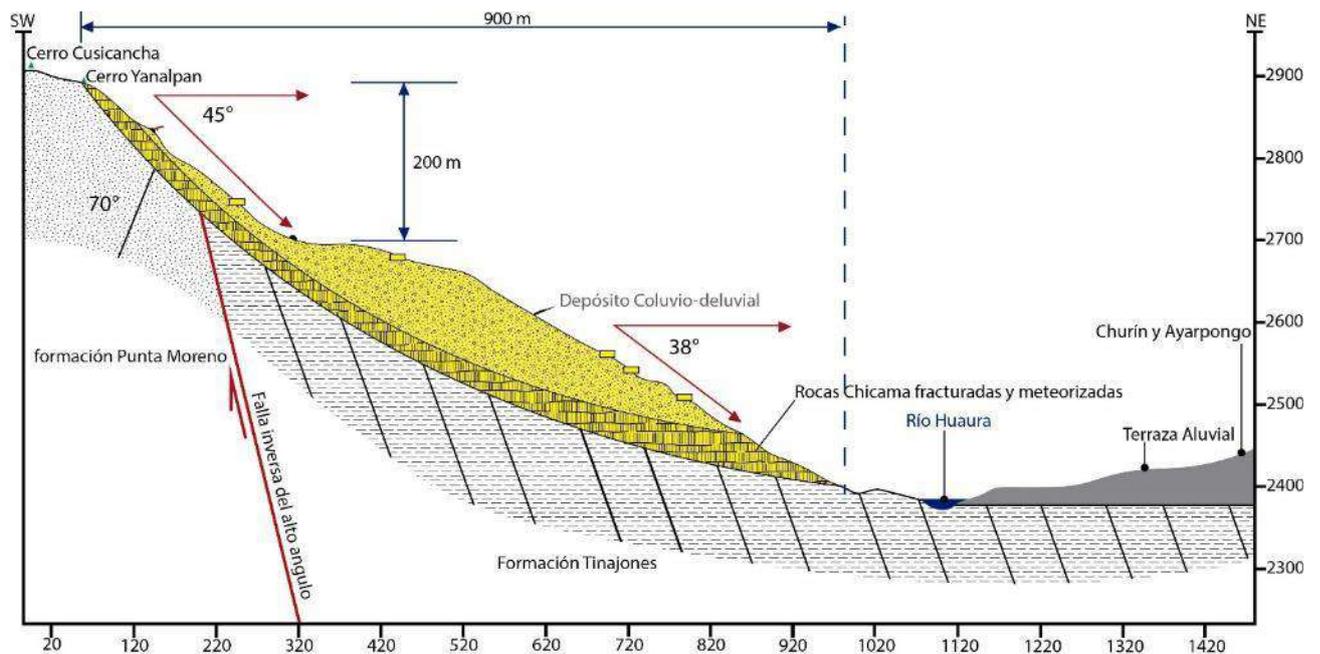


Figura 14. Perfil del cuerpo del deslizamiento D5.

Cuadro 08. Estado de los deslizamientos identificados en la ladera este del cerro Yanalpan y Wasurrumi. Los códigos se muestran en el mapa 04 del anexo 1.

Movimiento en masa	CODIGO	ID	ACTIVIDAD	ÁREA (Km ²)	X	Y
Deslizamientos	D5	1.1	Reactivado	0.015713	294084	8805338
		1.2	Reactivado	0.010264	294018	8805321
		1.3	Reactivado	0.00528	293701	8804771
		1.4	Reactivado	0.015915	294013	8805103
		1.5	Reactivado	0.006466	294011	8804990
		1.6	Reactivado	0.002754	293793	8804936
		1.7	Reactivado	0.081676	294361	8803643
		1.8	Reactivado	0.013856	293889	8804524
		1.9	Reactivado	0.004051	293970	8805260
		2.5	Inactivo Latente	0.06269	294163	8805043
		2.6	Inactivo Latente	0.06601	294148	8805205
		2.7	Inactivo Latente	0.099375	294135	8805202
		2.8	Inactivo Latente	0.031772	293879	8805306
		2.9	Inactivo Latente	0.155583	293965	8804797
	D1	2.1	Inactivo Latente	0.145124	294086	8803991
	D2	2.2	Inactivo Latente	0.067567	294486	8804274
	D3	2.3	Inactivo Latente	0.093226	294481	8804111
	D4	2.4	Inactivo Latente	0.054137	294519	8804432

