

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7372

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA ANISHUAYJO (SECTORES CONDADO Y BARRIO MARIÑO)

Departamento Apurímac
Provincia Abancay
Distrito Abancay



ABRIL
2023

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA
QUEBRADA ANISHUAYJO [SECTORES CONDADO Y BARRIO MARIÑO]**
Distrito Abancay, provincia Abancay, departamento Apurímac

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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén
Guisela Choquenaira Garate

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la quebrada Anishuayjo (sectores Condado y Barrio Mariño) Distrito Abancay, provincia Abancay, departamento Apurímac. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7372, 40 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
2.3.1. Accesibilidad	9
2.3.1. Clima	11
3. DEFINICIONES.....	13
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	15
4.1. Unidades litoestratigráficas	15
4.1.1. Ortogneis (Ts-Ogn)	15
4.1.2. Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd).....	17
4.1.3. Depósito aluvial (Qh-al).....	18
4.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl).....	18
4.1.1. Depósito fluvial (Qh-fl).....	18
5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	19
5.1. Pendientes del terreno	19
5.2. Unidades geomorfológicas.....	21
5.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	21
5.2.1. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	21
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	23
6.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	23
6.1.1. Deslizamiento de Quisipata Baja.....	23
6.1.2. Flujos en la quebrada Anishuayjo.....	26
6.1. Otros peligros geológicos.....	28
6.1.1. Carcavamientos en la quebrada Anishuayjo.	28
6.1. Factores condicionantes	29
6.2. Factores desencadenantes	29
7. SIMULACIÓN DE FLUJO DE DETRITOS EN EL BARRIO MARIÑO.....	29
7.1. Parámetros de entrada.....	29
7.1. Resultados de simulación	32
8. CONCLUSIONES	34
9. RECOMENDACIONES	35
10. BIBLIOGRAFÍA	36

1. RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en la quebrada Anishuayjo (Sectores Condado y Barrio Mariño), ubicado al sureste de la ciudad de Abancay, margen derecha del río Mariño. perteneciente a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Abancay, provincia de Abancay, departamento Apurímac. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En el área afloran rocas de tipo ortogneis, altamente meteorizados y muy fracturados a fragmentados, en algunos sectores la meteorización genera suelos residuales (arenas cuarzosas y amarillentas) sueltas y permeables. Además, el substrato rocoso se encuentra cubierto por depósitos coluvio-deluviales producto de movimientos en masa antiguos y procesos deluviales. Estos depósitos se observan suelto con textura granular, conformada por bolos (1%), cantos (5%), gravas (10%), gránulos (50%), arenas (30%) envueltos en una matriz limo-arcillosa (4%), la forma promedio de los fragmentos de roca es subredondeada a subangulosa, que por sus características se le considera susceptible a generar nuevos deslizamientos.

El 16 de agosto del 2022, se produjo un deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Anishuayjo (localidad de Quisipata Baja) con un salto de escarpe de 3 m, longitud de alcance de 73 m y altura de 36 m. Seguido de un flujo de detritos (huaico) que se canalizó por la quebrada, dejando la mayor cantidad del material detrítico a aproximadamente 763 m de su recorrido. Llegando finalmente a la desembocadura del río Mariño como un flujo de lodo, alcanzando alturas de 30 cm en la zona urbana del barrio del mismo nombre.

Una simulación de flujo de detritos para una TR: de 25 años muestra, que la quebrada podría generar huaicos con tirantes máximos (altura de flujo) de 3 m y velocidades máximas de 10 m/s en su cauce. En la zona urbana el modelo reporta tirantes máximos entre 1 m a 0.3 m y mínimos de 0.1 m, con velocidades que fluctúan entre 1 m/s a 5 m/s, de igual manera el mapa de peligrosidad reporta niveles “Muy altos” en la quebrada Anishuayjo hasta la entrada del Barrio Mariño y valores altos y medios en las calles del barrio Mariño hasta su desembocadura en el río del mismo nombre.

Dentro de los factores que condicionaron la ocurrencia del deslizamiento en el sector de Quisipata, se considera preponderantemente la pendiente de la ladera $>45^\circ$, ausencia y/o pérdida de cobertura vegetal, la infiltración de aguas de manantiales y aguas domésticas provenientes del sector Condado por el deficiente sistema de desagüe, ausencia de drenajes pluviales, zanjas de infiltración y riego no controlado para cultivos locales. Teniendo como factor desencadenante las precipitaciones pluviales.

Por las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en la quebrada de Anishuayjo se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de movimientos en masa y al barrio Mariño como **Zona Crítica**, susceptible a ser afectado por huaicos.

Se recomienda realizar estudios de riesgos (EVAR) para determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos en el barrio Mariño, implementar planes de reforestación en las laderas de la quebrada Anishuayjo, implementar sistemas de drenajes impermeabilizados que recolecten las aguas de lluvias en la ladera para evitar la infiltración de aguas al suelo, entre otros.

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° 904-2022-A-MPA, de la Municipalidad provincial de Abancay, donde solicita la inspección de peligros geológicos en los sectores denominados Condado y Barrio Mariño distrito y provincia de Abancay, departamento Apurímac, La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa a los Ingenieros Gonzalo Luna Guillén y Guisela Choquenaira Garate, realizar la evaluación de peligros geológicos el 20 de septiembre del 2022, en coordinación con la Municipalidad provincial de Abancay.

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 provincial de Abancay, 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 a los sectores denominados Condado y Barrio Mariño, ambos ubicados en la quebrada Anishuayjo
- 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 evaluado se tienen:

- A) Boletín N° 71-Ingemmet serie C, “Evaluación integral de la cuenca del río Mariño (Abancay, Apurímac) para la prevención de desastres de origen geológico y geohidrológico” (Villacorta et al.,2019). Muestra el mapa litológico de la cuenca Mariño, donde el sector de inspección (quebrada Anishuayjo) presenta rocas metamórficas (Metagranodioritas triásicas); geomorfológicamente muestra que las viviendas del barrio Mariño se encuentra sobre un abanico proluvial que disecta una montaña en roca metamórfica, como un área con susceptibilidad alta y media a sufrir procesos de movimientos en masa como deslizamientos y flujo de detritos (figura 1).

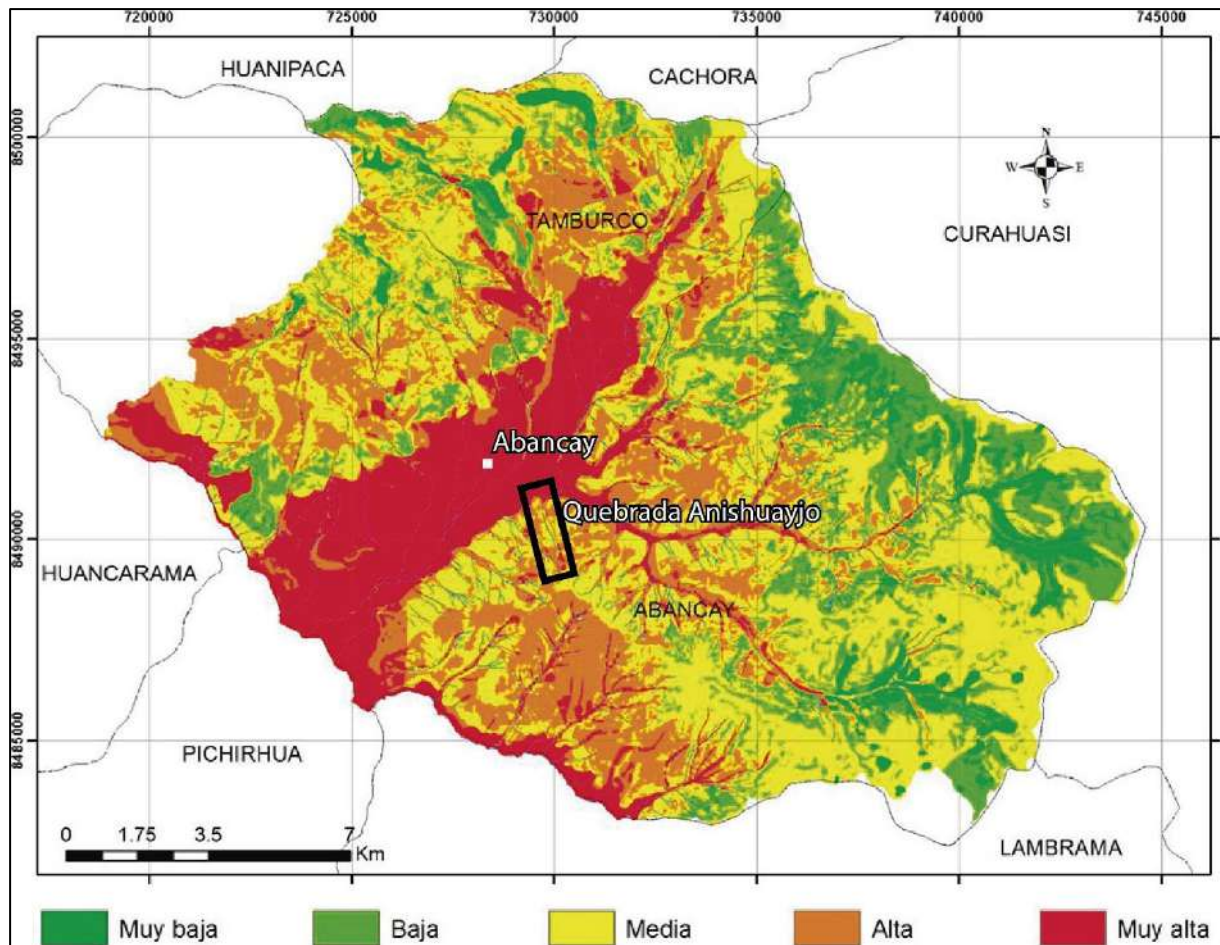


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la cuenca Mariño, resaltando el área de inspección (quebrada Anishuayjo).

Fuente: Villacorta et al., 2019, Escala 1:50 000.

- A) En el Reporte complementario N°6439-17/08/2022/COEN-INDECI 19:10 HORAS, describe que el 16 de agosto del 2022 a las 3:00 horas, como consecuencia del desborde de un canal de riego, se suscitó un deslizamiento, causando afectación a las vías de comunicación del sector de Quisipata baja, sector Condado, distrito y provincia de Abancay.
- B) En la Memorias descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Abancay (28-q), escala 1:50 000 (Valdivia y Latorre 2003), describe que en el área de inspección afloran ortogneis.

2.3. Aspectos generales

2.3.1. Ubicación

La quebrada Anishuayjo, el sector de Condado, las localidades de Quisipata Alta y Baja, y Barrio Mariño, conforman el área de evaluación.

Geográficamente se sitúa en el extremo sureste de la ciudad de Abancay, margen derecha del río Mariño; las primeras localizadas en la cabecera de cuenca de la quebrada, mientras que el Barrio Mariño se ubica en el abanico proluvial de la desembocadura de la quebrada.

Políticamente, el área de inspección pertenece al distrito y provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro siguiente y se muestran en la figura 2:

Cuadro 1. Coordenadas del área de inspección en la quebrada Anishuayjo

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	729972.00 m E	8489264.00 m S	-13.656417°	-72.874006°
2	730675.00 m E	8489561.00 m S	-13.653678°	-72.867534°
3	729969.00 m E	8491022.00 m S	-13.637785°	-72.874200°
4	729224.00 m E	8491022.00 m S	-13.640591°	-72.881059°
COORDENADA CENTRAL DEL DESLIZAMIENTO DE QUISIPATA BAJA (SECTOR CONDADO)				
cc	730065.42 m E	8490026.07 m S	-13.649524°	-72.873204°
COORDENADA CENTRAL DEL BARRIO MARIÑO (SECTOR CONDADO)				
	729748.38 m E	8491031.98 m S	-13.640469°	-72.876218°

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*), el sector de Condado con código de ubigeo 0301010054 posee 28 viviendas con 50 habitantes <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>. Este sistema no cuenta con información del barrio Mariño, sin embargo, con imágenes aéreas obtenidas con drone se contabilizaron alrededor de 58 viviendas en el área del Barrio Mariño.

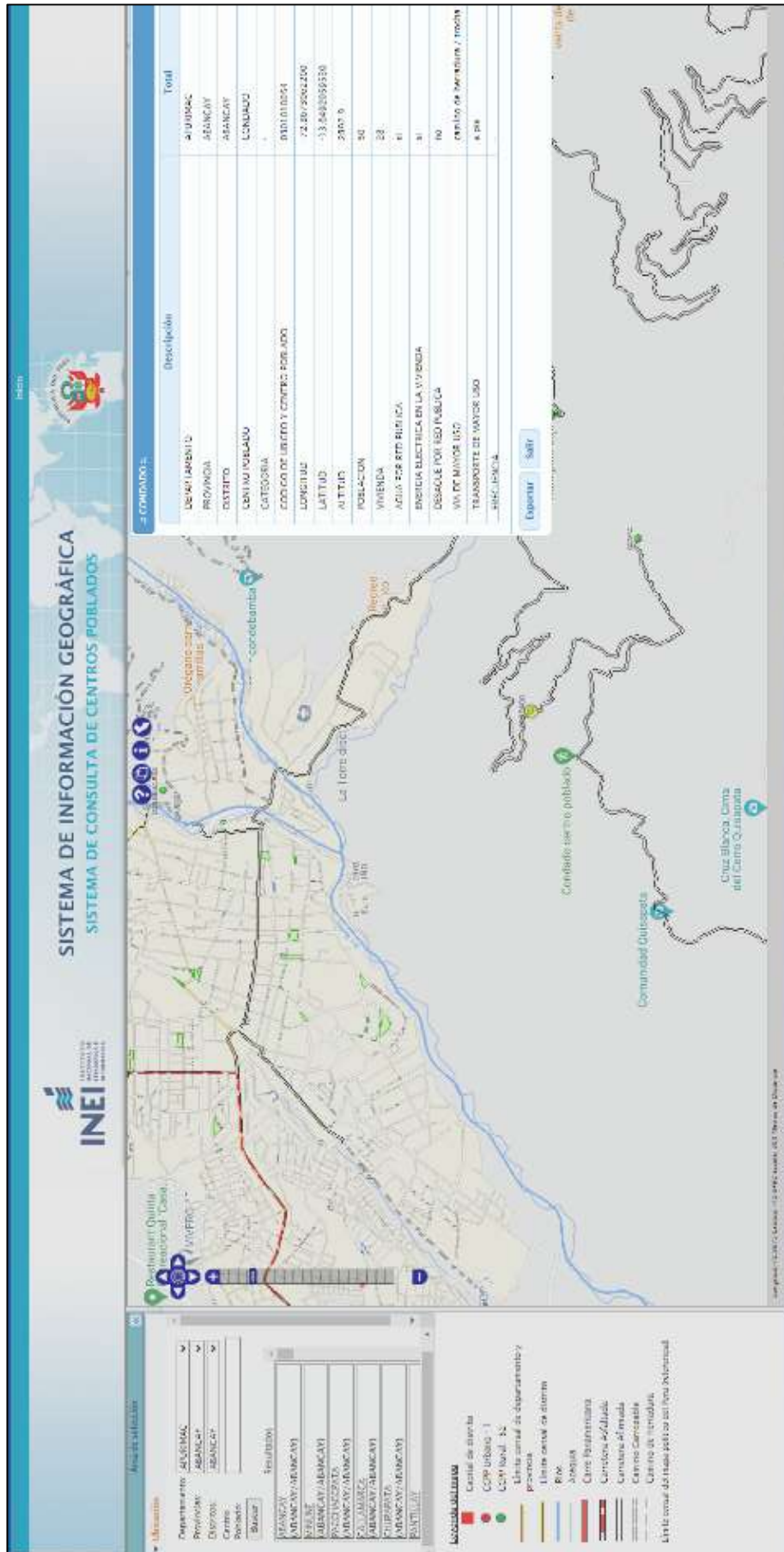


Figura 2. Vista de la consulta de centro poblados del Sistema de Información Geográfica <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Cuadro 2. Características del sector de Condado publicadas por el INEI
<http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>.

