

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7468

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL BARRIO YAULI

Departamento Junín
Provincia Tarma
Distrito Tapo



DICIEMBRE
2023

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL
BARRIO YAULI***

Distrito Tapo, provincia Tarma, departamento Junín

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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el barrio Yauli, distrito Tapo, provincia Tarma, departamento Junín*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7468, 45 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
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. Población.....	9
1.3.4. Clima	9
2. DEFINICIONES	11
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1. Unidades litoestratigráficas	13
3.1.1. Complejo Maraón (PE-h).....	13
3.1.2. Grupo Mitu (PsT-mi)	14
3.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd).....	15
3.1.4. Depósito aluvial (Qh-al).....	17
3.1.5. Depósito fluvial (Qh-fl).....	17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	18
4.1. Pendientes del terreno.....	18
4.1. Unidades geomorfológicas	20
4.1.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	20
4.1.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	23
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	23
5.1.1. Deslizamiento de Tapo / Barrio Yauli.....	23
5.1. Viviendas expuestas	29
5.2. Evaluación de área propuesta para reubicación.....	33
5.3. Factores condicionantes.....	35
5.4. Factores desencadenantes	37
6. CONCLUSIONES.....	39
7. RECOMENDACIONES.....	40
8. BIBLIOGRAFÍA.....	41

RESUMEN

Este informe técnico representa el resultado de la evaluación de los peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el barrio Yauli, ubicado en la margen izquierda del río Tapo, dentro de la jurisdicción del distrito de Tapo, provincia Tarma, departamento Junín. Este estudio, llevado a cabo por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), cumple con su función primordial de proporcionar asistencia técnica en materia de peligros geológicos a los distintos niveles gubernamentales.

En la zona evaluada, se identifica un substrato metamórfico compuesto principalmente por esquistos micáceos, caracterizados por su baja resistencia y estructura fragmentada con aberturas cercanas. Estas condiciones incrementan significativamente la susceptibilidad geomecánica del terreno. La alta meteorización de estas rocas, con más del 50% desintegrado a suelo, crea un entorno propicio para la inestabilidad del suelo. Esta combinación de factores, que incluye la fragilidad de las rocas y su marcado grado de desintegración, sugiere una mayor propensión a deslizamientos en la zona.

Sobre este substrato, se observan depósitos coluvio-deluviales que consisten en bloques de gravas y guijarros envueltos en una matriz limo arcilloso. Estos depósitos exhiben propiedades geotécnicas que contribuyen a la susceptibilidad a deslizamientos. La presencia de arcilla, caracterizada por su finura y alta plasticidad, confiere a esta matriz la capacidad única de retener agua y expandirse cuando se satura, especialmente durante episodios de lluvias intensas o saturación del suelo. La combinación de la naturaleza heterogénea de los clastos y la matriz arcillosa contribuye significativamente a la inestabilidad del terreno.

Las geoformas identificadas en el área de estudio son montañas modeladas en roca metamórfica, con variaciones topográficas notables. En la ladera oriental del cerro Julijasha, las pendientes varían desde 25° en la parte alta hasta 20° en la zona intermedia. No obstante, se observa un cambio abrupto hacia pendientes más pronunciadas, alcanzando hasta 40° en la parte urbanizada del barrio Yauli. Estas variaciones pronunciadas en las pendientes señalan la diversidad topográfica del terreno, lo cual es esencial tener en cuenta al evaluar la estabilidad del mismo y las posibles condiciones geodinámicas que estas pueden generar en el área del barrio Yauli.

De manera geodinámica, se ha identificado un deslizamiento activo de carácter rotacional en la ladera este del cerro Julijasha, situado en la margen izquierda del río Tapo. Este deslizamiento se evidencia a través de imágenes multitemporales provenientes de Google Earth y un levantamiento fotogramétrico del año 2023, con una ocurrencia registrada en el año mencionado, según la versión de los pobladores, iniciándose desde el 4 de abril de 2023.

Al caracterizar el deslizamiento en la zona de Tapo, es fundamental tener en cuenta que este es un proceso geológico que evoluciona de manera gradual a lo largo del tiempo. Se puede inferir que, en una etapa inicial, factores como la saturación del suelo debido a lluvias intensas, aunadas al riego constante del terreno, provocaron la pérdida de estabilidad de la ladera entre 2015 y 2020. Esto se tradujo en un movimiento lento y constante, con la manifestación de signos de agrietamientos y deformación de la superficie en el sector durante los meses de marzo del 2023, desencadenándose de manera abrupta en el mes de abril.

Las características específicas del deslizamiento en Tapo incluyen una corona superior situada a una altitud de 3234 m s.n.m., un escarpe de 40 m de longitud, un salto del escarpe principal de 1.5 m, y un pie de avance del deslizamiento ubicado a una altitud de 3318 m s.n.m. La diferencia entre la cota de la corona y el pie de avance es de 6 m, con una longitud total del deslizamiento de 20 m, un ancho promedio de 27 m, un área de 463 m² y un volumen estimado de 1400 m³.

Considerando las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en la ladera este del cerro Julijasha, barrio Yauli, se clasifica este sector como de **Peligro Alto** ante afectaciones por movimientos en masa.

En conclusión, este informe destaca la necesidad urgente de tomar medidas preventivas y correctivas. Las recomendaciones estructurales incluyen la implementación de sistemas de monitoreo geotécnico para detectar cambios en la estabilidad de la ladera y activar alertas tempranas en caso de movimientos o condiciones peligrosas. Además, se sugiere llevar a cabo obras de ingeniería, como la construcción de sistemas de drenaje y la implementación de técnicas de bioingeniería, para mejorar la estabilidad del terreno. Estas medidas, tanto a corto como a largo plazo, son esenciales para mitigar los peligros asociados a movimientos en masa en el barrio Yauli y garantizar la seguridad de la población local.

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 los Oficios N° 106-2023- A/MDT-T/JUNIN y N°384-2023-A-MDT-T-JUNIN (VV141053) del gobierno distrital de Junín, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó al ingeniero: Ángel Gonzalo Luna Guillen, realizar la evaluación de peligros geológicos, llevados a cabo el 01 de noviembre del 2023, en coordinación con autoridades de la municipalidad distrital de Tapo (representantes de defensa civil), con acompañamiento de moradores del barrio Yauli.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Vitoc e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentaron como un deslizamiento en el Barrio Yauli.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyeron en la ocurrencia del deslizamiento del Barrio Yauli.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

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

- A) Boletín N° 69, Serie A, Geología de los cuadrángulos de Tarma, La oroya y Yauyos Hojas 23-I, 24-I, 25-I” (Ingemmet., 1996). Describe las unidades litoestratigráficas en el área de inspección, resaltando la presencia del Grupo Mitú y Complejo Maraón.

- B) Boletín N° 72, Serie C, Peligro geológico en la región Junín (Luque et al., 2020). Describe los peligros geológicos en la región Junín, así mismo realiza el mapa de susceptibilidad en la misma, donde se observa que el sector de Barrio Yauli y sus alrededores se encuentran en áreas de Muy Alta y Alta susceptibilidad (figura 1).

Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

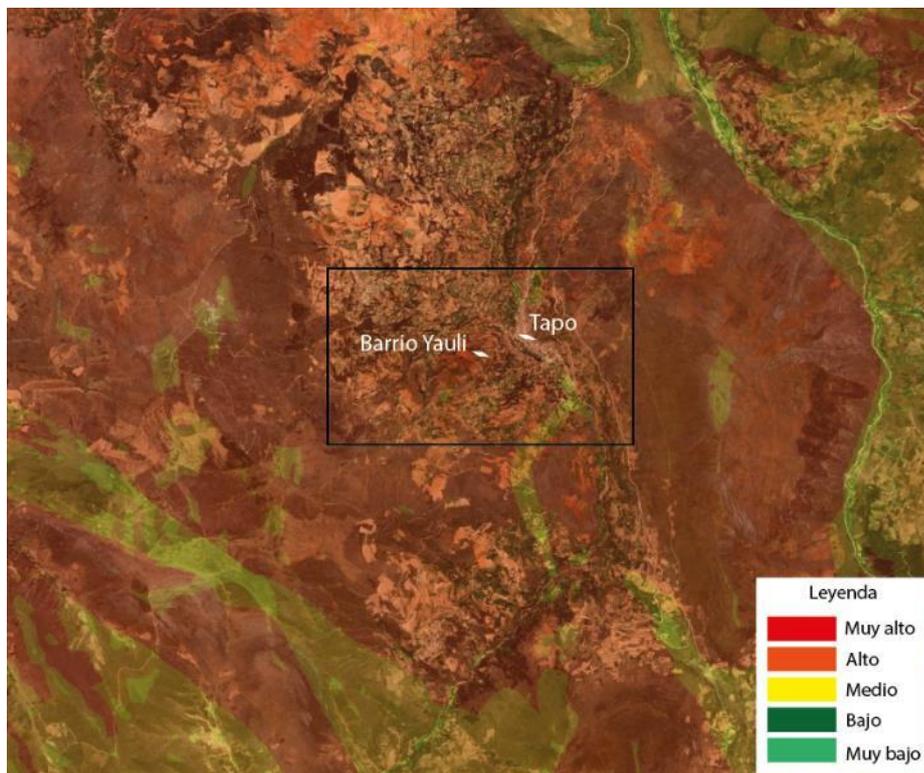


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del departamento de Junín (Fuente: Luque., et al 2020).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Geográficamente el área evaluada (Barrio Yauli), se ubica en la ladera este del cerro Julijasha, extremo oeste del centro poblado Tapo, margen izquierda del río del mismo nombre.

Políticamente pertenece al distrito Tapo, provincia Tarma y departamento Junín El área de la elaboración de mapas se estima en 25 ha (figura 2).

Las coordenadas límites del área de inspección se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas del área que cubre, la inspección y evaluación satelital y de campo en el sector de estudio en el caserío Utcubamba

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Sur	Latitud	Longitud
1	438084	8740299	-11.394865°	-75.567529°
2	438511	8740584	-11.392295°	-75.563610°
3	438229	8740946	-11.389017°	-75.566188°

4	437845	8740658	-11.391614°	-75.569713°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	438167	8740661	-11.251725°	-75.359374°

1.3.2. 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 1.

Cuadro 1. Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima-La Oroya	Carretera asfaltada	184 km	5 h
La Oroya - Tarma	Carretera asfaltada	56.5 km	1 h 10 min
Tarma – Barrio Yauli - Tapo	Trocha carrozable	10 km	1 h

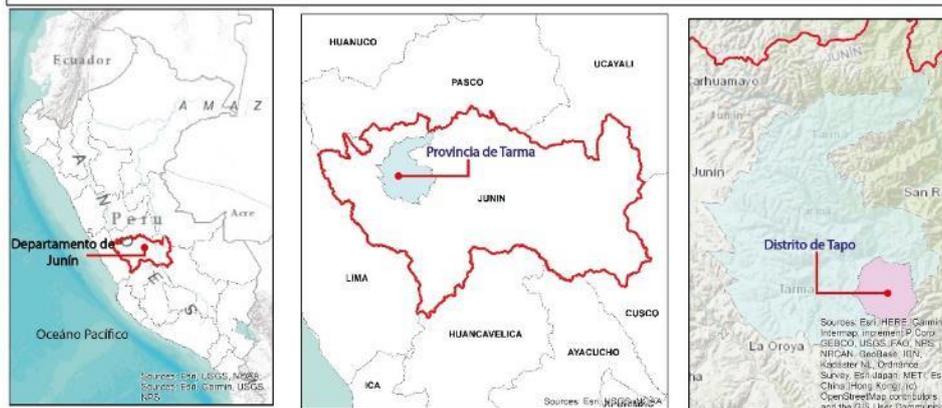


Figura 2. Mapa de ubicación del área de inspección.

1.3.3. Población

El barrio Yauli tiene un código de Ubigeo de 1207090008 (<http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>), sin categoría registrada con 40 viviendas y una población de 25 personas entre hombres y mujeres, la información más actualizada del centro poblado se detalla en el cuadro siguiente

Cuadro 2. Características censales 2017, fuente: INEI

Descripción	Total
DEPARTAMENTO	JUNÍN
PROVINCIA	TARMA
DISTRITO	TAPO
CATEGORIA	-
POBLACIÓN	25
VIVIENDAS	40
AGUA POR RED PUBLICA	SI
ENERGÍA EN VIVIENDA	SI
DESAGÜE POR RED PUBLICA	SI
VÍA DE MAYOR USO	CAMINO DE HERRADURA/TROCHA
TRANSPORTE DE MAYR USO	A PIE
FRECUENCIA	DIARIO
IDIOMA DE MAYOR HABLA	CASTELLANO
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO	1.26 Km
TIEMPO DEL CENTRO POBLADO HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO	10 min

1.3.4. Clima

En cuanto a la cantidad de lluvia local en el barrio Yauli, según 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 ráster y de satélite), la precipitación máxima registrada en el periodo enero, 2022 -2023 (marzo) fue de 44.5 mm el 16 de marzo del 2023. Si analizamos el registro de precipitaciones diarias vemos intervalos de lluvia y calma bien marcados entre los meses de enero y junio.

La última reactivación del deslizamiento se dio el 03 de abril de 2023, que tiene relación con los días previos de precipitación registrados en el mes de marzo

La temperatura anual oscila entre mínimos y máximos de 2° y 17°C (figura 3). Así mismo, presenta una humedad promedio de 20% durante casi todo el año, (Servicio aWhere).