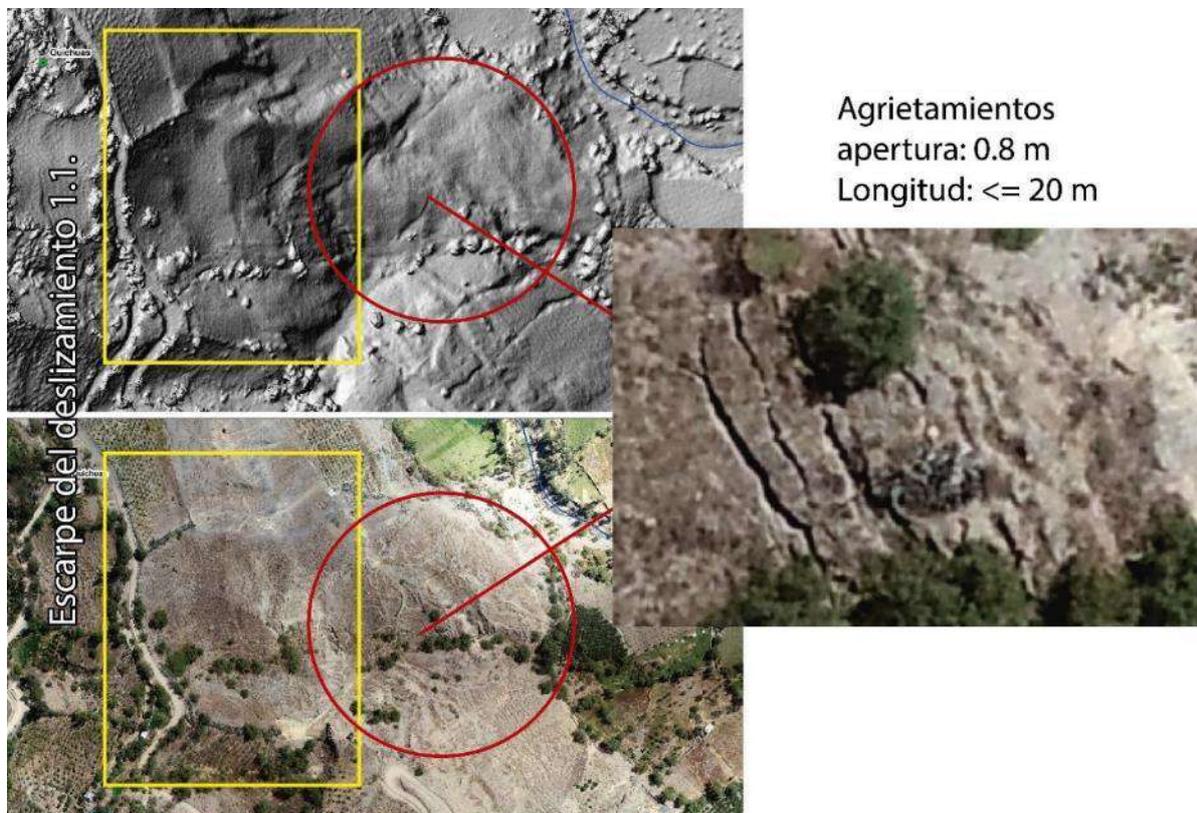


Figura 15. Grietas en la ladera sureste del cerro Yanalpan. Deslizamiento 1.1, catalogado como deslizamiento reactivado.

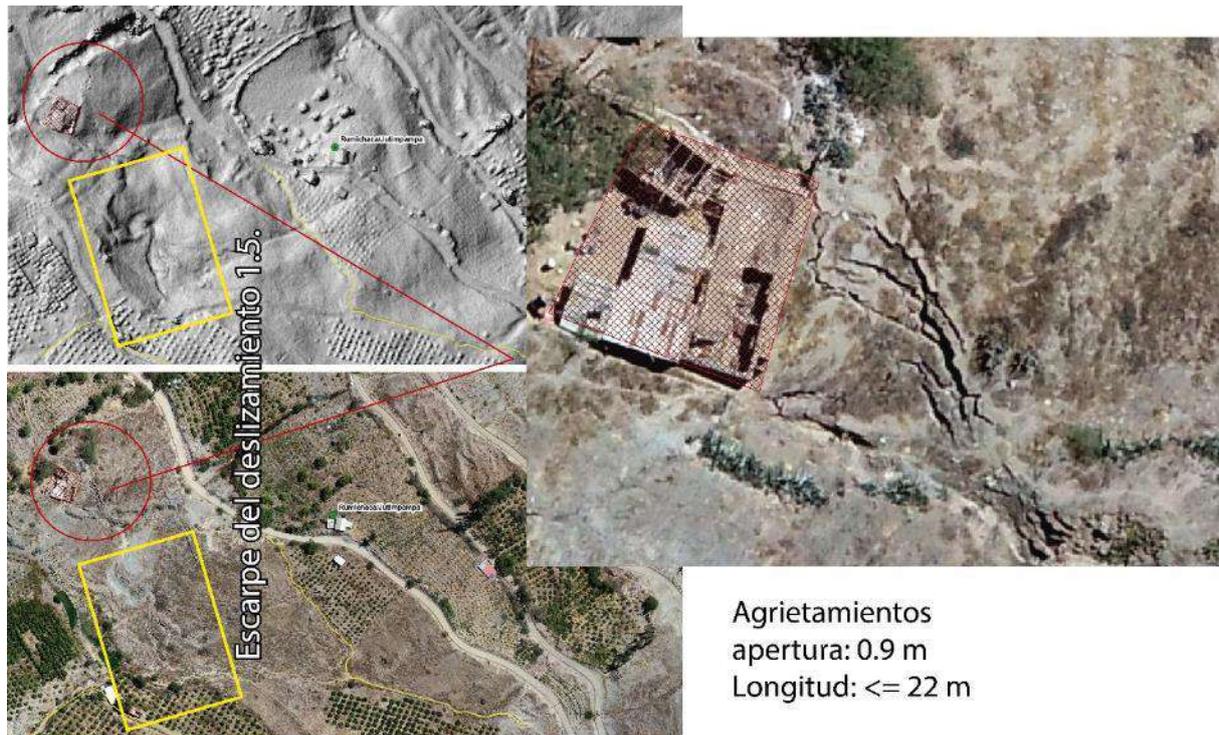


Figura 16. Grietas en la ladera sureste del cerro Yanalpan. Deslizamiento 1.5, catalogado como deslizamiento reactivado; dentro del gran cuerpo de deslizamiento antiguo (D5).

Las grietas se ubican en 7 sectores, con aperturas que van desde los 0.02 m a 1.5 m, y longitudes de 1.9 m a 45 m. también se observa que las aperturas de las grietas tensionales se dan en dirección NE (cuadro 9).

Cuadro 09 Sectores donde se identificó la presencia de grietas en la ladera Noreste del cerro Yanalpan.