Descripción	Total	Descripción	Total
DEPARTAMENTO	APURIMAC	TRANSPORTE DE MAYOR USO	CAMINANDO
PROVINCIA	ABANCAY	ALUMBRADO PUBLICO	NO
DISTRITO	ABANCAY	TRANSPORTE DE MAYOR USO	A PIE
SECTOR	CONDADO	HELADAS /NEVADAS	SI
CATEGORIA	-	GRANIZADAS	SI
VIVIENDAS	28	LLUVIAS	SI
POBLACIÓN	50	SEQUIAS	SI
AGUA POR RED PUBLICA	SI	VENDA VALES (VIENTOS FUERTES)	SI
ENERGIA ELECTRICA EN LA VIVIENDA	SI	INUNDACIONES	NO
DESAGUE POR RED PUBLICA	NO	DERRUMBES/DESLIZAMIENTOS	SI
VIA DE MAYOR USO	camino de herradura / trocha	HUAICOS / ALUDES/ALUVIONES	NO

2.3.1. Accesibilidad

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

Cuadro 3. Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco - Abancay	Vía asfaltada	194 km	4 h 50 min
Abancay – Sector de Condado – Barrio Mariño	Vía asfaltada/Trocha carrozable	1 km	15 min



Figura 3. Rutas de acceso a la quebrada Anishuayjo en el distrito y provincia de Abancay, departamento de Apurímac desde la ciudad de Cusco.

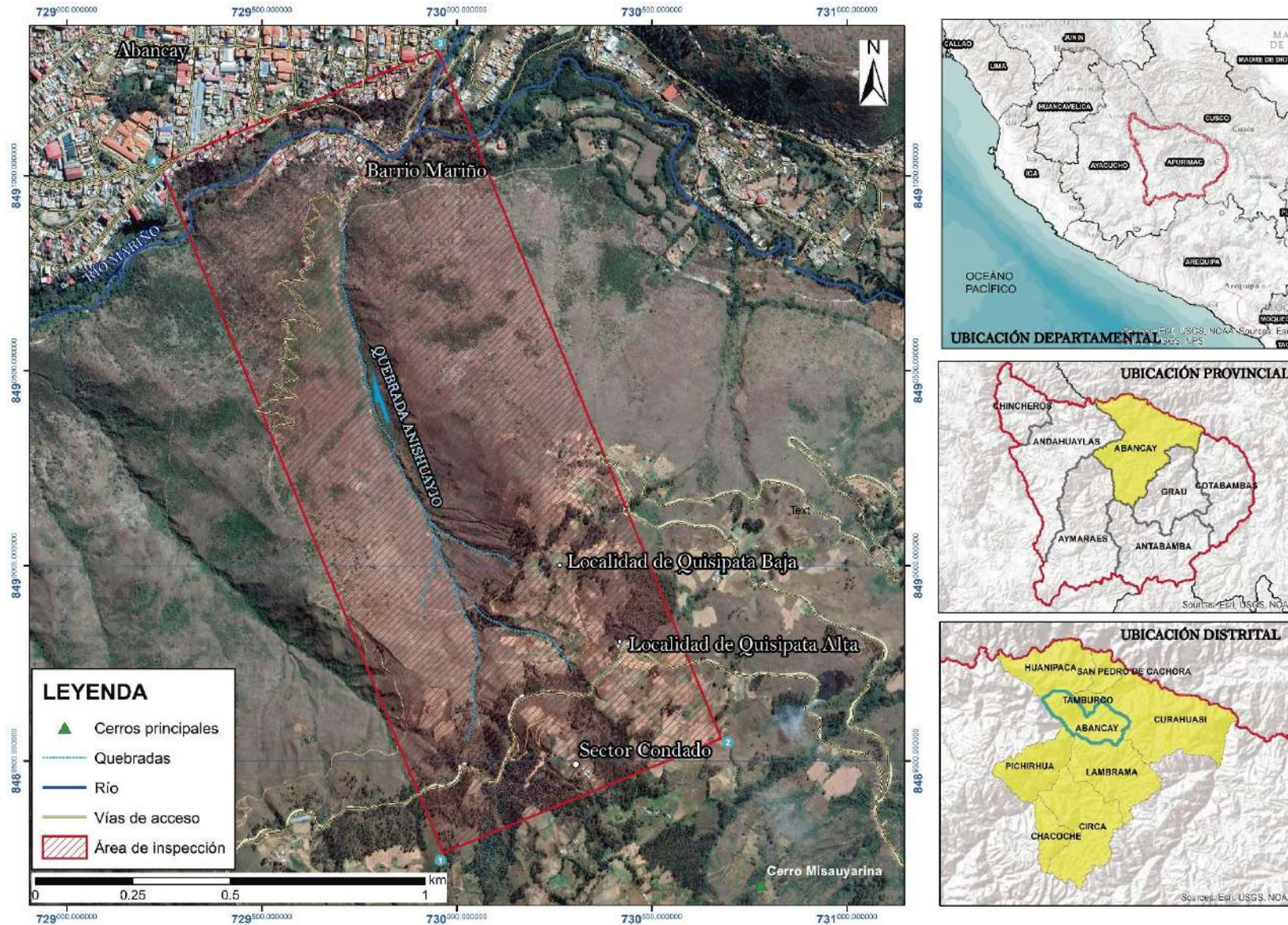


Figura 4. Mapa de ubicación política del área de inspección, referente al sector denominado Quebrada Anishuayjo.

2.3.1. Clima

Abancay se caracteriza por presentar una temporada lluviosa muy marcada entre los meses de diciembre a marzo, con temperaturas promedio de 16 °C, así como una temporada de estiaje el resto del año, con temperaturas máximas de 25 °C y mínimas de 8 °C. Cabe resaltar que en los últimos años se registra un incremento inusual de las precipitaciones pluviales en esta región (Madueño, 2011).

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 2018-2022, fue de 50.9 mm en el mes de febrero del 2021. Mientras que las temperaturas oscilaron en rangos de 12° y 35°C hasta el 2022 (figuras 6 y 7).

De igual manera los valores de NDVI (índices de vegetación), señalan que estas precipitaciones proporcionan al terreno valores promedio de 0.4 a 0.5 (vegetación escasa a moderada), figura 5

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

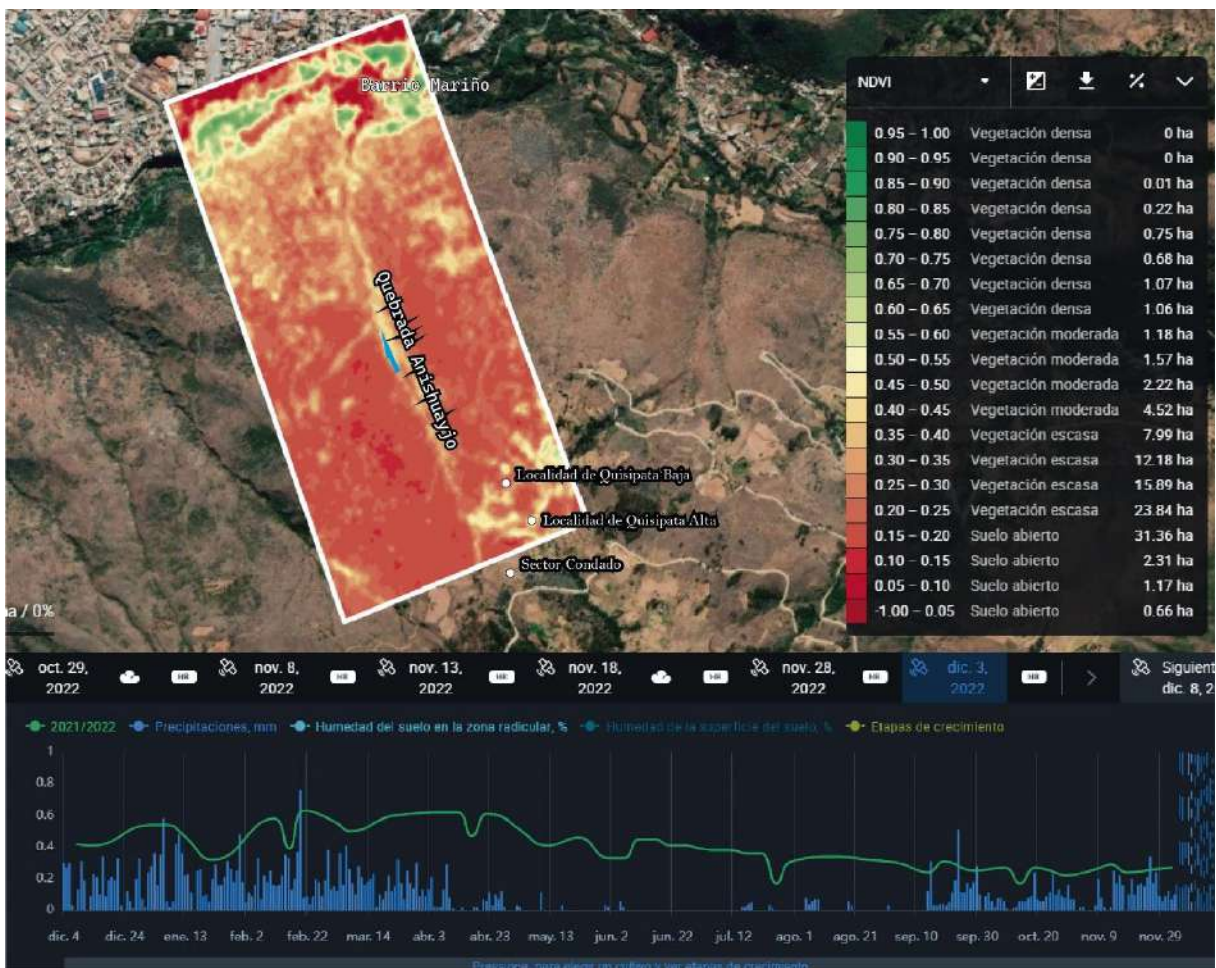


Figura 5. Visualización de los datos meteorológicos del sistema Crop Monitoring, muestra que el 2022, los índices de vegetación en la quebrada Anishuayjo corresponden a vegetaciones escasas y moderadas.

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

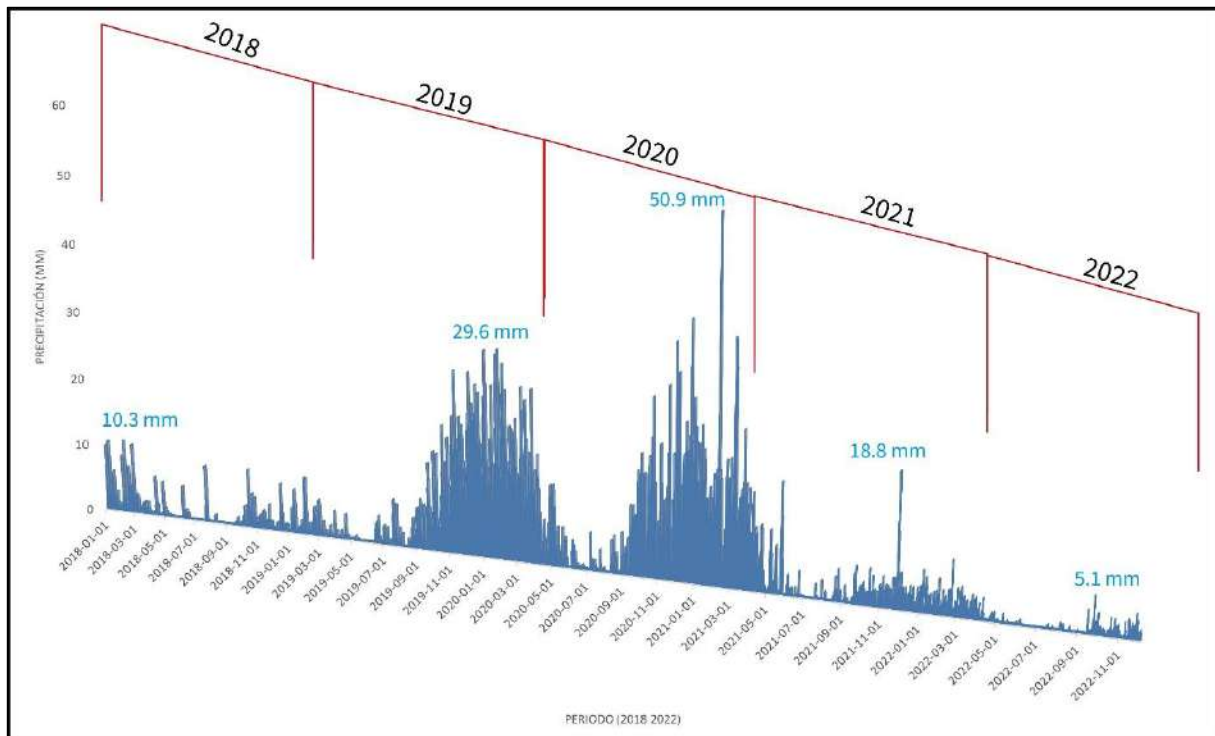


Figura 6. Precipitaciones máximas diarias según registros satelitales awhere, en la quebrada de Anishuayjo muestra un pico de 50.9 mm, registrado el 10 de febrero del 2021
Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

