

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7244

INFORME COMPLEMENTARIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES DE JEYRUCHA Y ANDENES DE CHIMPA

Departamento Ayacucho
Provincia Lucanas
Distrito Carmen Salcedo



MARZO
2022

INFORME COMPLEMENTARIO DE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES DE JEYRUCHA Y ANDENES DE CHIMPA.

(Distrito de Carmen Salcedo, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho)



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

Equipo de investigación:

Ángel Gonzalo Luna Guillén

Ely Ccorimanya Chalco

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Informe complementario de Evaluación de Peligros Geológicos en los sectores de Jeyrucha y Andenes de Chimpa., distrito Carmen Salcedo, provincia Lucanas, departamento de Ayacucho. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7244, 66 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Accesibilidad.....	10
1.3.3. Clima	11
2. DEFINICIONES	11
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	13
3.1. Unidades litoestratigráficas	13
3.1.1. Grupo Barroso (Np-b-da).....	13
3.1.2. Formación Andamarca (Np-an)	14
3.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd).....	16
3.1.4. Depósito Aluvial (Q-al).....	17
3.1.5. Depósito proluvial (Q-pl).....	17
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	20
4.1. Pendientes del terreno.....	20
4.2. Unidades geomorfológicas	22
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	23
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	23
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	25
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa.....	26
5.1.1. Deslizamiento antiguo Jeyrucha Chimpa (D-A-JC).....	26
5.1.2. Deslizamiento Nantajacha – Amasio Flores (D-N-A)	29
5.1.3. Deslizamiento en el sector de Ondecca (D-O).....	32
5.1.4. Caídas.....	34
5.1.5. Geodinámica alrededor del reservorio de Jeyrucha Chimpa.....	35
5.2. Factores condicionantes.....	41
5.3. Factores desencadenantes	42
6. CONCLUSIONES	44
7. RECOMENDACIONES.....	46
8. BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXO 1: MAPAS.....	48
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	53
Medidas de mitigación para el reservorio artesanal de Jeyrucha.....	53
Medidas de mitigación para deslizamientos	57
Medidas de mitigación para Caídas	65

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en el sector Jeyrucha-Chimpa, ubicado en la margen derecha del río Negro Mayo, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Carmen Salcedo, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en las áreas de inspección, corresponden a rocas de origen volcánico del Grupo Barroso y la Formación Andamarca conformados por la alternancia de tobas gris blanquecinas y niveles conglomerádicos de clastos de cuarcitas, andesitas y areniscas tobáceas englobados en una matriz de ceniza, estos afloramientos se encuentran muy fracturados con un grado alto de meteorización y alteración que genera suelos residuales arcillosos y plásticos de fácil remoción.

Sobre el basamento rocoso en el sector de Jeyrucha-Chimpa se observan depósitos coluvio-deluviales conformados por deslizamiento antiguos, constituidos de gravas arcillosas con arenas y limos, además de cantos y bloques de hasta 1 m de diámetro, de composición volcánica, estos se encuentran saturados y poseen mediana a alta plasticidad; clasificadas como gravas limosas (GM) y gravas arcillosas (GC).

Esta característica sumada a la saturación constante del terreno por procesos de riego, canales no revestidos y sobre todo la infiltración de las aguas del reservorio de Jeyrucha, ha generado reactivaciones de deslizamientos.

Las geoformas identificadas según su origen tectónico-degradacional son montañas modeladas en rocas volcánicas que circunscriben a una vertiente de deslizamiento (Jeyrucha Chimpa). Las laderas de montaña mayoritariamente poseen pendientes escarpadas y muy escarpadas de 80°, donde se evidencia procesos de caída de rocas. La vertiente de deslizamiento presenta pendientes moderadas (5°-15°), las zonas de escarpes, saltos y agrietamientos producto de la actividad de dichos movimientos han generado superficies de pendientes fuertes y muy fuertes (15°-45°) y semiverticalizadas de aproximadamente 80° que se aprecian a lo largo del depósito.

En el contexto geodinámico, las evidencias geomorfológicas muestran que el sector de Jeyrucha-Chimpa, se conformó por movimientos en masa antiguos (deslizamientos rotacionales y movimientos complejos), cuyas coronas se encuentran alrededor de los 4000 m s.n.m y tienen longitudes kilométricas,

La infiltración de aguas de lluvia, puquiales, y la presencia del reservorio artesanal de Jeyrucha Chimpa, saturaron el terreno, en la margen izquierda de la quebrada Jeyrucha (sector de inspección) haciendo a este sector geodinamicamente más activo que la margen derecha.

Dentro de los principales deslizamientos activos, se tiene el de Nantajacha -Amasio Flores (D-N-A), ya identificado en el informe técnico A6590 del 2012; La corona de este deslizamiento se ubica a 250 m del reservorio de Jeyrucha en la cota 3509 m s.n.m. con un salto de escarpe principal de 80 m y de comportamiento retrogresivo que ha generado escarpes secundarios de saltos entre 5 y 30 m. El pie de deslizamiento se ubica en la cota 3257 m s.n.m., en el sector Ondecca donde se presenta una segunda reactivación denominada deslizamiento de Ondecca (D-O), cuya corona se ubica en la cota 3400 m s.n.m. con un salto de escarpe de 8 m y longitud de 300 m. Estos deslizamientos con dirección N290° afectan terrenos de cultivo

y los andenes de Chimpa, mostrando agrietamientos de hasta 1 m de apertura con dirección longitudinal N190°.

Alrededor del reservorio de Jeyrucha se han identificado otros movimientos en masa, tipo deslizamiento ubicado hacia el NE del reservorio con salto de escarpe de 3 m y longitud de 72 m; y un movimiento complejo (deslizamiento - flujo) ubicado al SE del reservorio, este tiene una escarpa con salto de 25 m y longitud de 500 m, afecta directamente al reservorio de Jeyrucha donde también se han identificado agrietamientos.

Por lo antes expuesto, el sector Jeyrucha-Chimpa se considera de **Peligro Muy Alto** por la ocurrencia de deslizamientos rotacionales y movimientos complejos, sujetos a desencadenarse por la infiltración de aguas del reservorio de Jeyrucha, puquiales, canales de riego no impermeabilizados y precipitaciones intensas y/o prolongadas, así como sismos. El boletín de “Peligro Geológico en la Región Ayacucho” (Vílchez et al., 2019) cataloga a este sector como **Zona Crítica** (zona crítica N° 26 en el departamento de Ayacucho).

Finalmente es necesario tomar en cuenta las recomendaciones citadas en el informe técnico A6590, entre las que se considera principalmente realizar el desfogue de la laguna y construir un nuevo reservorio de tierra revestido con geomembranas, en una ubicación diferente, de igual manera se deben captar las emanaciones de aguas subterráneas para evitar la infiltración a través de las grietas.

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 el Oficio N° 239 – 2021 – GRA/SIDERECEI-ST de Gobierno regional de Ayacucho, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designa al Ing. Ángel Gonzalo Luna Guillen y Geol. Ely Ccorimanya Challco, realizar la evaluación de peligros geológicos, llevados a cabo del 01 al 03 de febrero de 2022, en coordinación con la Municipalidad Distrital de Carmen Salcedo y representantes de la administración Comunal Colectiva del Agua del distrito de Carmen Salcedo, teniendo como principal representante al Lic. Hugo C. Quispe Delgado.

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

Este informe, se pone a consideración de la Municipalidad Distrital de Carmen Salcedo, 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.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que se presentan en los sectores de Jeyrucha y Andenes de Chimpa; los cuales comprometen la seguridad física de las poblaciones, infraestructuras y medios de vida.
- b) Actualizar y definir las condiciones geodinámicas actuales en los sectores de Jeyrucha y Andenes de Chimpa, teniendo como base el informe técnico A6590, elaborado en el 2012 por Vílchez & Ochoa.
- c) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- d) 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 sectores de evaluación se tienen:

- A) Informe técnico N°A6590: Deslizamientos rotacionales en los sectores de Jeyrucha y Andenes de Chimpa - Andamarca, elaborado por Vílchez & Ochoa (2012), donde se realiza la primera inspección técnica y describe los procesos de movimientos en masa, en específico deslizamientos rotacionales antiguos que se han reactivado por la

naturaleza del substrato rocoso , la actividad antrópica y de filtraciones del reservorio artesanal de Jeyrucha, catalogando al sector como zona de **PELIGRO INMINENTE**.

B) Boletín N° 70, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Ayacucho” (Vílchez et al., 2019), se identificaron 1390 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos; además de 31 zonas críticas. Se cuenta con una cronología de ocurrencias de peligros geológicos en la zona desde el 2006 , tal como se señala a continuación:

- El 02 de febrero del 2006, la ocurrencia de Derrumbes en Andamarca - distrito de Carmen Salcedo, afectó 700 m de un canal de riego.
- En 2012 se identificaron peligros geológicos en Andamarca sectores de Jivicha y Yanacocha (Distrito de Carmen Salcedo) que ocasionó el deterioro y pérdida de andenes , terrenos de cultivo y caminos de herradura que sirven de conexión entre los sectores de Jivicha y Yanacocha con Andamarca, además dichos eventos pueden represar el río Negro Mayo por eso se le considera como **ZONA CRÍTICA N°26**, por deslizamientos.
- El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000 presentado en este boletín N°70, enmarca al sector de Jeyrucha y Andenes de Chimpa, con un grado “Alto” de susceptibilidad a movimientos en masa.

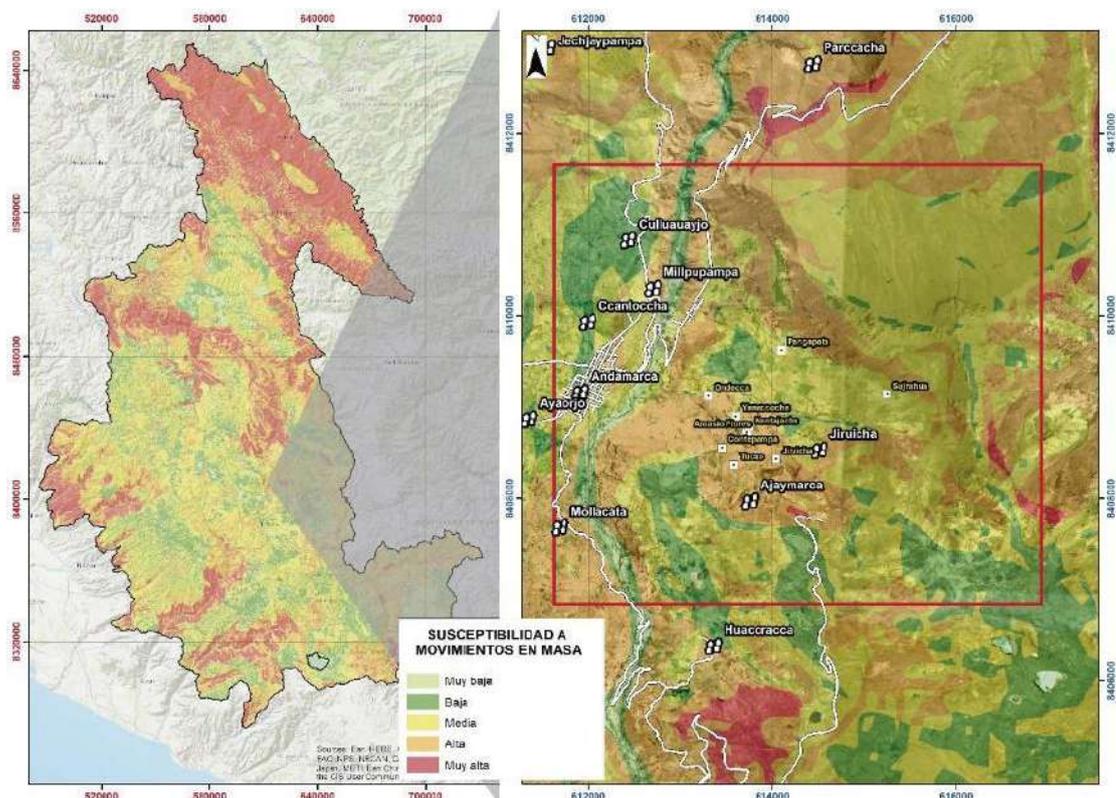


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa de la región Ayacucho (escala base 1:250 000). fuente: Vílchez et al., 2019.

C) Boletín N°70 Serie A: Carta Geológica Nacional, “Geología de los Cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña”; elaborado por LAGESA (1996); señala regionalmente la presencia de substrato rocoso volcánico del Plioceno-Pleistoceno, cubiertas por depósitos fluvio-glaciares, aluviales, fluviales y coluviales del Eoceno.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Geográficamente el área evaluada denominada Jeyrucha y andenes de Chimpa, se localiza a la margen derecha del río Negro Mayo, vertiente oeste del cerro Cuntaya, específicamente corresponde a los alrededores del sector denominado Jivicha (lugar donde se ubica el reservorio artesanal de Jeyrucha). Al frente del área de inspección (margen izquierda del río Negro Mayo) se ubica el C.P. de Andamarca (figura 2).