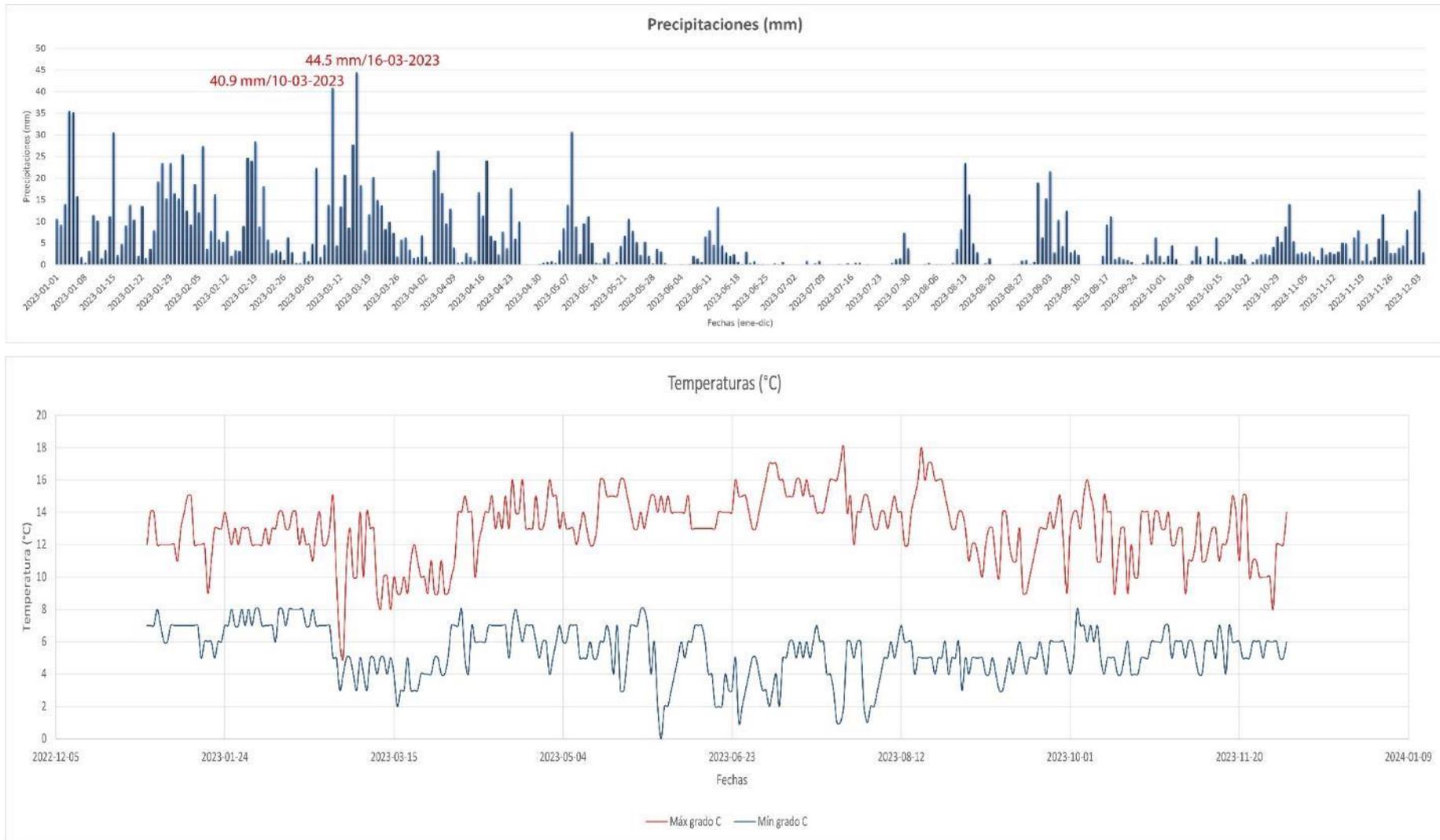


Figura 3. A) precipitación en el sector de barrio Yauli y B) temperaturas en el sector barrio Yauli (periodo 2022-2023). Fuente: análisis espacial de datos meteorológicos AWERE (Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7337354>).

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

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

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

Deslizamiento: son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud" (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez, J., 2009).

Deslizamiento rotacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava; presentan una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. (Suarez, J., 2009).

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.

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

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

Fractura: corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan

Meteorización: se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. la meteorización puede ser física, química y biológica. los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa.: fenómeno de remoción en masa, proceso de remoción en masa, fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. movimiento ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

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.

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

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

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo con la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas 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.

Estado de los movimientos en masa

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

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).

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

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).

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

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico, se desarrolló en base al boletín Boletín N° 69, Serie A, Geología de los cuadrángulos de Tarma, La oroya y Yauyos Hojas 23-I, 24.I, 25.I" (Ingemmet., 1996).y los mapas a escala 1:100 000 y 50 000 publicados en el portal geo-científico del GEOCATMIN, complementando con datos de campo, con lo que finalmente se elaboró el mapa geológico (Anexo 1-mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas comprenden rocas metamórficas, cubiertas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales.

A continuación, se describe brevemente la composición y características litológicas de los depósitos y formaciones identificadas en los trabajos de campo:

3.1.1. Complejo Marañón (PE-h)

Según Quispesivana (1996), el complejo del Marañón, consiste en una secuencia potente de rocas metamórficas, formadas por esquistos micáceos de color gris, poco resistentes. Geomecánicamente, estas rocas se encuentran fragmentadas F5, con espaciamientos muy próximas entre si (0.30 a 1.0 m) y aberturas algo abiertas (0.1-1.0 mm). Además, se encuentran altamente meteorizadas A4, es decir más de 50% esta desintegrada a suelo, (fotografías 1-2 y tablas 2 - 3).

Tabla 2. Clasificación de la meteorización de las formaciones identificadas en el área de estudio (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 meteorizado	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 meteorizado	Más del 50% esta descompuesto y/o desintegrado a suelo, roca fresca o descolorida esta presente como testigos descompuestos.	50-60%	X
A5	Completamente meteorizado	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	100%	

Tabla 3. Clasificación del fracturamiento de las formaciones identificadas en el área de estudio (Grado de fracturamiento de rocas ISRM,1981).

INTENSIDAD DE FRACTURAMIENTO

NOMBRE	SEPARACIÓN	DESCRIPCIÓN		CLASIFICACIÓN
F1	>3 m	Maciza	Fracturas espaciadas entre si	
F2	3-1 m	Poco fracturada	Fracturadas espaciadas a veces no distinguibles	
F3	1-0.3 m	Medianamente fracturado	Espaciamiento regular entre fracturas	
F4	0.3-0.05 m	Muy fracturado	Fracturas muy proximas entre si, se separan en bloques tabulares	
F5	< 0.05 m	fragmentado	La roca se muestra astillosa y se separan en lascas con facilidad	X



Fotografía 1. Sustrato rocoso conformado por esquistos color gris del complejo del Marañón. Estas rocas se presentan medianamente fracturas y altamente meteorizadas en la ubicación: 438098 m E, 8740629 m S

3.1.2. Grupo Mitú (PsT-mi)

Según Quispesivana (1996), está conformado por secuencia de limoarcillitas, areniscas rojas y conglomerado intercalado con Tobas cristalolíticas y lavas andesíticas porfiríticas, se encuentra en contacto con complejo Marañón mediante una falla inversa regional. En el área de estudio afloran en la margen derecha del río Tapo.



Fotografía 2. Sustrato rocoso conformado por esquistos color gris del complejo del Marañón. Estas rocas se presentan y altamente meteorizadas en la ubicación: 438098 m E, 8740629 m S

3.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)

Depósito constituido por bloques de gravas, guijarros con clastos de naturaleza litológica heterogénea, subangulosos a angulosos, envueltos en una matriz limo arcilloso, acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros que han sufrido transporte, se encuentran cubriendo el sustrato rocoso (fotografía 3 y 4).

Este depósito coluvio-deluvial por su característica arcillosa tiene el potencial de generar deslizamientos debido a sus propiedades geotécnicas particulares. La arcilla, al ser un material fino y con alta plasticidad, tiene una capacidad única para retener agua y aumentar su volumen cuando se satura. Esta característica hace que los depósitos sean propensos a deslizamientos, especialmente en condiciones de lluvia intensa o saturación del suelo (fotografía 4).



Fotografía 3. Depósitos coluvio-deluviales en la ladera, se muestran saturados.



Fotografía 4 . Depósitos coluvio-deluviales en la ladera, se muestran saturados.



Fotografía 5. Depósitos coluvio-deluviales con alto contenido limo-arcillosos cerca de la zona de deslizamiento.

3.1.4. Depósito aluvial (Qh-al)

Son una acumulación de sedimentos, principalmente arena, grava con diámetro de hasta 4 cm, limo y arcilla, que se acumulan en las riberas del río Tapo, por el transporte y la deposición de materiales debido a la acción del agua. Estos sedimentos se depositaron en áreas de menor velocidad del flujo, como son las llanuras aluviales del río, sobre estos se encuentra gran parte del centro poblado de Tapo.

3.1.5. Depósito fluvial (Qh-fl)

Este depósito es una acumulación de sedimentos que se forma en el lecho y cauce del río Tapo, debido a la acción del agua en movimiento. Estos depósitos consisten principalmente en arena, grava, limo y arcilla que son transportados por la corriente del río y depositados en áreas de menor velocidad del flujo.

Desde una perspectiva geológica y teniendo en cuenta el perfil local realizado en el mapa 1 del anexo 1, se observa que la vertiente oriental del cerro Julijasha está compuesta por rocas metamórficas que han experimentado meteorización y fragmentación. De manera similar, en la margen izquierda del río Tapo, así como en la margen derecha donde se encuentra el Grupo Mitu, se evidencia la presencia de rocas volcano sedimentarias, en contacto a través de una falla inversa con el Complejo Marañón. En el valle, donde se ubica el centro poblado de Tapo, predominan depósitos aluviales. Es destacable señalar que la ladera oriental del cerro Julijasha está constituida por depósitos coluvio-deluviales, los cuales presentan susceptibilidad a deslizamientos, añadiendo una consideración crucial para la evaluación de eventos geodinámicos en la zona.

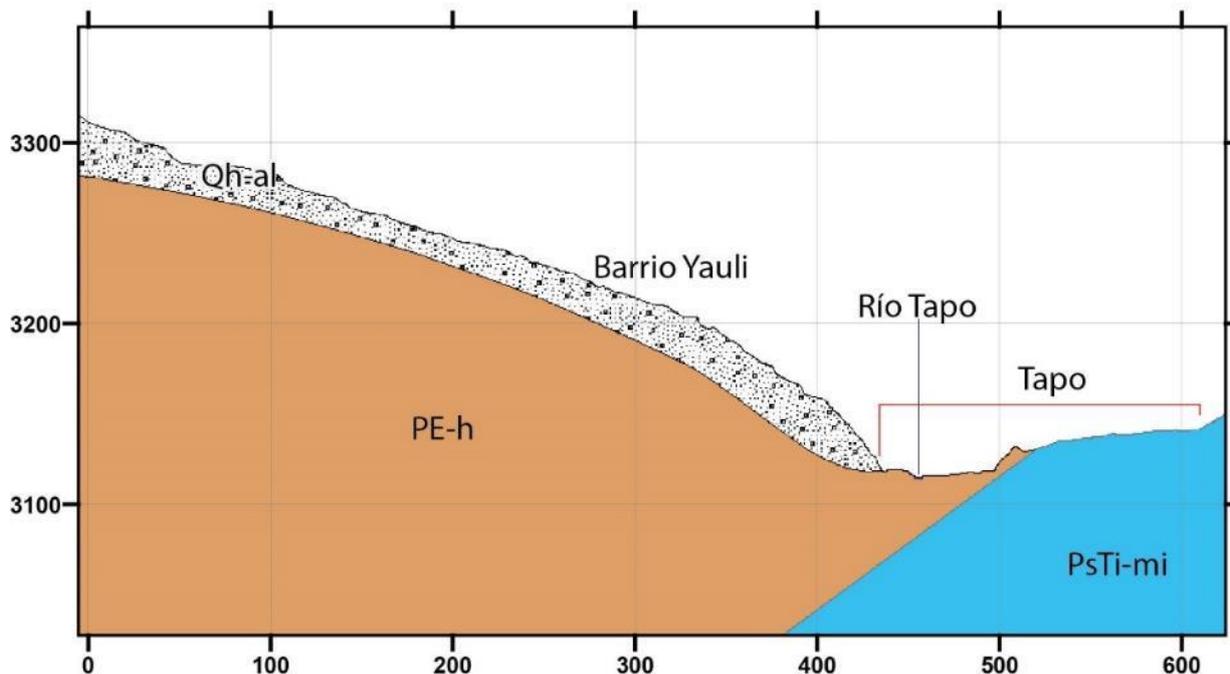


Figura 4. Corte local interpretativo del perfil A-B, del mapa 1 anexo 1.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

Este factor es uno de los principales factores dinámicos, que contribuyen particularmente a 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 importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

Las pendientes promedio el área de evaluación se representan en el perfil A-B, y las figuras 5 y 6.

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
< 1°	Llano	Estas áreas son mínimas y se pueden ver en la carretera de acceso al sector de Tapo, así como en construcciones antrópicas.
1° a 5°	Inclinación suave	Este rango de pendientes se mantiene en zonas retrabajadas para agricultura en la ladera oeste del cerro Julijasha.
5° a 15°	Moderado	Esta pendiente se observa en las terrazas aluviales de la margen derecha del río Tapo, sector donde se ubica en centro poblado Tapo.
15° a 25°	Fuerte	Esta se presenta en la parte media de la ladera este del cerro Julijasha.
25° a 45°	Muy	Este es el rango más representativo en la parte alta y cortes de ladera en la ladera este del cerro Julijasha.

	fuerte	
>45°	Muy escarpado	Este rango de pendientes se presente en escarpes y laderas de quebradas en la ladera este del cerro Julijasha.