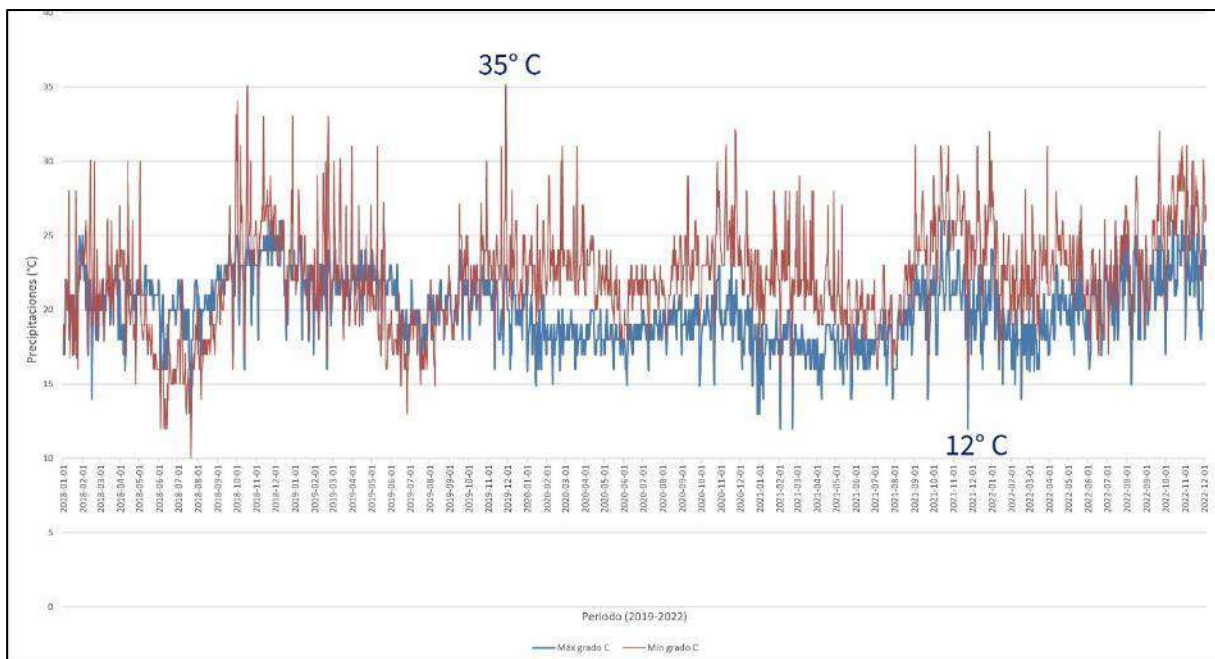


Figura 7. Temperaturas máximas y mínimas diarias según registros satelitales awhere, la quebrada Anishuayjo
Fuente: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history/field/7407143>

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°.
- Cárcavas:** Son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos de agua efímeros. Se forman a consecuencia de una intensa erosión hídrica (Lucía et al., 2008).
- 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.
- Flujo:** Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).
- Flujo de detritos (huaico):** Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.
- Flujo de lodo:** Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.
- 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.
- 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.
- 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 Abancay, 28-q (Valdivia y Latorre, 2003).

4.1. Unidades litoestratigráficas

De manera general el área de estudio se encuentra sobre rocas con procesos metamórficos 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 (Anexo 1-mapa 1).

4.1.1. Ortogneis (Ts-Ogn)

Aflora al sur de la ciudad de Abancay y se extiende hacia el cuadrángulo de Andahuaylas. Por el norte está limitado por la falla de Abancay-Curahuaqui y por el este, oeste y sur está cortado por cuerpos intrusivos monzograníticos y dioríticos. Afloramientos similares han sido reconocidos al sureste de Ocobamba y al sur de Chacoche (Valdivia y Latorre 2003). Al sur de este cuerpo, se ha producido un metamorfismo de contacto sobre varias centenas de metros, que presentan apariencia de micaesquistos y cuarcitas (Valdivia y Latorre 2003).

Localmente se observan rocas metamórficas correspondientes a ortogneis, altamente fracturadas y meteorizadas (figuras 8-9 y cuadros 4-5), en algunos sectores la roca se presenta completamente meteorizada formando suelos residuales.



Coordendas UTM, WGS 84, 18s
X: 729588.7
Y: 8490890.9

Figura 8. Ortogneis en la parte baja de la quebrada Anishuayjo, se muestra la roca fragmentada.



Coordendas UTM, WGS 84, 18s
X: 730155.4
Y: 8490062.7

Figura 9. Ortogneis en la parte alta de la quebrada Anishuayjo, se muestra la roca altamente meteorizada.

Cuadro 4. Clasificación de la meteorización de los ortogneis identificados en área de inspección (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%	
A5	Completamente meteorizado	Todo el material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aun en parte intacta.	>90%	X
A6	Suelo residual	Todo el material rocoso esta convertido en suelo. La estructura	100%	X

Cuadro 5. Clasificación de la meteorización de los ortogneis identificados en el área de inspección (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 se sepran en lajas con facilidad	X

4.1.2. 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 las laderas que circunscriben a la quebrada Anishuayjo y en el sector de Condado, cubriendo el substrato rocoso (ortogneis). Estos depósitos se observan con una textura granular, conformada por bolos (1%), cantos (5%), gravas (10%), gránulos (50%), arenas (30%) envueltos en una matriz limo-arcillosa (4%) poco consolidado a suelto (cuadro 6, figura 10).

Cuadro 6. Descripción preliminar de las características del depósito coluvio-deluvial en las márgenes de la quebrada Anishuayjo

GRANULOMETRIA	PORCENTAJE (%)	REDONDEZ	FORMA	PLASTICIDAD
Bolos	1	subangulosos	esférico	Bajo a Nulo
Cantos	5	subangulosos	esférico	
Gravas	10	subangulosos	esférico	
Gránulos	50	Redondeados	esférico	
Arenas	30	-		
Limos y arcillas	4	-		

4.1.3. Depósito aluvial (Qh-al)

Corresponden a los depósitos de conos aluviales y algunas terrazas, que están principalmente asociados los márgenes del río Mariño adyacentes al valle de mismo nombre. Están conformados por grandes bloques de rocas y gravas subangulosas a subredondeadas, envueltos por una matriz areno-limosa. En la zona de estudio se han identificado zonas con estos depósitos, que presentan volúmenes importantes, como es el caso del depósito sobre el que se asienta la ciudad de Abancay (figura 10).

4.1.4. Depósito proluvial (Qh-pl)

Estos depósitos se ubican en los cauces de quebradas, por ejemplo, en la quebrada Anishuayjo y tributarios al río Mariño. Corresponde al material asociado a los flujos de detritos (huaicos) conformados por fragmentos rocosos heterométricos de diferente composición y formas angulosas a subangulosas con matriz areno-limosa, poco a medianamente densos. Este tipo de depósitos es susceptible a reactivarse en el futuro. Es sobre estos que se asienta el barrio Mariño (figura 11).

4.1.1. Depósito fluvial (Qh-fl)

Estos depósitos han sido reconocidos en el lecho de los valles, particularmente del río Mariño. Están constituidos, por bancos de gravas heterogéneas, subredondeadas a redondeadas y arenas, formando terrazas y llanuras de inundación.

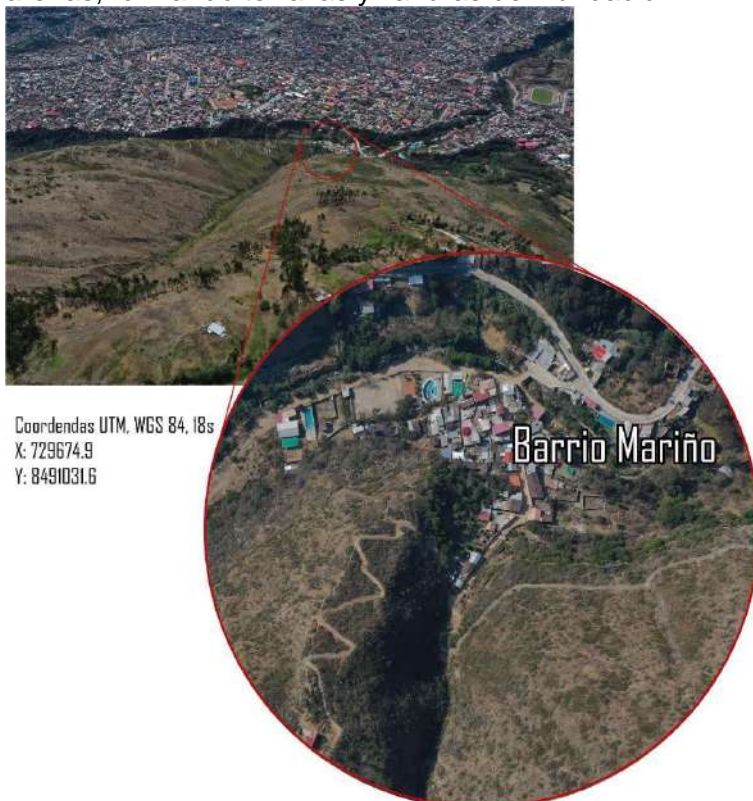


Figura 10. Muestra el barrio Mariño sobre depósitos proluviales que conformaron un abanico en la margen izquierda del río Mariño, en la margen derecha se observan depósitos aluviales sobre el que se asentó la ciudad de Abancay.



Figura 11. Depósitos proluviales adosados a las márgenes del cauce de la quebrada Anishuayjo, se visualizan en la parte alta del Barrio Mariño.

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 5 rangos de pendientes descritos en el cuadro 7, así como en el mapa 2 del anexo 1 y figura 12.

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

RANO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
1°-5°	Terreno inclinado con pendiente suave	Se observa pequeñas áreas (<200m ²) este rango de pendientes corresponde a terrenos retrabajados (Áreas de agricultura) en el sector de Condado, localidad de Quisipata.	Terrenos agrícolas en la localidad de Quisipata.
5°-15°	Pendiente moderada	Representa la mayor área del sector de Condado (0.08 km ²) la terraza aluvial y abanico proluvial en las márgenes del río Mariño también presentan este rango de pendientes.	Sector de Quisipata y márgenes del río Mariño (terrazas y abanicos proluviales).
15°-25°	Pendiente fuerte	Este rango de pendientes se presenta intercalados con los rangos de pendientes moderadas, corresponden a irregularidades en el terreno (excavaciones, retrabajo del terreno y lados de zanjas)	Irregularidades del terreno.
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Este rango de pendientes es predominante en el área de estudio, se encuentra principalmente en ambas laderas de la quebrada Anishuayjo	Laderas de la quebrada Anishuayjo
>45°	Terreno muy escarpado	Se evidencian en algunos sectores de las laderas que circunscriben el cauce de la quebrada Anishuayjo y en la escarpa del deslizamiento de Quisipata.	

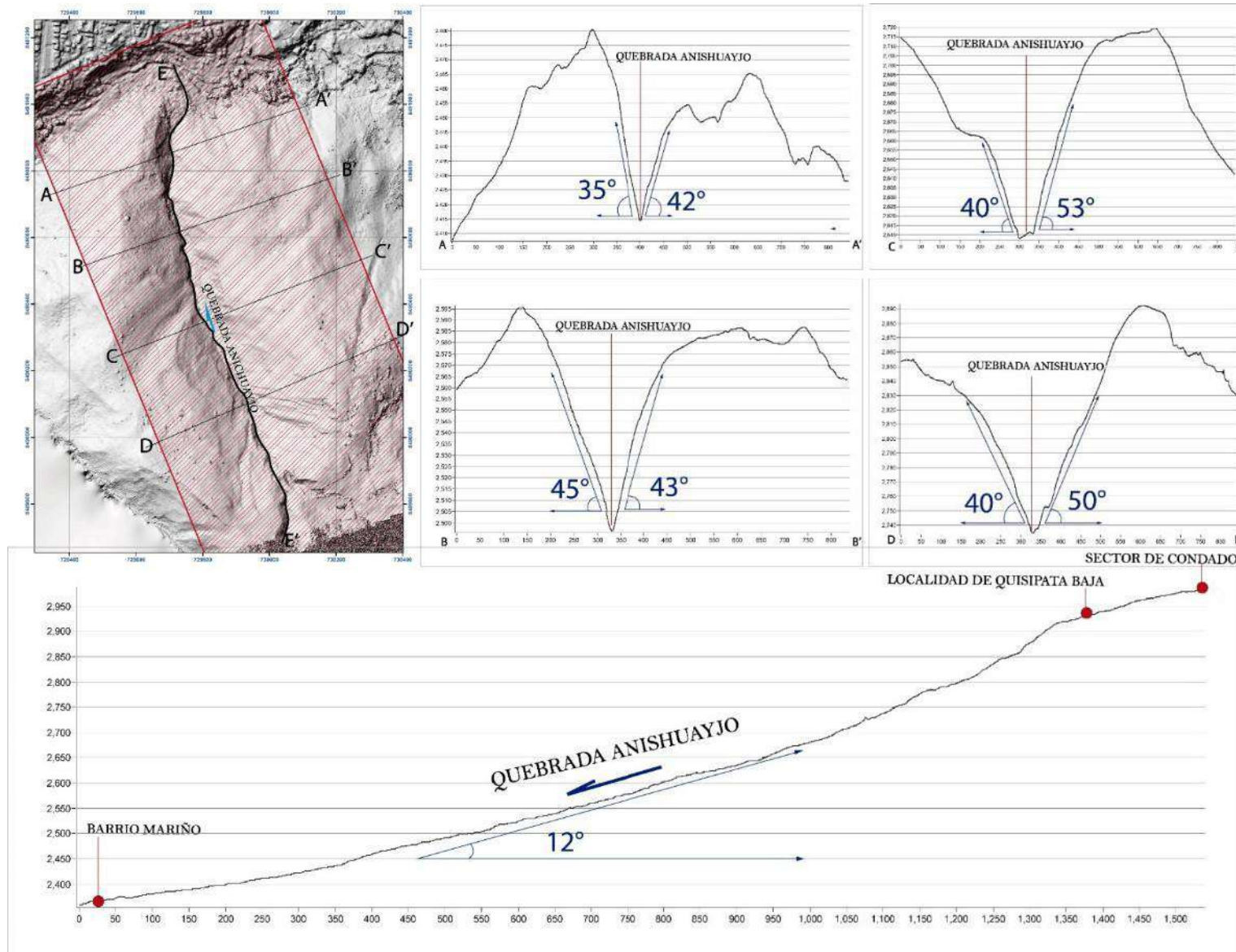


Figura 12. Muestra las pendientes promedio transversales en la quebrada Anishuayco, y la pendiente promedio principal de su cauce.

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 tiene:

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 metamórfica (RM-rm): Esta subunidad está conformada de ortogneis, cubierta por depósitos coluvio-deluviales, y disectada por la quebrada Anishuayjo con pendientes escarpadas y muy escarpadas. Esta montaña metamórfica tiene una altura de ~ 700 m medida desde el cauce del río Mariño hasta la carretera del sector Condado.

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 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 geoforma conformado por el deslizamiento suscitado en agosto de 2022, ocupa un área de 1336 m² y se ubica en la margen derecha de la quebrada Anishuayjo, por sus características, composición granular y sueltas, además de la pendiente donde se localiza es susceptible a generar nuevos reactivamientos.

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 la ladera de la montaña metamórfica y se presentan principalmente en el sector de Condado.