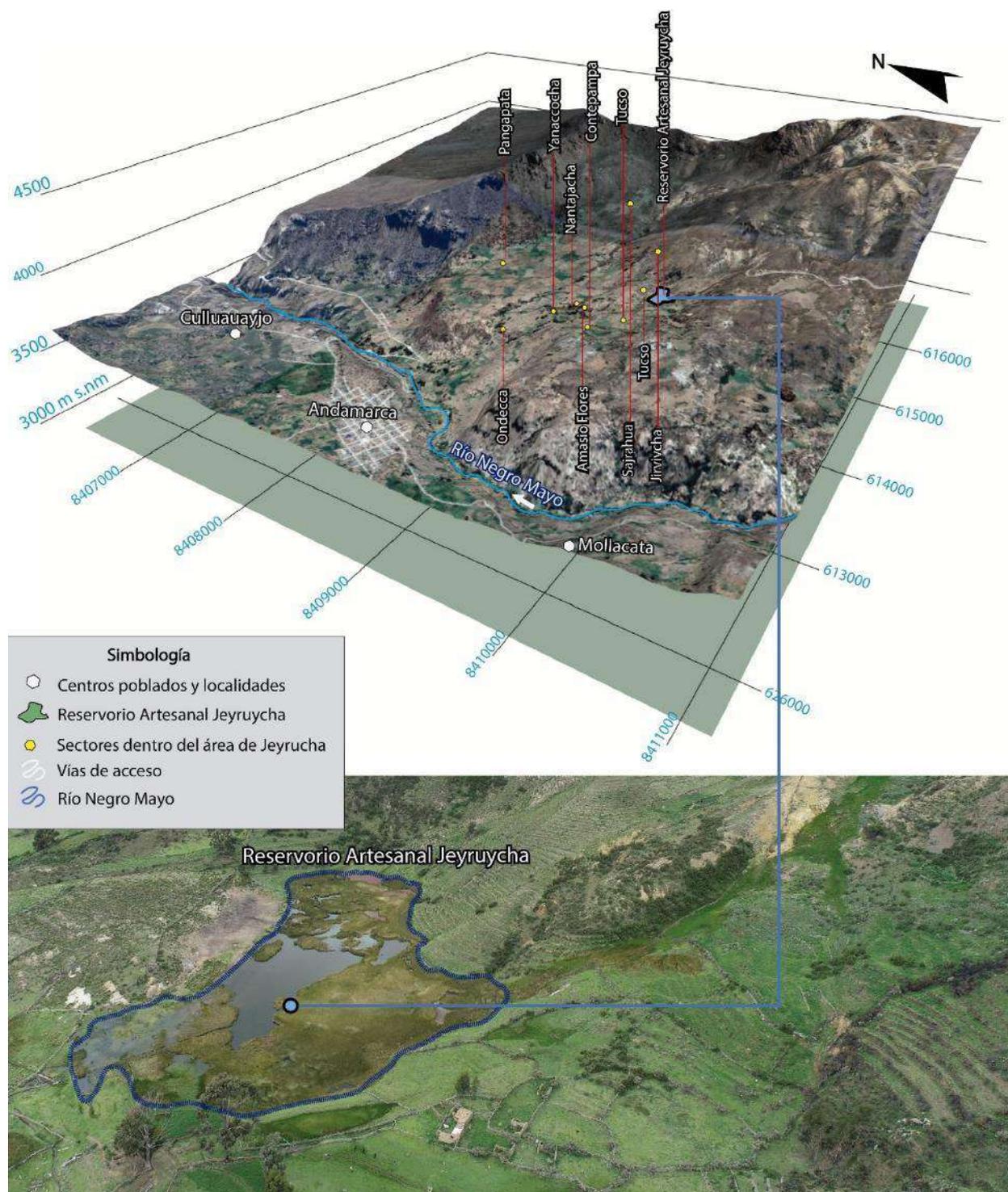


Figura 2. Mapa de ubicación del sector Jeyrucha y Andenes de Chimpa en vista 3D.

Políticamente el área de inspección pertenece a la localidad de Andamarca, distrito de Carmen Salcedo, provincia de Lucanas, departamento Ayacucho (figura 3), las coordenadas del área general de inspección se encuentran representadas por 6 vértices que se detallan en el cuadro 1.

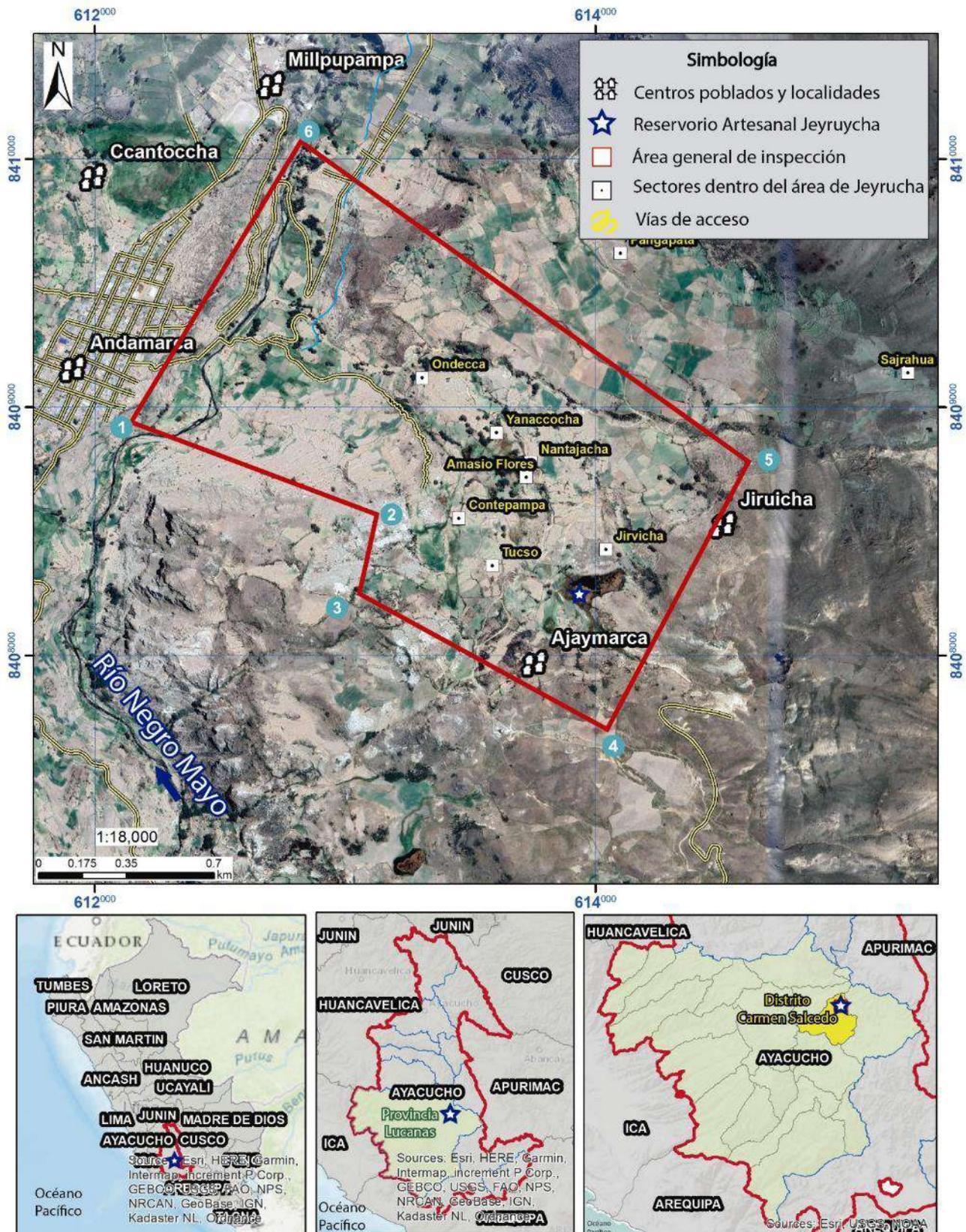


Figura 3. Mapa de ubicación Política del sector Jeyrucha y Andenes de Chimpa.

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio Jeyrucha y Chimpa.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	612142.00 m	8408954.00	14°23'21.85"S	73°57'35.40"O
2	613120.00 m	8408568.00 m	14°23'34.27"S	73°57'2.69"O
3	613042.00 m	8408231.00 m	14°23'45.25"S	73°57'5.25"O
4	614042.00 m	8407719.00 m	14°24'1.76"S	73°56'31.78"O
5	614612.00 m	8408777.00 m	14°23'27.24"S	73°56'12.91"O
6	612824.00 m	8410092.00 m	14°22'44.71"S	73°57'12.81"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL (RESERVORIO ARTESANAL JEYRUCHA)				
C	613991.00 m	8408241.00 m	14°23'44.78"S	73°56'33.56"O

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 2.

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona de evaluación

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima-Nazca	Carretera asfaltada	447	6 horas
Nazca - Puquio	Carretera asfaltada	156	3 h 7 min
Puquio - Andamarca	Carretera asfaltada y trocha carrozable	74.6	1 h 26 min
Andamarca-Jeyrucha Chimpa	Carretera asfaltada y trocha carrozable	5	30 min



Figura 4. Imagen que muestra la ruta de accesibilidad desde el departamento de Lima al sector de Jeyrucha y Chimpa en Andamarca.

1.3.3. Clima

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2002), el clima de la zona como en la mayor parte de los andes peruanos presentan una estación seca (abril-noviembre) y otra lluviosa (diciembre-marzo), la precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal (setiembre – mayo) es de 100 a 500 mm, y para el periodo de precipitación acumulado en el evento del fenómeno “El Niño” 1997/1998, fue de 400 a 600 mm.

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 máxima registrada en el último periodo 2020-2021, fue de 24 mm en el mes de marzo y 21.1 mm en noviembre, de igual manera el índice de vegetación NDVI, revela valores entre 0.55 y 1, lo cual demuestra correlativamente vegetación producto del estrés hídrico de la zona (figura 5).

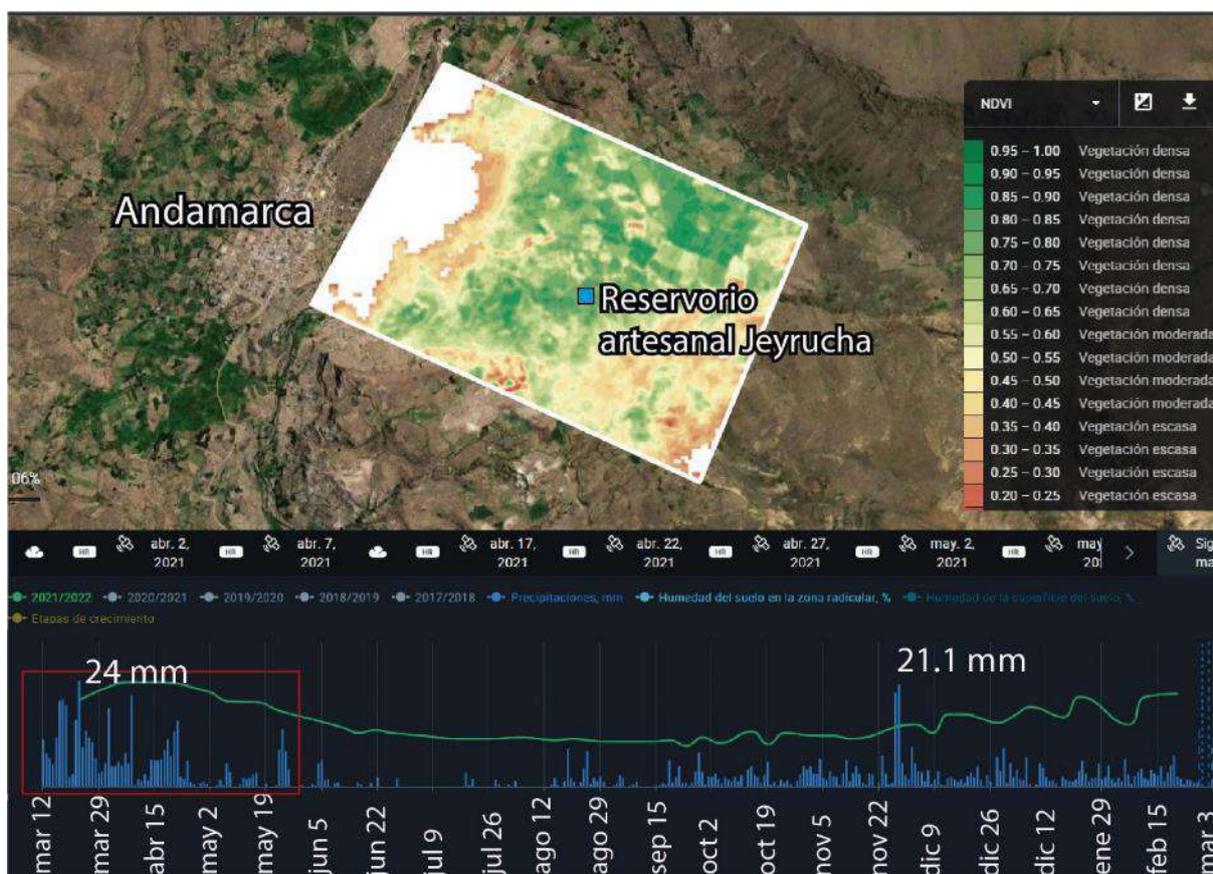


Figura 5. Precipitaciones según registros satelitales awhere, en el sector de Jeyrucha Chimpa.

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

2. DEFINICIONES

Considerando que el presente informe de evaluación técnica está dirigido a las autoridades, personal no especializado y tomadores de decisiones que no son necesariamente geólogos; es por ese motivo que se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

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

Caída de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), en el que uno o varios bloques de rocas se desprenden de una ladera, desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento.

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).

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

Flujo de detritos: es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos

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.

Escarpe: 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.

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 sin.: fenómeno de remoción en masa (co, ar), proceso de remoción en masa (ar), remoción en masa (ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

Reptación de suelos: la reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. la reptación puede ser de tipo estacionaria, cuando se asocia a cambios meteorológicos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

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).

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 N°70: denominado “Geología de los cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña” elaborado por la asociación LAGESA – INGEMMET en 1996, también se ha tomado en cuenta la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Querobamba” del 2003. Específicamente se toma en cuenta el Cuadrángulo de Querobamba (29 o), elaborado a escala 1:100 000, así como las descripciones del informe técnico A6590, complementándose con trabajos de fotointerpretación de imágenes satelitales, y observaciones en campo, con lo que finalmente se elaboró el mapa geológico (Anexo 1-mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas comprenden rocas volcánicas, cuyas laderas se encuentran cubiertas por depósitos proluviales, coluviales y coluvio-deluviales, de igual manera en las márgenes del río Negro Mayo se pueden observar depósitos aluviales y fluviales.

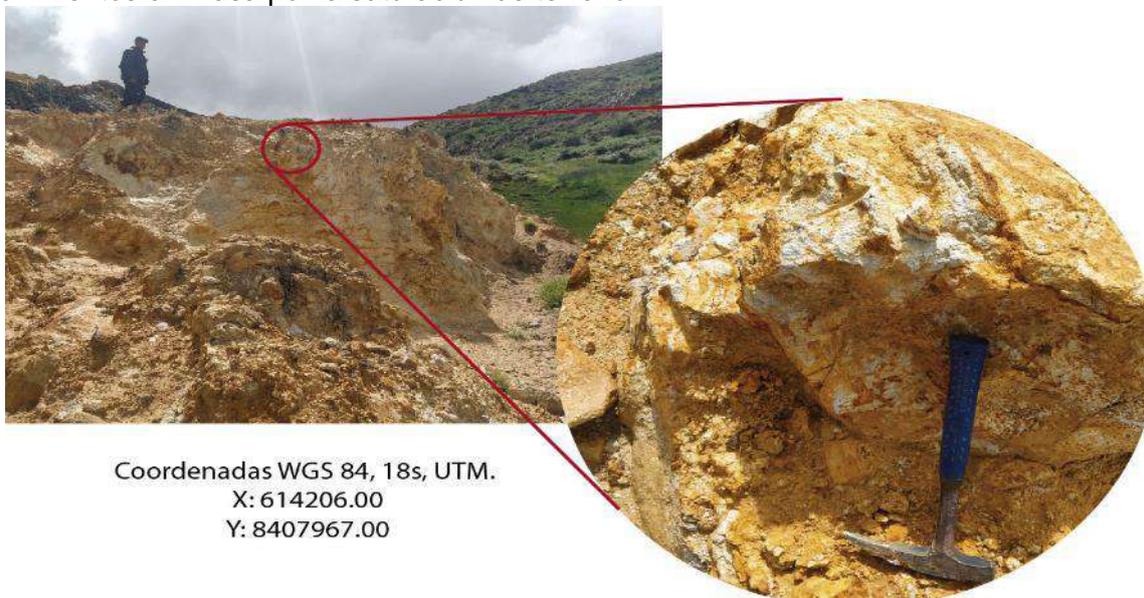
A continuación, se describe brevemente la composición y características litológicas de los depósitos y Formaciones identificadas en los trabajos de campo:

3.1.1. Grupo Barroso (Np-b-da)

El Grupo Barroso se divide en dos miembros; el inferior se encuentra constituido por una alternancia de derrames y piroclastos, los primeros corresponden a andesitas y traquiandesitas y los segundos a brechas y aglomerados volcánicos.; mientras que el miembro superior constituido por secuencias de rocas piroclásticas en intercalaciones de bancos gruesos de tobas soldadas de aspecto masivo y cavidades vacuolares, sin embargo, localmente se han observado tobas brechoides de coloración blanco, cuya masa contiene

fenocristales de plagioclasas (1 a 2 mm) y engloba elementos líticos finos angulosos a subredondeados de naturaleza lávica.