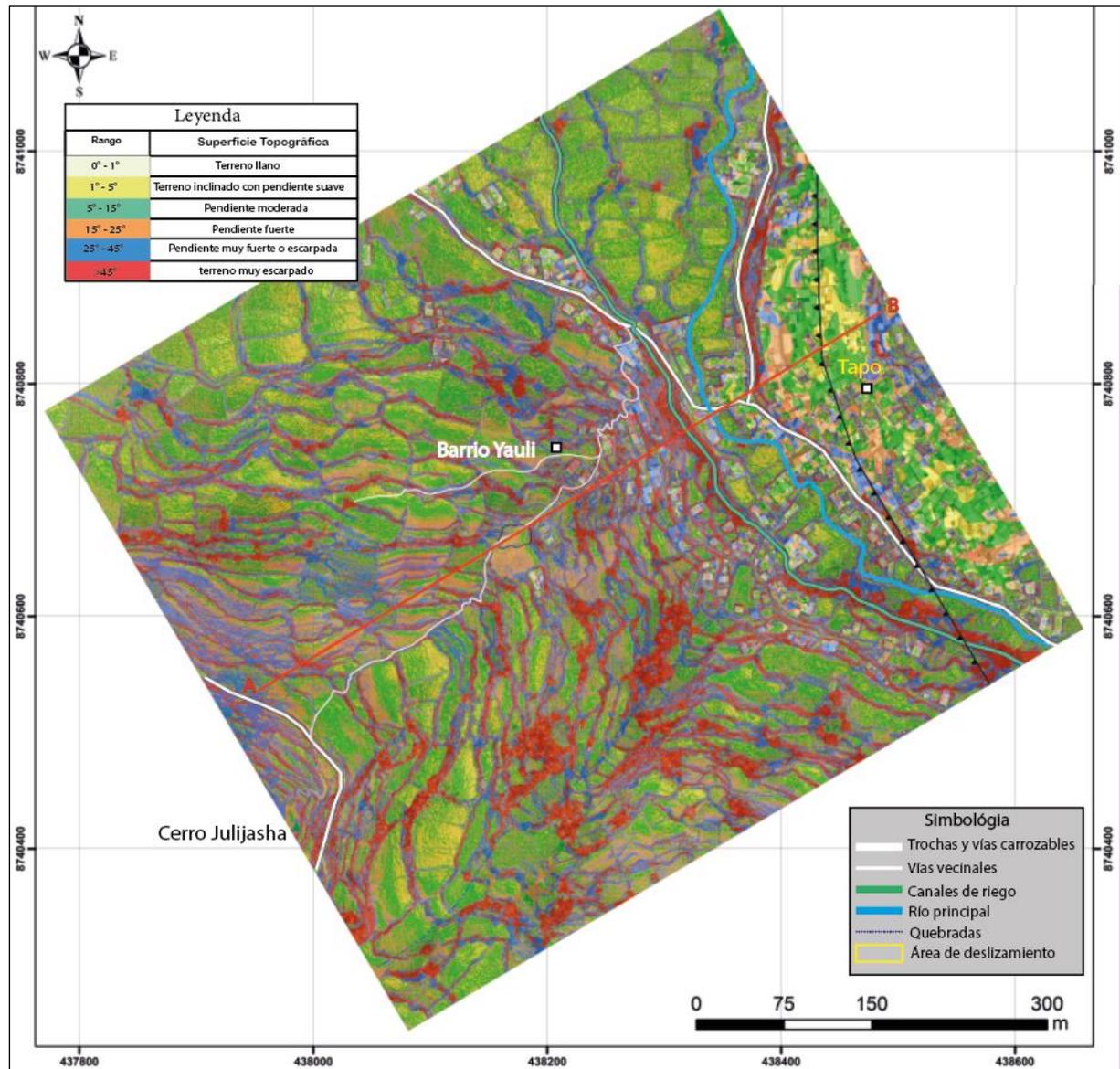


Figura 5. Corte de perfil en el área de inspección para representar los rangos de pendiente en la figura 6.

El perfil A-B en el área de estudio revela variaciones significativas en las pendientes del terreno. En el centro poblado de Tapo, las pendientes muestran un promedio de 5°, mientras que, en la margen derecha del perfil, se observan pendientes más pronunciadas de alrededor de 10°. En la ladera oriental del cerro Julijasha, las pendientes varían desde 25° en la parte alta, disminuyendo a 20° en la zona intermedia. Sin embargo, la pendiente experimenta un cambio brusco hacia abajo, alcanzando los 40° en la parte urbanizada del barrio Yauli. Estas variaciones en las pendientes sugieren un terreno topográficamente diverso, siendo esencial considerar estas condiciones al evaluar la estabilidad del terreno y los posibles geodinámica en la zona del barrio Yauli.

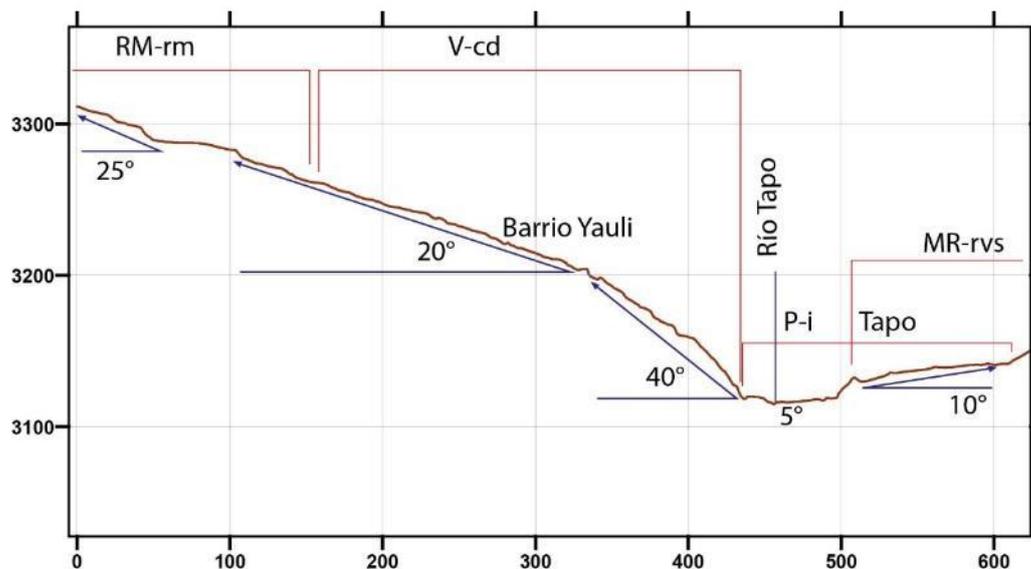


Figura 06. Perfil A-B', muestra la variación de pendientes en el área de inspección.

4.1. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (mapa 3-anexo 1), 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).

4.1.1. 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 (Villota, 2005).

El promedio de subunidades geomorfológicas en el área de inspección se muestra en la figura 7.

Subunidad de montañas en roca intrusiva (RM-rm):

La montaña de roca metamórfica en la zona exhibe características geomorfológicas distintivas. La topografía montañosa se caracteriza por la presencia de elevaciones pronunciadas y formas escarpadas, típicas de las rocas metamórficas que han experimentado procesos geológicos complejos a lo largo del tiempo. En la margen izquierda del río Tapo, la disgregación de estas rocas metamórficas ha dado origen a depósitos residuales de limo y arcilla con pendientes variables. La combinación de la composición de las rocas madre y la acción de los procesos erosivos ha generado depósitos coluvio-deluviales a lo largo de las pendientes, dando lugar a una topografía con cambios de pendiente notables aunados a los cortes de ladera para la construcción de viviendas.

Subunidad de montañas en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs):

La montaña en la margen derecha del río Tapo, compuesta por rocas volcano sedimentarias, exhibe una configuración geomorfológica singular. La topografía de la montaña se caracteriza por pendientes promedio de aproximadamente 10°. La montaña presenta elevaciones marcadas y relieves suaves, lo que refleja la naturaleza sedimentaria de las rocas que la componen. La disposición estratigráfica de los depósitos sedimentarios se refleja en la estructura de la montaña, con capas visibles. La presencia de estas rocas volcano

sedimentarias también puede influir en la resistencia del suelo y su capacidad para retener agua, aspectos clave en la dinámica de la geomorfología local.

La combinación de la pendiente moderada y la composición específica de estas rocas pueden influir en la estabilidad del terreno.

4.1.2. Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tienen:

Vertiente con depósito coluvio-deluvial (V-cd): Estos depósitos coluvio-deluviales, compuestos principalmente por limo y arcilla, poseen características de pendientes variables que van desde moderadas hasta abruptas en la margen izquierda del río. La presencia de estos materiales sueltos, combinada con las variaciones topográficas, crea condiciones propicias para la generación de deslizamientos. La influencia de la pendiente en los depósitos detríticos modula la estabilidad del terreno, afectando la capacidad de retención de agua y aumentando la susceptibilidad a movimientos de masa, especialmente durante eventos pluviales intensos. Así, la geomorfología de la montaña de roca metamórfica con la cobertura detrítica contribuye de manera significativa a la dinámica del terreno y a la generación de deslizamientos en el esta ladera.

Llanura de inundación (P-i): Las planicies de inundación en la margen derecha del río Tapo presentan una configuración geomorfológica distintiva, caracterizada por terrazas aluviales y bajas. La pendiente promedio en esta región es de aproximadamente 5°, creando un terreno relativamente suave y propicio para la acumulación de sedimentos aluviales. La pendiente ascendente en la margen derecha es más gradual en comparación con la margen izquierda, donde la elevación del terreno se vuelve más pronunciada. Esta diferencia en la inclinación sugiere que los procesos geomorfológicos, como la deposición aluvial y la configuración del lecho del río, han contribuido a una mayor estabilidad en la margen derecha.

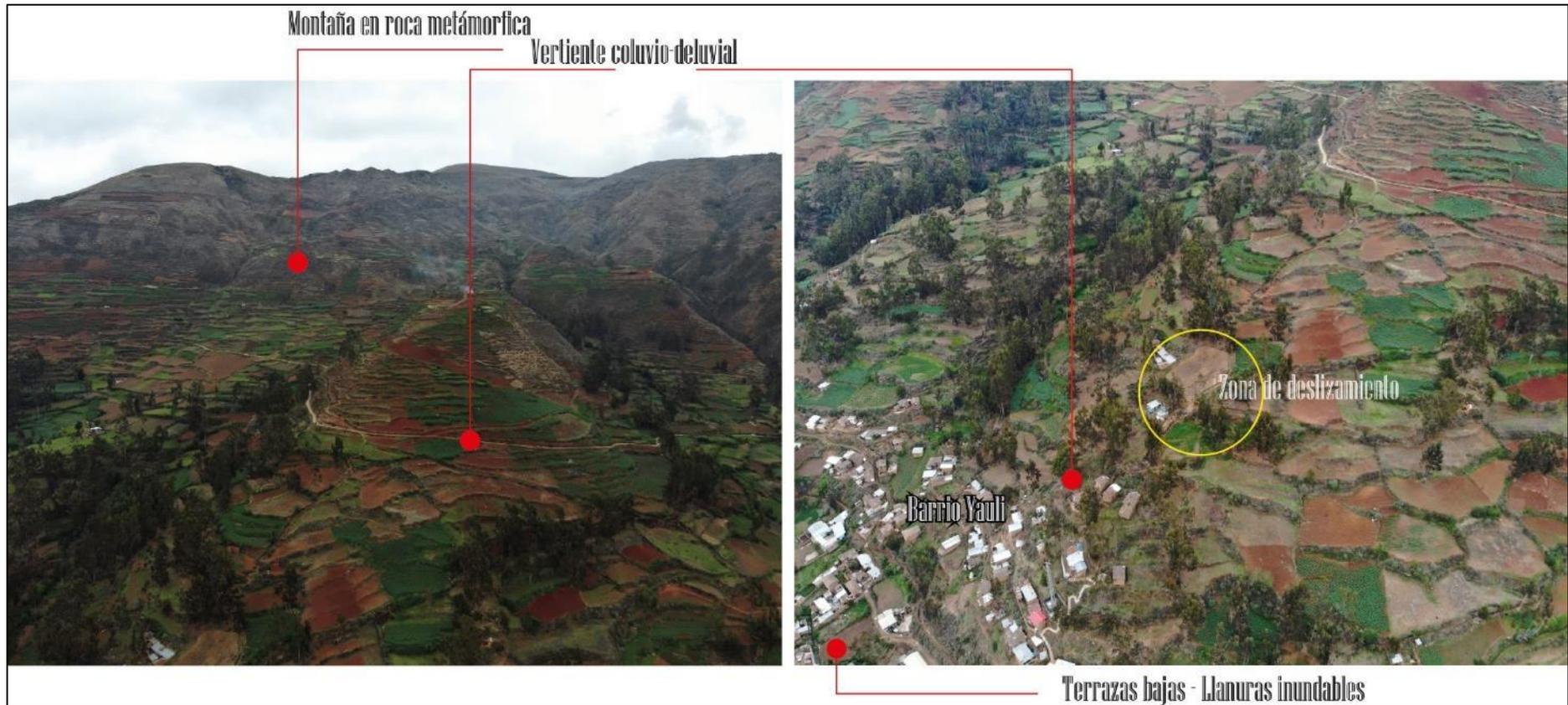


Figura 07. Perfil A-B', muestra la variación de pendientes en el área de inspección.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

EL peligro geológico identificado en la ladera este del cerro Julijasha, barrio Yauli corresponde a 01 deslizamiento rotacional.

La caracterización de peligros geológicos, se realizó en base a la información obtenida de trabajos en campo; donde se clasificaron los tipos de movimientos en masa, basados en la observación, descripción litológica y morfométrica in situ de los mismos, así como la toma de puntos GPS, medidas con distanciómetro láser, fotografías a nivel de terreno y fotografías aéreas que sirvieron para la elaboración de ortomosaicos y modelos digitales de superficie sobre los cuales se realizó el cartografiado.

La información digital obtenida (imágenes Google Earth 2013) comparada con las imágenes aéreas obtenidas a través de vuelos drone , permitieron identificar y caracterizar el área afectada por movimientos en masa.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

5.1.1. Deslizamiento de Tapo / Barrio Yauli

Se identificó 01 deslizamiento activo de carácter rotacional en la ladera este del cerro Julijasha (margen izquierda del río Tapo), sector denominado Barrio Yauli, si tomamos como referencia las imágenes multitemporales (fuente Google Earth) y la versión de los pobladores, podemos inferir que este se suscitó el 04 de abril del 2023

Para caracterizar los deslizamientos de Tapo, es necesario recordar que estos son procesos geológicos que evolucionaron de manera gradual a lo largo del tiempo. Así:

Se puede inferir que, en una etapa inicial, factores como la saturación del suelo debido a lluvias intensas aunadas al riego constante del terreno provocaron la pérdida de estabilidad de la ladera (2015-2020) y en el mes de marzo del 2023 se iniciaron movimientos extremadamente lentos pero constantes, con signos de agrietamientos y la deformación de la superficie en el sector (figura 8).