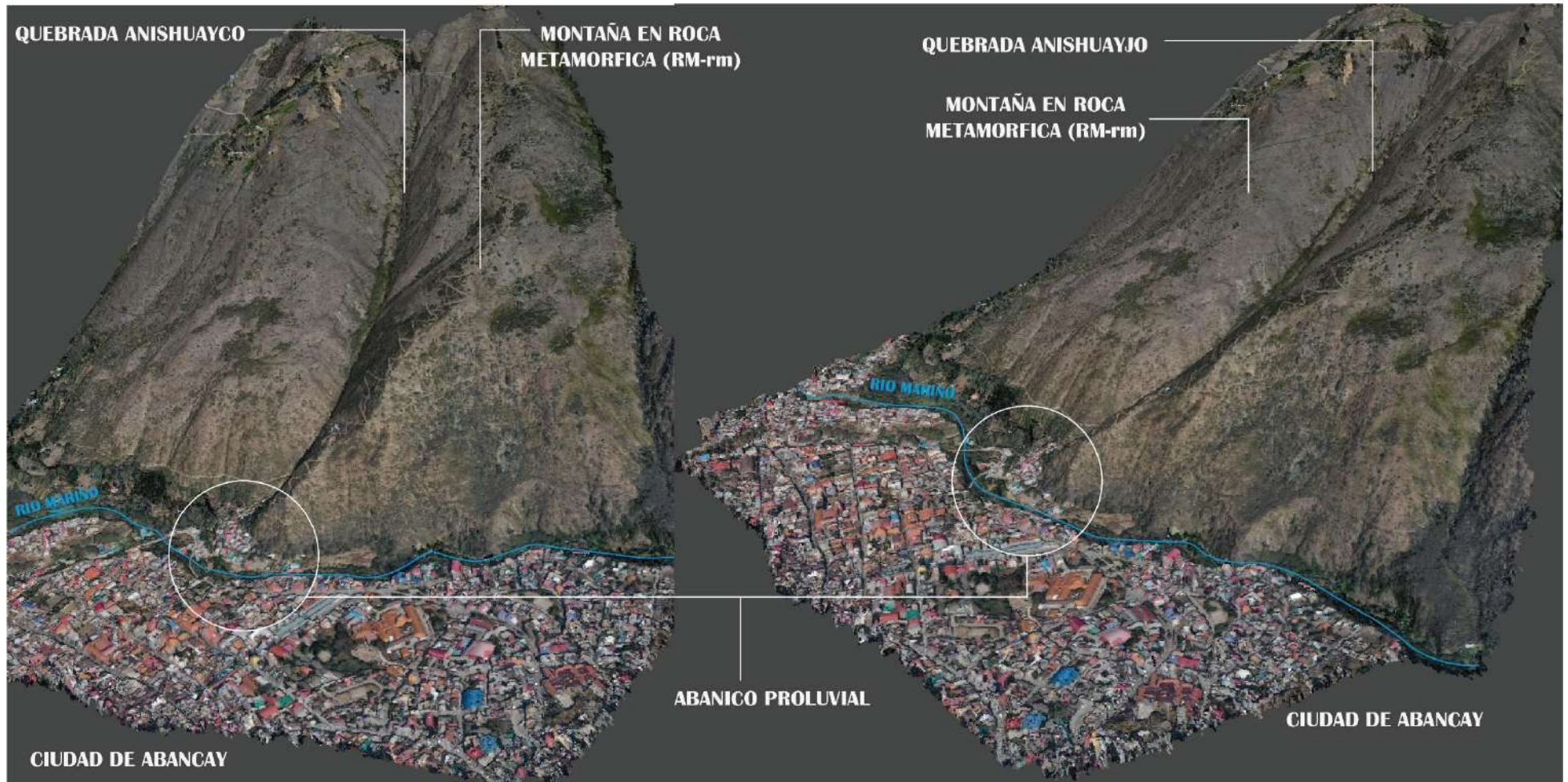


Figura 13. Unidades geomorfológicas en los alrededores de la quebrada Anishuayjo.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

6.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

6.1.1. Deslizamiento de Quisipata Baja

Este deslizamiento rotacional se produjo el 16 de agosto de 2022, según los pobladores, el evento se relaciona con el rebalse de una captación y canal de agua (figuras 14-16), que habría saturado el terreno, esto generó el incremento de la presión intersticial de poros, (coordenadas WGS 84, 18 s, X: 730037 y Y: 8490099) y se desencadenó el evento.



Figura 14. Captación de agua y rebalse de este.

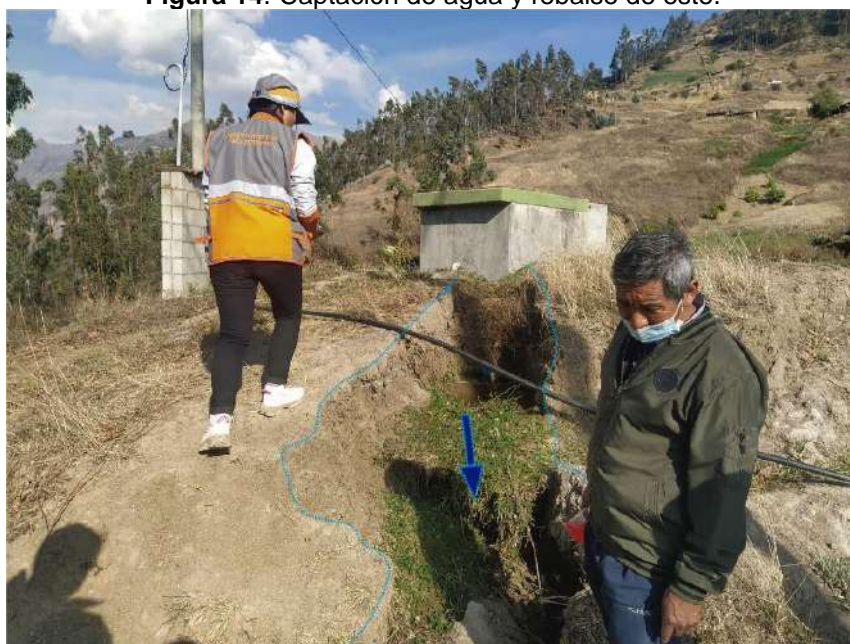


Figura 15. Obsérvese el surco producto de la erosión del agua que habría rebalsado la captación de agua.



Figura 16. Canales de agua no revestidos, ubicados en el sector de Quisipata Baja, inmediatamente superior al área de deslizamiento.

Las características de este deslizamiento son: (figura 18):

- Área del deslizamiento: 1336 m².
- Forma de la escarpa: Semicircular-continua.
- Estado de la escarpa: Reciente.
- Longitud de la escarpa: 30 m.
- Desnivel entre la escarpa y pie: 36 m.
- Ubicación de la escarpa: Cabecera de la margen derecha de la quebrada Anishuayjo
- Salto principal de la escarpa: 3 m Aprox.
- Salto secundario: no se evidencian
- Superficie de deslizamiento: rotacional (inferido en base a la geomorfología).
- Distribución o actividad: retrogresiva (hacia el sector de agrícola de Quisipata Baja)

Cabe resaltar que, en el cuerpo del deslizamiento se ha evidenciado la presencia de manantes de agua en las coordenadas UTM, WGS 84, 18s: X: 730208 y Y: 84900033, esto favorece la erosión de la masa deslizada, aumentando la susceptibilidad a futuras reactivaciones.



Fotografía 1 Obsérvese una corriente de agua en el cuerpo del deslizamiento de Quispata Baja.

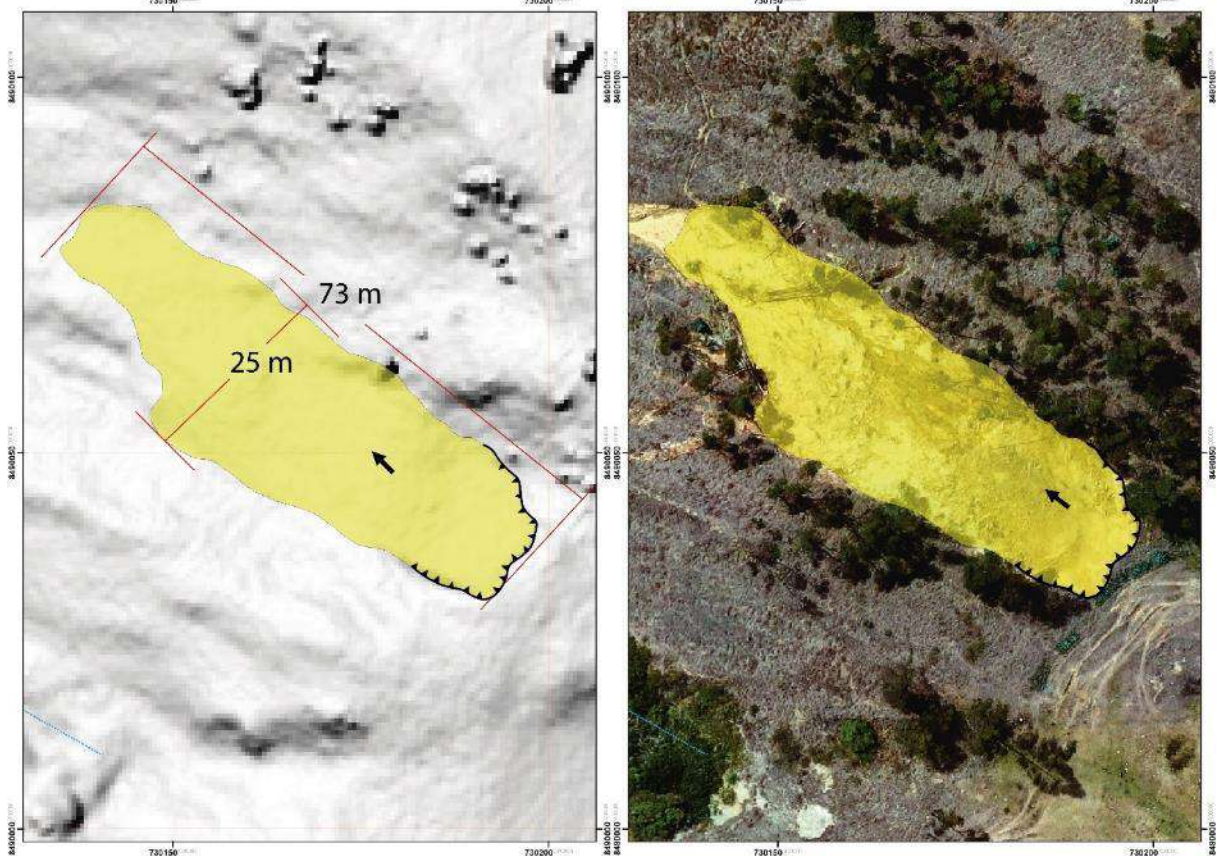


Figura 17 Dimensiones de deslizamiento de Quispata Baja.



Figura 18 Localización de escarpa principal en referencia con la quebrada Anishuayjo.

6.1.2. Flujos en la quebrada Anishuayjo

Evento suscitado horas después del deslizamiento de Quisipata Baja, resultante de la saturación de agua proveniente del rebalse de canales y el manante del cuerpo del deslizamiento, aunado a la pendiente y fácil erosión del material granular deslizado, que generaron un flujo no newtoniano (agua + sedimento) que se transportó hacia el cauce de la quebrada Anishuayjo.

Este flujo, desde su punto de arranque hasta la parte media de la quebrada, se comportó como flujo de detritos, donde tuvo un recorrido estimado de 763 m. Al perder material detrítico y energía, se convierte en flujo de lodo, que recorrió aproximadamente 500 m hasta el cauce del río Mariño.

Según la versión de los pobladores el flujo de lodo alcanzó 30 cm de altura, en la zona urbana provocando afectaciones en las calles del barrio Mariño. Cabe resaltar que la quebrada Anishuayjo desemboca directamente sobre el barrio Mariño, es decir no presenta un cauce ni canalización hasta su desembocadura al río principal.

De presentarse un flujo de mayores concentraciones volumétricas podría causar daños graves sobre las infraestructuras (viviendas y calles) del barrio Mariño (figura 20).



Figura 19. Evidencia de flujo de lodos en el Barrio Mariño, desembocadura de la quebrada Anishuayjo

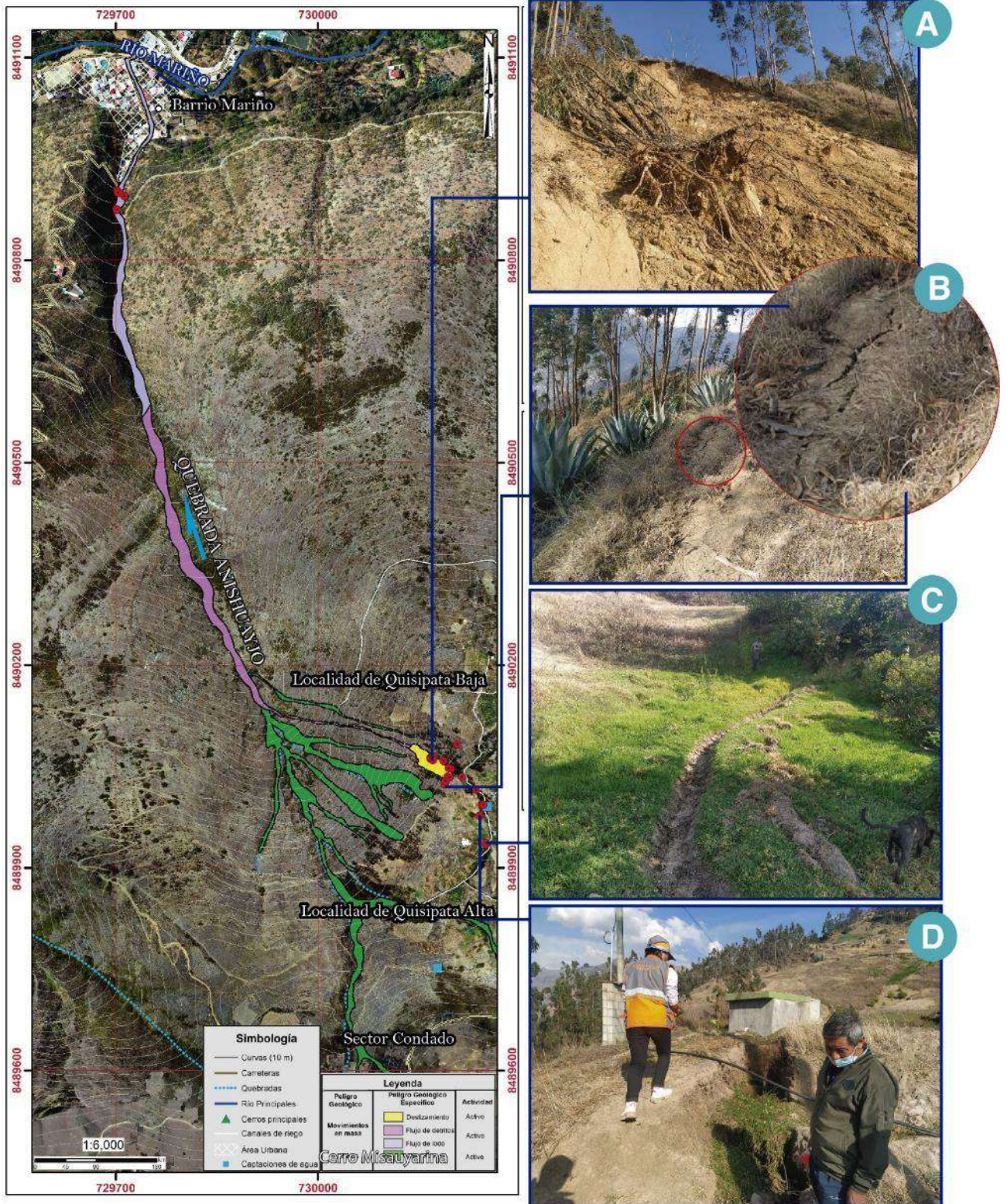


Figura 20. Geodinámica y procesos en el quebrada Anishuayajo, donde A) Escarpe del deslizamiento de Quisipata Baja, B) Agrietamientos cercanos a la escarpa principal, C) Canales de riego que favorece la infiltración de agua hacia el subsuelo, D) Captación de agua que rebalzo generando el deslizamiento de Quisipata.