Ese conjunto de tobas se encuentra muy fracturadas a fragmentadas, con un grado alto de meteorización y alteración (figura 6). La degradación de estas rocas genera suelos residuales arcillosos de coloraciones amarillentas, de fácil erosión y susceptibles a procesos de movimientos en masa por la saturación de terreno.



Coordenadas WGS 84, 18s, UTM.
 X: 614206.00
 Y: 8407967.00

Figura 6. Tobs brechoides de coloración blanco, ubicado en las coordenadas X: 614202, Y:8407967

3.1.2. Formación Andamarca (Np-an)

Esta Formación se describe como una secuencia de rocas volcánicas de naturaleza piroclástica, constituida por tobas riolíticas y riolacitas. Mendivil, S., (1965). Localmente se han identificado alternancia de tobas gris blanquecinas y niveles conglomerádicos constituidos por clastos de cuarcita, areniscas tobáceas y andesitas, englobados en una matriz de ceniza y arenisca tobácea (figura 7).



Coordenadas WGS 84, 18s, UTM.
 X: 613811.71 m E
 Y:8407473.18 m S

Figura 7. Tobs riolíticas de la Formación Andamarca.

Las rocas de la Formación Andamarca se encuentran con un grado de meteorización alto; en la zona superior al reservorio de Jeyrucha, se presentan como suelos residuales arcillosos, plásticos y saturados. En la parte baja se presentan con menor intensidad de meteorización, pero muy fracturadas, lo que ha provocado la caída de rocas en la margen derecha del río Negro Mayo (figura 8).



Figura 8. Tobas riolíticas de la Formación Andamarca, la figura A muestra dicha Formación con grado alto a completamente meteorizado, ubicado por encima del reservorio de Jeyrucha; mientras que la figura B. muestra esta misma Formación Muy Fracturada (en la margen izquierda del río Negro Mayo)

3.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Depósito conformado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, interestratificados, imposibles de separarlos como unidades individuales. Se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles (Vílchez et al., 2019).

En el área evaluada se observan secuencias de materiales coluvio-deluviales y de escombros originados a partir de ocurrencias de movimientos en masa de gran magnitud.

Estos depósitos están constituidos por materiales de secuencias de gravas arcillosas con arenas y limos, dentro del material también se observan cantos y bloques de hasta 1 m de diámetro, de composición volcánica, mayoritariamente estos depósitos se encuentran saturados y poseen mediana a alta plasticidad, una clasificación tentativa (S:U.C:S), para estos depósitos se encuentra entre gravas limosas (GM) y gravas arcillosas (GC), esta característica sumada a la saturación constante del terreno por procesos de riego, canales no revestidos y sobre todo la infiltración de las aguas del reservorio de Jeyrucha, las hacen susceptibles a generar deslizamientos y movimientos complejos como deslizamientos-flujos.



DESCRIPCIÓN DE DEPÓSITOS CUATERNARIOS										
TIPOS DE DEPÓSITO	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre	GRANULOMETRÍA			FORMA		REDONDES	PLASTICIDAD	
	<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino	<input type="text" value="5"/> Bolos	<input checked="" type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad				
	<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="text" value="10"/> Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico				
	<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico	<input type="text" value="40"/> Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad				
	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial	<input type="text" value=""/> Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico				
<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral	<input type="text" value="10"/> Arenas	* la matriz de caracter limoarcilloso, presenta plasticidad media a alta							
<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar	<input type="text" value="15"/> Limos								
		<input type="text" value="20"/> Arcillas								
ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		%		LITOLÓGIA		
<input type="checkbox"/> Masiva	<input type="checkbox"/> Harinoso	<input checked="" type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/> Intrusivos							
<input type="checkbox"/> Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/> Arenoso	<input type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="checkbox"/> Volcánicos							
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Matamórficos							
								<input checked="" type="checkbox"/> Parasedimentario		
SUELOS FINOS		COMPACIDAD		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS		
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas		<input type="checkbox"/> GW		<input checked="" type="checkbox"/> GC		
<input checked="" type="checkbox"/> Blanda	<input type="checkbox"/> Suelta	<input checked="" type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Suelta	<input type="checkbox"/> Med. Consolidada	<input type="checkbox"/> CL	<input type="checkbox"/> GP		<input type="checkbox"/> SW		
<input type="checkbox"/> Compacta	<input type="checkbox"/> Densa	<input type="checkbox"/> Med. Consolidada	<input type="checkbox"/> Consolidada	<input type="checkbox"/> Consolidada	<input type="checkbox"/> OL	<input checked="" type="checkbox"/> GM		<input type="checkbox"/> SP		
<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Muy Densa	<input type="checkbox"/> Consolidada	<input type="checkbox"/> Muy Consolidada	<input type="checkbox"/> Muy Consolidada	<input type="checkbox"/> MH	<input type="checkbox"/> SM		<input type="checkbox"/> SC		
								<input type="checkbox"/> CH		
								<input type="checkbox"/> OH		
								<input type="checkbox"/> PT		

Figura 9. Tabla clasificatoria empírica de los depósitos coluvio-deluviales en Jeyrucha Chimpa.

3.1.4. Depósito Aluvial (Q-al)

Son depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de procesos fluviales, ubicados en las márgenes y terrazas a diferentes niveles ligeramente más elevados, utilizadas como terrenos de cultivo, conforman terrazas aluviales, donde se ubica Andamarca, en la margen izquierda del río Negro Mayo y en la margen derecha son usados mayoritariamente para cultivo.

3.1.5. Depósito proluvial (Q-pl)

Los depósitos proluviales, constituyen materiales ubicados en el cauce de las quebradas, conformado por gravas y arenas gruesas a finas, subredondeadas de origen volcánico, en este caso se ubican en el cauce de la denominada quebrada Jeyrucha, donde existen evidencia de flujos antiguos que conformaron abanicos proluviales.



DESCRIPCIÓN DE DEPÓSITOS CUATERNARIOS										
TIPOS DE DEPÓSITO	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre	GRANULOMETRÍA %				FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD	
	<input type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino	<input type="text" value="20"/>	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad			
	<input type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="text" value="20"/>	Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/> Subredondeado	<input type="checkbox"/> Med. Plástico			
	<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico	<input type="text" value="55"/>	Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad			
	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial	<input type="text" value="5"/>	Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input type="checkbox"/> Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/> No plástico			
<input checked="" type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral	<input type="text" value="5"/>	Arenas	* la matriz de caracter limoarcilloso, presenta plasticidad media a alta						
<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar	<input type="text" value="5"/>	Limos	CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.						
<input type="text" value="5"/>	Arcillas	ESTRUCTURA		TEXTURA	CONTENIDO DE	%	LITOLÓGÍA			
<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos			
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos			
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input checked="" type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos			
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Parasedimentario			
SUELOS FINOS		COMPACIDAD		SUELOS GRUESOS						
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas						
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta					
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada					
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada					
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada					
SUELOS GRUESOS										
<input checked="" type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	GC							
<input checked="" type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW							
<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP							
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC							
SUELOS FINOS										
<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH							
<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH							
<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT							
<input type="checkbox"/>	MH									

Figura 10. Tabla clasificatoria empírica de los depósitos proluviales en Jeyrucha Chimpa.

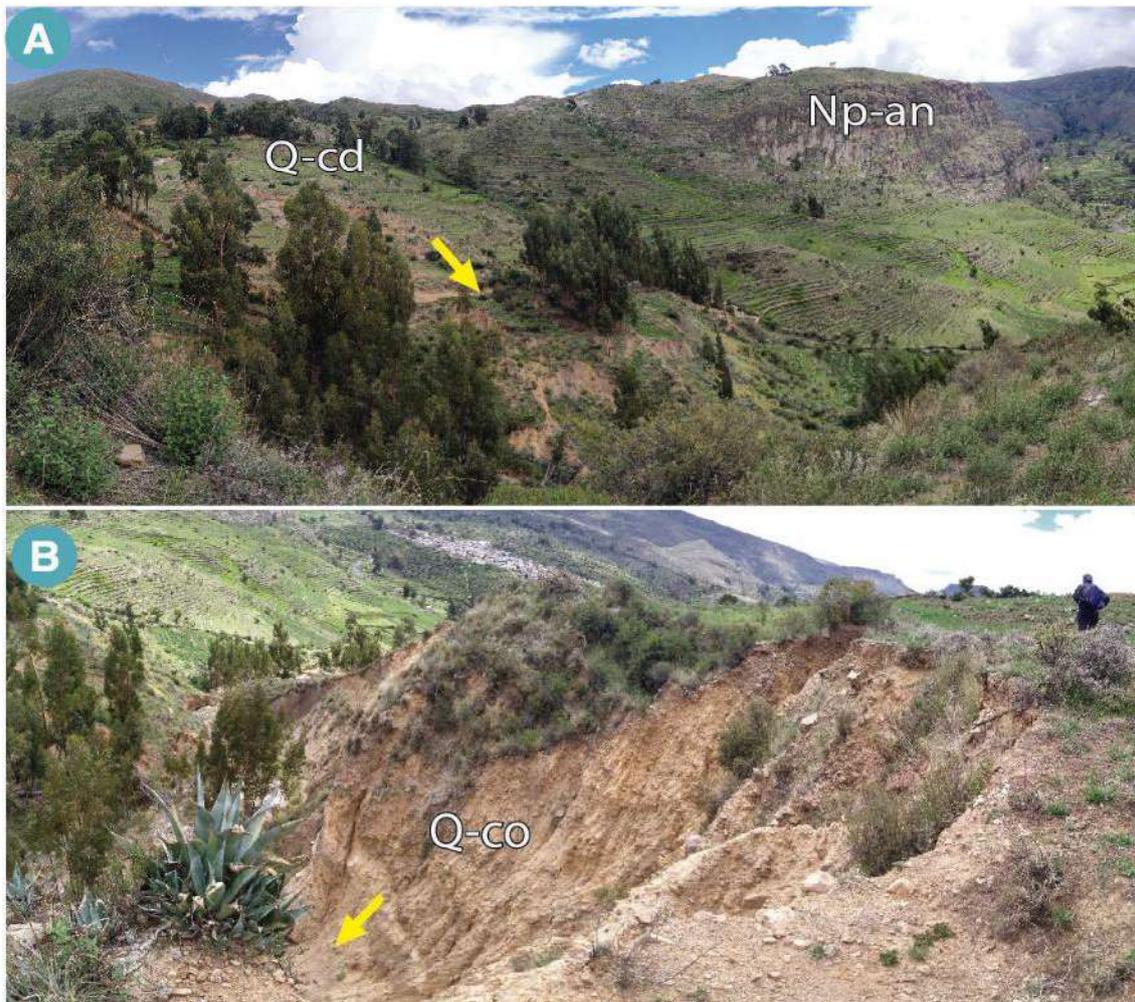


Figura 11. A) Muestra depósitos coluvio-deluviales, conformado por procesos de deslizamientos antiguos y B) Depósitos coluviales conformados por derrumbes en la margen derecha de la quebrada de Jeyrucha.



Figura 12. Depósitos coluvio-deluviales en Jeyrucha Chimpa.

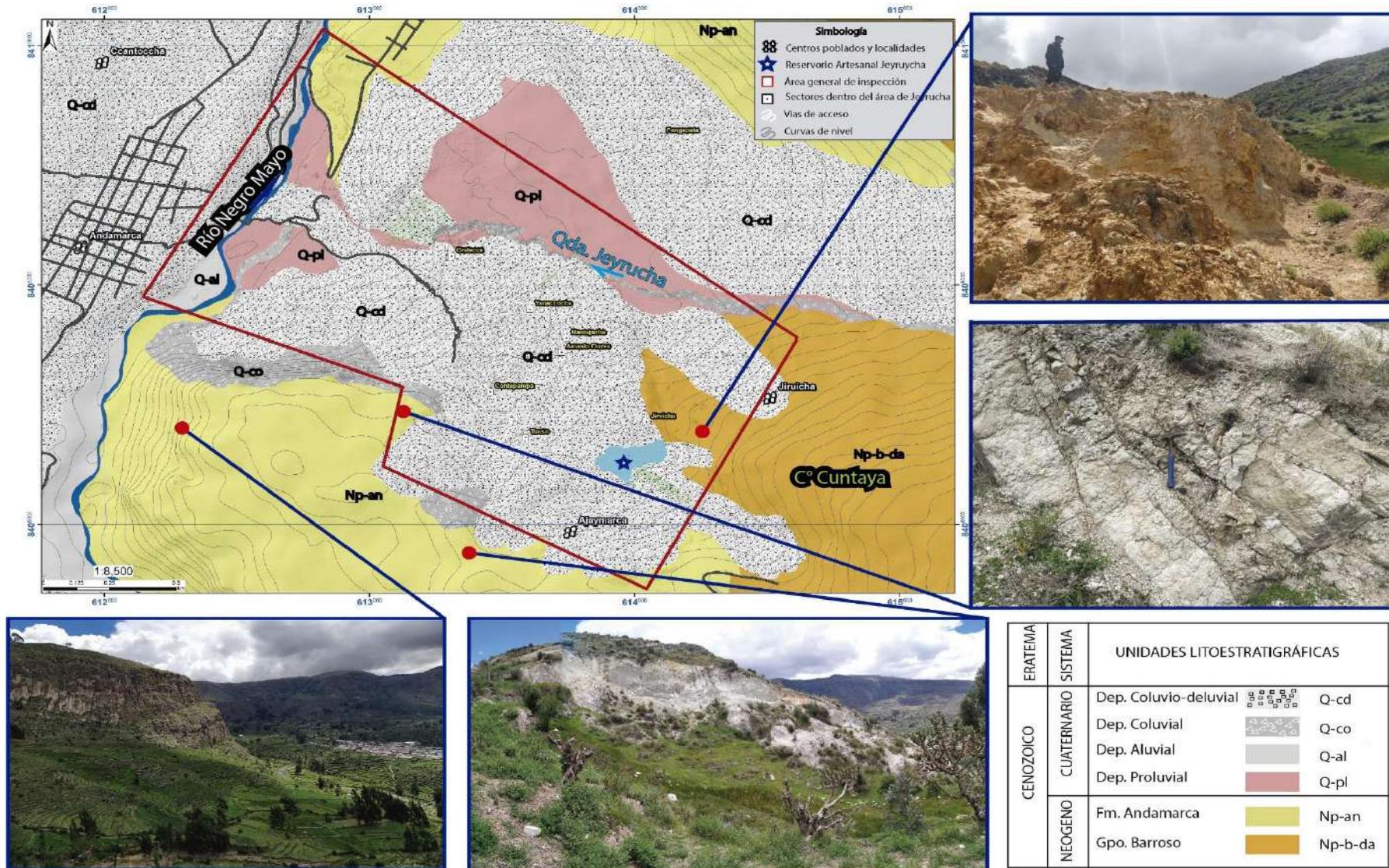


Figura 13. Representación del mapa geológico adaptado del cuadrángulo de Querobamba 29-2 (Ingemmet 2003) mostrando los afloramientos rocosos reconocidos.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente 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 (cuadro 3, figura 14).