Las características del deslizamiento de tapo son (fotografías 5-8):

- La corona superior se encuentra en la cota: 3234 m s.n.m.
- Longitud del escarpe: 40 m.
- Salto del escarpe principal: 1.5 m.
- El pie de avance del deslizamiento se encuentra en la cota: 3318 m s.n.m.
- Diferencia entre la cota de la corona y pie de avance: 6 m
- Longitud del deslizamiento: 20 m.
- Ancho promedio del deslizamiento: 27 m.
- Área del deslizamiento: 463 m².
- Volumen estimado: 1400 m³.

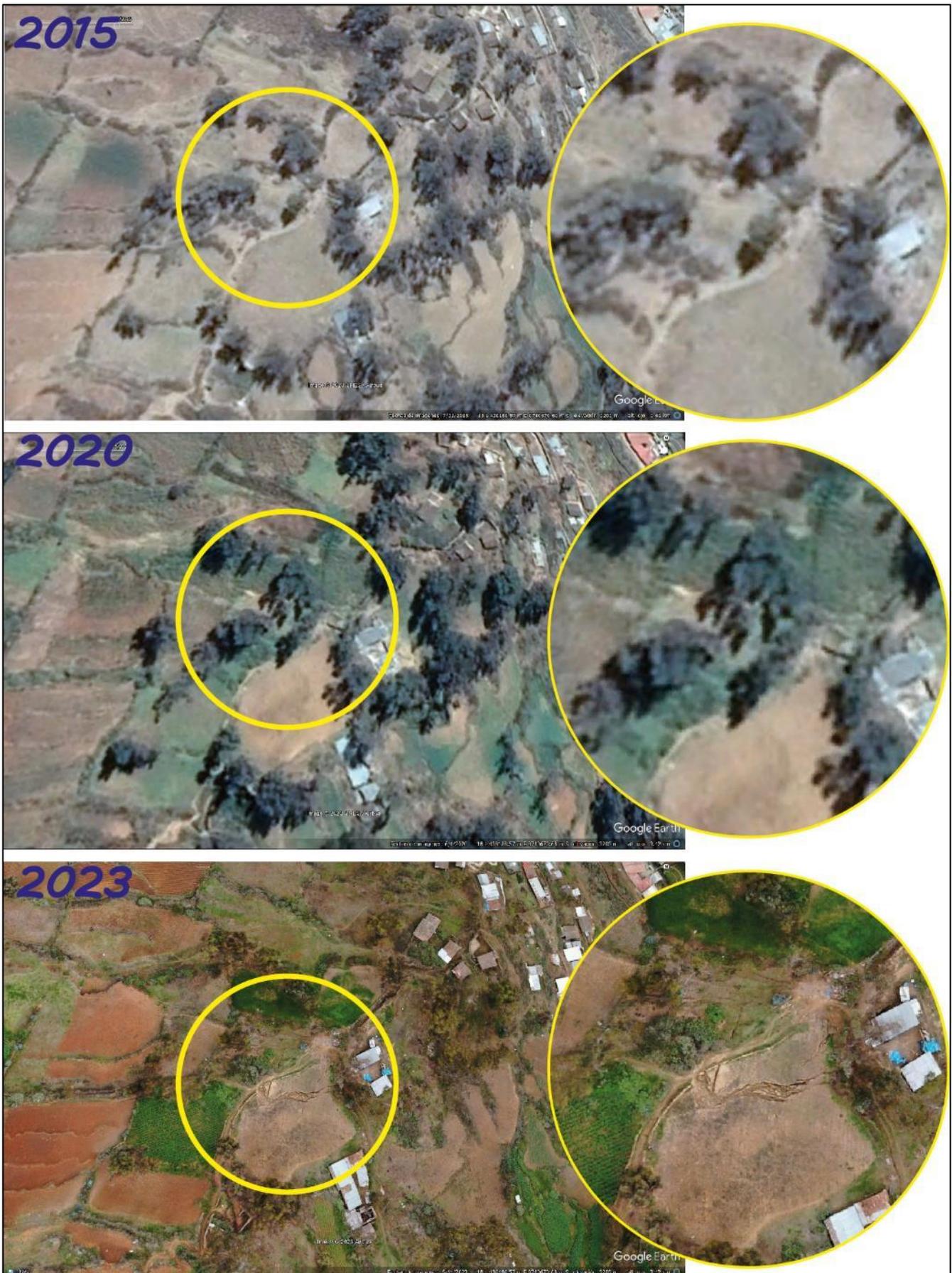


Figura 8. Evolución temporal de los movimientos en masa en la ladera este del cerro Julijasha margen izquierda del río Tapo (Barrio Yauli.)

La interpretación de los perfiles A, B, C, D, y E, separados por una distancia de 5 metros, junto con las áreas mostradas en las figuras 9 y 10, revela una configuración geomorfológica impactada por un deslizamiento. La escarpa asociada a este evento presenta una altura inicial de 1.5 metros al oeste, disminuyendo progresivamente hasta alcanzar 30 cm en la parte este. El desplazamiento ocurrió en una dirección preferente de sur a norte, generando grietas tensionales notables con longitudes de hasta 4 metros, aperturas de 40 cm y profundidades de 1 metro (figuras 9 y 10).

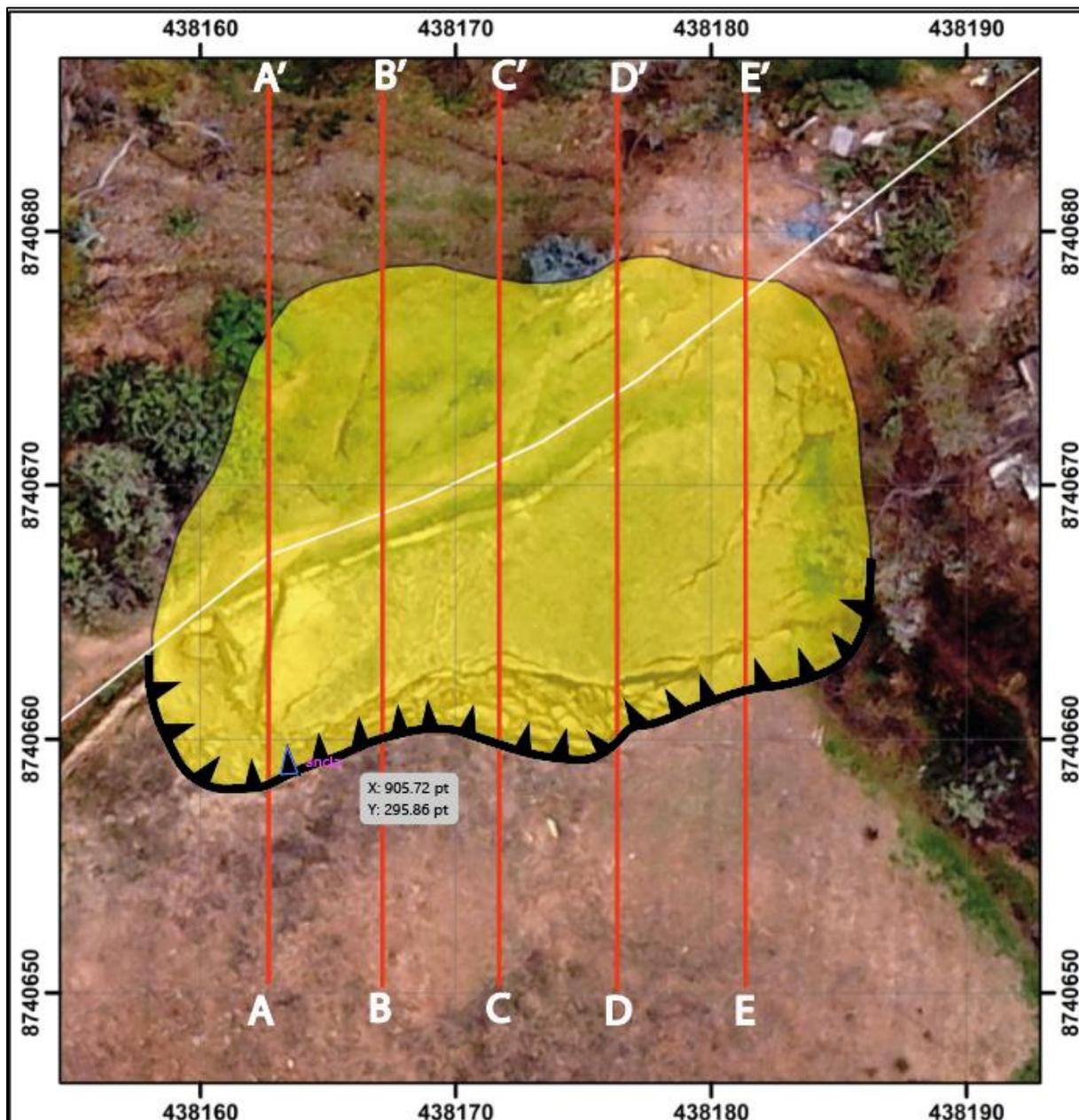


Figura 9. Evolución temporal de los movimientos en masa en la ladera este del cerro Julijasha margen izquierda del río Tapo (Barrio Yauli.)

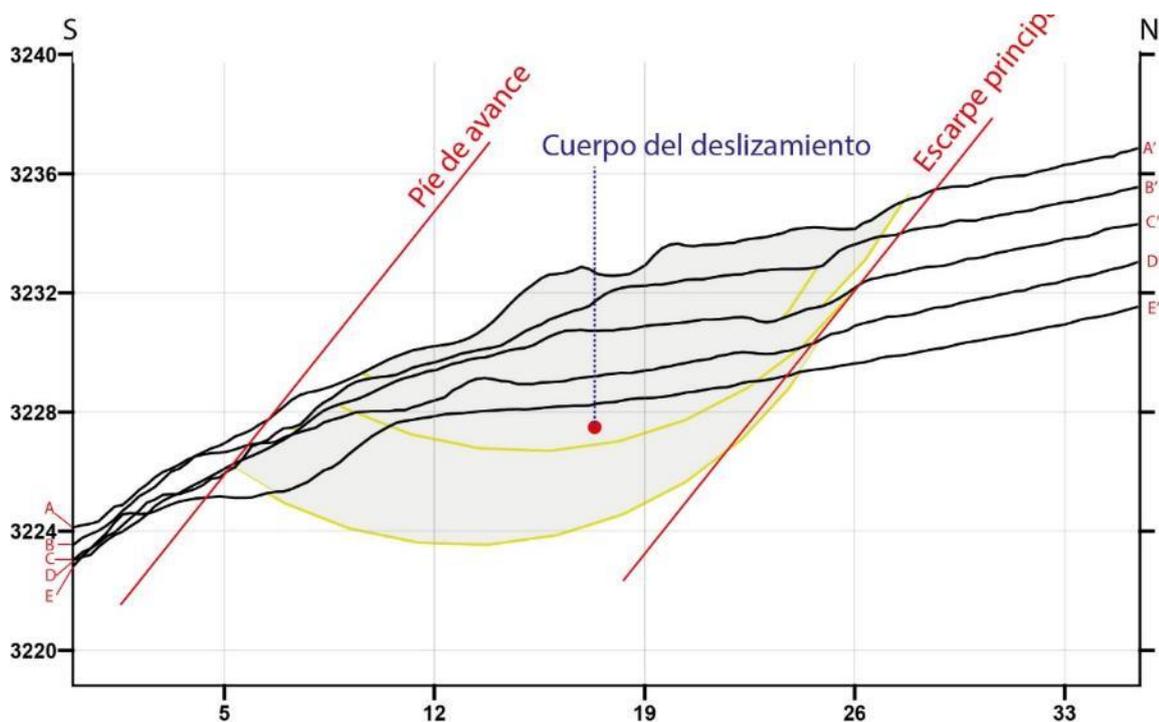


Figura 10. Interpolación de los perfiles A, B, C, D, E, para la estimación volumétrica.

El desencadenante de este deslizamiento se atribuye a la saturación del agua, proveniente de manantiales en la parte alta de la ladera, que infiltró los depósitos detríticos coluvio-deluviales. Estos depósitos, caracterizados por su composición arcillosa, presentan propiedades geotécnicas que aumentan significativamente la probabilidad de deslizamientos. La arcilla, al retener agua y volverse más plástica cuando está saturada, debilita la cohesión del suelo, facilitando los movimientos de masa.

La combinación de la topografía, la saturación del agua y las propiedades arcillosas de los depósitos coluvio-deluviales ha creado condiciones propicias para el deslizamiento observado. Esta interpretación destaca la importancia de considerar factores geológicos e hidrológicos al evaluar próximamente la estabilidad general del barrio Yauli.



Fotografía 5. Escarpa principal del deslizamiento de Tapo/Barrio Yauli.