Zona	Apertura máxima	Apertura mínima	Dirección de apertura	Longitud máxima	Longitud mínima	Coordenada Media		Comentario
						X	Y	
1	0.72	0.08	N40°	43 m	1.9 m	293847	8804485	Grietas en la parte superior a la zona de arranque del derrumbe de 2022, posible reactivación del deslizamiento 1.8
2	0.43	0.05	N70°	11 m	6 m	293722	880805	Área limitada entre dos derrumbes, posible reactivación del deslizamiento 1.3
3	0.9	0.1	N 35°	83 m	30 m	294011	8804990	Posible reactivación del deslizamiento 1.5, limitado por derrumbes activos
4	0.5	0.02	N 45°	16 m	5 m	294013	8805103	Posible reactivación del deslizamiento 1.4
5	1	0.5	N 35°	10 m	4 m	293970	8805260	Posible reactivación del deslizamiento 1.9
6	1.5	0.2	N65°	45 m	5 m	294084	8805338	Posible reactivación del deslizamiento 1.1
7	2	0.08	N80°	10 m	2 m	294018	8805321	Posible reactivación del deslizamiento 1.2

Las grietas que se observan en la trocha carrozable (Churín - Andajes), se presentan a la altura del km 4+000, km 5+300, km 5+00 y km 6+000, estas también de dirección de apertura NE, tienen aberturas de 5 cm en promedio.



Figura 17. A-C) Grietas en la trocha de acceso entre Churín y Andajes. D muestra colapsos laterales en la trocha carrozable.

Por otro lado, los deslizamientos D1, D2, D3 y D4 presentan longitudes de escarpa de 204 m en promedio, de estos el más relevante es el deslizamiento D1 ya que sufrió la reactivación de su pie de avance generando un nuevo deslizamiento identificado con el código 1.7 cuyas características son (figura 18):

- Coordenadas promedio del cuerpo deslizado: UTM, WGS 84, 18s X:294361; Y:8803643
- Forma de la escarpa: Circular-elongada.
- Longitud de la escarpa: 300 m.
- Ubicación de la escarpa: En la parte intermedia de la ladera sureste de Cusicancha.
- Superficie: Rotacional.
- Salto principal: 40 m.
- Salto secundario: 10 m.
- Elevación de la corona principal: 2418 m.
- Elevación del pie del deslizamiento: 2250 m
- Altura del deslizamiento (corona menos pie de avance): 168 m

- Velocidad: Moderada.

Por la ubicación de este deslizamiento (margen derecha del Huaura), es susceptible a generar el represamiento del río y dañar parte del atractivo turístico de Churín (Baños termales).



Figura 18. Deslizamiento con código 1.7, identificado en las coordenadas promedio UTM, WGS 84, 18s X:294361; Y:8803643, en la margen derecha del río Huaura.

6.1.2. Derrumbes

Por las características litológicas (rocas fracturadas y meteorizadas coberturadas por depósitos coluviales y coluvio-deluviales) aunadas a la pendiente de la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan, así como a las actividades antrópicas (cortes de talud para la construcción de trochas carrozables, caminos de herradura y cultivos de paltos), se han producido derrumbes.

En total se han contabilizado alrededor de 23 derrumbes, de los cuales dieciséis (1 al 16) se consideran suspendidos, ya que según la versión de los pobladores estos se suscitan sólo en temporadas de lluvias, y otros seis activos (17 al 23), con actividades recientes (2021-2022), ya que desprende progresivamente desde la zona de arranque acumulándolo en las áreas de cultivo y/o trochas carrozables (cuadro 10).

Cuadro 10. Sectores donde se identificó la presencia de grietas en la ladera Noreste del cerro Yanalpan.

Movimiento en masa	ID	ACTIVIDAD	ÁREA (Km)	X (m)	Y (m)
Derrumbes	1	Suspendido	0.011058	293948	8805459
	2	Suspendido	0.006733	293749	8804737
	3	Suspendido	0.000987	293660	8804774
	4	Suspendido	0.001774	293645	8804782
	5	Suspendido	0.003407	293705	8804848
	6	Suspendido	0.008139	293698	8804916
	7	Suspendido	0.003853	293733	8805048
	8	Suspendido	0.000591	294361	88044891
	9	Suspendido	0.004778	294554	8803860
	10	Suspendido	0.025263	294422	8803882
	11	Suspendido	0.003952	244618	8803936
	12	Suspendido	0.006374	293891	8804434
	13	Suspendido	0.008623	294661	8804275
	14	Suspendido	0.002446	294466	8804462
	15	Suspendido	0.007365	294053	8804305
	16	Suspendido	0.023873	293497	8805565
	17	Activo	0.011555	293896	8804623
	18	Activo	0.000178	293728	8804706
	19	Activo	0.000546	293708	8804716
	20	Activo	0.001435	294018	8805040
	21	Activo	0.00134	293969	8805008
	22	Activo	0.000682	293803	8805035
	23	Activo	0.004955	294069	8805249

El derrumbe más reciente es el identificado con el código 17, suscitado en abril del 2022, este derrumbe presenta las siguientes características (figura 19):

- Elevación de la Zona de arranque: 2791 m.
- Elevación de la zona de depósito: 2633 m
- Diferencia entre la elevación de la zona de arranque y depósito (altura del derrumbe): 159 m
- Longitud horizontal de alcance del derrumbe: 242 m
- Ancho horizontal del derrumbe: 64 m.
- Altura de la zona de arranque: 54 m.

Adicionalmente sobre la zona de arranque del derrumbe se observa una grieta con longitud de 43 m y apertura de 0.73 m, limitado entre sus extremos por las coordenadas: A: X:293834; Y:8804513 y B: X: 293859; Y:8804482, Esta representa una zona de debilidad, con la posibilidad de desencadenar un nuevo derrumbe (figura 20). De igual manera se observan dos áreas de material colgado (posterior al derrumbe de abril del 2022) que ocupa un área de 0.63 ha (figura 21).



Figura 19. Dimensiones del derrumbe suscitado en abril del 2022.



Figura 20. Escarpes y grietas encima de la zona de arranque del derrumbe de abril del 2022.



Figura 21. Vista aérea del derrumbe de abril del 2022, muestra áreas (0.63 ha) susceptibles a generar nuevos derrumbes por material colgado.

El resto de los derrumbes no superan los 10 m de alto y se produjeron en las cortes de talud de la trocha carrozable Andajes – Churín (figuras 22 al 240.)