Para una mejor visualización de las pendientes en el sector Jeyrucha-Chimpa se puede consultar el enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1FJKZh8Oy7hMpVX2pN0Vz6fV8NiA27y5f/view?usp=sharing>

En el área de inspección (Jeyrucha - Chimpa), podemos observar los 6 rangos de pendiente descritos en el cuadro 3.

En general, el depósito coluvio-deluvial donde se sitúa el reservorio de Jeyrucha y movimientos geodinámicos hacia el río Negro Mayo presenta pendientes moderadas (5°-15°). Ver figura 15, las zonas de escarpes, saltos y agrietamientos producto de la actividad de dichos movimientos han generado superficies de pendientes fuertes y muy fuertes (15°-45°) y semiverticalizadas de aproximadamente 80° que se aprecian a lo largo del depósito.

El depósito de deslizamiento antes mencionado se encuentra circunscrito por montañas modeladas en rocas volcánicas, con laderas escarpadas y muy escarpadas llegando hasta máximos de 50° (figura 16).

De igual manera se puede mencionar que el depósito fue disectado por la quebrada Jeyrucha, donde en sus márgenes (conformada por depósitos coluvio-deluviales) presentan pendientes de 80°, zona de ocurrencia de derrumbes.

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
< 1°	Llano	Este rango de pendiente, aparece muy difuminado en las márgenes (llanura inundable) del río Negro Mayo, así como en el terreno donde se acentúa Andamarca, de igual manera se aprecia en las plataformas de las andenerías de Chimpa.
1°a 5°	Inclinación suave	Este rango de pendiente se presenta en menor magnitud en las terrazas aluviales de la margen derecha del río Negro Mayo y plataformas de los andenes de Chimpa, estos son usados para agricultura.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, predominan el depósito de deslizamiento coluvio-deluvial de Jeyrucha Chimpa, también se observan en las terrazas aluviales
15°a 25°	Fuerte	Este rango de pendiente se observa mayoritariamente en la cima de las montañas como es el caso del Cerro Cuntaya y los que circunscriben el depósito de deslizamiento de Jeyrucha Chimpa.
25°a 45°	Muy fuerte	Se presentan en las laderas de montañas que descienden hacia el depósito de deslizamiento de Jeyrucha-Chimpa, la actividad geodinámica de los deslizamientos también han generado saltos y escarpes con estas características, así como el frente de avance del deslizamiento nombrado Nantajacha – Amasio Flores, producto de reactivaciones ha adoptado este rango de pendientes.

>45°	Muy escarpado	Se presentan en la margen derecha de la quebrada Jeyrucha y vertiente sur de las laderas de montaña que descienden al río Negro Mayo, presenta vertientes verticalizadas de aproximadamente 80°, es en estos sectores donde se presentan caída de bloques.
------	---------------	--

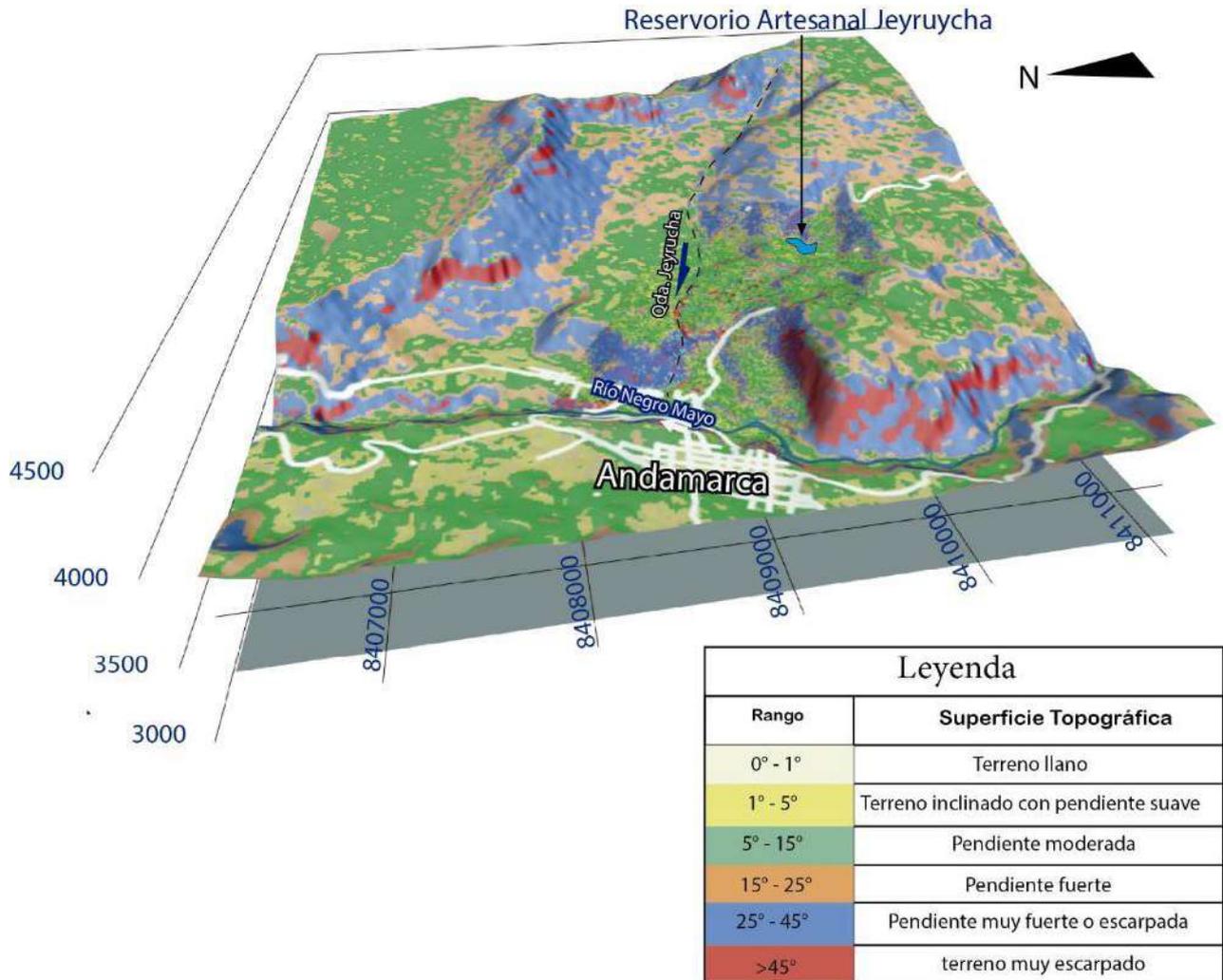


Figura 14. Vista 3D, de las pendientes en el sector de Jeyrucha Chimpa
<https://drive.google.com/file/d/1FJKZh8Oy7hMpVX2pN0Vz6fV8NiA27y5f/view?usp=sharing>

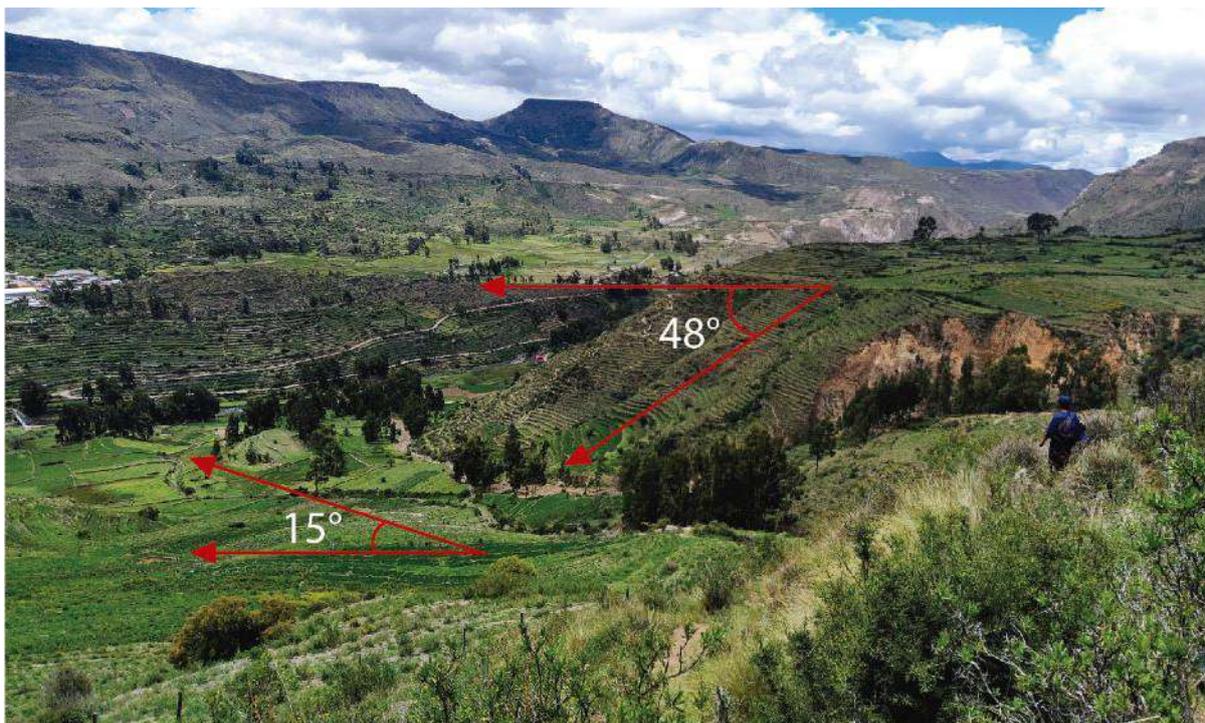


Figura 15. Pendientes en la vertiente de deslizamiento y zona de andenerías.

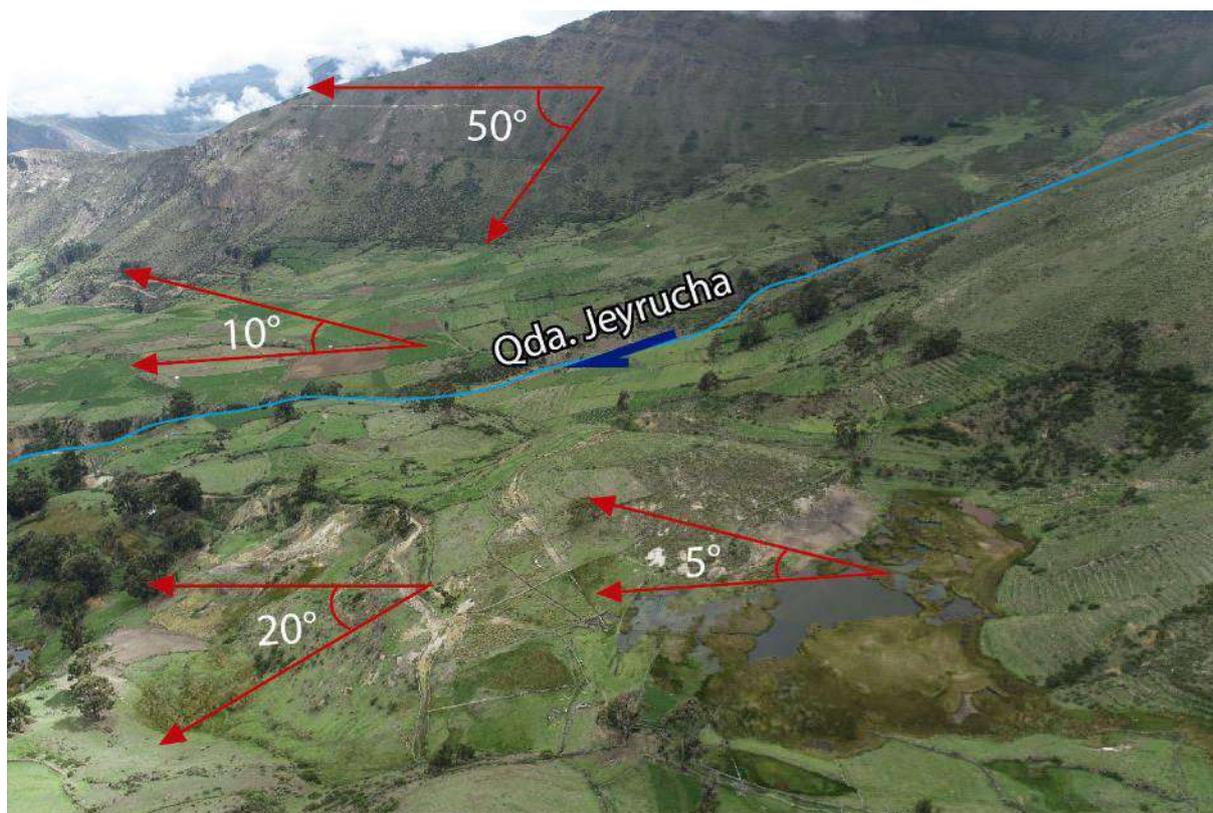


Figura 16. Pendientes alrededores del reservorio de Jeyrucha.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas (mapa 3), se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual; en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

Las vistas geomorfológicas descritas pueden observarse de manera tridimensional en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1msxONT0jxoS4nWF0UyHJKLCL-0HCkF4Z/view?usp=sharing> (figura 17)

4.2.1. 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). En el área de inspección se encuentran representadas por montañas con alturas máximas aproximadas de 1000 m desde el nivel de base local (río Negro mayo). Por el tipo de roca en el cual se modelaron estos se consideran como montañas en roca volcánica.