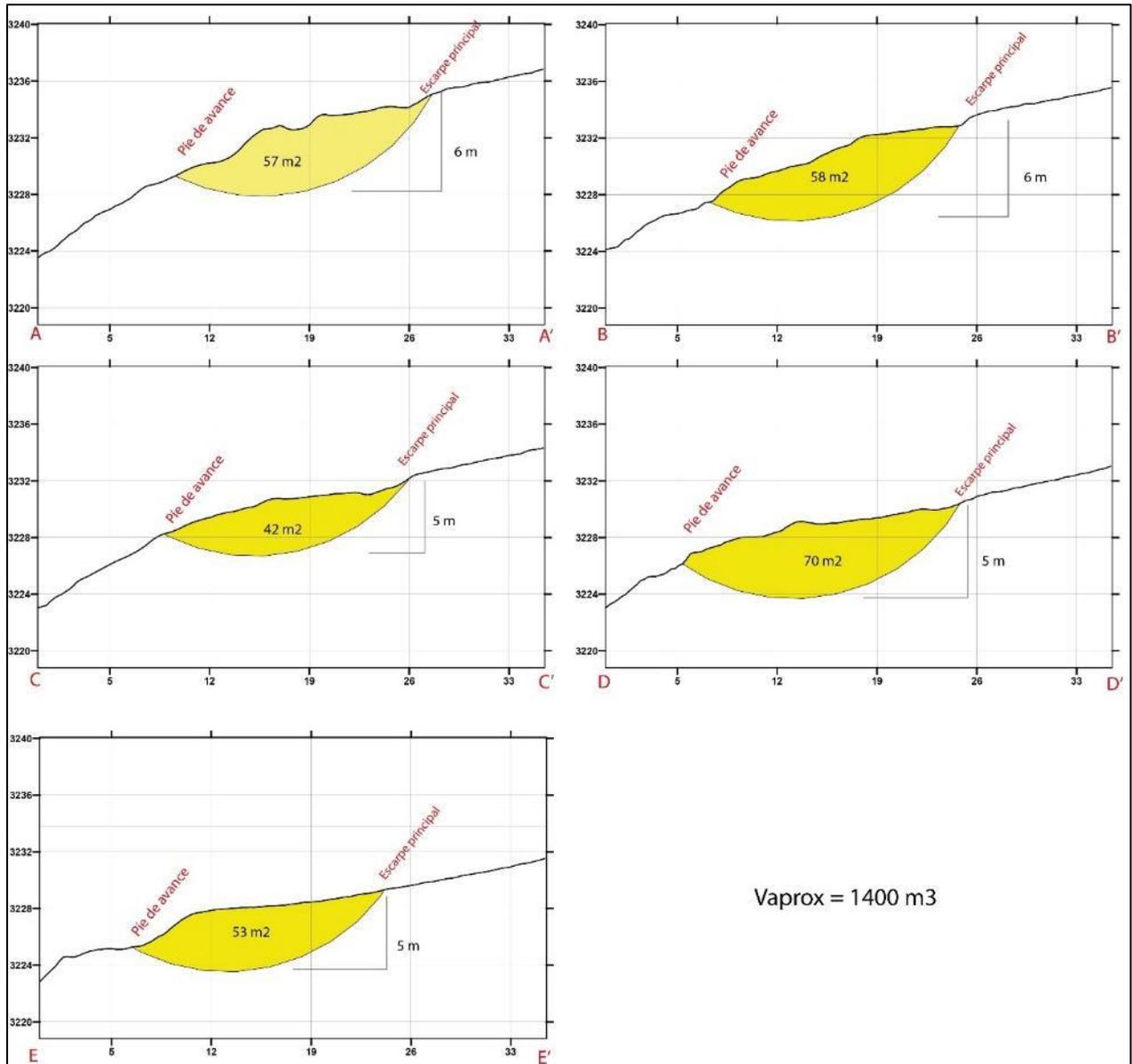


Figura 10. Corte del perfil mostrados en la figura 9.



Fotografía 6. Agrietamientos cercanos a la escarpa principal de deslizamiento.



Fotografía 7. Frente de avance del deslizamiento de Tapo/ Barrio Yauli.



Fotografía 8. Agrietamientos en la parte más distante a la escarpa principal de deslizamiento.

5.1. Viviendas expuestas

Existen dos viviendas cercanas al área de deslizamiento ubicados en las coordenadas de la tabla siguiente (figura 11):

Tabla 4: ubicación de las viviendas cercanas al deslizamiento.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Sur	Latitud	Longitud
1	438194.00 m E	8740624.00 m S	-11.391928°	-75.566515°
2	438199.00 m E	8740662.00 m S	-11.391584°	-75.566468°

La proximidad estas dos viviendas al deslizamiento puede hacerlas vulnerables a los efectos del evento. En el caso de la vivienda ubicada al sur del deslizamiento (2), a la altura del evento, existe el peligro de que la inclinación del terreno y la posibilidad de que movimientos adicionales afecten la estabilidad estructural de la vivienda. La presión lateral generada por el deslizamiento puede influir en los cimientos de adobe y estructuras, aumentando el riesgo de daños significativos.

La vivienda ubicada debajo del frente de avance, a solo 4 m del evento, está en una posición más cercana y, por lo tanto, está más expuesta a los impactos directos del deslizamiento. La posibilidad de que material suelto, rocas o escombros alcancen esta vivienda es considerable, aumentando el peligro de daños materiales e incluso representando una amenaza para la seguridad de los ocupantes.

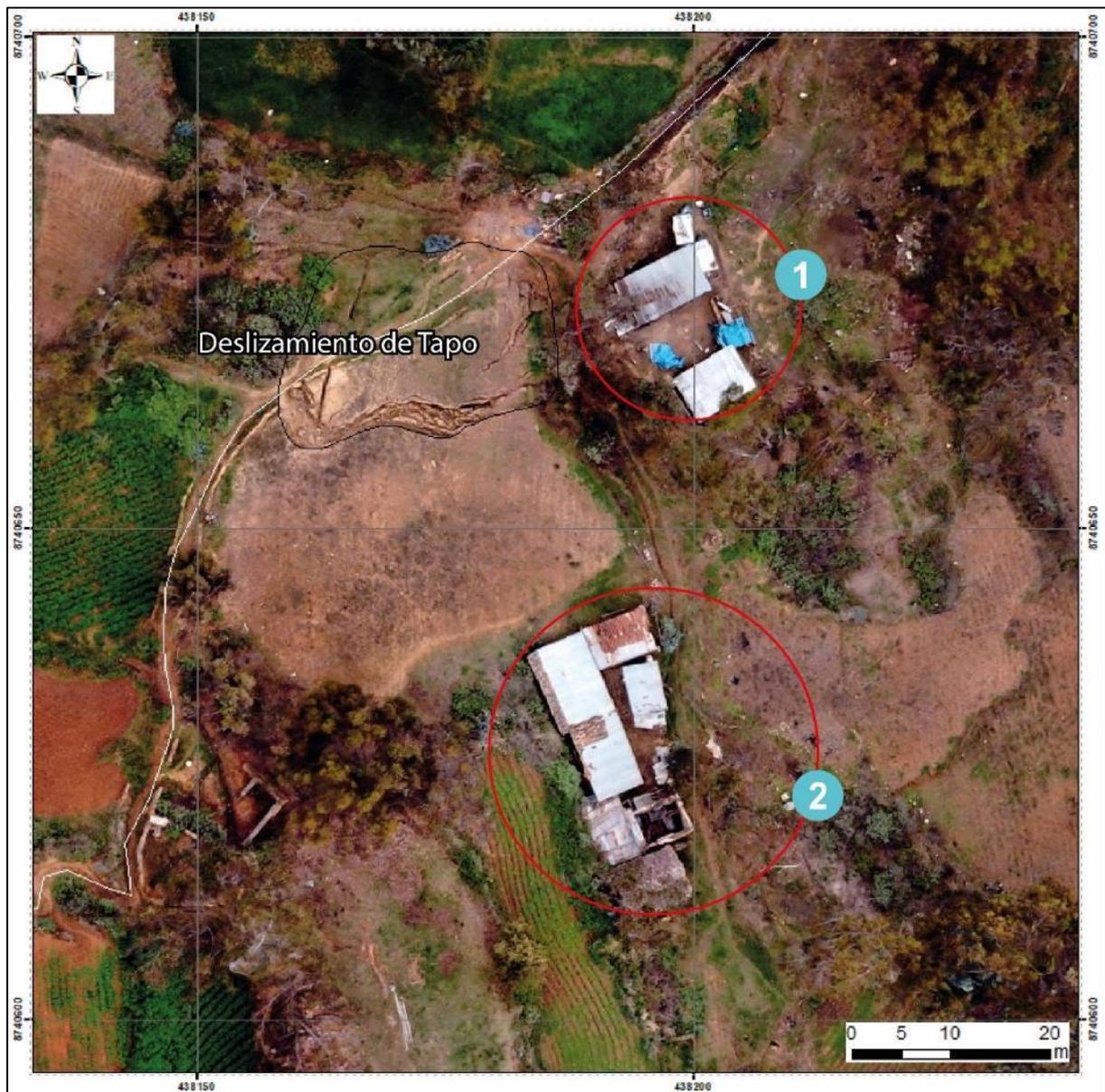


Figura 11. Viviendas cercanas al deslizamiento de Tapo.

En ambos casos, se recomienda una evaluación detallada de la estabilidad del terreno, la integridad estructural de las viviendas y la implementación de medidas de mitigación, como sistemas de drenaje, barreras protectoras o, en casos extremos, la consideración de la reubicación de las viviendas para reducir el riesgo de daños.

Es fundamental tener presente que la ladera este del cerro Julijasha presenta una pendiente notablemente pronunciada, lo que, sumado al peligro por deslizamiento existente en la parte alta de la ladera y a la presencia de manantiales que saturan el terreno, eleva el potencial de desestabilización de la misma. La combinación de cortes de talud y vertidos de aguas puede generar condiciones propicias para deslizamientos y derrumbes. La interacción de estos factores geomorfológicos subraya la importancia de implementar medidas preventivas y estrategias de gestión de riesgos para salvaguardar la seguridad y la integridad del barrio Yauli (fotografías 9-12).



Fotografía 9. Se observa el material detrítico de deslizamiento sobre el corte de talud de la vivienda 2.



Fotografía 10. Corte de ladera muestra material detrítico en la ladera por debajo de la zona deslizamiento - vivienda 2.



Fotografía 11 Muestra cortes de ladera para construcción de viviendas y caminos vecinales.



Fotografía 12 Parte baja del barrio Yauli muestra la pendiente pronunciada de la ladera y la construcción de viviendas realizando cortes de talud sin control técnico.

5.2. Evaluación de área propuesta para reubicación.

Ha solicitud de la municipalidad distrital de Tapo se realizó la inspección de un área propuesta para reubicación del barrio Yauli, cuyas coordenadas se enmarcan en la tabla siguiente y figura 12:

Tabla 5: Vértices del área de inspección.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Sur	Latitud	Longitud
1	438528.00 m E	8741780.00 m S	-11.381480°	-75.563433°
2	438556.00 m E	8741857.00 m S	-11.380784°	-75.563175°
3	438612.00 m E	8741947.00 m S	-11.379971°	-75.562660°
4	438647.00 m E	8742047.00 m S	-11.379067°	-75.562338°
5	438594.00 m E	8742063.00 m S	-11.378922°	-75.562823°
6	438585.00 m E	8742010.00 m S	-11.379401°	-75.562906°
7	438555.00 m E	438555.00 m E	-11.379798°	-75.563182°
8	438486.00 m E	8741933.00 m S	-11.380095°	-75.563815°
9	438491.00 m E	8741898.00 m S	-11.380412°	-75.563770°
10	438501.00 m E	8741826.00 m S	-11.381063°	-75.563680°

El área propuesta para la reubicación, que abarca 1.88 hectáreas, se **considera No Apta** debido a su composición predominante de material detrítico coluvio-deluvial con bloques grandes. La presencia de estos bloques grandes contribuye significativamente a la inestabilidad de la ladera por varias razones.

- En primer lugar, la presencia de bloques grandes en el material coluvio-deluvial incrementa la heterogeneidad y la falta de cohesión en el suelo, disminuyendo la resistencia del terreno a los movimientos de masa.
- Adicionalmente, la pendiente promedio de 40° en la zona amplifica la vulnerabilidad a deslizamientos, ya que las pendientes pronunciadas aumentan la carga gravitacional sobre el suelo, especialmente cuando este suelo está compuesto por material detrítico.



Figura 12. Área de inspección, propuesta por la Municipalidad distrital de Tapo.

- El uso de la ladera como área de relleno añade un componente adicional de peligro, ya que la alteración del terreno original y la carga adicional impuesta por el material pueden debilitar la estabilidad del suelo. La alteración de la ladera puede comprometer la capacidad de drenaje natural, incrementando la saturación del suelo y, por ende, elevando la probabilidad de deslizamientos.

En conjunto, la combinación de material detrítico coluvio-deluvial con bloques grandes, pendiente pronunciada, y el **uso de la ladera como área de relleno** crea condiciones altamente propicias para la inestabilidad del terreno. Esto resalta la importancia crítica de considerar cuidadosamente la geología y geomorfología del sitio al planificar la reubicación y la construcción de infraestructuras, recomendando buscar alternativas más seguras y sostenibles para el barrio Yauli.



Fotografía 13. Muestra el área evaluada propuesta por la Municipalidad de Tapo, con pendiente pronunciada y bloques de relleno.



Fotografía 14. material coluvio-deluvial que compone las laderas del terreno propuesta por la Municipalidad de Tapo.

5.3. Factores condicionantes

Factor geomorfológico y de relieve

- La ladera de pendiente alta (25°- 45°) proporciona un entorno propicio para la ocurrencia de movimientos en masa en el barrio Yauli. La fuerza gravitatoria influye en una pendiente empinada, aumenta la posibilidad de deslizamientos, y mayor velocidad y por ende el poder erosivo de aguas de escorrentía. La carga adicional proveniente de la erosión de la ladera y la acumulación de agua en el suelo también pueden aumentar la presión interna y debilitar la estabilidad del depósito (vertiente coluvio-deluvial), favoreciendo la ocurrencia de movimientos en masa.

Factor litológico

- En el área evaluada, se presenta un substrato rocoso metamórfico (Complejo Marañón) conformado por esquistos con alto grado de fracturamiento y meteorización, que generan suelos residuales de fácil erosión, que se entreveran con depósitos de deslizamientos antiguos y materiales detríticos.
- Los suelos sueltos poco a nulamente cohesionados, como las arcillas expansivas y los limos sueltos, con presencia de bloques (depósito coluvio-deluviales) donde se ha producido el deslizamiento de Tapo/barrio Yauli, son particularmente propensos a deslizamientos o derrumbes futuros.
- La presencia de bloques de esquistos dentro del depósito coluvio-deluvial, adosado a la ladera este del cerro Julijasha, introduce heterogeneidades en su estructura. Estos bloques son más rígidos y resistentes que la matriz circundante, lo que crea zonas de debilidad dentro del depósito. Cuando se aplican fuerzas externas, como la presión del agua infiltrada o el peso adicional de la vegetación, estas zonas de debilidad pueden romperse y provocar el deslizamiento o el colapso de todo el depósito.