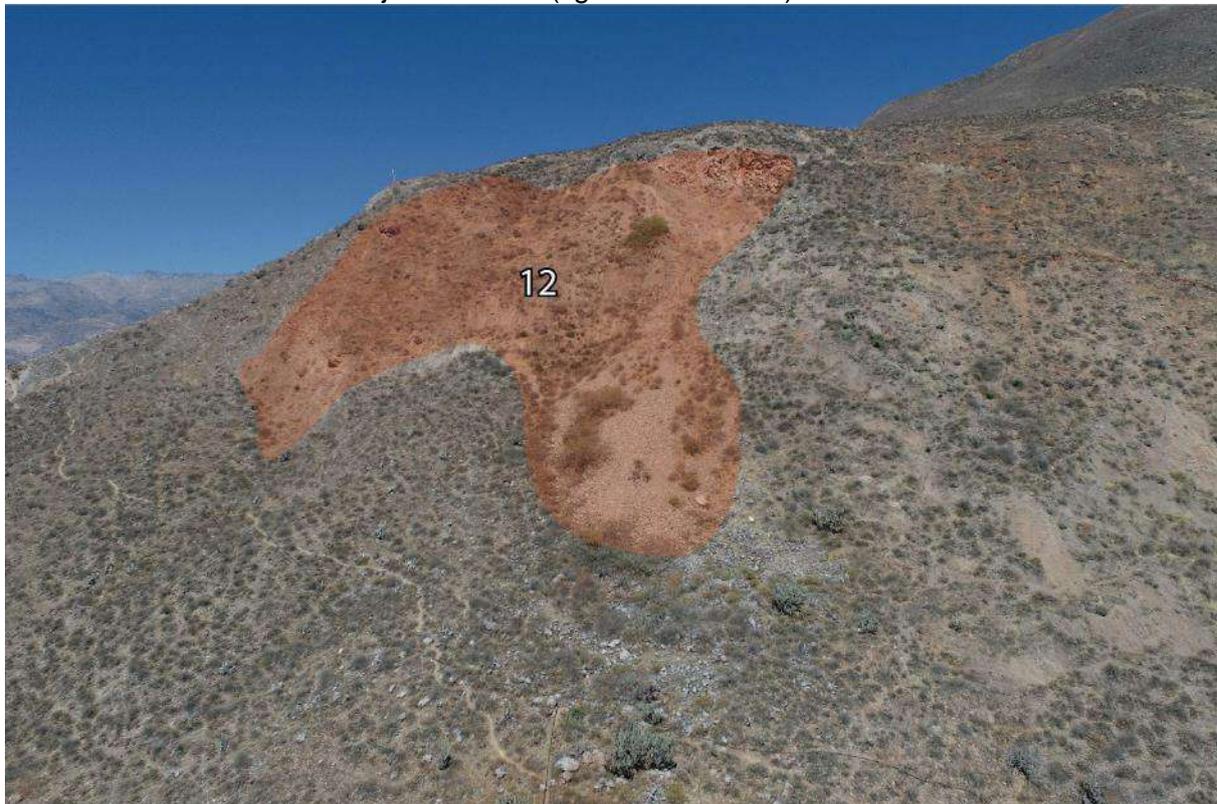


Figura 22. Derrumbes en formación sobre el derrumbe de abril del 2022.



Figura 23. Derrumbes en la margen derecha del río Churín, identificado con el ID 10 en el mapa 4 del anexo 1.



Figura 24. Derrumbes menores (altura <10 m) en los cortes de la trocha de acceso entre Churín y Andajes.

6.1.1. Flujo de detritos

Existen evidencias de flujos de detritos descendientes desde la quebrada adyacente a la ladera sur del cerro Yanalpan (figura 25 y 26).

Esta quebrada ubicada en la margen derecha del río Huaura presenta una longitud de aproximadamente 1 km y desemboca en el río Huaura, por sus características e inactividad se le considera inactivo latente, pudiendo reactivarse en periodos de precipitación intensas y/o prolongadas.

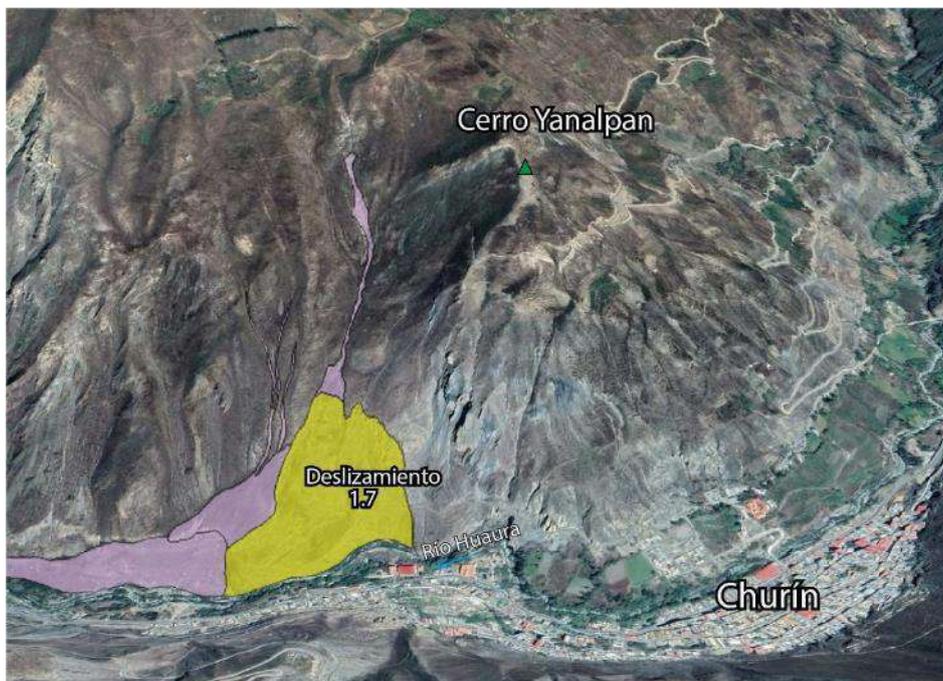


Figura 25. Evidencias de flujo de detritos descendientes de la quebrada ubicada al pie de la ladera sur del cerro Yanalpan, obsérvese el deslizamiento 1.7. descrito anteriormente en la margen derecha de la quebrada (vista frontal).