Subunidad de montañas en roca volcánica (RM-rv): Esta subunidad está conformada por secuencias litológicas volcánicas del Grupo Barroso y Formación Andamarca. Al Norte del cerro Cuntaya se pueden observar conos volcánicos son superficies peneplanizadas, orientadas en forma elongada con dirección SE-NO (Vílchez & Ochoa 2012).

La meteorización de las rocas volcánicas del Grupo Barroso aflorantes desde los 3500 m s.n.m. hasta a cúspide de las montañas ha generado laderas escarpadas cubiertas por depósitos coluviales (conos de detritos).

4.2.2. Geoformas de carácter depositacional 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 o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales; estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas volcánicas conformando cono de detritos. Estos también se pueden observar en la margen derecha de la quebrada Jeyrucha producto del derrumbe de la ladera. y en las vertientes de montaña que descienden hacia el río Negro Mayo, donde el fracturamiento de las rocas sumadas a su pendiente semiverticalizadas ha favorecido la ocurrencia de caída de rocas.

Vertiente aluvio-torrencial (V-at): Se trata de superficies de pendiente moderada, conformado por procesos proluviales, estos se pueden observar cubriendo depósitos de deslizamientos antiguos en la margen derecha del río Negro Mayo, y en el cauce de la quebrada Jeyrucha afluyente al río Negro Mayo.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa, antiguos y recientes. En este caso corresponde a deslizamientos de gran magnitud que cubrieron las depresiones del sector de Jeyrucha-Chimpa, donde posteriormente y debido a las condiciones intrínsecas del material sumadas a la saturación del subsuelo han generado reactivaciones expresadas como movimientos compuestos, deslizamientos rotacionales, derrumbes, y caída de rocas, que cubren las laderas de la montaña en roca volcánica anteriormente descrita. Su composición litológica es casi heterogénea compuesta por gravas, bloques y bolones de tobas volcánicas, andesitas e ignimbritas englobados en una matriz limo arcillosa inconsolidados a ligeramente consolidados, su movimiento se considera activo, sobre todo en la margen izquierda de la quebrada Jeyrucha. En general estos se consideran susceptibles a sufrir reactivaciones de deslizamientos y procesos de erosión como carcavamientos

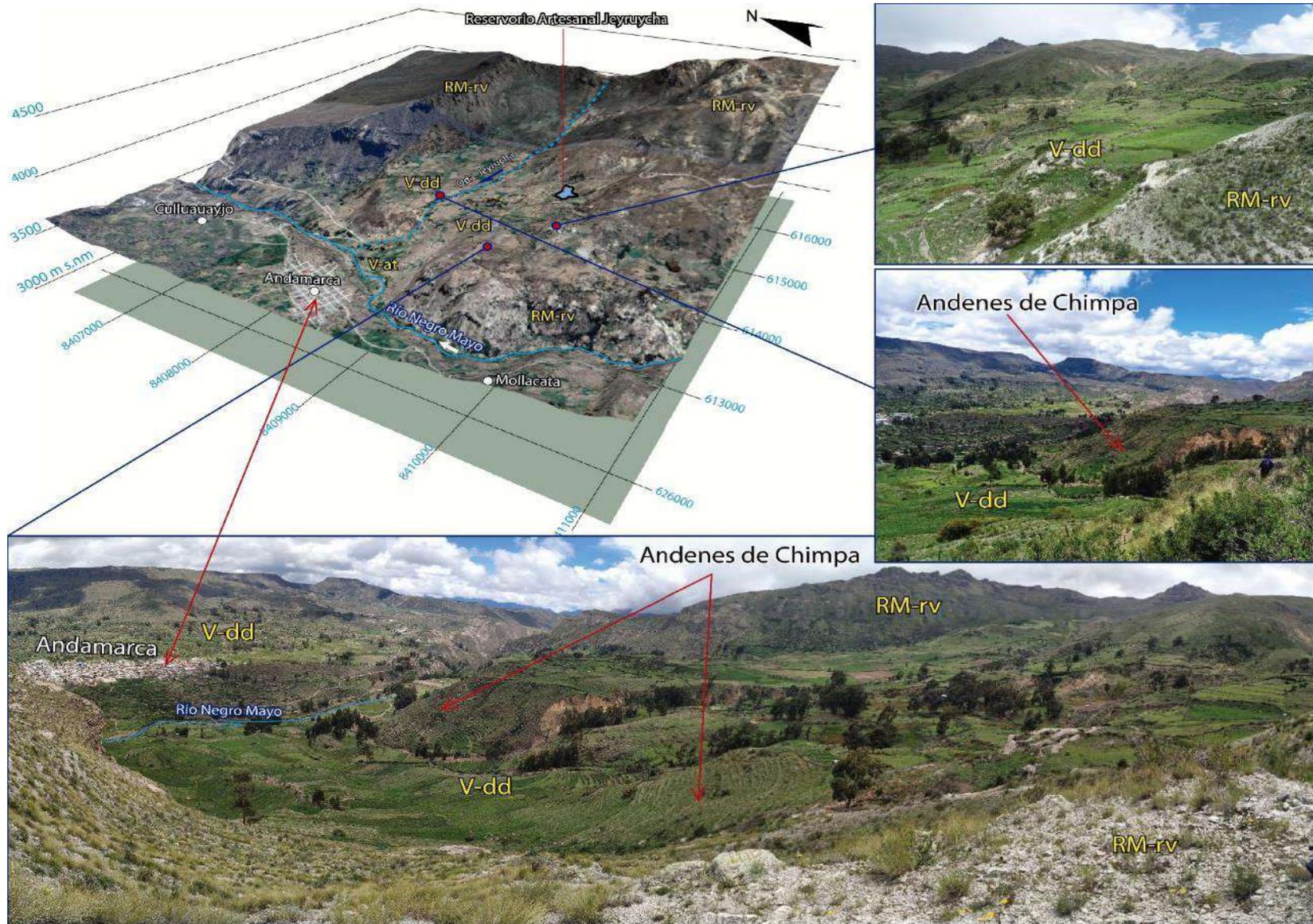


Figura 17. Geoformas y relieves alrededores del reservorio de Jeyrucha.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados, corresponden a movimientos en masa reactivados, específicamente deslizamientos y movimientos complejos, además de derrumbes y caída de bloques, tridimensionalmente estos se pueden visualizar en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1L319Lg3P7OEcEAGrQDbHamSNxSiOPd43/view?usp=sharing>.

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.

Finalmente, los resultados fueron comparados con el mapa de cartografía geodinámica, elaborado por Vilchez & Ochoa (2012), plasmado en el informe técnico A6590 (figura 18), sobre el cual se actualiza y define el comportamiento geodinámico actual, pasado 10 años. De igual manera se evidencia que las recomendaciones brindadas en el informe técnico A6590 no fueron ejecutadas, por lo cual se mantuvieron las características de inestabilidad y produjeron cambios geodinámicos expresados en el mapa 4 del anexo 1.

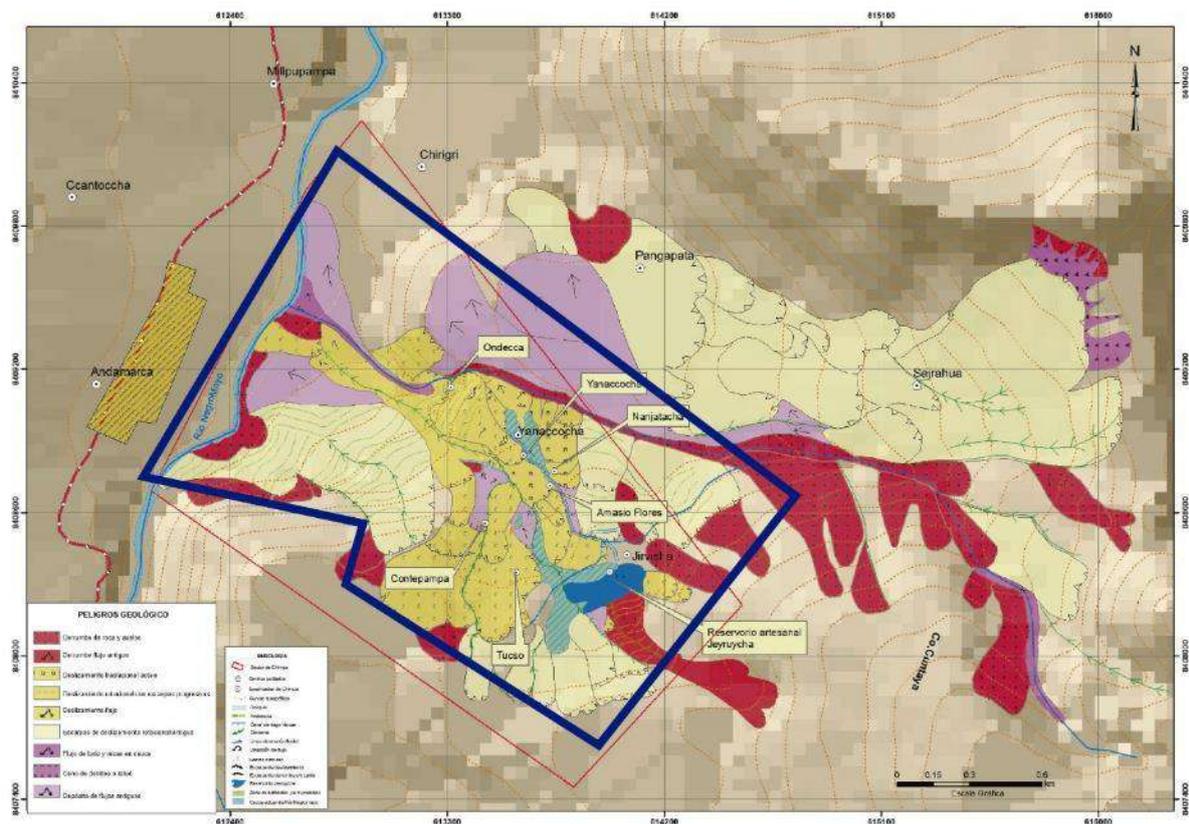


Figura 18. Mapa de peligro geológicos elaborado por Vilchez & Ochoa (2012). En línea azul se muestra la zona de actualización del presente informe.

Los peligros geológicos identificados en el sector de Jeyrucha - Chimpa, así como su representación de colores y simbologías se muestran de manera ampliada en la figura 19 y en el mapa 4 del anexo 1.

MOVIMIENTOS EN MASA			
TIPO	SUBTIPO	LEYENDA	ACTIVIDAD
Caída	Caída de rocas		Activo
	Derrumbes		Activo
Deslizamiento	Rotacional		Activo
			Antiguo (Inactivo - latente)
Flujo	Flujo de detritos		Activo
			Antiguo 1 Antiguo 2
Movimiento Complejo	Deslizamiento Flujo		Antiguo antes de la incisión de la quebrada
			Inactivo - Latente

Figura 19. Leyenda ampliada del mapa de peligros geológicos y figura 3d presentada posteriormente, identificados en la quebrada de Jeyrucha-Chimpa.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

5.1.1. Deslizamiento antiguo Jeyrucha Chimpa (D-A-JC)

Las evidencias geomorfológicas muestran que el sector de Jeyrucha-Chimpa, se conformó por movimientos en masa antiguos (deslizamientos rotacionales), cuyas coronas de deslizamiento se encuentran alrededor de los 4000 m s.n.m. y tienen longitudes kilométricas, estos depósitos rellenaron depresiones volcánicas, y represaron el río Negro Mayo en algún momento (figura 20).

Posterior al evento geodinámico principal, las características litológicas y geomorfológicas de Jeyrucha-Chimpa, condicionaron la reactivación del depósito, generando nuevos deslizamientos rotacionales, flujo de detritos, movimientos complejos y derrumbes. De igual manera se inició la profundización de la quebrada denominada Jeyrucha.

La necesidad de tierras de cultivo condujo a la civilización Huari a la construcción de andenes en las laderas de Jeyrucha-Chimpa, los cuales posteriormente fueron reutilizados por la cultura Inca (Aguirre 2009) <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/Arqueo/article/view/12687/11331> .

La infiltración de aguas de lluvia, puquiales, y el reservorio artesanal de Jeyrucha Chimpa, saturaron el terreno, en la margen derecha de la quebrada Jeyrucha (sector de inspección) haciendo a este sector geodinamicamente más activo que la margen izquierda.

La figura 21 muestra los peligros geológicos cartografiados cuyo significado se encuentra en la figura 19, más importante aún muestra la sección de perfil A-B inferida en la figura 22. Donde el perfil superior muestra el primer evento (deslizamiento rotacional antiguo), y el perfil inferior las diferentes reactivaciones que sufrió este depósito, dejando la configuración geomorfológica actual en el sector Jeyrucha-Chimpa.