6.1. Otros peligros geológicos

6.1.1. Carcavamientos en la quebrada Anishuayjo.

Este proceso se ha identificado en la margen derecha de la quebrada Anishuayjo (coordenadas WGS 84, 18 s, X: 730037 y Y: 8490099), misma área del deslizamiento de Quisipata Baja ocurrido en agosto del 2022.

Se infiere que dichas incisiones (cárcavas) se formaron por procesos erosivos de flujos de agua natural, proveniente de las precipitaciones estacionales; sin embargo, la población del de las localidades de Quisipata Baja y Alta, por las actividades agrícolas y sistemas de riego incrementaron la escorrentía de agua y la incisión de estas cárcavas.

La imagen multitemporal (figura 21) muestra el progresivo avance de los procesos erosivos que finalmente se manifestaron como un deslizamiento en el 2022.

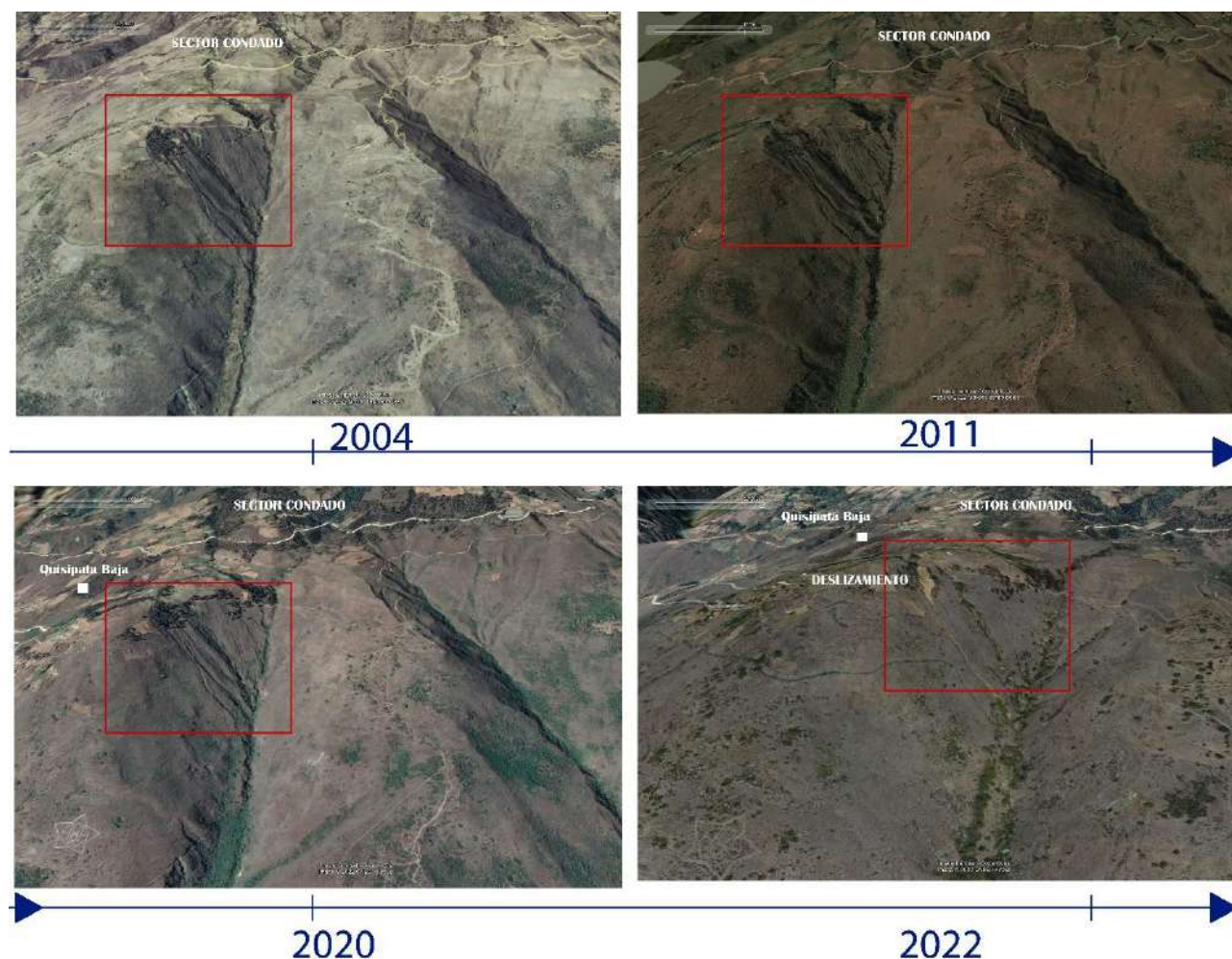


Figura 21. Imágenes multitemporales de las zonas de mayor carcavamiento en el sector de Condado. (Google Earth)

6.1. Factores condicionantes

Los factores que condicionan los procesos de movimientos en masa en la quebrada Anishuayjo son:

Factor Litológico

- Substrato de rocas de mala calidad con alto grado de fracturamiento (ortogneis), en algunos sectores completamente meteorizado que generó suelos residuales granulares de fácil erosión.
- Rocas muy fracturadas y altamente meteorizadas que permite la infiltración y retención del agua.
- Presencia y cobertura de substrato rocoso cubierto por depósitos coluvio-deluviales medianamente consolidados, también considerados de mala calidad y fácil erosión que favorece la infiltración de aguas pluviales y antrópicas (de riego y domésticas).

Factor Geomorfológico

- Microcuenca de la quebrada Anishuayjo, con laderas de pendiente escarpada y muy escarpada que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa.

Factor Antrópico

- Presencia de canales de riego no impermeabilizados, por donde infiltran las aguas saturando el terreno e incrementando la presión intersticial de los poros, favoreciendo así la ocurrencia de movimientos en masa.
- Ausencia de sistemas de drenaje en el sector de Condado, por ello los pobladores vierten las aguas domésticas directamente al terreno.

6.2. Factores desencadenantes

Las precipitaciones pluviales ordinarias y/o extraordinarias pueden desencadenar la ocurrencia de movimientos en masa en la quebrada Anishuayjo, según el registro de precipitaciones satelitales Awere estas pueden alcanzar máximos diarios de 50.9 mm en épocas de lluvias excepcionales.

7. SIMULACIÓN DE FLUJO DE DETRITOS EN EL BARRIO MARIÑO

7.1. Parámetros de entrada

- Para analizar las precipitaciones que podrían concentrarse en la quebrada Anishuayjo y aunadas al deslizamiento de Quisipata baja para producir un flujo de detritos (concentración de líquido y sólido) localmente conocido como huaico y subsecuentemente afectara al barrio Mariño, se utilizaron las precipitaciones registradas por la estación de Curahuasi (Estación meteorológica del SENAMHI con data histórica más cercana al área de inspección). Ver figuras 22 y 23.

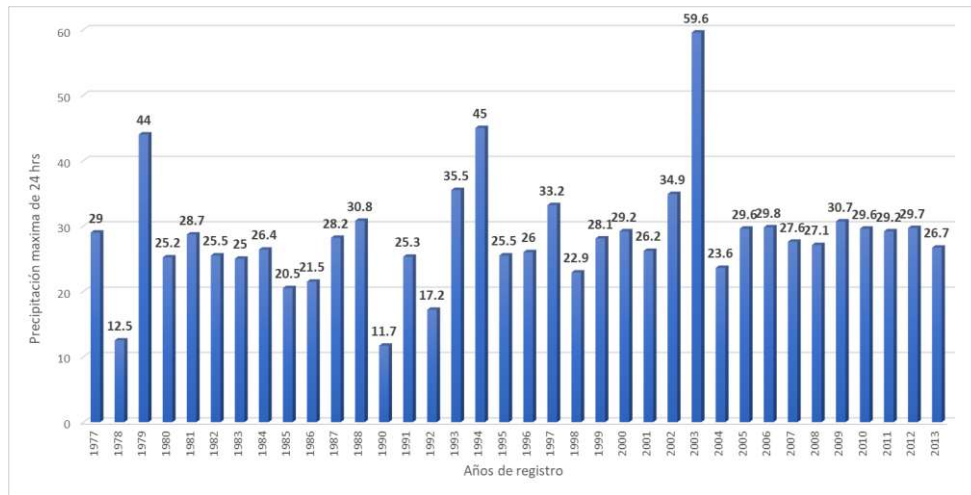


Figura 22. Registro histórico de precipitaciones máximas (36 años) en la estación Curahuasi.

REGISTRO HISTÓRICO ESTACIÓN CUARAHUASI													
Estación : URAHUASI			Longitud : "W" '2°44'5.53"			Dpto. Apurímac							
Parámetro : MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)			Latitud : "S" 3°33'9.11"			Prov. Abancay							
			Altitud : m.s.n.m. 2741			Dist. Curahuasi							
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MÁXIMO (mm)
1977	14.5	29	18.8	9.6	3.9	0	2.2	0	7	12.1	19.8	24.1	29
1978	12.1	9.6	12.5	11.8	1.1	1.8	0.05	0.3	7.8	5	3.7	11.2	12.5
1979	12.8	21.1	16.3	13.8	4.5	0	1.2	4.2	5	7.4	44	35.7	44
1980	12	17.9	16.3	6.7	2.4	0	2.3	1.4	1	7.2	4.6	25.2	25.2
1981	15.9	20.3	13	14.3	0	6	0.5	7	7.2	17.2	28.7	14	28.7
1982	23.3	25.5	23	11.5	0.05	3.4	0	5.2	1.6	2.1	16	22	25.5
1983	17.2	18.5	25	13.1	3	-99.9	0	0	0	0.05	14	15	25
1984	26.4	20.5	0	0.5	0	0	0.05	0	0	0	0	0	26.4
1985	-99.9	-99.9	-99.9	20.5	16.5	3.9	2	0.3	7.5	11.4	14.5	17.4	20.5
1986	11.5	11.5	18.6	9.3	6.3	0	0.05	6.5	11	11.2	21.5	9.5	21.5
1987	28.2	21.4	10.1	19	9.3	0.05	8	0.05	2.3	10.4	11.6	20.5	28.2
1988	19.8	19.5	30.8	19.8	5.5	0	0	0	0	6.7	0	0.05	30.8
1990	9.7	11.7	6.5	5.7	7	0	0	0	0	8	0	0.05	11.7
1991	6.5	10.5	5.2	3	0	0	0	0	0	0	25.3	0	25.3
1992	11.2	16.8	7.1	14.8	0	0	0	13.4	5.6	17.2	8.7	15.6	17.2
1993	20.5	29.4	18.4	13.5	2.9	0	2.3	12.7	0	16.3	35.5	32.7	35.5
1994	23	22.5	11	6.4	0	0	0	0	0	45	25.6	25	45
1995	25.2	14	25.5	12.5	6.8	0	0	0	2.7	4.4	19.8	24.9	25.5
1996	12	17.2	19.6	14.3	0.8	0	0	5.5	6.4	26	14.5	15.8	26
1997	33.2	19.8	16.3	9.8	18.2	0	0	8.7	1.8	4.8	19.2	23.9	33.2
1998	22.9	20.7	18.4	8.4	1.6	3.4	0	1.7	1.6	15.9	10.4	17.7	22.9
1999	23.9	25.6	20.1	15.2	8.1	3.8	1.1	0	7.3	28.1	18.2	19.4	28.1
2000	29.2	16.4	20.4	7.4	6.5	6	10.7	6.2	4.5	16.9	18.1	23.8	29.2
2001	26.2	9.5	21.3	12.2	8.8	0	6.3	14.3	2.6	17.6	15.9	24.6	26.2
2002	31.8	29.1	24.1	34.9	10.3	3.4	10.2	7.2	6.2	31.2	27.3	17.8	34.9
2003	31.5	33.9	25.3	13.2	3.4	1.8	0.4	5.5	6.5	15.7	49.8	59.6	59.6
2004	23.6	22.1	8.1	11.2	12.4	3.1	8.3	6.8	14.9	14.9	17.2	17.8	23.6
2005	11.2	21.9	26.5	14.8	2.1	0	10.9	2.1	2.2	6.7	29.6	16.2	29.6
2006	29.8	16.6	21.4	13.4	0	3.6	0	1.1	1.5	18.1	18.4	14.3	29.8
2007	14	17.5	22.3	5.3	3.7	0	4.3	1.2	0.5	17.6	27.6	26.8	27.6
2008	19.3	25	27.1	11.4	8.4	3.5	0	7.3	4.5	16.3	19.3	20.4	27.1
2009	14.5	30.7	23.7	11.2	11.3	0	1	5.8	5.5	10.5	18.6	12	30.7
2010	29.6	17.1	14.3	18.2	4.2	0	1.8	3.3	8.9	11.2	11.5	12.7	29.6
2011	19.1	29.2	27.4	17.8	2.2	1.2	5.1	12.2	14.5	7.5	22.6	13.4	29.2
2012	26.4	27.7	29.7	19.5	0	3.4	3.6	1.4	6.6	12.8	8.5	29.7	29.7
2013	26.7	22.6	10.5	9.4	1.7	0.5	0.9	12.3	3	15.5	20.8	17.1	26.7

Figura 23. Registro histórico de precipitaciones máximas (36 años) en la estación Curahuasi, seleccionando los picos máximos por año

- Los límites para considerar estas precipitaciones (datos validos) fueron los valores de 60 mm y 10 mm (figura 24).