Figura 26. Evidencias de flujo de detritos descendientes de la quebrada ubicada al pie de la ladera sur del cerro Yanalpan, obsérvese el deslizamiento 1.7. descrito anteriormente en la margen derecha de la quebrada (vista lateral).

6.1.2. Erosión de laderas-cárcavas.

Este tipo de erosión se presenta en las laderas del cerro Cusicancha y Yanalpan generando surcos profundos (>5m), con longitudes superiores a 10 m, este tipo de erosión es progresiva, afecta la trocha carrozable y terrenos de cultivo en la parte baja de Andajes (ruta Churín - Andajes). Ver figura 27.

En el área de inspección se identificaron 24 cárcavas (mapa 4 del anexo1).



Figura 27. Cárcavas en la ladera este del cerro Yanalpan.

6.2. Factores condicionantes

Los factores que condicionan los procesos de movimientos en masa en la ladera este del cerro Yanalpan y Cusicancha son:

Factor Litológico

- Rocas del basamento rocoso de la ladera este del cerro Cusicancha y Yanalpan conformadas por areniscas e intercalación de lutitas negras y rojas con niveles de yesos y carbón, se encuentran fragmentadas y altamente meteorizadas lo que las hace susceptibles a la pérdida de cohesión y resistencia al corte, facilitando movimientos en masa como derrumbes y/o deslizamientos.
- Presencia de bloques desprendidos en las laderas, conformando depósitos deluviales y coluvio deluviales, con fragmentos rocosos de hasta 2 m de diámetro englobados en la matriz areno-limosa poco consolidada, altamente susceptible a generar nuevos derrumbes y/o deslizamientos.

Factor Geomorfológico

- La ladera este del cerro Yanalpan está conformado por vertiente coluvio-deluvial y vertiente de deslizamiento, adosado a una montaña en rocas estructural con pendientes escarpadas y muy escarpadas, lo que favorece su desprendimiento y caídas.

Factor Antrópico

- Uso de riego excesivo para cultivos de paltas y presencia de canales de riego no revestidos.
- Desarrollo de cortes de talud para la construcción de la trocha carrozable Churín y Andajes, trochas vecinales y caminos de herradura que llevan a los cultivos de palta.

6.3. Factores desencadenantes

Las precipitaciones pluviales ordinarias y/o extraordinarias pueden desencadenar la ocurrencia de movimientos en masa en la ladera este del cerro Yanalpan, según el registro de precipitaciones satelitales Awere estas pueden alcanzar máximos diarios de 36.6 mm en épocas de lluvias (figura 28).



Figura 28. Cultivos de Palta en la ladera este de Yanalpan.

7. CONCLUSIONES

1. Litológicamente, la ladera este del cerro Yanalpan está conformada por limoarcillitas grises y amarillentas con niveles de carbón y yesos del Grupo Chicama, estas litologías se encuentran fragmentadas y altamente meteorizadas lo que las hace susceptibles a sufrir movimientos en masa. Además, dicho substrato rocoso fue cubierto por depósitos coluviales y coluvio-deluviales medianamente consolidados, sobre los que se están realizando actividades agrícolas (cultivo de paltas).
2. Geomorfológicamente, la ladera este de Yanalpan se considera una vertiente de deslizamiento y vertiente coluvio-deluvial con pendientes escarpas de promedio 40°, adosados a una montaña estructural modelada en roca sedimentaria, sobre la cual ocurren deslizamientos, derrumbes y erosiones de ladera inventariados e identificados tal como sigue: 09 deslizamientos rotacionales con evidencias de reactivación (grietas y escapamientos), 09 deslizamientos inactivos latentes, 16 derrumbes suspendidos, 07 derrumbes activos, 02 evidencias de flujos de detritos inactivos latentes y 24 cárcavas.
3. En abril del 2022 se registró la ocurrencia de un derrumbe en la ladera este del cerro Yanalpan, con las siguientes dimensiones: altura de 159 m, ancho promedio de 64 m, con una longitud horizontal de alcance de 242 m, que afectó aproximadamente 69 m de la trocha carrozable Andajes - Churín; además de dejar material detrítico colgado (0.63 ha), sobre la zona de arranque, altamente susceptible a generar nuevos derrumbes.
4. Dentro de los factores que condicionaron la ocurrencia de los movimientos en masa en la ladera este del cerro Yanalpan se pueden considerar la pendiente de la ladera de 38° - 40°, mala calidad del substrato rocoso y depósito cuaternario, de igual manera los principales factores antrópicos son los cortes de talud, canales de riego no revestidos, mala técnica de riego (aspersión no controlada) para cultivos de palta que saturan el terreno.
5. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en la ladera este del cerro Yanalpan se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de movimientos en masa.