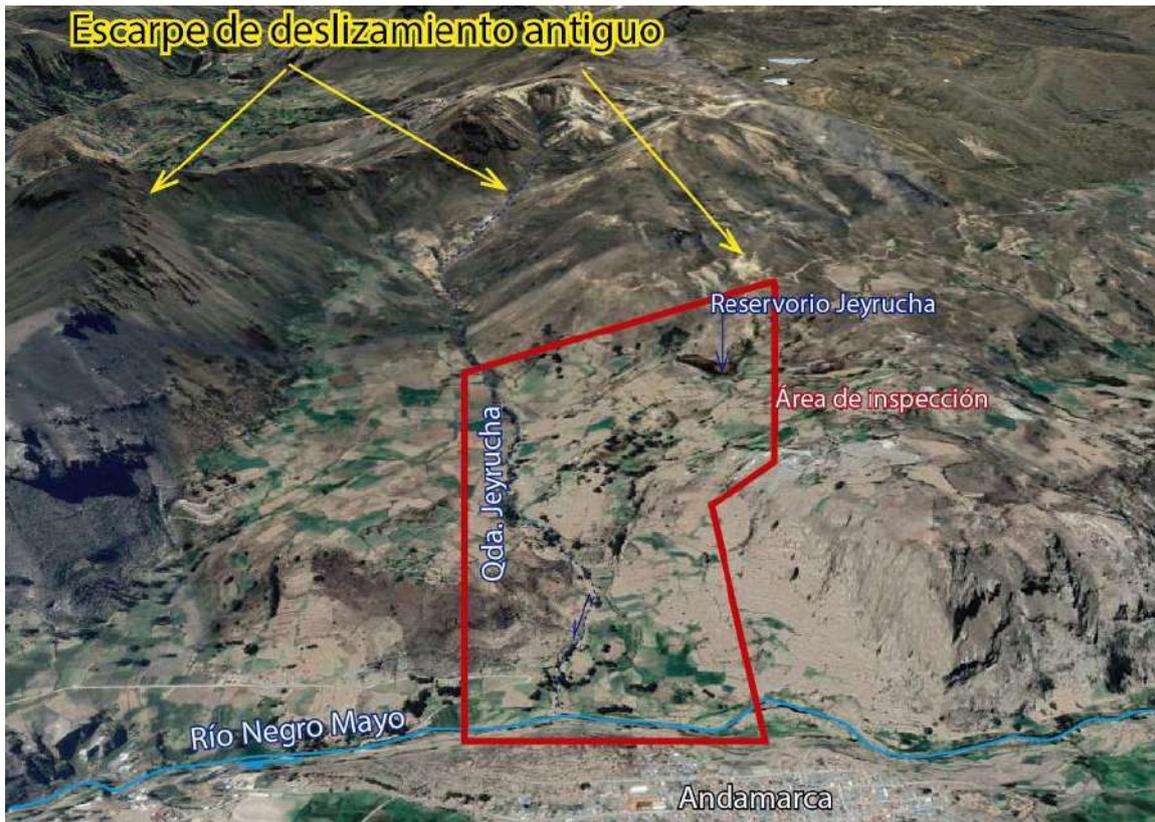


Figura 20. Coronas de deslizamientos de antiguos deslizamientos

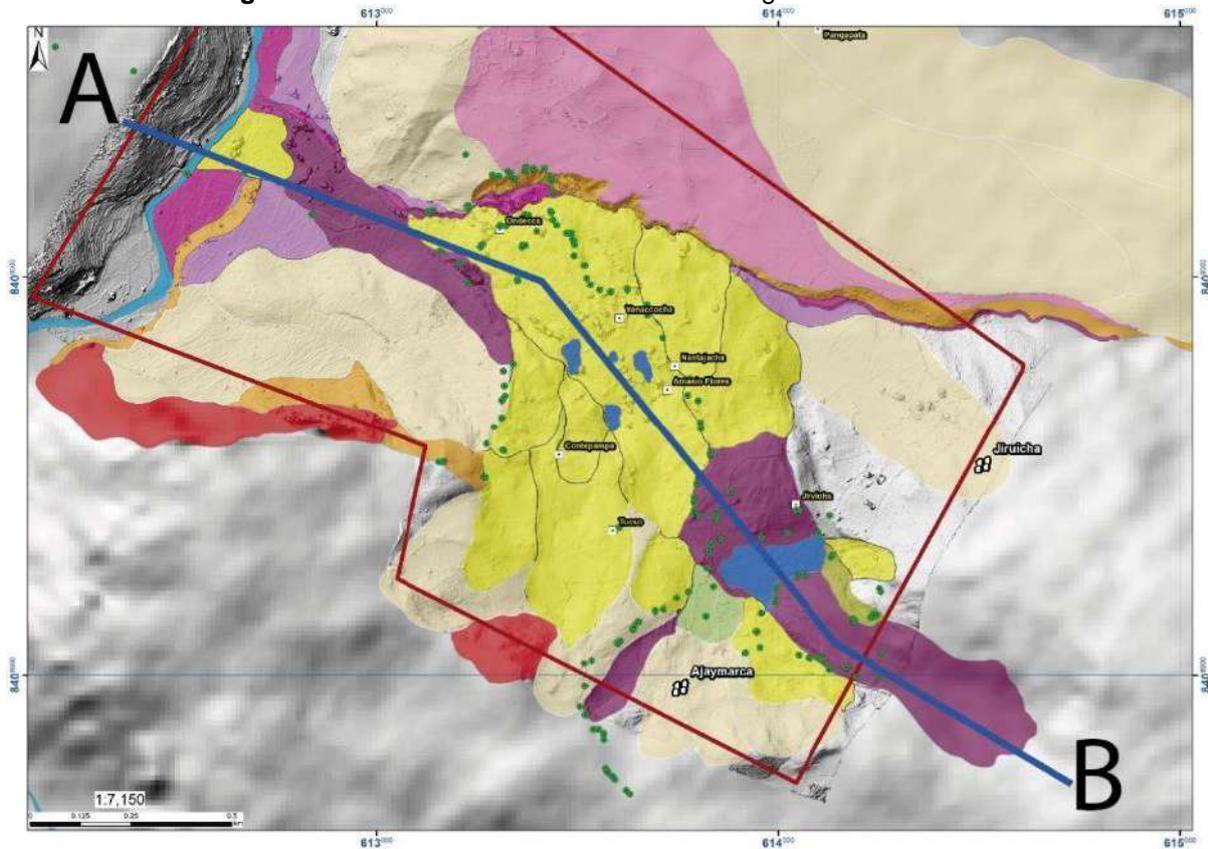


Figura 21. Muestra el mapa preliminar de peligros geológicos en el sector Jeyrucha-Chimpa, señalando el perfil A-B, en la zona de mayor geodinámica

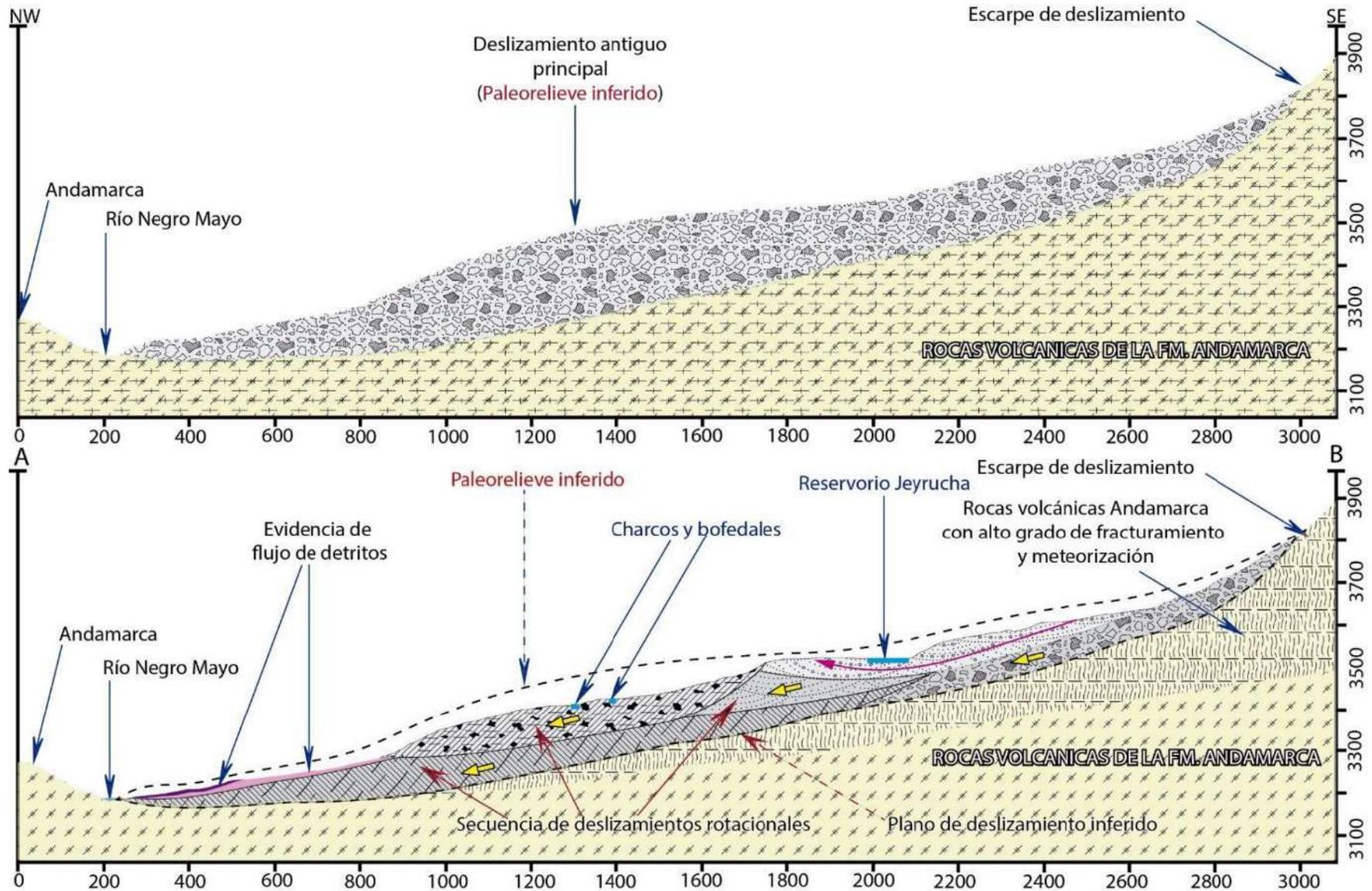


Figura 22. El perfil superior muestra el primer evento de mayor magnitud (deslizamiento rotacional), depósito sobre el que se generaron nuevos movimientos de remoción en masa activos, que se muestran en el perfil inferior.

5.1.2. Deslizamiento Nantajacha – Amasio Flores (D-N-A)

Este es el principal deslizamiento del sector Jeyrucha Chimpa (figura 23), fue descrito por primera vez en el informe técnico A6590. En el presente informe se acompaña el polígono de deslizamiento con las siglas D-N-A, para diferenciarlo del resto de movimientos en masa.

La diferencia y similitudes entre el informe técnico A6590 y el presente informe se muestra en el cuadro 4.

cuadro 4. Comparación en la descripción del deslizamiento Nantajacha-Amasio Flores

Descripción del informe técnico A6590.	Descripción del presente informe técnico
Se presenta en laderas de pendientes suaves no mayores a 25°	El cuerpo principal del deslizamiento se presenta en laderas de pendiente moderada (5°-15°), el cuerpo evidencia múltiples escarpes con pendientes de >45°, el pie de avance presenta reactivaciones con pendientes fuertes (25°-45°)
Sobre la corona del deslizamiento se localiza el reservorio artesanal Jeyrucha y el canal de riego Viscas para el sector Chimpa.	La corona de deslizamiento se ubica a 250 m debajo del reservorio de Jeyrucha Chimpa (figura 25).
Este deslizamiento presenta un salto de escarpa de 8 m y saltos secundarios de 1 y 2 m con una longitud de escarpa de 50 m.	Desde el punto más bajo hasta la corona de deslizamiento se puede inferir un salto de escarpe principal de 80 m, con un comportamiento retrogresivo hacia el reservorio de Jeyrucha, donde se evidencia el mayor salto secundario de 30 m y saltos más pequeños que varían de 10 a 5 m. La longitud de escarpa alcanza los 400 m (figura 24).
Las escarpas múltiples y progresivas avanzan hacia la cara libre del talud generando el colapso de andenerías con pequeñas parcelas de cultivos, y la reptación de pastizales y arbustos	La dinámica del deslizamiento ha generado escarpamientos múltiples, así como agrietamientos especialmente en el sector denominado Ondecca, por donde las aguas de escorrentía de origen pluviales y manantes filtran y saturan el terreno generando nuevos movimientos (figura 27)
Según versión de los pobladores de Andamarca el deslizamiento se inició el año 1980, como un evento muy lento, que en los últimos años presenta mayor actividad, el cual ha llegado a movilizar gran cantidad de terreno en el sector de Ondecca, en una dirección suroeste, que ha llegado a desviar el curso de una quebrada.	La dirección el movimiento es aproximadamente N 240°, hacia la quebrada Jeyrucha donde el cuerpo coluvio-deluvial presenta reactivaciones con dirección de movimientos hacia el río Negro Mayo (N190°)

Adicionalmente entre las características del deslizamiento se puede mencionar que:

- La corona superior se encuentra en la cota: 3509 m s.n.m.
- El pie de avance del deslizamiento se encuentra en la cota:3257 m s.n.m.
- La diferencia entre la cota de la corona y pie de avance es de: 302 m
- El frente de deslizamiento ubicado en el sector Ondecca, presenta reactivaciones importantes evidenciado por escarpes de deslizamientos, derrumbes y agrietamientos con dirección hacia el río Negro Mayo (figura 26).
- La longitud del deslizamiento es de: 1000 m.
- El ancho promedio del deslizamiento es:350 m.

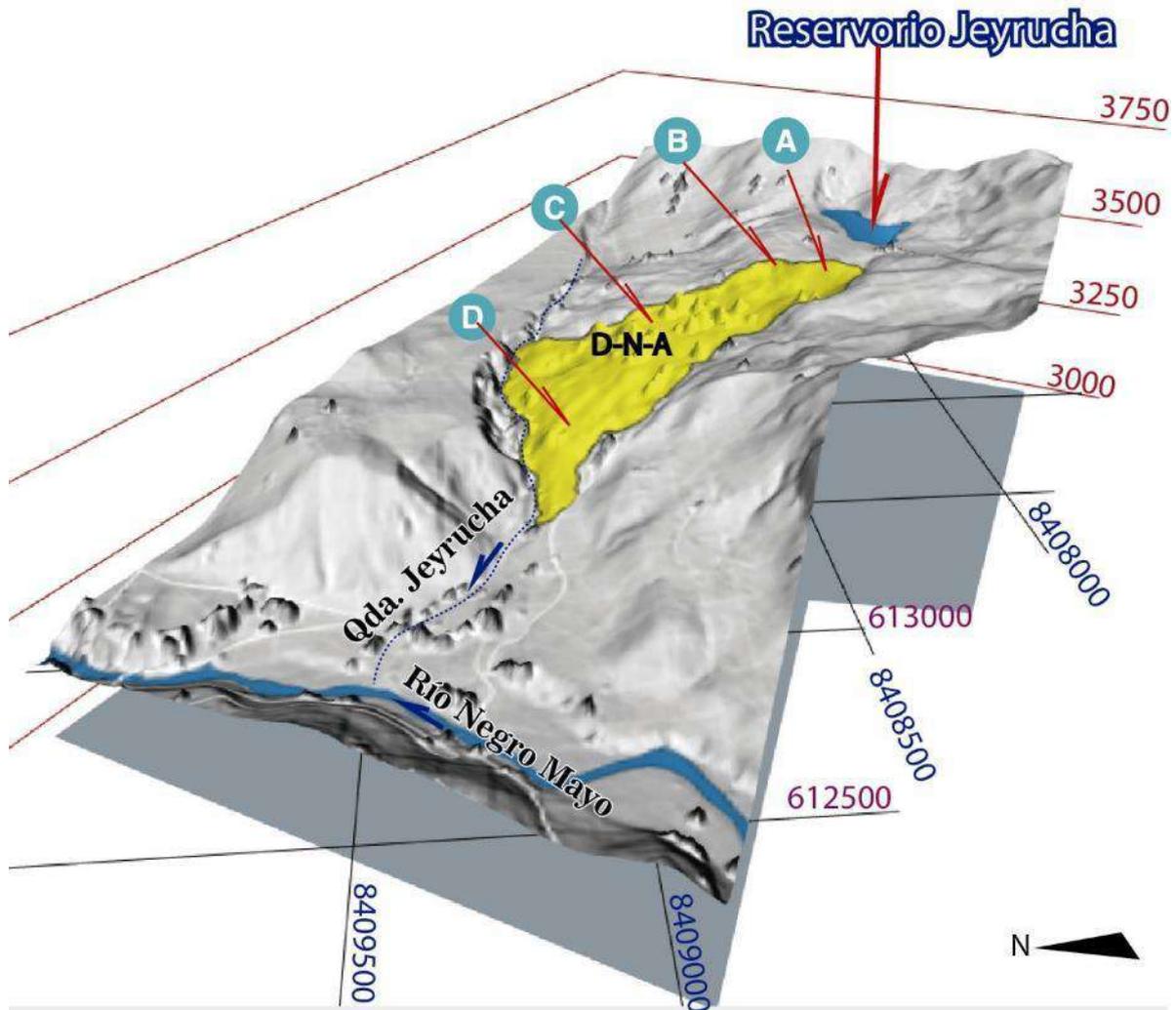


Figura 23. Muestra el deslizamiento Nantajacha-Amasio Flores, obsérvese que la corona principal se ubica debajo del reservorio de Jeyrucha, las letras A, B, C y D, representa la ubicación de las figuras descritas posteriormente (figuras 24-27).