Factor Hidrológico

- En la ladera este del cerro Julijasha, caracterizada por su pendiente pronunciada, las aguas pluviales pueden canalizarse de manera drástica, incrementando la probabilidad de deslizamientos. La topografía empinada facilita el rápido escurrimiento de las aguas de lluvia a lo largo de la ladera. Durante eventos pluviales intensos, el agua tiende a seguir los caminos más inclinados y puede concentrarse en ciertas áreas, generando canales de escurrimiento que actúan como vías de drenaje natural.
- La canalización de las aguas pluviales puede provocar varios problemas. En primer lugar, la velocidad y la concentración del flujo aumentan, lo que puede resultar en la erosión del suelo a lo largo de los canales formados. Esta erosión expone bloques de rocas y fragmentos del suelo, debilitando la cohesión del terreno y aumentando la susceptibilidad a deslizamientos.
- Además, la acumulación de agua en ciertas áreas de la ladera puede saturar el suelo, incrementando la presión hidráulica en la base de la pendiente. Este

aumento en la presión del agua puede reducir la resistencia del suelo y desencadenar movimientos de masa, especialmente en terrenos coluvio-deluviales, que son propensos a deslizamientos.

- La presencia de manantiales en la ladera aumenta la probabilidad de deslizamientos al saturar el suelo, reducir la cohesión entre partículas y agregar presión hidráulica al terreno. Estos manantiales también contribuyen a la erosión del suelo, formación de canales de drenaje e infiltración, debilitando áreas específicas y creando condiciones propicias para movimientos de masa. La gestión de aguas, sistemas de drenaje y prácticas de conservación del suelo son cruciales para mitigar estos peligros y prevenir deslizamientos en estas áreas.

Los manantes se identificaron en las siguientes coordenadas (fotografía 15 y 16)

MANANTE 1: 438151 m E, 8740610 m S

MANANTE 2: 438143 m E, 8740612 m S



Fotografía 15. Manante 1 de agua (ojo de agua) en la ladera este del cerro Julijasha.



Fotografía 16. Manante 2 de agua (ojo de agua) en la ladera este del cerro Julijasha.

Factor Antrópico

- Los cortes de talud pueden desencadenar la inestabilidad de la ladera. Al realizar un corte, se altera la geometría natural de la ladera (que busca su estabilización natural), redistribuyendo tensiones internas y posiblemente concentrando esfuerzos en áreas susceptibles; lo mencionado, junto con cambios en la topografía y la vegetación, puede modificar el flujo de agua y la infiltración en el suelo, aumentando la saturación y debilitando la resistencia a un deslizamiento.
- El riego constante en la zona (riego por aspersión e inundación) no sistematizado ni controlado aumenta la saturación del terreno.

5.4. Factores desencadenantes

- Las precipitaciones abundantes y prolongadas pueden saturar el suelo y aumentar la presión del agua en la ladera. Esto reduce la resistencia del suelo y aumenta la posibilidad de deslizamientos. El agua también puede infiltrarse por las grietas que presenta el terreno, de esta manera debilita la cohesión del material y facilita la generación del movimiento.
Las lluvias que se presentaron en marzo del 2023, desencadenaron la activación del deslizamiento.
- Las fluctuaciones en el contenido de humedad del suelo (por incrementos de riego y/o infiltración de ojos de aguas) puede llevar a un rápido cambio de condiciones y una mayor inestabilidad del suelo. Cabe resaltar que las precipitaciones en el mes de marzo del 2023 fueron las más altas del año.

- Actividad sísmica: Los sismos pueden desencadenar deslizamientos en la ladera. Las ondas sísmicas pueden causar la ruptura de la cohesión de los materiales.

Es importante destacar que estos factores pueden interactuar entre sí, creando un efecto sinérgico y aumentando la posibilidad de movimientos en masa en la ladera inestable de alta pendiente.

La población actual ha implementado medidas para mitigar el peligro que representa el deslizamiento de Tapo/barrio Yauli al generar un canal que desvía las aguas de los manantiales. A través de la instalación provisional y artesanal de una manguera de agua, están desviando eficazmente el flujo fuera de la zona propensa a deslizamientos. Esta iniciativa ha demostrado ser efectiva en estabilizar las masas del terreno al reducir la saturación del suelo y controlar el flujo de agua, contribuyendo así a la seguridad y estabilidad de la ladera. Sin embargo, es importante evaluar la sostenibilidad y la necesidad de medidas a largo plazo para garantizar la estabilidad continua de la zona.



Fotografía 17 Muestra las medidas provisionales para desviar el agua de los manantes fuera de la zona de deslizamiento.

6. CONCLUSIONES

1. La última reactivación del deslizamiento en el barrio Yauli el 3 de abril de 2023 coincidió con una precipitación máxima de 44.5 mm registrada el 16 de marzo del mismo año. Los datos muestran patrones de lluvia y calma entre enero y junio, indicando una estacionalidad en las precipitaciones. Con temperaturas anuales entre 2° y 17°C y una humedad promedio del 20%, el terreno parece ser vulnerable a eventos de lluvia intensa.
2. La presencia de rocas metamórficas, específicamente esquistos micáceos poco resistentes, fragmentadas y con aberturas cercanas entre sí, aumenta la susceptibilidad geomecánica del terreno. La alta meteorización de estas rocas, con más del 50% desintegrado a suelo, crea condiciones propicias para la inestabilidad del suelo. Este conjunto de características, que incluye la fragilidad de las rocas y su alto grado de desintegración, sugiere una mayor susceptibilidad de deslizamientos en la zona.
3. En el depósito coluvio-deluvial compuesto por bloques de gravas y guijarros envueltos en una matriz limo arcilloso, se identifican propiedades geotécnicas cualitativas que aumentan la susceptibilidad a deslizamientos. La presencia de arcilla, caracterizada por su finura y alta plasticidad, le confiere la capacidad única de retener agua y expandirse cuando se satura, especialmente durante episodios de lluvia intensa o saturación del suelo. La combinación de la naturaleza heterogénea de los clastos y la matriz arcillosa aumenta la inestabilidad del terreno.
4. Las variaciones significativas en las pendientes del terreno en el barrio Yauli indican un panorama topográfico diverso. Las zonas con pendientes pronunciadas, especialmente en la ladera oriental del cerro Julijasha y en la parte urbanizada, sugieren un mayor peligro de deslizamientos.
5. La identificación de un deslizamiento activo en la ladera este del cerro Julijasha en Tapo, Barrio Yauli, destaca la complejidad de este proceso geológico evolucionando gradualmente. La pérdida de estabilidad inicial entre 2015 y 2020, probablemente impulsada por la saturación del suelo debido a lluvias intensas y riego constante, condujo a un movimiento lento pero constante desde marzo de 2023, desencadenado violentamente en abril del mismo año, evidenciado por agrietamientos y deformaciones en la superficie. Las características del deslizamiento son un escarpe de 40 m, con un salto de 1.5 m y un volumen estimado de 1400 m³, esto subraya la magnitud del fenómeno y resaltan la necesidad de medidas preventivas ante el peligro en la zona.
6. El área propuesta para la reubicación, que abarca 1.88 hectáreas, se considera **No Apto** debido a su composición predominante de material detrítico coluvio-deluvial, laderas con pendiente pronunciada y el uso actual del terreno para colectar materiales de relleno.
7. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en la ladera este del cerro Julijasha, barrio Yauli, se considera a este de **Peligro Alto** ante afectaciones por movimientos en masa, especialmente deslizamientos.


ING. SEGUNDO NUÑEZ JUÁREZ


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. RECOMENDACIONES

A corto plazo

Medidas No Estructurales:

- Realizar un EVAR en el barrio Yauli para determinar el nivel de riesgo del mismo.
- Implementar un sistema de alerta temprana basado en pronósticos meteorológicos para advertir a la población sobre eventos de lluvia intensa.
- Establecer protocolos de evacuación y refugio para la comunidad en caso de condiciones climáticas adversas. Específicamente para las dos viviendas cercanas al área de deslizamiento.
- Conducir campañas educativas para aumentar la conciencia de la población sobre la peligrosidad de deslizamientos y la importancia de seguir las indicaciones de evacuación.

Medidas Estructurales

- Realizar evaluaciones geotécnicas detalladas para identificar áreas de peligro inmediato y establecer medidas de estabilización de emergencia.
- Implementar barreras de contención como muros de contención y sistemas de drenaje en las áreas más vulnerables, estos pueden ser mampostería o enrocado, los canales pueden ser zanjas abiertas y revestidas de arcilla o geomembranas que conduzcan las aguas de manantiales y pluviales fuera de la ladera.
- Sellar las grietas tensionales del deslizamiento de Tapo/barrio Yauli, con arcillas para evitar la infiltración de aguas de lluvia, esto debe estar acompañado con la creación de drenajes.

A Largo Plazo:

Medidas No Estructurales:

- Desarrollar y promover prácticas de gestión del agua, como la regulación del riego usando métodos sostenibles como riego por goteo.
- Fomentar la participación comunitaria en la planificación del uso del suelo y la toma de decisiones relacionadas con la prevención de deslizamientos.
- Nuevas infraestructuras (viviendas, calles y/o caminos) deberán contar con estudios geotécnicos para su realización, prohibiendo los cortes de talud sin supervisión.
- Reforestación de la ladera este del cerro Julijasha

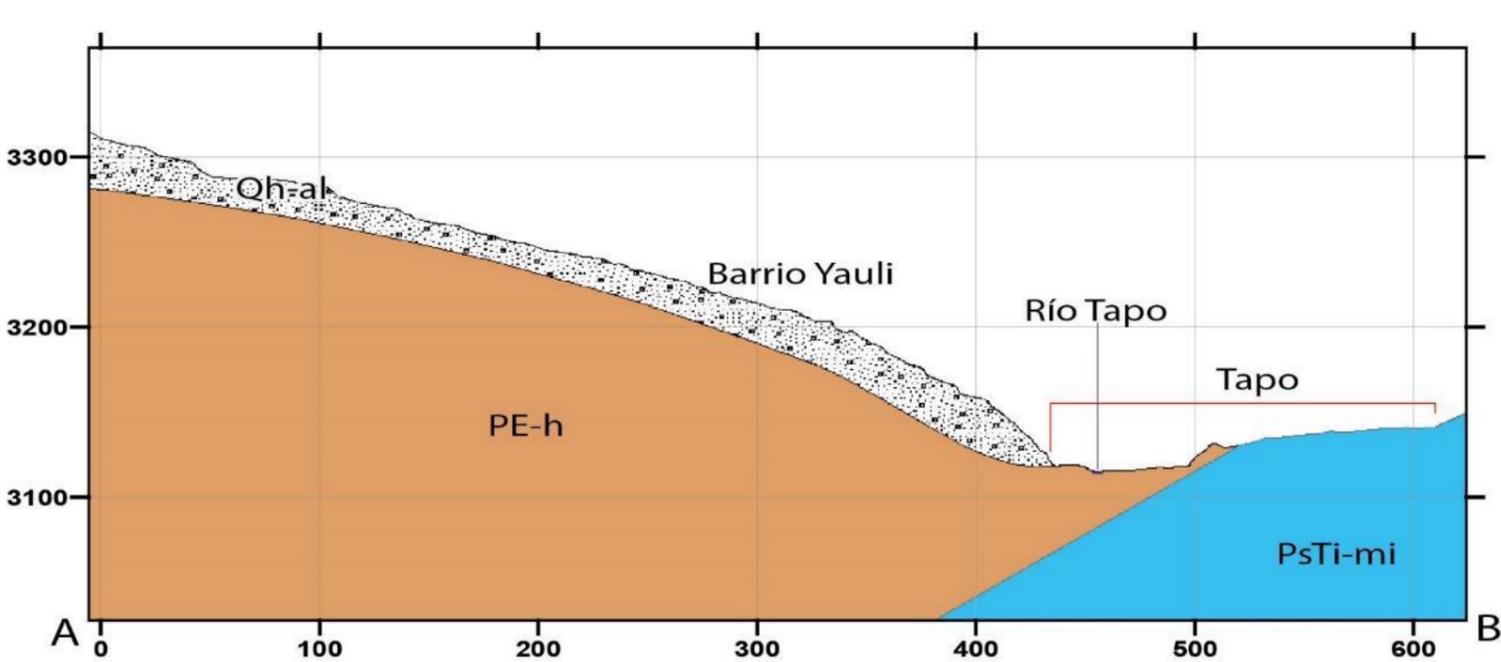
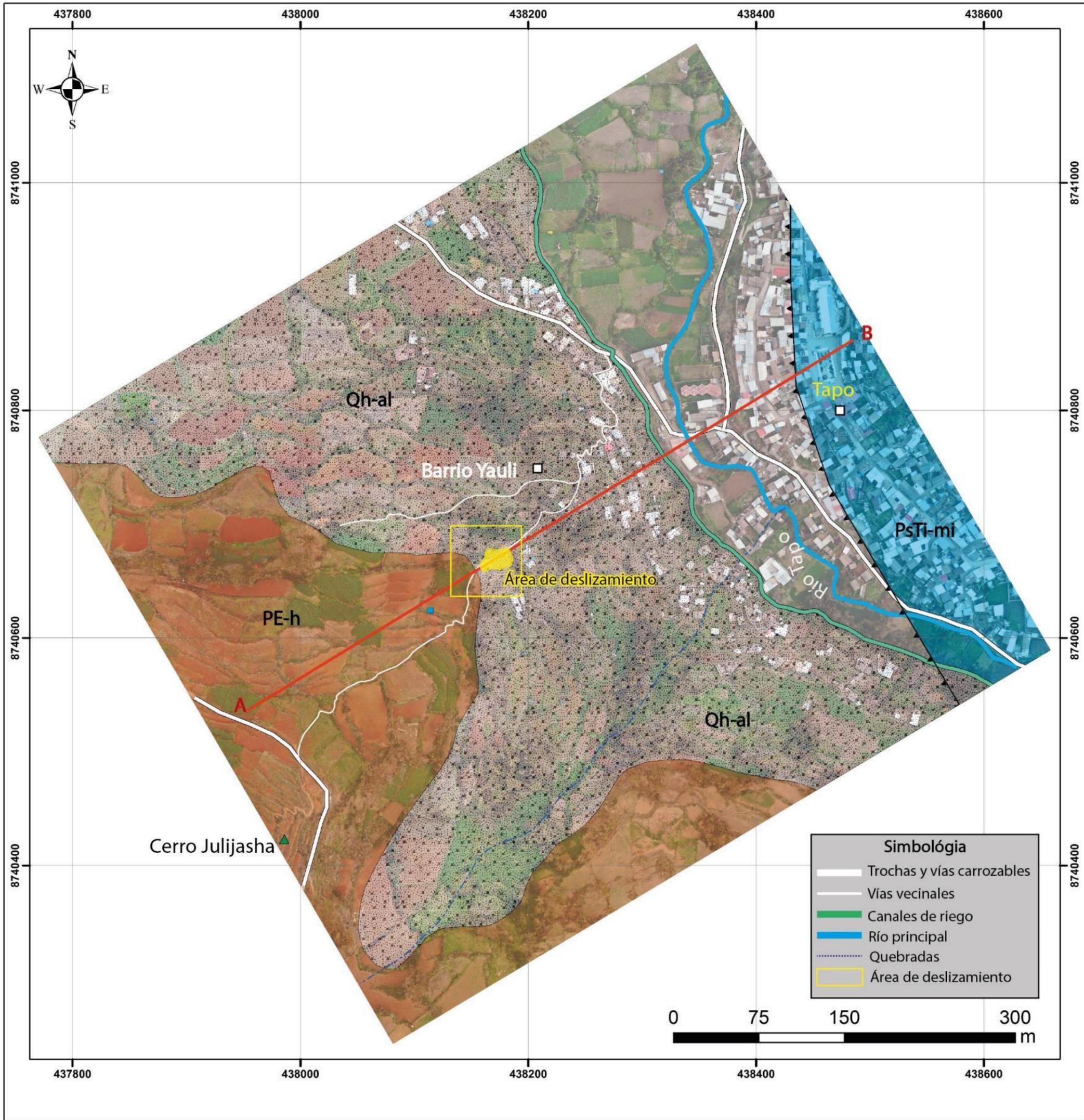
Medidas Estructurales a Largo Plazo:

- Diseñar y construir estructuras de retención y contención de suelos a lo largo de las laderas identificadas como de alto riesgo en el barrio Yauli.
- Realizar obras de ingeniería civil para mejorar la estabilidad del terreno, como la construcción de sistemas de drenaje y la implementación de técnicas de bioingeniería.
- Integrar consideraciones geotécnicas en los procesos de planificación urbana para evitar la construcción en áreas de alto peligro.

*Estas recomendaciones deben adaptarse a la situación específica y contar con la participación activa de la comunidad, técnicos y profesionales especialistas y las autoridades locales para garantizar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo.

8. 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, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- 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, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Junín. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 72, 222 p., 9 mapas.
- INDECI INFORME DE EMERGENCIA N° 254 - 6/3/2022 / COEN - INDECI / 23:20 HORAS (Informe N° 1)
- Mejía Fernández (1998) – Hidrología e hidráulica, manual para el control de la erosión Manizales Colombia 1998. P 111-112
- Monge, R.; León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Hojas: 21-m, 22-l, 22-m, 23-m. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 78, 183 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/201>
- 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>
- Torres, D.; Valdivia, W.; Ramos W. & Alván A. (2021) - Geología del cuadrángulo de Pallasca (hojas 17h2, 17h3). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 10, 44 p., 2 mapas <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3118>
- Valdivia y Latorre (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Abancay (28-q)- 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.



Leyenda	
Simbolología	Unidad
	Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd)
	Depósito aluvial (Qh-al)
	Grupo Mitu (PsTi-mi)
	Grupo Marañón (PE-h)

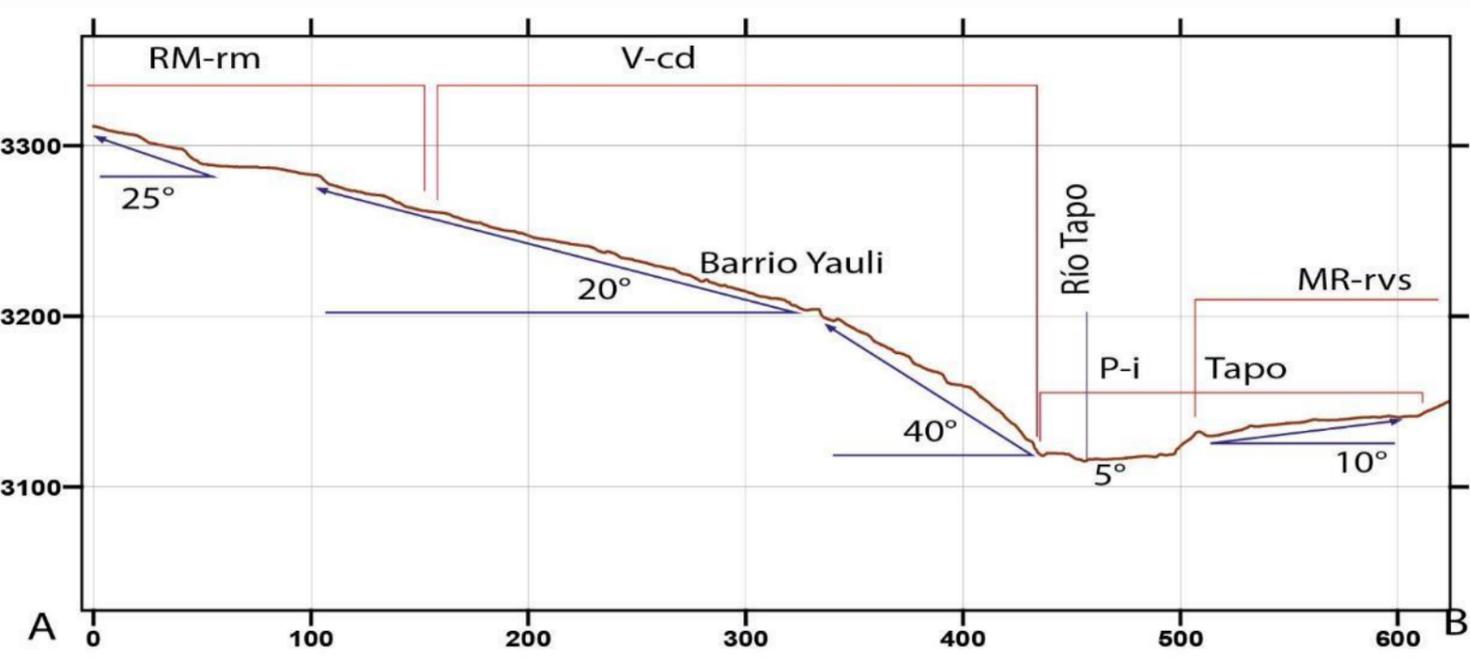
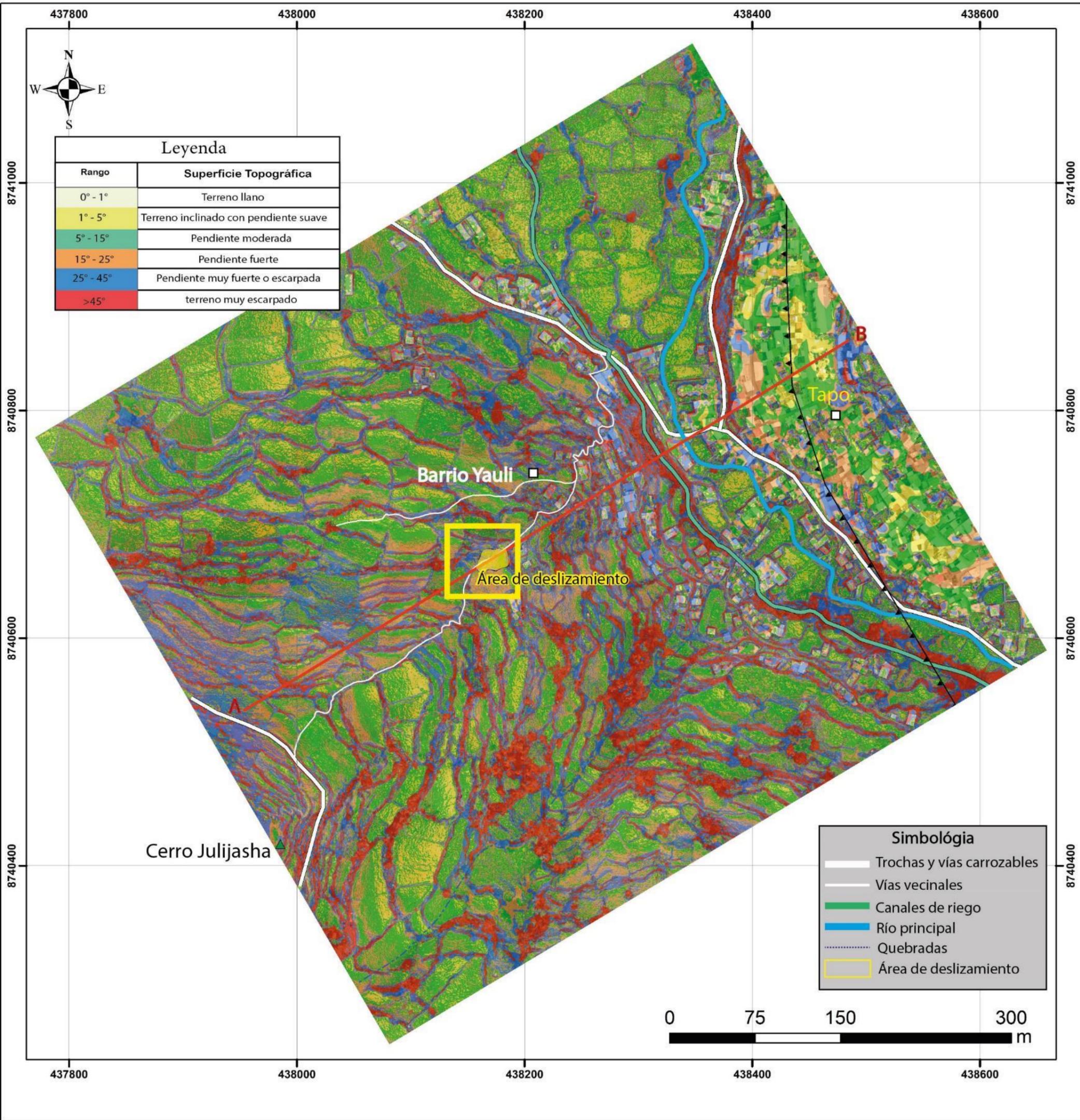
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA TARMA
 DISTRITO TAPO

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
 EN EL BARRIO YAULI / TAPO

Escala: 1/3500 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna **MAPA**
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 **01**
 Versión digital 2023 Impreso: 2023