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


Ing. Guisela Choquenaira Garate

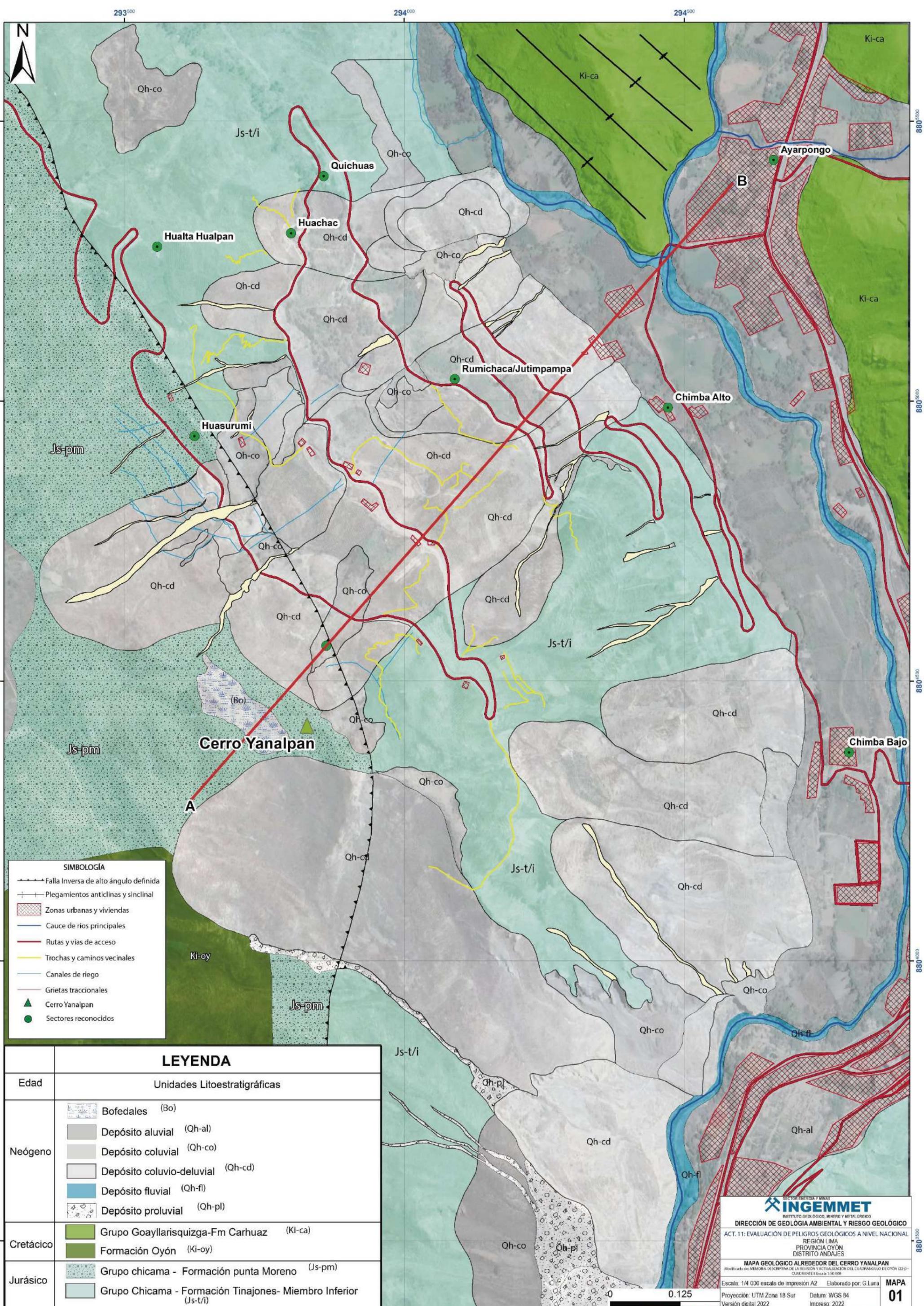
8. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) por parte de las autoridades locales, a fin de evaluar los elementos expuestos en la ladera este del cerro Yanalpan, con el fin de determinar el número de viviendas vulnerables (habitadas o no) que deben ser reubicadas; complementando con la restricción de la expansión urbana en la ladera este del cerro Yanalpan.
2. Promover la forestación en la ladera este del cerro Yanalpan, mediante vegetación nativa que no requiera ningún tipo de riego.
3. Realizar un control constante y exhaustivo de la ladera este del cerro Yanalpan con la finalidad de identificar a tiempo la formación de grietas o escarpes que indiquen la formación de nuevos deslizamientos y/o derrumbes.
4. Mantener controlado la transitabilidad vehicular y peatonal en el tramo delimitado por las coordenadas X:293937.6; Y:8804607 y X:293857; Y:8804636 de la trocha Churín – Andajes (zona del derrumbe de abril del 2022), por existir material detrítico colgado susceptible a generar nuevos derrumbes. Sugiriendo que esta se use sólo como una vía alterna de emergencia implementando medidas de protección (muros y/o mallas de contención, enmallados de ladera, etc.).
5. Evitar la saturación de los suelos, considerando la prohibición de cualquier actividad agrícola y/o similar incluyendo retirar los sembríos de palta en los terrenos de Yanalpan, de igual manera las personas no deben verter aguas de uso doméstico al suelo, para ello las autoridades en función deben construir sistemas de desagüe adecuados.
6. Implementar sistemas de drenajes impermeabilizados que recolecten las aguas de lluvias en la ladera este del cerro Yanalpan, para evitar la infiltración de aguas al suelo (que incrementan las presiones intersticiales), pudiendo desencadenar deslizamientos.
7. Realizar un tratamiento inmediato para el control de erosión de laderas – cárcavas, evitando el incremento de tamaño de estas y la sedimentación en la parte baja, el tratamiento debe estar bajo monitoreo constante, prolongando la vida útil de las obras implementadas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Davila y Celi (1994) – INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; n° 12, Estudio Geodinámico de la Cuenca del río Huaura – Huaral, <https://hdl.handle.net/20.500.12544/267>
- Fuente de Datos Meteorológicos y Pronostico del tiempo del Servicio de Awhere. (2021). Disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7508240>.
- Luque y Rosado (2014). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Lima. Primer reporte, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, 75 páginas, 1 mapa. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2018>
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2571>
- 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>
- Romero y Latorre (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j)- Cuadrante II. Escala 1:50 000 <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2166>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) – Guía climática turística (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.
- Suárez, J. (1996) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos, 282 p
- Varnes, J. (1978) - Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, L. & KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176, p.