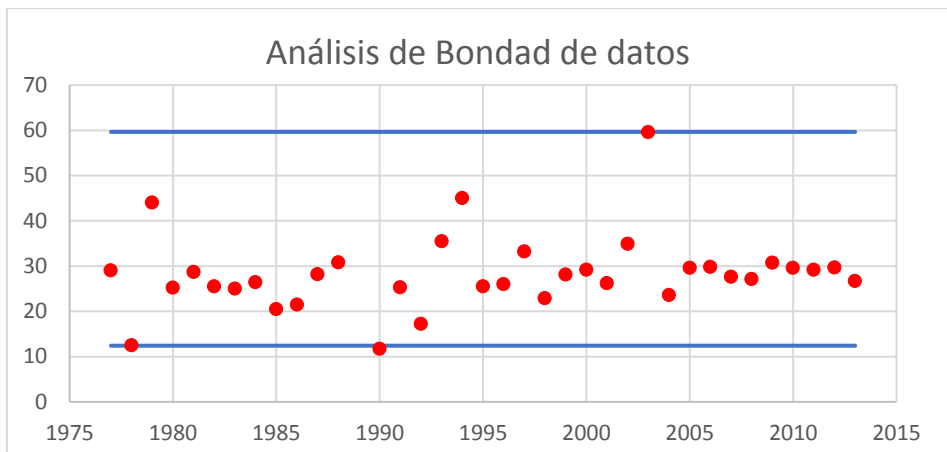


Figura 24. Análisis de aceptabilidad de los valores de precipitación máxima.

- Para determinar el parámetro número de curva en un entorno SIG, se requiere información gráfica de la zona objeto de estudio. Dicha información gráfica consiste en mapas temáticos de tipo y uso del suelo, así como de las características de la cuenca como es su red de drenaje

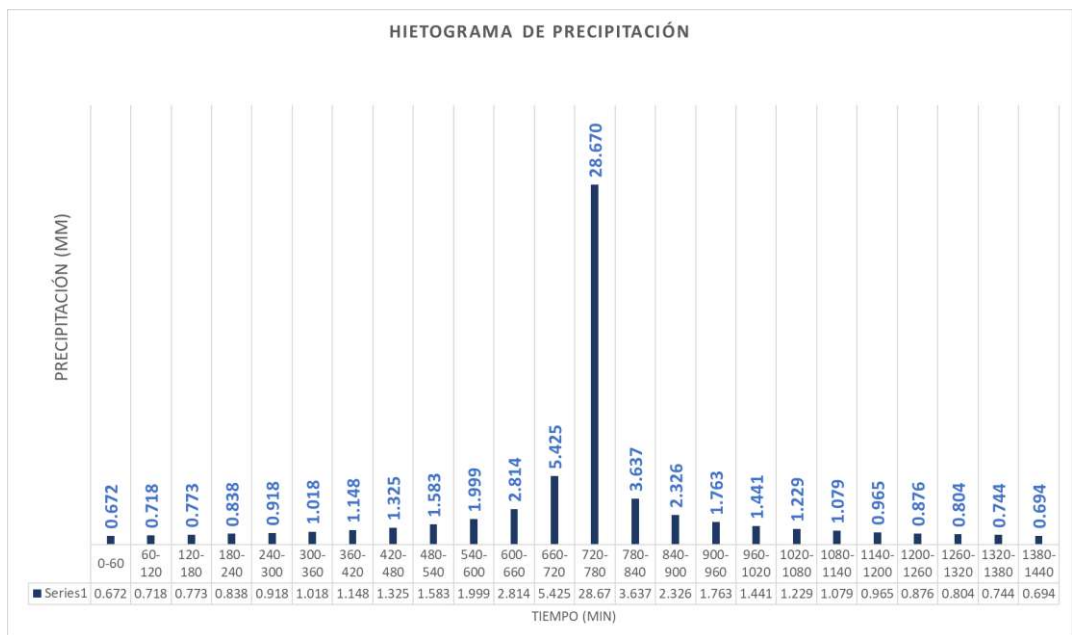


Figura 25. Hietograma de precipitaciones.

- Se asignó un valor de número de curva de 0.40% (sin cobertura vegetal) a toda la quebrada, debido a la baja presencia de vegetación en el cauce.
- La información topografía utilizada se generó a partir de un modelo de elevación digital de 0.10 m/pix de resolución; el cual fue obtenido gracias a los trabajos de fotogrametría realizados en la etapa de campo, reclasificándolo en grillas de 5 x 5 debido a la capacidad de procesamiento.
- Para la creación del histograma de avenidas máximas se utilizó el software HECHMS, con la metodología del Soil Conservation Service (SCS), con un caudal pico estimado de 5 m³/s (figura 26).

- El hidrograma de caudal líquido se colocó como condición de entrada ubicada aguas arriba de la quebrada (margen izquierda de la quebrada / pie del deslizamiento de Quisipata Baja)
- Se asignó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.025 para el cauce principal, 0.05 para zonas urbanas y 0.15 para zonas aledañas.
- Se consideró una concentración de sólidos (Cv) máxima de 0.35.
- Los parámetros reológicos del fluido se fijaron en función de la ecuación cuadrática de O'Brien, (O'Brien, J. and Julien, P., 1988).

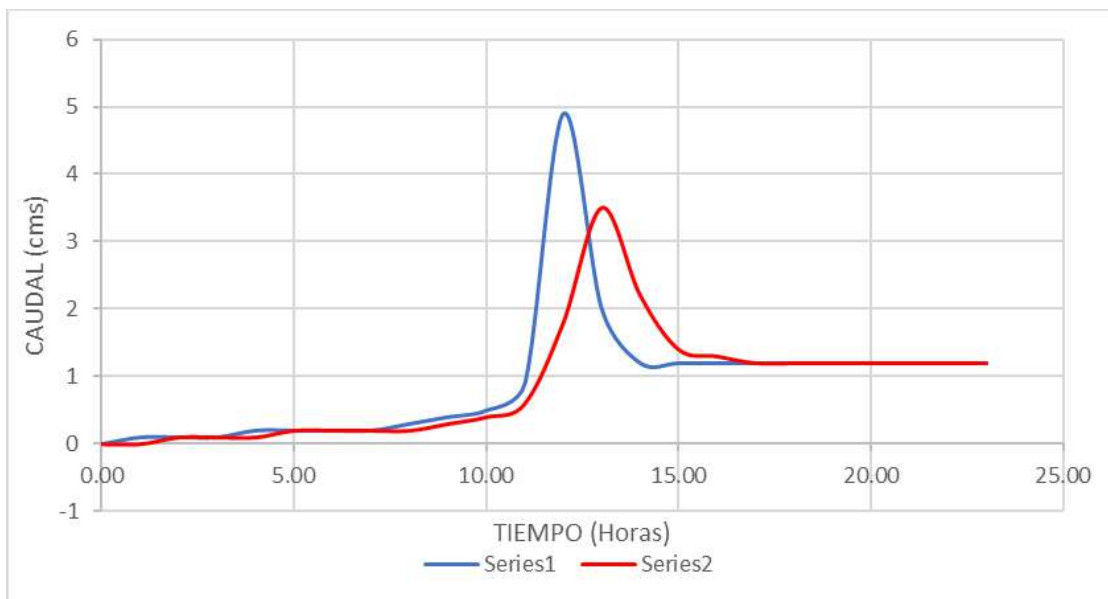


Figura 26. Análisis de aceptabilidad de los valores de precipitación máxima. Para un TR:25 años

7.1. Resultados de simulación

La simulación de flujos de detritos se realizó de acuerdo con un escenario general, propuesto de acuerdo con la realidad geodinámica que presenta la quebrada, la concentración volumétrica de sedimentos y teniendo en cuenta un caudal máximo de 5 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 25 años así el modelo reporta (figura 27).

- Tirantes máximos (altura de flujo) de 3 m y velocidades máximas de 10 m/s en el cauce de la quebrada.
- En la zona urbana el modelo reporta tirantes máximos entre 1 m a 0.3 m y mínimos de 0.1 m con velocidades que fluctúan entre 1 m/s a 5 m/s.
- El mapa de peligrosidad calculado en base a los valores de velocidad y alturas de flujo reportan niveles "Muy altos" en la quebrada Anishuayjo hasta la entrada del Barrio Mariño y valores altos y medios en las calles del barrio Mariño hasta su desembocadura en el río del mismo nombre.

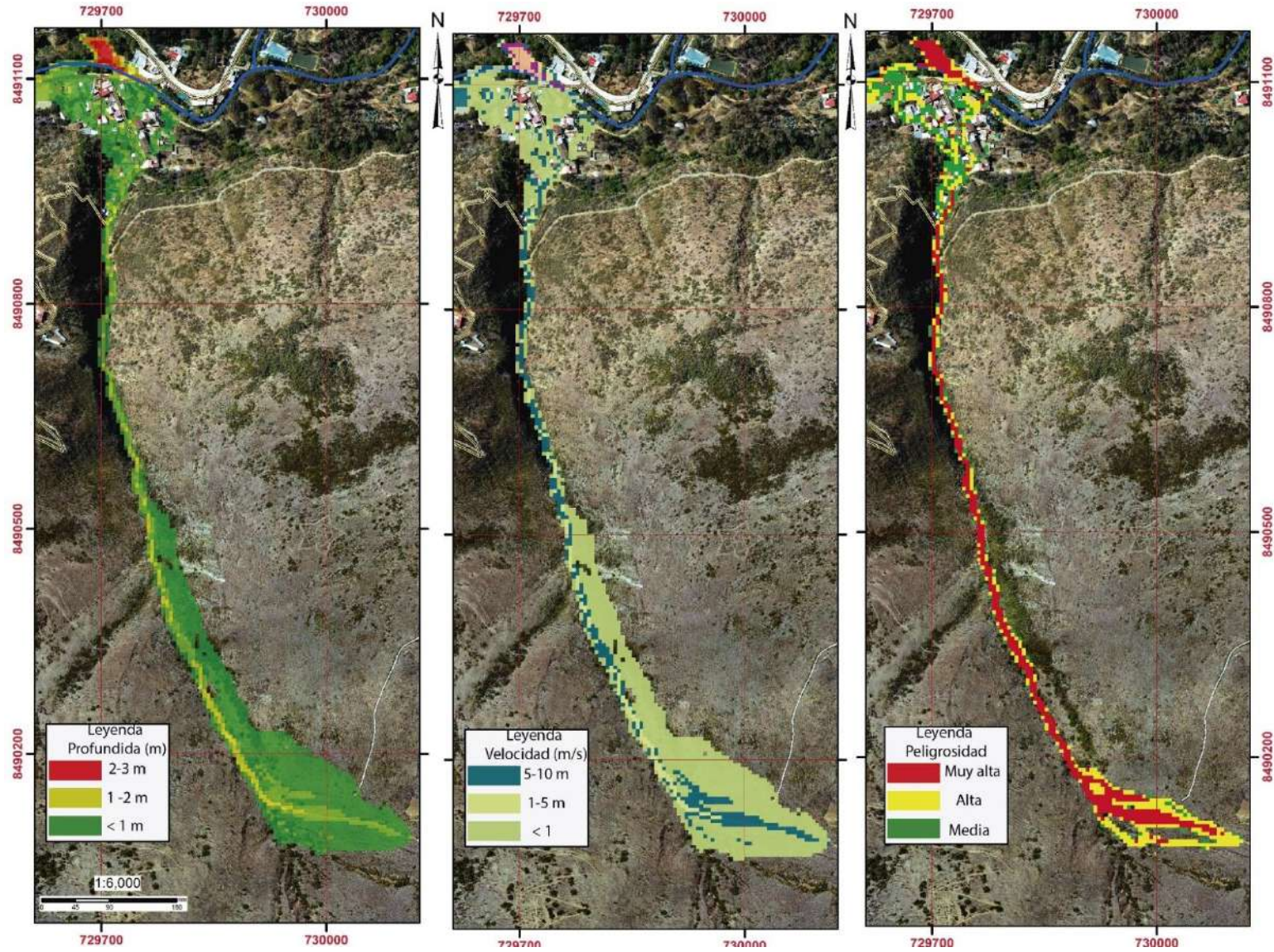


Figura 27. Resultados de la simulación de flujo de detritos en la quebrada Anishuayjo.

8. CONCLUSIONES

1. El substrato rocoso en la quebrada Anishuayjo (sector de Condado) está conformado por ortogneis altamente fracturadas y en algunos sectores completamente meteorizado y generó suelos residuales de fácil erosión. Mientras que el Barrio Mariño se encuentra sobre depósitos proluviales medianamente consolidados provenientes de flujos de detritos antiguos.
2. El principal depósito cuaternario es de tipo coluvio-deluvial y cubre las laderas de la quebrada Anishuayjo; conformado por bolos (1%), cantos (5%), gravas (10%), gránulos (50%), arenas (30%) envueltos en matriz limo-arcillosa (4%) poco consolidado a suelto, susceptible a generar movimientos en masa.
3. La quebrada Anishuayjo, microcuenca de influencia del área de estudio, corresponde a una quebrada joven de tipo "V", con laderas escarpadas y muy escarpadas $>45^\circ$, lo cual favorece la ocurrencia de movimientos en masa como deslizamientos.
4. El cauce principal de la quebrada presenta pendientes de 12° , que incrementa la capacidad de erosión de flujos de agua descendientes generando flujo de detritos (huaicos).
5. El 16 de agosto del 2022 en el sector de Condado (Quisipata Baja) se generó un deslizamiento rotacional, condicionado por el desborde de una captación de agua y canal de riego. Posterior al deslizamiento y por la presencia de agua de manantes y aguas domésticas se formó un flujo de detritos que llegó hasta la parte intermedia de la quebrada, para posteriormente convertirse en flujo de lodo, que discurrió hasta su desembocadura en el río Mariño. El evento presentó alturas de hasta 30 cm por el Barrio Mariño.
6. La simulación de flujo de detritos para una tasa de retorno (TR: de 25 años) muestra tirantes máximos (altura de flujo) de 3 m y velocidades máximas de 10 m/s en el cauce de la quebrada. En la zona urbana el modelo reporta tirantes máximos entre 1 m a 0.3 m y mínimos de 0.1 m con velocidades que fluctúan entre 1 m/s a 5 m/s, de igual manera el mapa de peligrosidad reporta niveles "Muy altos" en la quebrada Anishuayjo, hasta la entrada del Barrio Mariño y valores altos y medios en las calles del barrio Mariño hasta su desembocadura en el río del mismo nombre.
7. Los eventos ocurridos en el 2022 no generaron daños visibles, sin embargo, el deslizamiento de Quisipata Baja, presenta característica retrogresiva (agrietamientos detrás de la escarpa principal), de igual modo, la presencia del abanico proluvial sobre el que se asienta el barrio Mariño, es indicativo de la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) del pasado, que podrían repetirse frente a intensas y/o prolongadas precipitaciones.
8. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas en la quebrada Anishuayjo y el barrio Mariño se le considera de **Peligro Alto** a la ocurrencia de movimientos en masa y como **zona crítica** de inmediata intervención.