Figura 24. Muestra el escarpe principal del deslizamiento Nantajacha-Amasio Flores con salto de 80m.



Figura 25. Corona de deslizamiento Nantajacha-Amasio Flores, ubicado a 250 m del reservorio Jeyrucha.

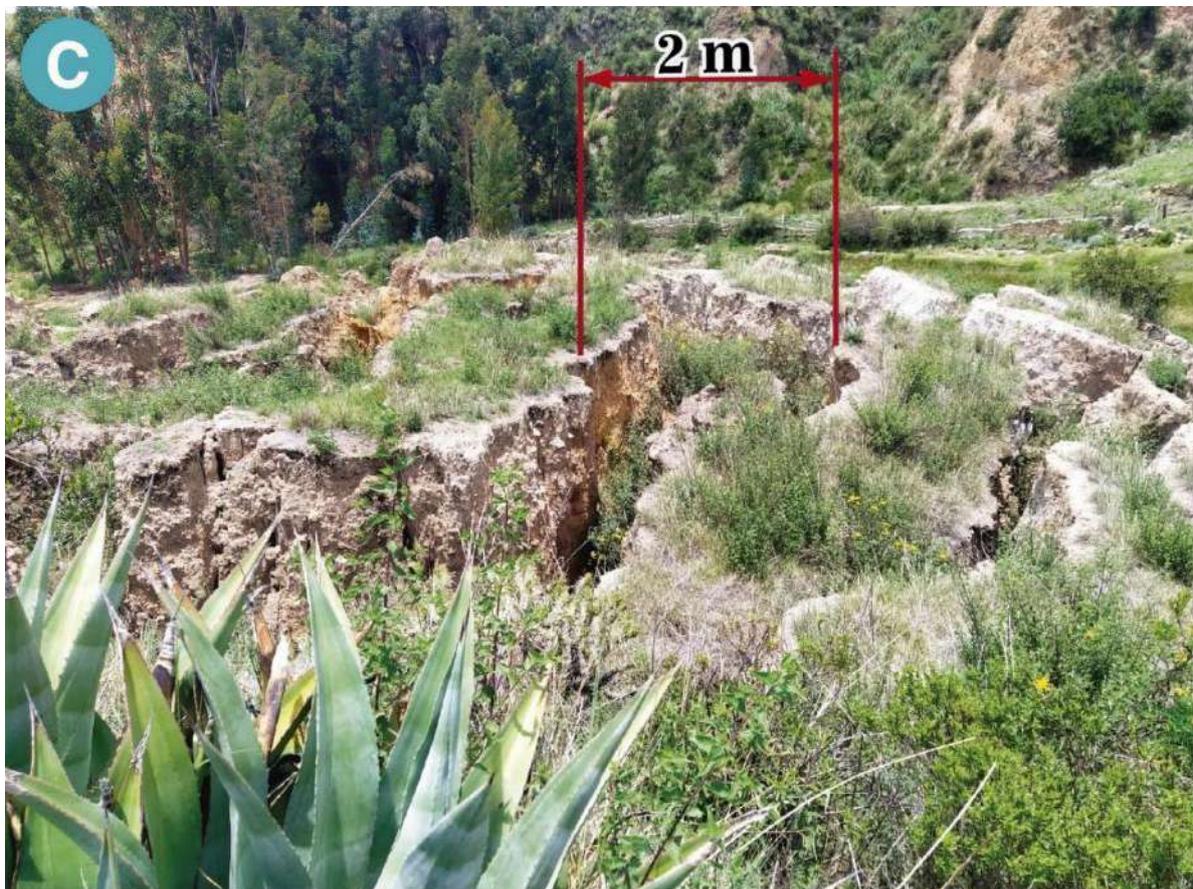


Figura 26. Agrietamientos de 2 m de apertura en el sector Ondecca.



Figura 27. Lobulamientos en el cuerpo del deslizamiento Nantajacha, obsérvese la saturación del suelo y como esta favorece la inestabilidad de la masa deslizante.

5.1.3. Deslizamiento en el sector de Ondecca (D-O)

El deslizamiento de Ondecca corresponde a una secuencia de reactivaciones en el frente de avance del deslizamiento de Nantajacha-Amasio Flores, las características de este deslizamiento son:

a) Dimensiones de la escarpa principal (figura 29)

- Longitud: 300 m
- Salto principal: 8 m

b) Dimensiones del cuerpo del deslizamiento

- Cota de la corona principal: 3400 m s.n.m.
- Cota del pie del deslizamiento: 3340 m s.n.m.
- Diferencia entre cotas: 60 m.
- Longitud entre la corona y pie del deslizamiento: 275 m.
- Longitud promedio del ancho del cuerpo del deslizamiento: 220 m.

c) Otras características del terreno deslizado

- Tipo de deslizamiento: Rotacional.
- Forma semicircular y alargada.
- En el cuerpo de la masa deslizada se observan agrietamientos que varían de 0.3 a 1 m de apertura con saltos de 0.8 m.
- El cuerpo del deslizamiento está formado por grava y gravillas envueltos en una matriz limo-arcillosa.

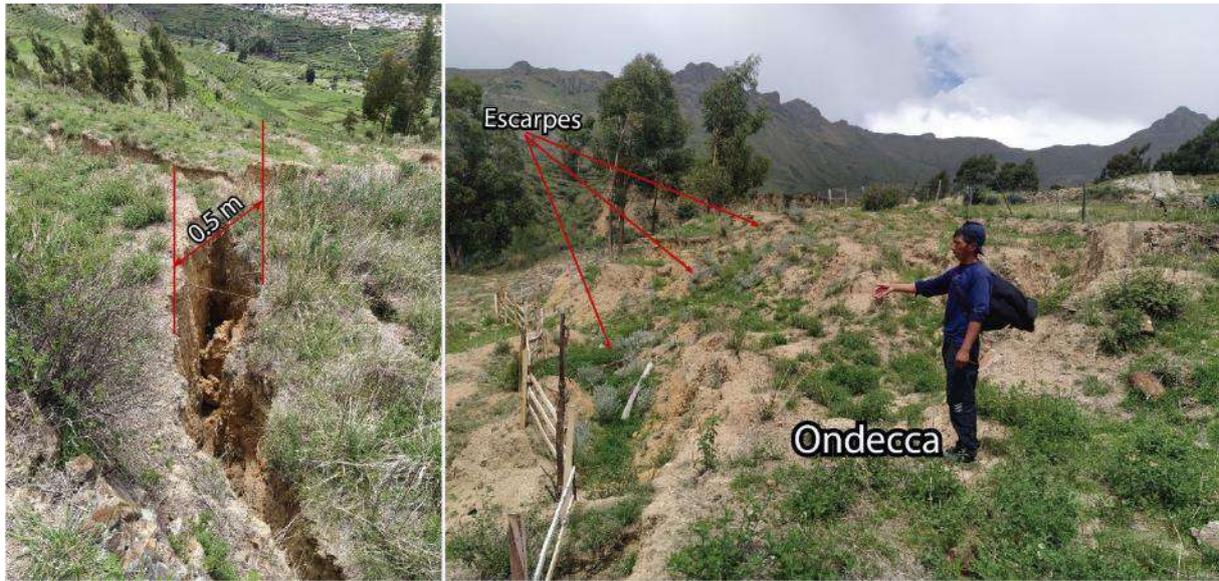


Figura 28. La imagen de la izquierda muestra grietas con aperturas de 0.5 m en el sector de Ondecca, mientras que la imagen de la derecha muestra múltiples escarpes del deslizamiento de Ondecca (Coordenadas UTM WGS 84, 18S, X: 613197.10 m; Y: 8408973.09 m).



Figura 29. A) muestra el deslizamiento de Ondecca, B) muestra el escarpe de 8 m de deslizamiento y C) muestra escarpes secundarios en dirección a la quebrada Jeyrucha.

5.1.4. Caídas.

Las caídas en el sector de Jeyrucha y Chimpa esta representados por procesos de derrumbes y caída de rocas, ambos condicionados principalmente por las pendientes semiverticalizadas de sus planos de arranque.

En el caso de los derrumbes (C-d) se suscitan en depósitos coluvio-deluviales poco consolidados a sueltos, compuestos por gravas y bloques envueltos en una matriz limo-arcillosa, localizados en la margen derecha de la quebrada Jeyrucha. Estos derrumbes han provocado el colapso de los andenes de Chimpa y su acción retrogresiva, hace a los andenes restantes susceptibles a ser afectados (figura 30).



Figura 30. Derrumbes en la margen derecha de la quebrada Jeyrucha q afecta a Andenes de Chimpa.

En el caso de las caídas de rocas (C-cr), estas se suscitan en la ladera Sur del cerro Cuntaya que desciende al río Negro Mayo, donde el substrato rocoso esta conformado por tobas blanquecinas y andesitas altamente fracturadas, cuyo plano de debilidad provocó la caída de rocas sobre andenes y cerca de la margen derecha del río (figura 31).



Figura 31. Caída de rocas en la ladera sur, sobre el depósito de deslizamiento de Jeyrucha Chimpa.

5.1.5. Geodinámica alrededor del reservorio de Jeyrucha Chimpa.

El reservorio artesanal de Jeyrucha se ubica aproximadamente a 3600 m s.n.m., ocupa un área de 25 993 m² con un volumen estimado de 44 544.072 m³; alimentado por un canal de riego preinca denominado “Canal Viscas”, que pasa por el cerro Cuntaya, además se han identificado manantes como el de Jeruycha Puquio, que abastecen a su vaso de agua.

Alrededor de dicho reservorio, se evidencian andenes preincas, construidos para estabilizar deslizamientos y movimientos complejos, de esta manera antiguos pobladores lograron mitigar el impacto en el reservorio.

Dentro de los eventos geodinámicos alrededor de la laguna se han identificado.

- Deslizamiento rotacional activo (D-JC): Localizado al NE y Este de la laguna, con las siguientes características (figura 32 y 33):
 - a) **Dimensiones de la escarpa principal (figura 29)**
 - Longitud: 72 m
 - Salto principal: 3 m

b) Dimensiones del cuerpo del deslizamiento

- Cota de la corona principal: 3621m s.n.m.
- Cota del pie del deslizamiento: 3526 m s.n.m.
- Diferencia entre cotas: 95 m
- Longitud entre la corona y pie del deslizamiento: 130 m
- Longitud promedio del ancho del cuerpo del deslizamiento: 90 m

c) Otras características del terreno deslizado

- Tipo de deslizamiento: Rotacional
- Forma semicircular y alargada.
- En el cuerpo de la masa deslizada se observan agrietamientos que varían de 0.5 a 1 m de apertura con saltos de 0.3 m
- El cuerpo del deslizamiento está formado por grava y gravillas envueltos en una matriz limo-arcillosa



Figura 32. Deslizamiento rotacional ubicado al NE, del reservorio de Jeyrucha.



Figura 33. Deslizamientos rotacionales ubicados al Este del reservorio de Jeyrucha.

En el lado derecho del reservorio se presentan agrietamientos con aberturas de hasta 10 cm, que siguen una dirección N190, por donde se infiltra el agua hacia el substrato, lo satura y

desestabiliza, produciendo los deslizamientos (Vílchez & Ochoa 2012). La persistencia de estos agrietamientos continúa hasta la fecha (figura 34 y 35).



Figura 34. Reservorio artesanal de Jeyrucha, localidad de Andamarca, se resalta la ubicación de las grietas en el piso del reservorio (Fuente: Informe técnico: A6590).



Figura 35. Grietas alrededor del reservorio de Jeyrucha.

- Movimiento complejo (Deslizamiento-flujo) al SE del reservorio de Jeyrucha (MC-JC).

En la ladera SE del cerro Cuntaya, se localiza un movimiento complejo de tipo deslizamiento rotacional-flujo de tierra, que compromete gran parte de andenes preincas, y el reservorio de Jeyrucha.

Este evento se considera reactivado condicionado por su composición litológica coluvio-deluvial de gravas y bloques en una matriz arcillosa, la mayor actividad de este se da en los meses de diciembre – marzo, por las precipitaciones pluviales que saturan el terreno y aumentan la presión intersticial de poros.