ANEXO 1: MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Falla Inversa de alto ángulo definida
- Plegamientos anticlinas y sinclinal
- ▨ Zonas urbanas y viviendas
- Cauce de ríos principales
- Rutas y vías de acceso
- Trochas y caminos vecinales
- Canales de riego
- Grietas traccionales
- ▲ Cerro Yanalpan
- Sectores reconocidos

LEYENDA	
Edad	Unidades Litoestratigráficas
Neógeno	Bofedales (Bo)
	Depósito aluvial (Qh-al)
	Depósito coluvial (Qh-co)
	Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)
	Depósito fluvial (Qh-fl)
Cretácico	Grupo Goayllarisquizga-Fm Carhuaz (Ki-ca)
	Formación Oyón (Ki-oy)
Jurásico	Grupo Chicama - Formación punta Moreno (Js-pm)
	Grupo Chicama - Formación Tinajones- Miembro Inferior (Js-t/i)

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
DIRECCION DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
REGION LIMA
PROVINCIA OYÓN
DISTRITO ANDAJES

MAPA GEOLOGICO ALREDEDOR DEL CERRO YANALPAN
Modificado de: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA RESERVA Y UTILIZACIÓN DEL CUADRANTE DE OYÓN (22-9) - CUADRANTE II Escala 1:50 000

Escala: 1/4 000 escala de impresión A2 Elaborado por: G. Luna **MAPA 01**

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
Versión digital: 2022 Impreso: 2022

293⁵⁰⁰

294⁰⁰⁰

294⁵⁰⁰



880⁵⁰⁰

880⁵⁰⁰

880⁰⁰⁰

880⁰⁰⁰

880⁵⁰⁰

880⁵⁰⁰

880⁰⁰⁰

880⁰⁰⁰

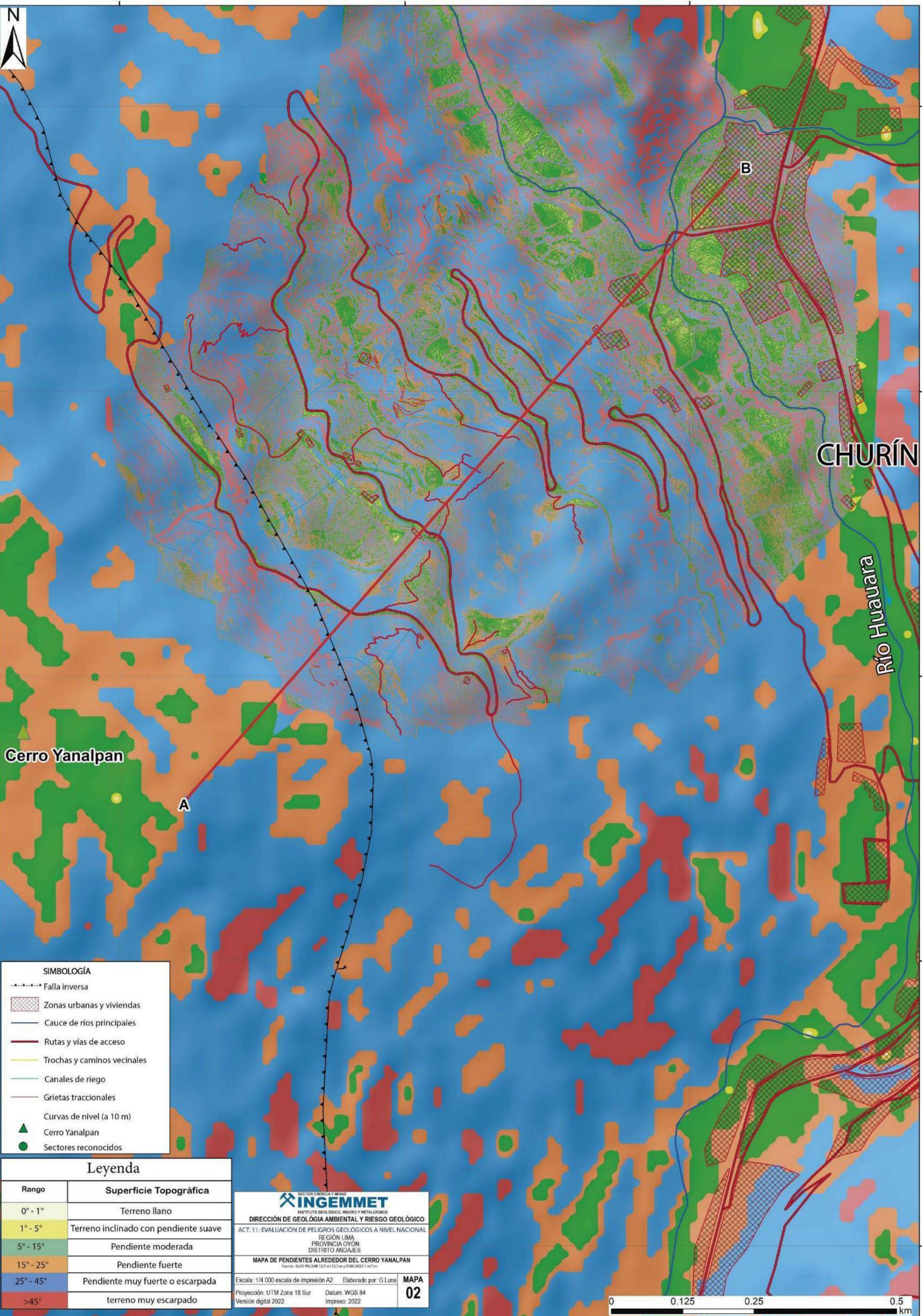
880⁵⁰⁰

880⁵⁰⁰

293⁵⁰⁰

294⁰⁰⁰

294⁵⁰⁰



CHURÍN

Río Huauara

Cerro Yanalpan

SIMBOLOGÍA

- Falla inversa
- Zonas urbanas y viviendas
- Cauce de ríos principales
- Rutas y vías de acceso
- Trochas y caminos vecinales
- Canales de riego
- Grietas traccionales
- Curvas de nivel (a 10 m)
- Cerro Yanalpan
- Sectores reconocidos