* En base al modelo DTM Alti. Polim. 1:5.000 y topografía Topomart 2003

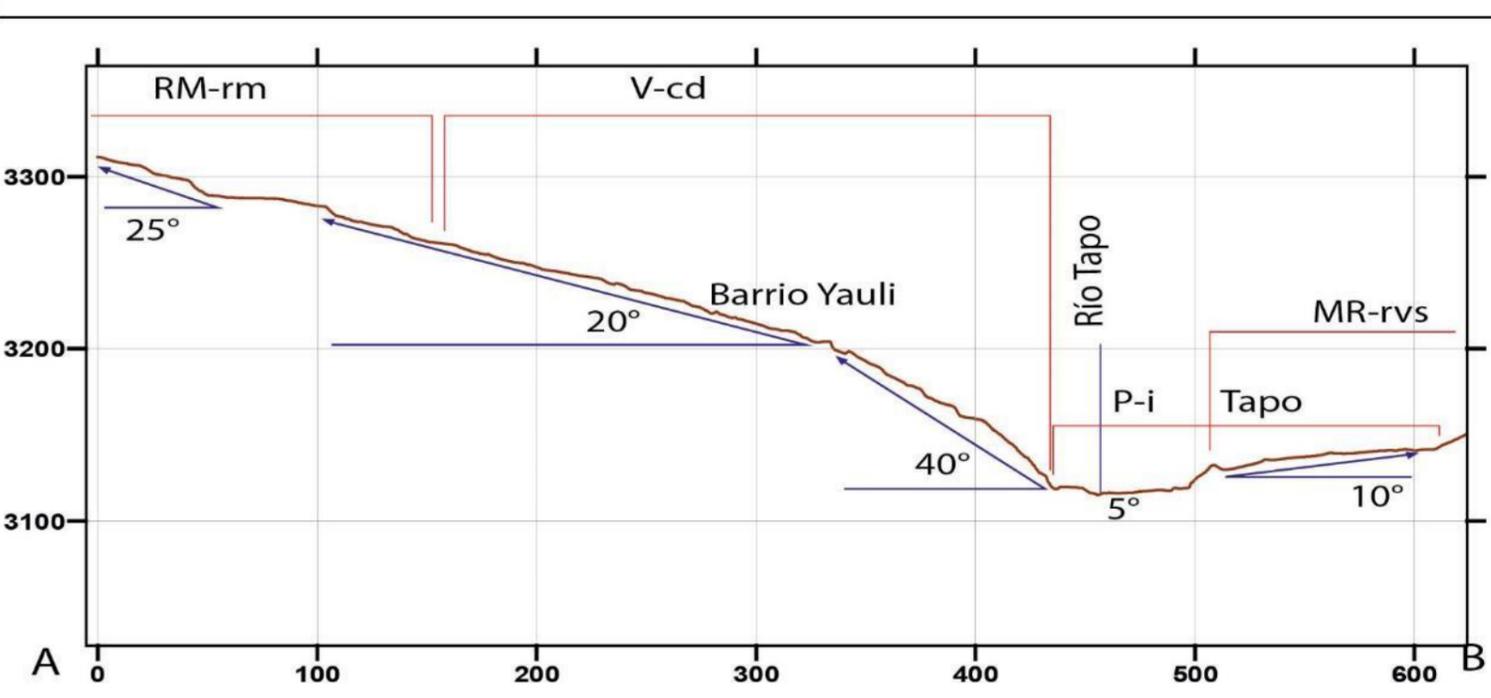
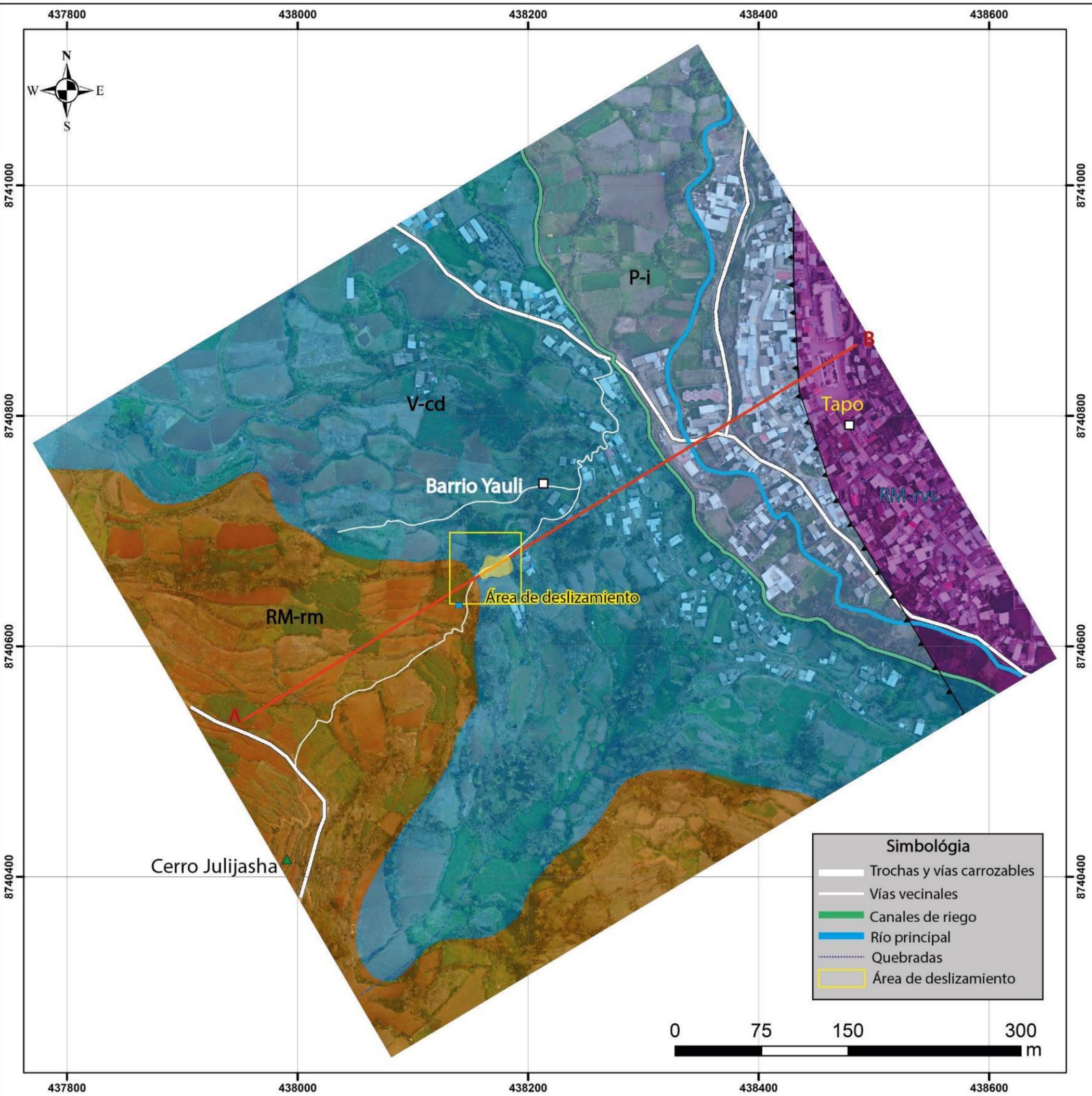


SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA TARMA
 DISTRITO TAPO
 PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL BARRIO YAULI
 TAPO

Escala: 1/6800 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2023 Impreso: 2023

MAPA
02

* Se basa en el modelo DEM Hill-Top con 10 m de resolución y fotogrametría Toposmart 2023



Leyenda

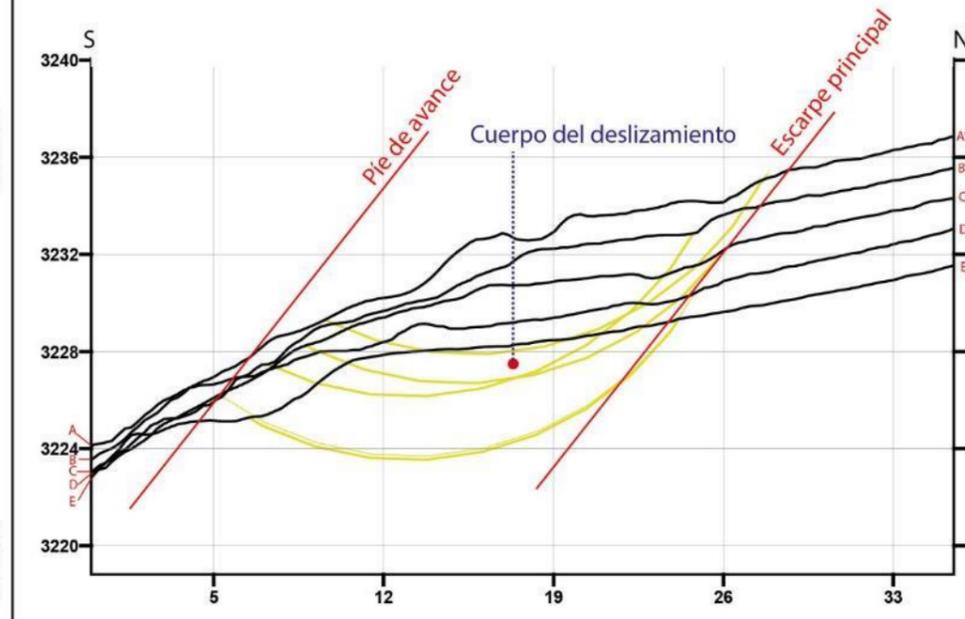
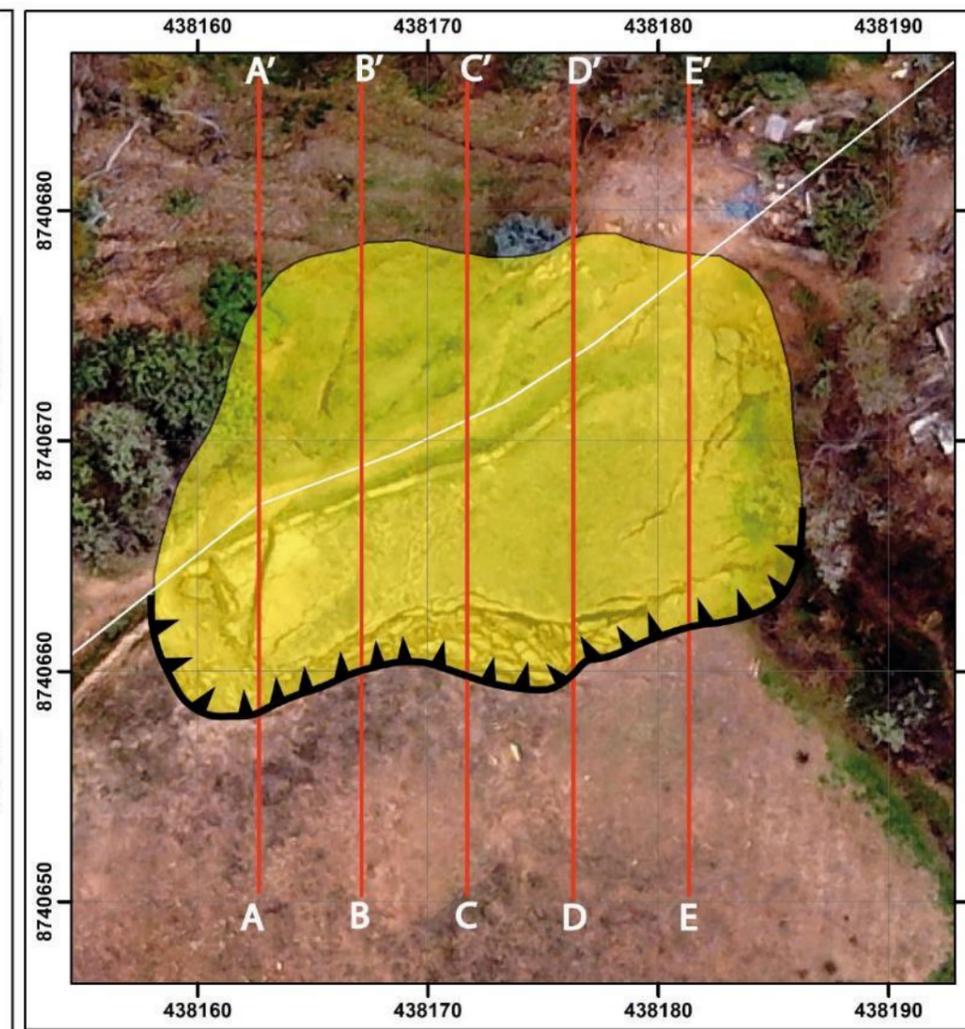
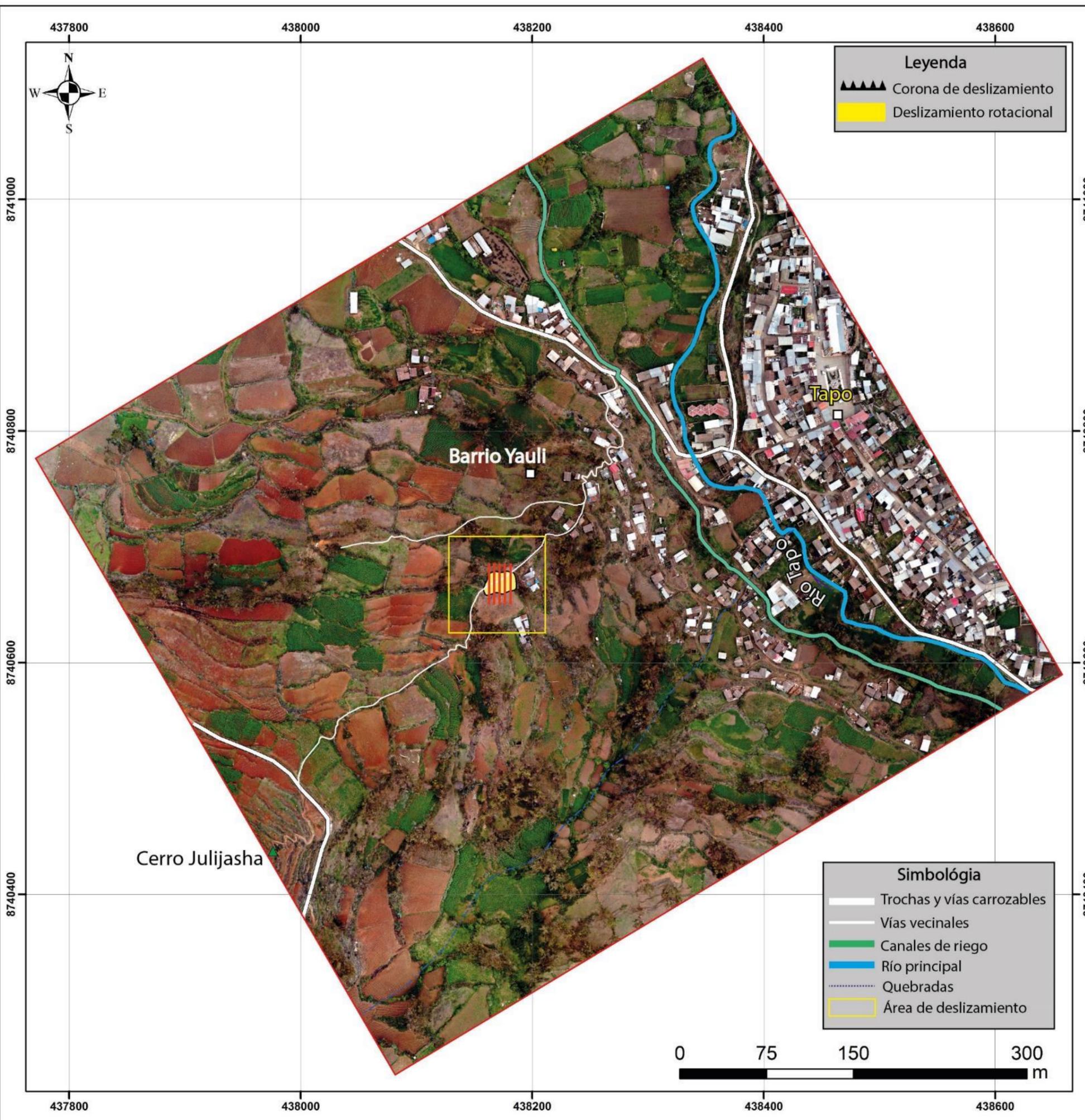
Simbolología	Unidad
	Montaña en roca volcanosedimentaria (RM-rvs)
	Planicie inundable (terrazas bajas) (P-i)
	Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)
	Montaña en roca metamórfica (RM-rm)

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA TARMA
 DISTRITO TAPO

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN EL BARRIO YAULI / TAPO

Escala: 1/3500 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2023 Impreso: 2023

MAPA 03



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
 DEPARTAMENTO JUNÍN
 PROVINCIA Tarma
 DISTRITO TAPO

PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL BARRIO YAULI
 TAPO

Escala: 1/3500 escala de impresión A2 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2023 Impreso: 2023

MAPA
04