9. RECOMENDACIONES

Sector de Condado

1. Implementar planes de reforestación en las laderas de la quebrada Anishuayjo.
2. Se deben realizar trabajos de mantenimiento a las captaciones de agua ubicados en la cabecera de la quebrada Anishuayjo
3. Implementar sistemas de riego tecnificado (por goteo y/o aspersión) con la finalidad de disminuir la sobresaturación del terreno, de igual manera los canales de riego deben ser impermeabilizados para ello se pueden usar arcillas realizando mantenimientos constantes.
4. Implementar planes de monitoreo visual coordinados entre las autoridades locales y distritales, con la finalidad de identificar la formación de nuevos agrietamientos y posteriores deslizamientos.
5. 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.
6. Implementar sistemas de drenajes impermeabilizados que recolecten las aguas de lluvias en la ladera, para evitar la infiltración de aguas al suelo (que incrementan las presiones intersticiales); con ello se va a evitar la formación de nuevos deslizamientos. De igual manera las autoridades locales deberán mejorar los sistemas de desagüe, para evitar el vertido aguas residuales al terreno.

Barrio Mariño

1. Realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) por parte de las autoridades locales, a fin de evaluar los elementos expuestos en el Barrio Mariño por flujo de detritos (huaicos) esto determinara si es necesaria la reubicación de la población.
2. Implementar barreras dinámicas (para atrapar sedimentos y reducir la velocidad de flujos) en la quebrada Anishuayjo, con la finalidad de disminuir posibles daños en el barrio Mariño.
3. Realizar estudios hidrológicos para determinar la posibilidad de canalizar la quebrada Anishuayjo hasta su desembocadura en el río Mariño.

Nota: Todas las medidas estructurales deben ser diseñadas y supervisadas por especialistas teniendo en cuenta estudios geotécnicos, hidrológicos, hidrogeológicos y de factibilidad que determinen las medidas exactas y ubicación final de los mismos.



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

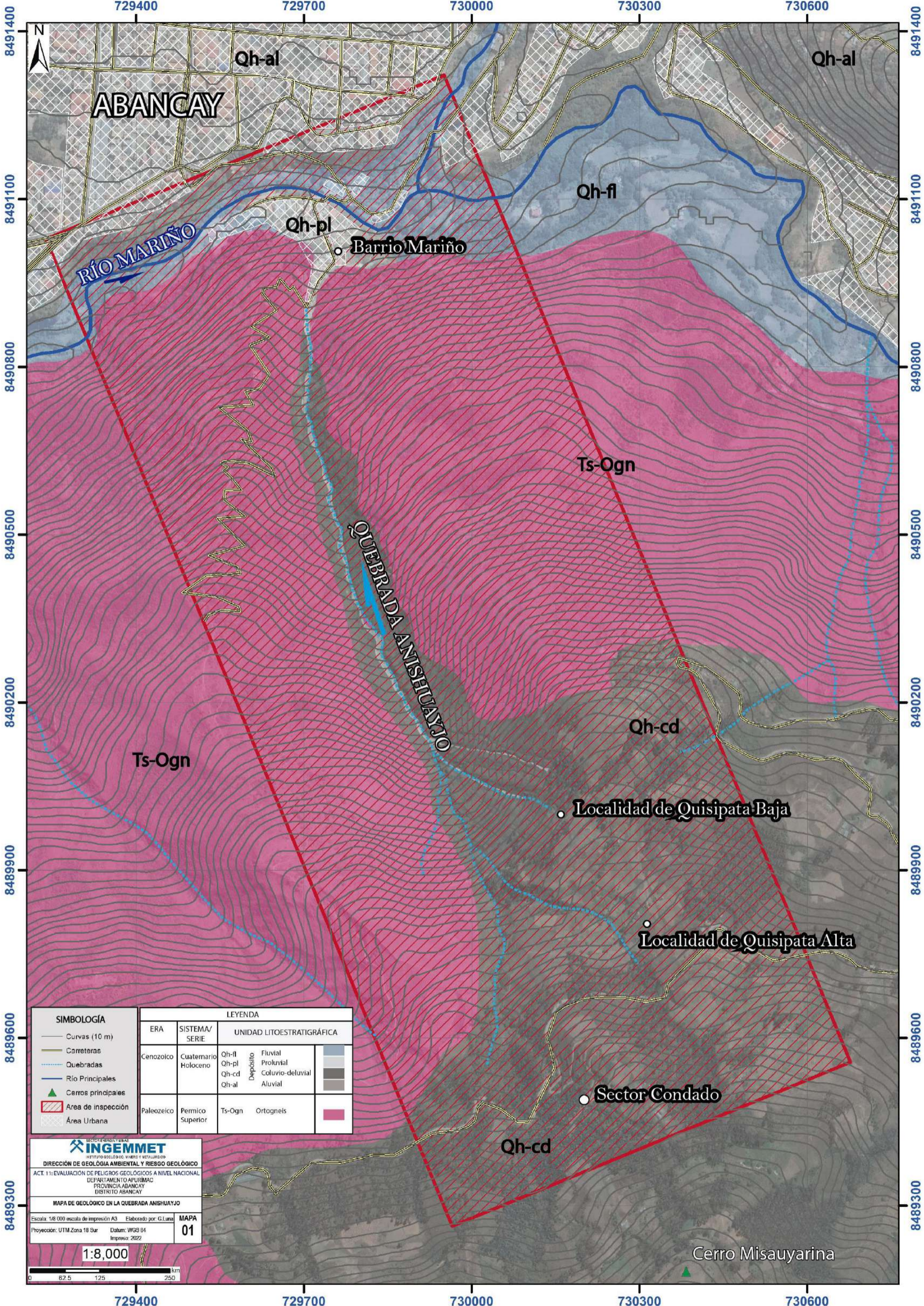


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

10. 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>.
- Mejía Fernández (1998) – Hidrología e hidráulica, manual para el control de la erosión Manizales - Colombia 1998. P 111-112
- 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>
- 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.
- Villacorta, S.; Peña, F.; Jaimes, F.; Sosa, N.; Condori, E., et al. (2019). Evaluación integral de la cuenca del río Mariño (Abancay, Apurímac) para la prevención de desastres de origen geológico y geo-hidrológico. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 71, 175 p., 5 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2409>

ANEXO 1: MAPA



ABANCAY

QUEBRADA ANISHUAYJO

Barrio Mariño

Localidad de Quisipata Baja

Localidad de Quisipata Alta

Sector Condado

Cerro Misauyarina

SIMBOLOGÍA		LEYENDA			
ERA	SISTEMA/SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA			
Cenozoico	Cuaternario Holoceno	Qh-ll	Fluvial	Depósito	[Color swatches]
		Qh-pl	Proluvial		
		Qh-cd	Coluvio-deluvial		
		Qh-al	Aluvial		
Paleozoico	Permico Superior	Ts-Ogn	Ortogneis		[Color swatch]

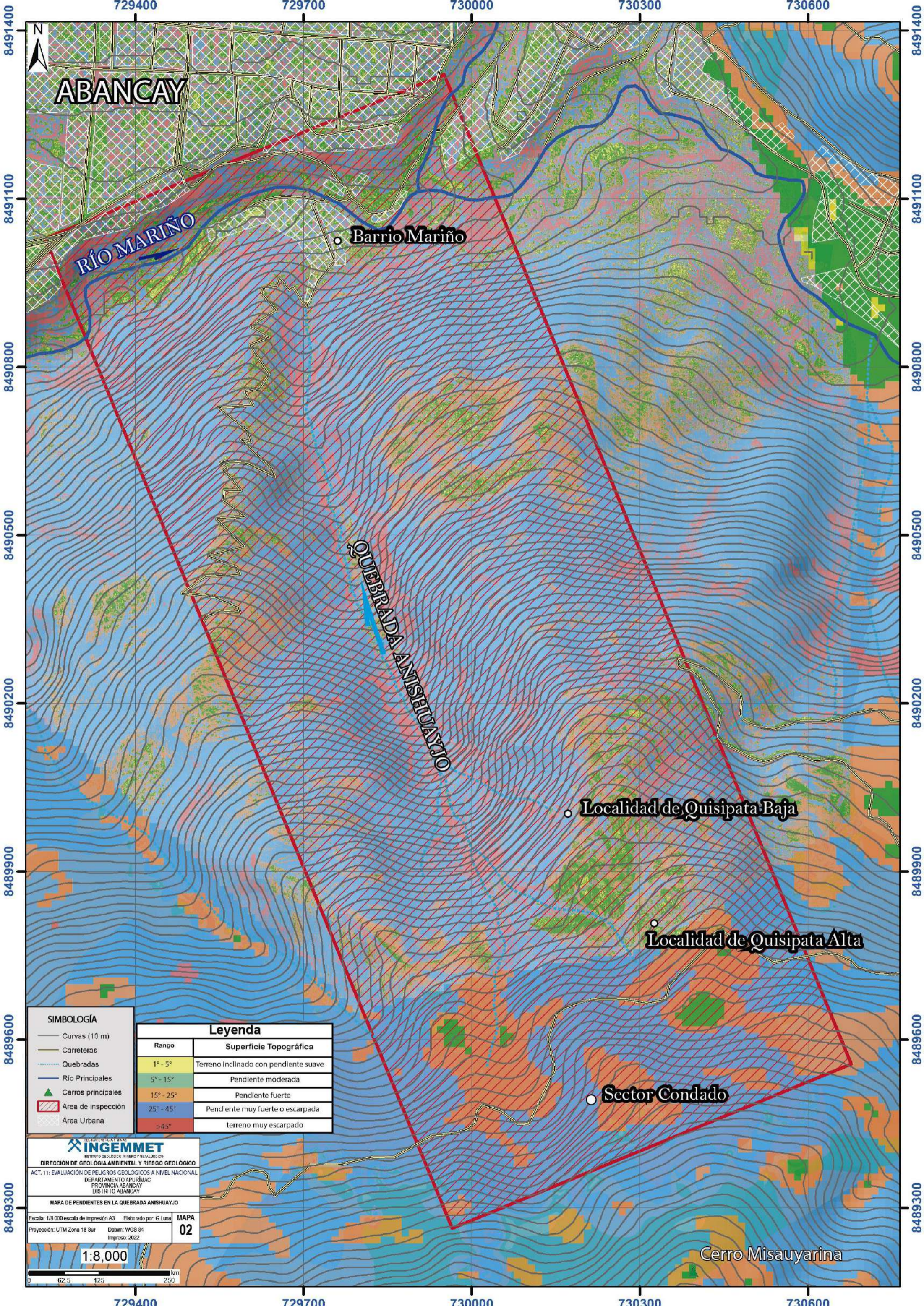
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO APURÍMAC
 PROVINCIA ABANCAY
 DISTRITO ABANCAY

MAPA DE GEOLÓGICO EN LA QUEBRADA ANISHUAYJO

Escala: 1/8 000 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Impreso: 2022