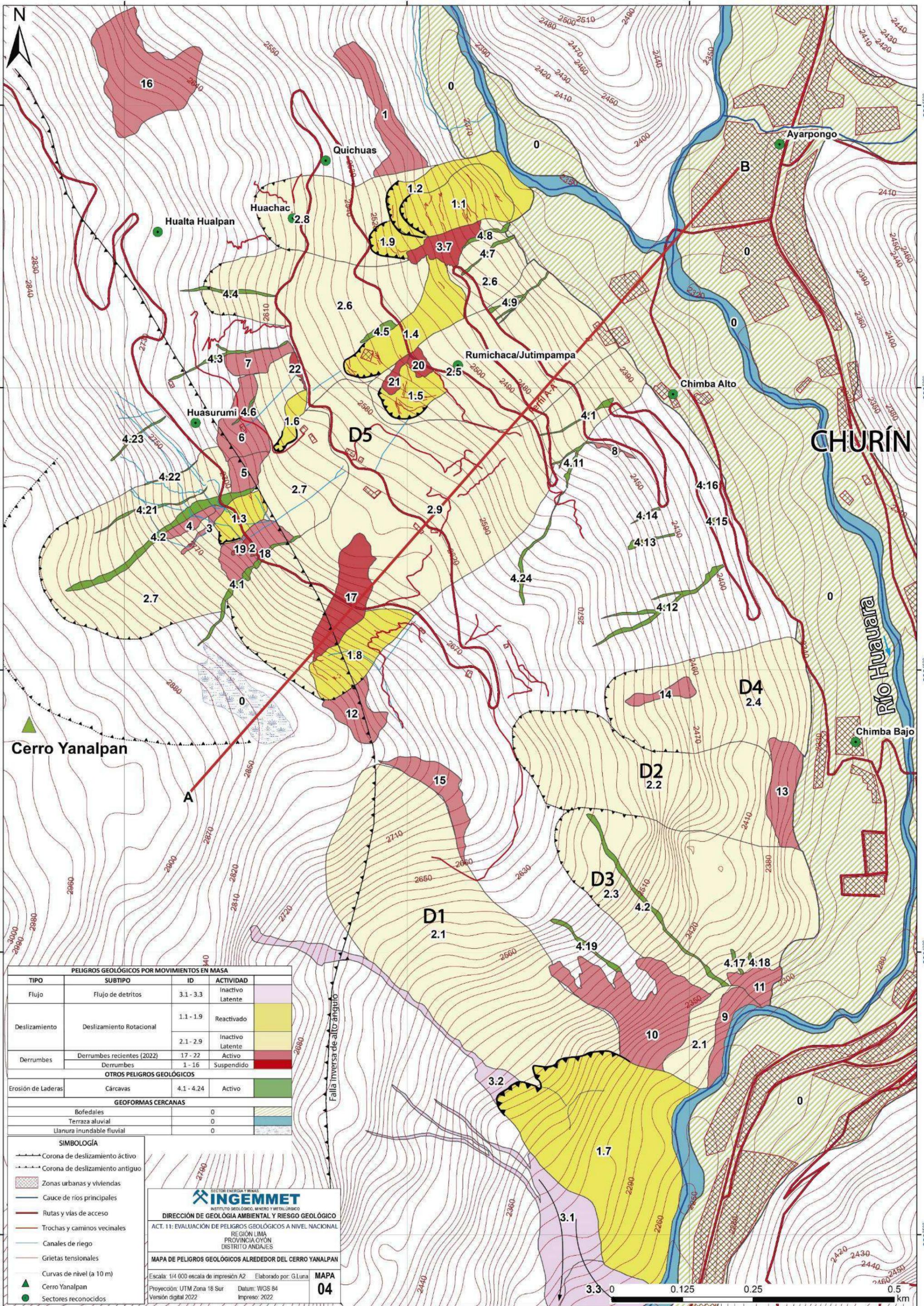
Leyenda	
Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN LIMA
 PROVINCIA OYÓN
 DISTRITO ANDAJES

MAPA DE PENDIENTES ALREDEDOR DEL CERRO YANALPAN
 Fuente: ALOS PULSAR 12.5 m/12.5 m y DSM 2022 1 m/1m

Escala: 1:4 000 escala de impresión A2 Elaborado por: G. Luna **MAPA 02**
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2022 Impreso: 2022





PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA			
TIPO	SUBTIPO	ID	ACTIVIDAD
Flujo	Flujo de detritos	3.1 - 3.3	Inactivo
			Latente
Deslizamiento	Deslizamiento Rotacional	1.1 - 1.9	Reactivado
			Inactivo
Derrumbes	Derrumbes recientes (2022)	17 - 22	Activo
			Suspendido
			Derrumbes
Derrumbes	Derrumbes	1 - 16	Suspendido
			Activo
OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS			
Erosión de Laderas	Cárcavas	4.1 - 4.24	Activo
			Suspendido
GEOFORMAS CERCANAS			
	Bofedales	0	
	Terraza aluvial	0	
	Llanura inundable fluvial	0	

SIMBOLOGÍA	
	Corona de deslizamiento activo
	Corona de deslizamiento antiguo
	Zonas urbanas y viviendas
	Cauce de ríos principales
	Rutas y vías de acceso
	Trochas y caminos vecinales
	Canales de riego
	Grietas tensionales
	Curvas de nivel (a 10 m)
	Cerro Yanalpan
	Sectores reconocidos

INGEMMET

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

 REGIÓN LIMA

 PROVINCIA OYÓN

 DISTRITO ANDÁJES

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS ALREDEDOR DEL CERRO YANALPAN

Escala: 1/4 000 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna MAPA 04

Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84

 Versión digital 2022 Impreso: 2022