MAPA 01





ABANCAY

RÍO MARIÑO

Barrio Mariño

QUEBRADA ANSHUAYAJO

Localidad de Quisipata Baja

Localidad de Quisipata Alta

Sector Condado

Cerro Misauyarina

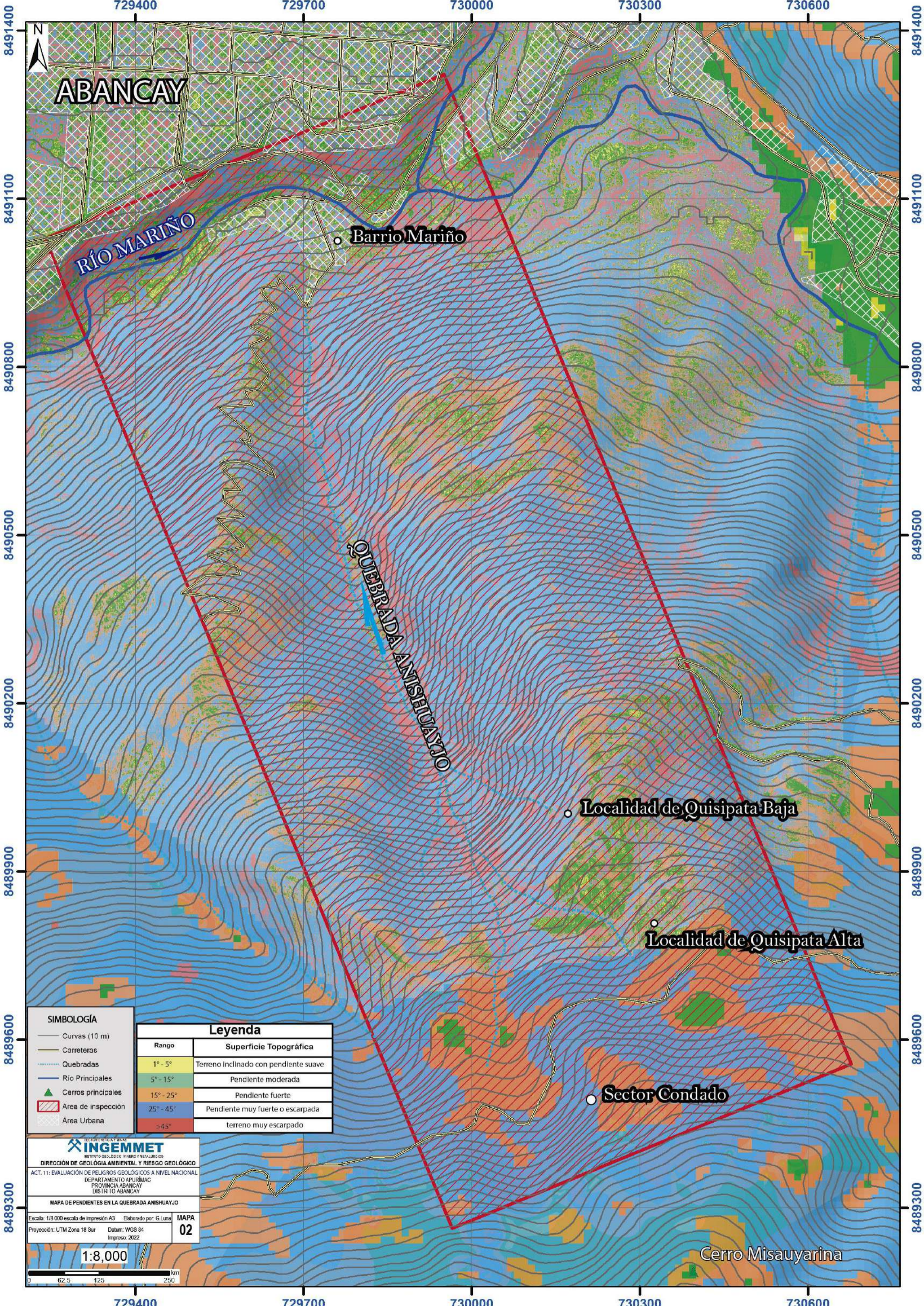
SIMBOLOGÍA

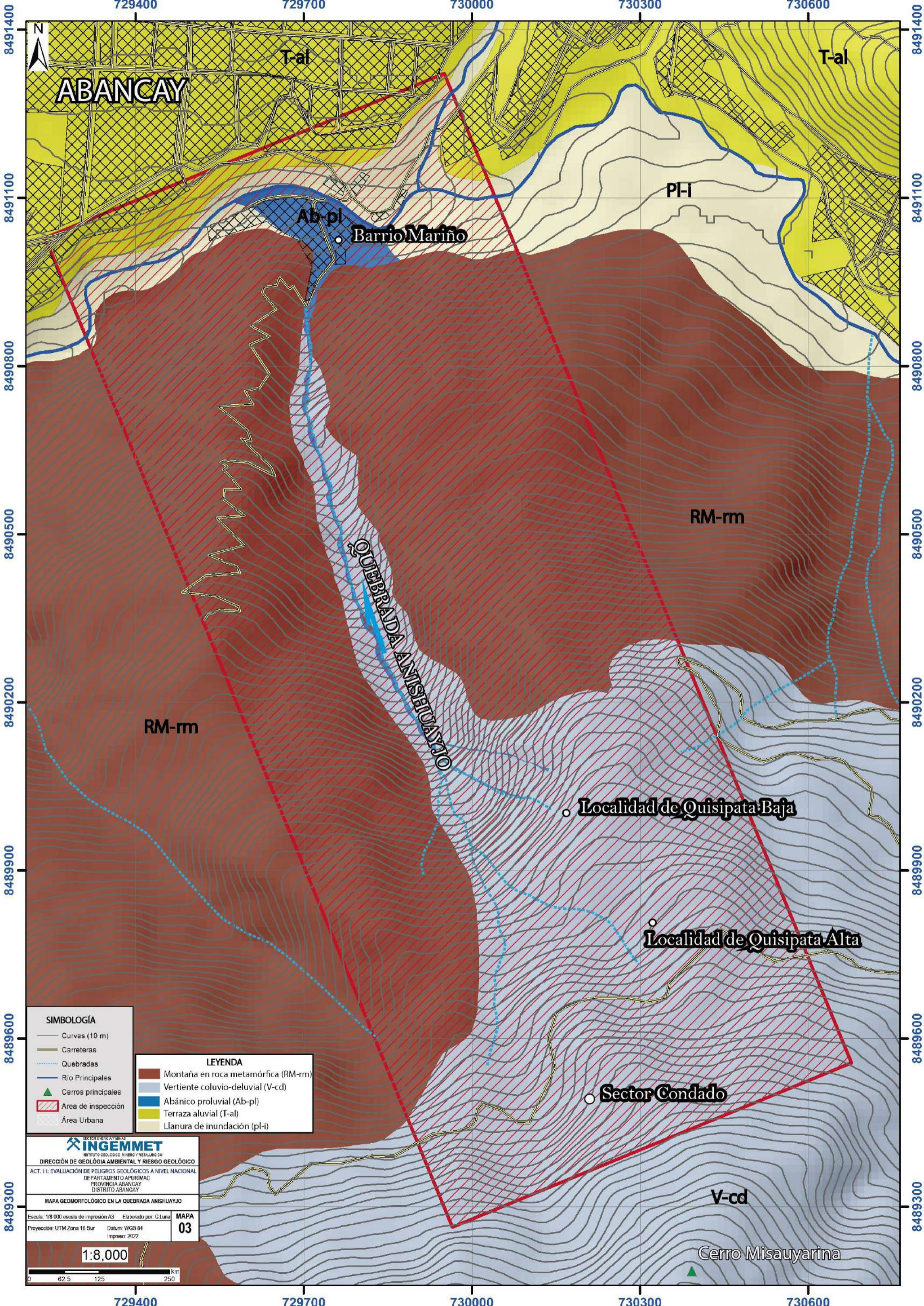
- Curvas (10 m)
- Carreteras
- Quebradas
- Río Principales
- ▲ Cerros principales
- ▨ Área de inspección
- ▤ Área Urbana

Leyenda	
Rango	Superficie Topográfica
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 GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO APURÍMAC
 PROVINCIA ABANCAY
 DISTRITO ABANCAY
 MAPA DE PENDIENTES EN LA QUEBRADA ANSHUAYAJO
 Escala: 1/8 000 escala de impresión A3 Elaborado por: G. Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Impreso: 2022

MAPA 02





ABANCAY

Barrio Marino

QUEBRADA ANISHUAYJO

Localidad de Quisipata Baja

Localidad de Quisipata Alta

Sector Condado

Cerro Misauyarina

SIMBOLOGÍA

- Curvas (10 m)
- Carreteras
- Quebradas
- Río Principales
- ▲ Carros principales
- ▭ Área de inspección
- ▭ Área Urbana

LEYENDA

- Montaña en roca metamórfica (RM-rm)
- Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)
- Abánico proluvial (Ab-pl)
- Terraza aluvial (T-al)
- Llanura de inundación (pl-i)

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO APURÍMAC
 PROVINCIA ABANCAY
 DISTRITO ABANCAY

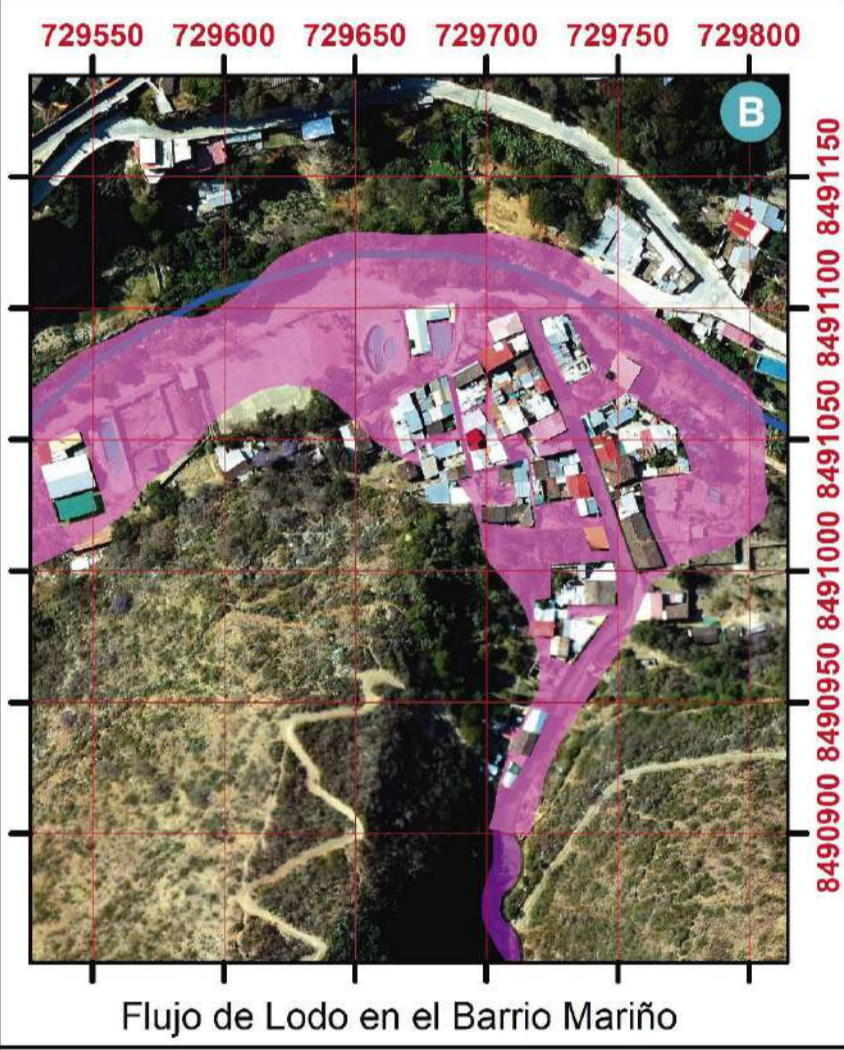
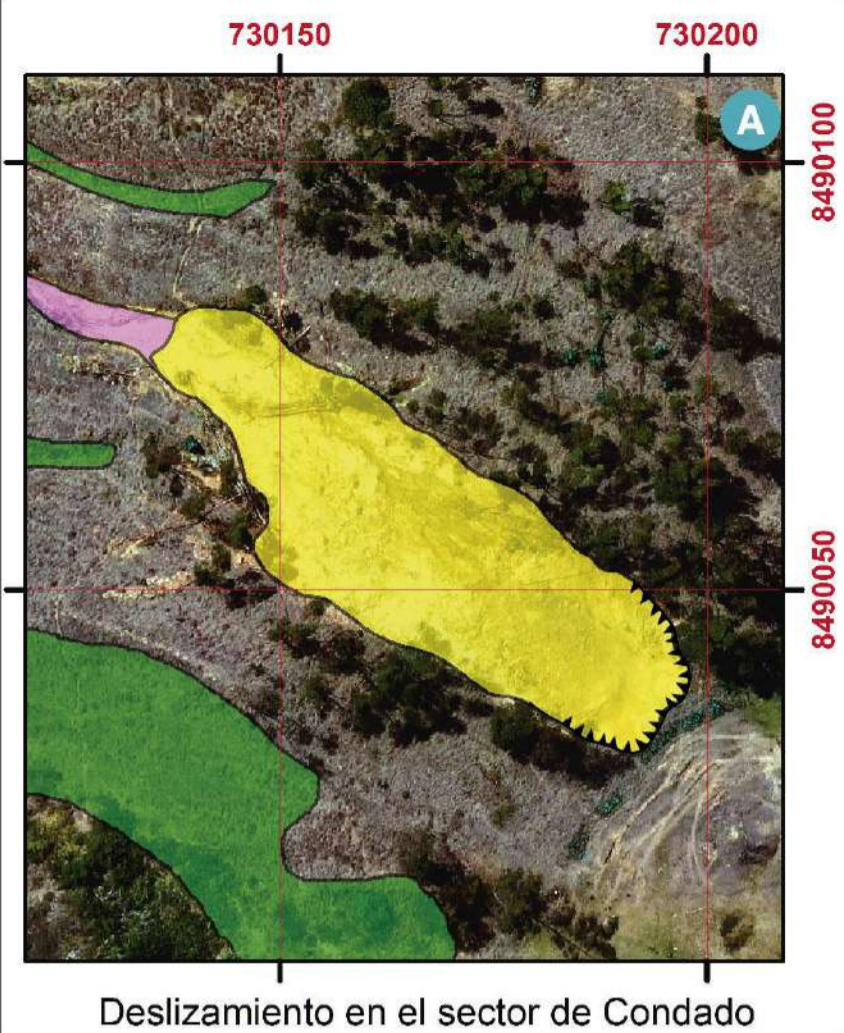
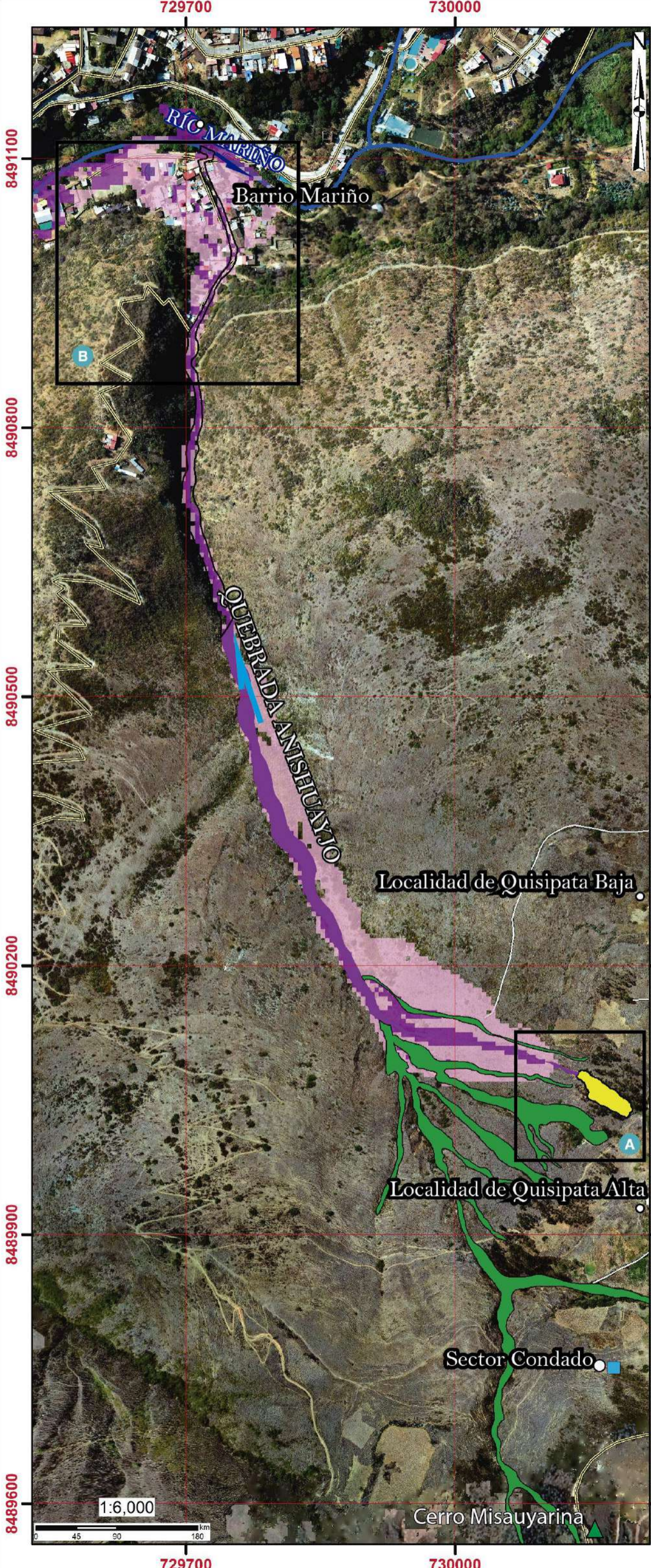
MAPA GEOMORFOLÓGICO EN LA QUEBRADA ANISHUAYJO

Escala: 1/8 000 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Impreso: 2022

MAPA 03

1:8,000

0 62.5 125 250 km



Simbología

- Curvas (10 m)
- Carreteras
- ... Quebradas
- Río Principales
- ▲ Cerros principales
- Canales de riego
- ▨ Área Urbana
- Captaciones de agua

Leyenda

Peligro Geológico	Peligro Geológico Especifico	Actividad
	Deslizamiento	Activo
Movimientos en masa	Flujo de detritos	Activo
	Flujo de lodo	Activo
Otros	Cárcavas	Activo

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 APURÍMAC
 PROVINCIA ABANCAY
 DISTRITO ABANCAY

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA ANISHUAYJO

Escala: 1/6 000 escala de impresión A3	Elaborado por: G.Luna	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84 Impreso: 2022	