Las características de este movimiento son las siguientes.

a) Dimensiones de la escarpa principal (figura 36-A)

- Longitud: 500 m
- Salto principal: 25 m

b) Dimensiones del cuerpo del deslizamiento

- Cota de la corona principal: 3975m s.n.m.
- Cota del pie del deslizamiento: 3769 m s.n.m.
- Diferencia entre cotas: 206 m
- Longitud entre la corona y pie del deslizamiento: 1047 m
- Longitud promedio del ancho del cuerpo del deslizamiento: 206 m

c) Otras características del terreno deslizado

- Tipo de deslizamiento: complejo
- Forma elíptica elongada.
- En el cuerpo de la masa deslizada se observan agrietamientos que varían de 0.5 a 1 m de apertura con saltos de 1 m (figura 36-B)

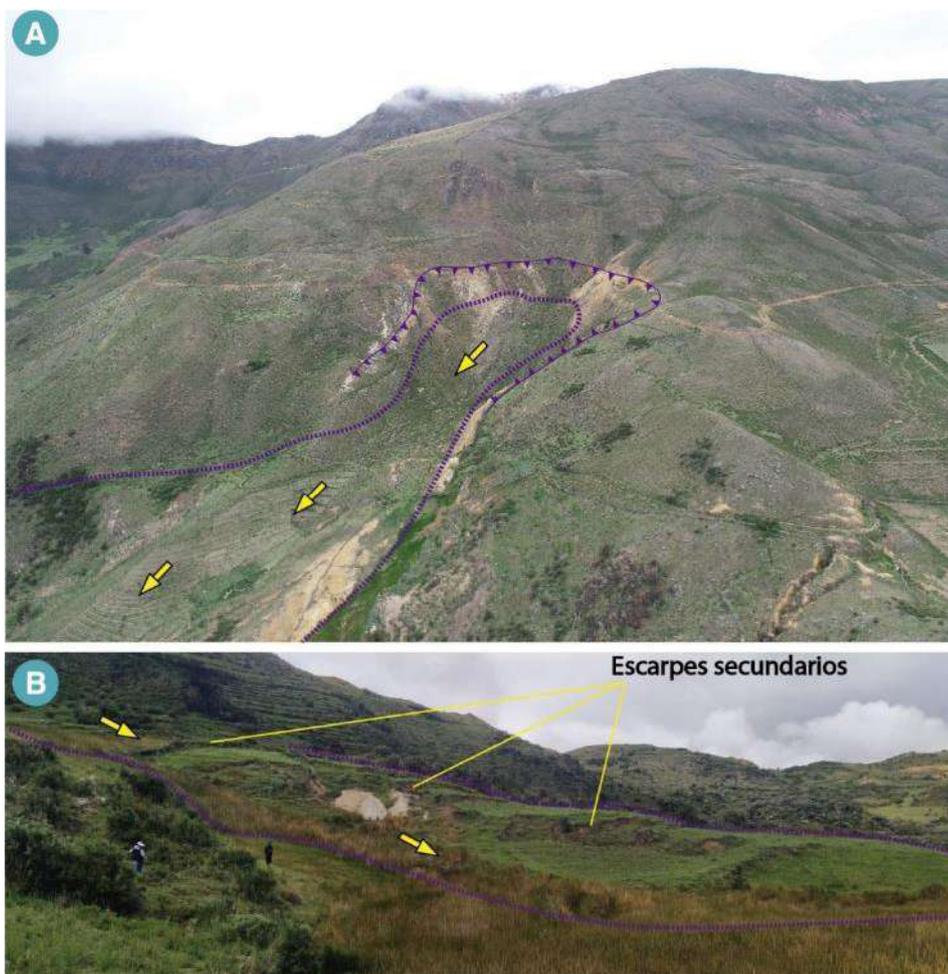


Figura 36. A) muestra el escarpe principal del deslizamiento complejo al SE del reservorio Jeyrucha. B) muestra las escarpas secundarias del movimiento complejo. El movimiento complejo afecta directamente a zonas de andenes y al reservorio Jeyrucha (figura 37)

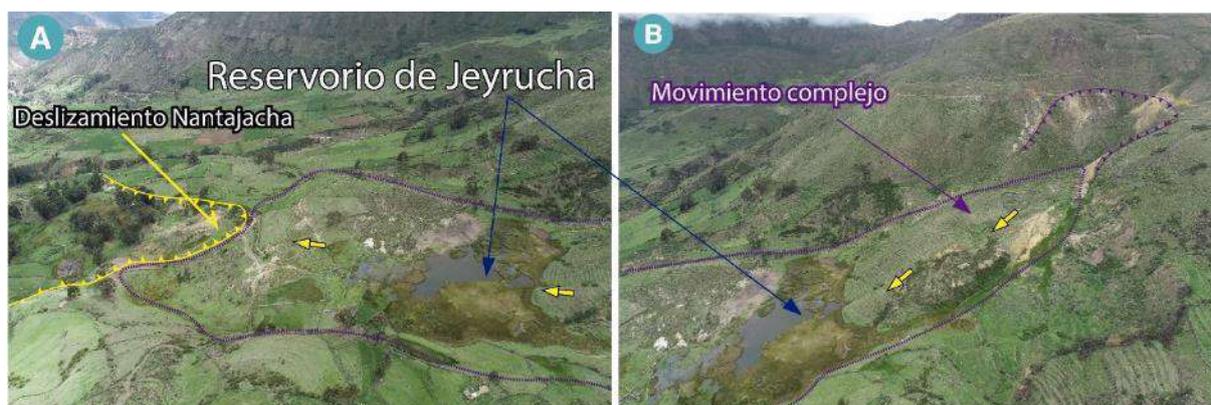


Figura 37. Reservorio de Jeyrucha afectado por movimientos complejos.

En forma general se han descrito los procesos de remoción de masa del tipo deslizamiento rotacionales antiguos, que se han reactivado por la naturaleza de rocas del substrato, la actividad antrópica (sistemas de regadíos inadecuados), las filtraciones naturales y artificiales de agua que saturan y desestabilizan los terrenos. Estas evidencias se presentan a lo largo del sector Jeyrucha – Chimpa (figura 38), entre las principales se pueden mencionar:

- A) Escarpa principal del deslizamiento Nantajacha-Amasio Flores
- B) Escarpa principal del deslizamiento al NW del reservorio de Jeyrucha

- C) Movimientos complejos que afectan al reservorio de Jeyrucha
- D) Agrietamientos de más de 1 m de apertura en el sector Ondecca (frente de avance del deslizamiento Nantajacha-Amasio Flores).
- E) Deslizamiento rotacional en Ondecca.
- F) Derrumbes de depósitos de deslizamiento antiguo en la margen derecha de la quebrada Jeyrucha.
- G) Agrietamientos de hasta 50 cm, con persistencias de 2m en el sector Ondecca.

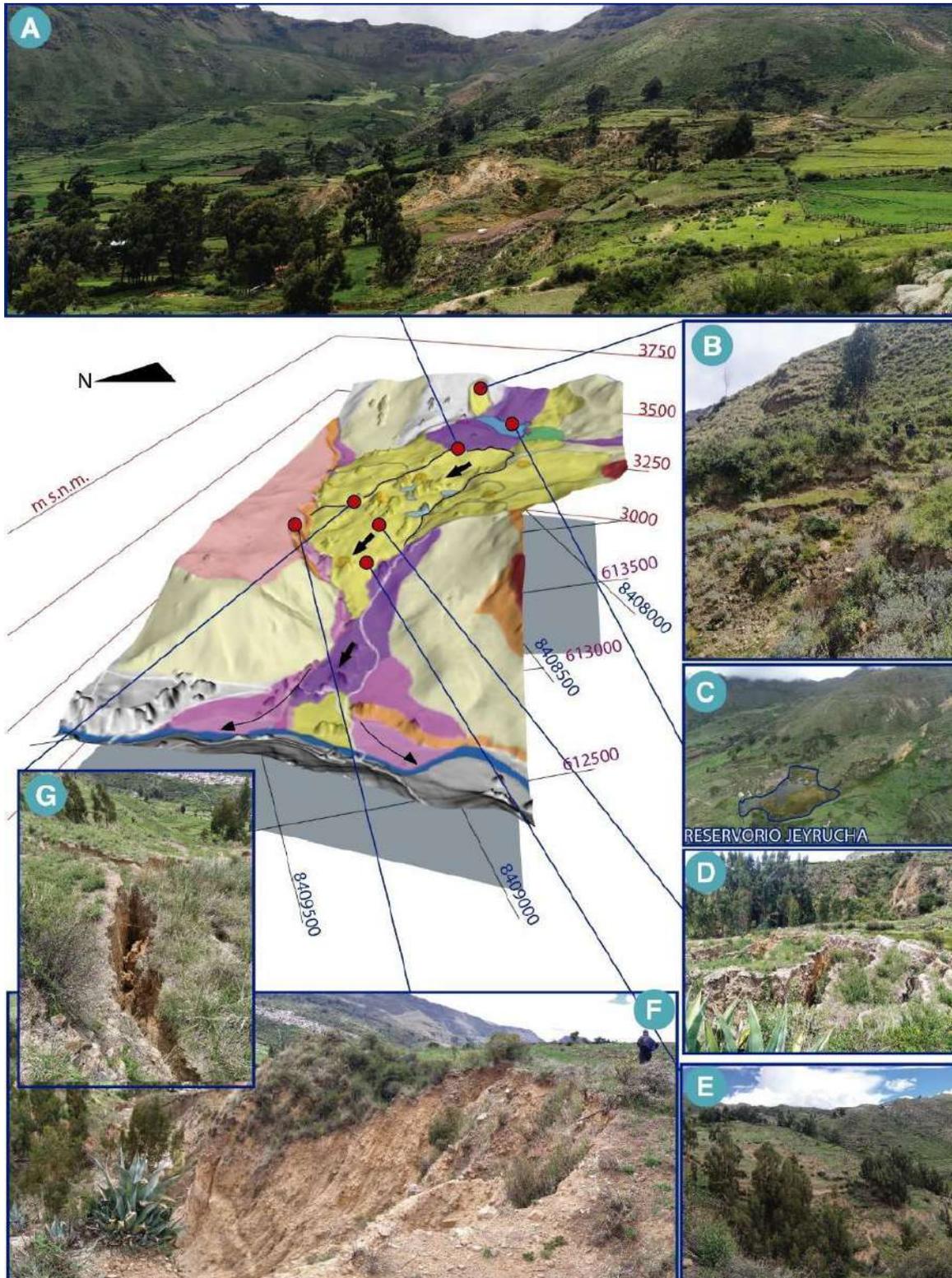


Figura 38. Evidencias de actividad geodinámica en el sector de Jeyrucha Chimpa.

5.2. Factores condicionantes

La ocurrencia de movimientos en masa en el sector de Jeyrucha - Chimpa están condicionados principalmente por la geomorfología del área, sus características geológicas y actividades antrópicas. Dentro de las características intrínsecas que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa en el sector evaluado se tienen:

Factor geomorfológico y de relieve

- La vertiente SW (margen derecha del río Negro Mayo) posee una pendiente promedio de 30°, llegando a la parte superior a más de 45° (zona de afloramiento de rocas volcánicas); en la zona donde se localiza el reservorio de Jeyrucha hasta el río Negro Mayo (zona de depósitos de remoción) se evidencian pendientes promedio entre 10° y 15°, con zonas escasas de 20°.

Esta configuración de pendientes, favorece la ocurrencia de derrumbes y caída de bloques en la parte superior de la ladera, así como deslizamientos en la parte media-baja, sector Jeyrucha-Chimpa.

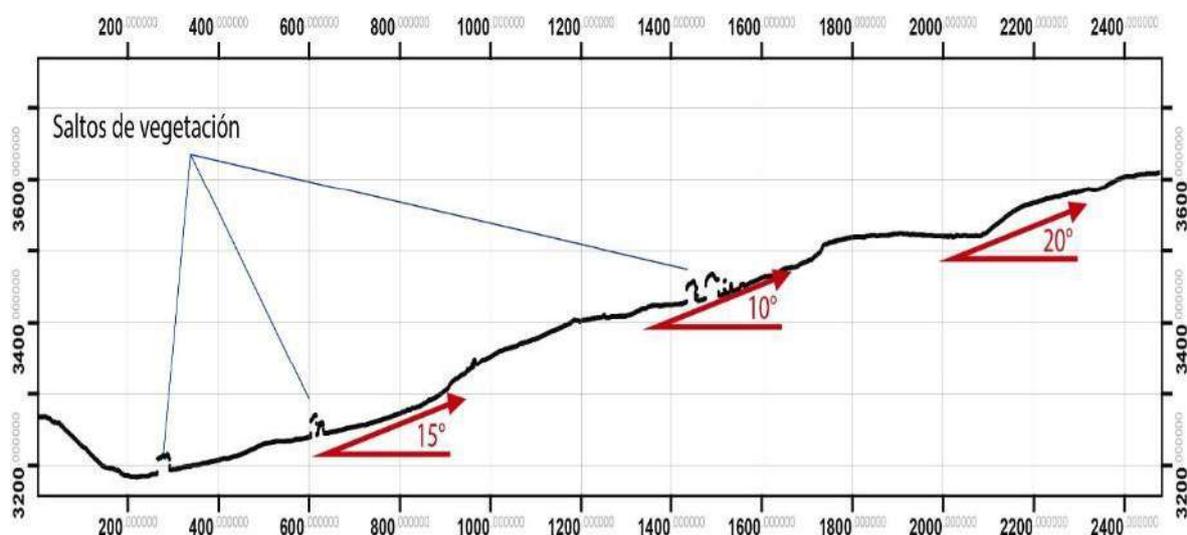


Figura 39.

Factor litológico

- En el área evaluada, se presenta un substrato rocoso volcánico, conformado por la intercalación de tobas gris blanquecinas e ignimbritas, poco consolidadas, con alto grado de meteorización, alteradas y muy fracturadas, que en conjunto generan suelos residuales arcillosos considerados de mala calidad y poco competentes, altamente susceptibles a procesos de erosión.
- El substrato rocoso se encuentra cubierto en las zonas de depresión por materiales de remoción conformados por deslizamientos antiguos de carácter coluvio-deluvial, conformado por gravas, cantos y bolones de naturaleza volcánica englobados en una matriz limo arcillosa, saturada, de carácter plástico, sueltos y de fácil remoción.
- Tanto el substrato rocoso como el depósito coluvio-deluvial poseen alta permeabilidad lo que favorece la infiltración de aguas de escorrentía superficial y el paso de aguas subterráneas.

Factor litológico

- Se ha evidenciado la presencia de 01 puquial denominado puquial Jeyrucha, que abastece parcialmente al reservorio de Jeyrucha, así como este existiría dos puquiales más aledaños al reservorio Condicionantes naturales que se presentan en la figura 40
- Presencia de un reservorio “Jeyrucha”, puquiales, manantes, bofedales y charcos, infiltran al subsuelo, saturando el substrato rocoso y sobre todo a los depósitos coluvio-deluviales, haciendo que estos aumenten la presión intersticial de poros y peso del material, provocando así los procesos de movimientos en masa , tipo deslizamientos identificados.

Factor Antrópico

- Se ha evidenciado el uso inadecuado de técnicas de riego (riego por inundación), que satura el terreno.
- El reservorio de Jeyrucha artesanal, que permite la infiltración de aguas.
- Insuficiente canalización y entubado del Canal de Viscas, la mayor parte del mismo no tiene ningún tipo de revestimiento, y las zonas de canal trapezoidal no retienen por completo el caudal máximo generando desbordes y la infiltración de aguas al terreno.

5.3. Factores desencadenantes

- La sobresaturación del terreno por aguas de escorrentía superficial, y sobre todo por la infiltración de las aguas del reservorio de Jeyrucha y los canales de riego, aumentan la presión intersticial de poros generando el incremento de los vectores de movimiento de los deslizamientos (figura 40).
- Los factores cosismicos también favorecen la ocurrencia de deslizamientos y la caída de bloques.

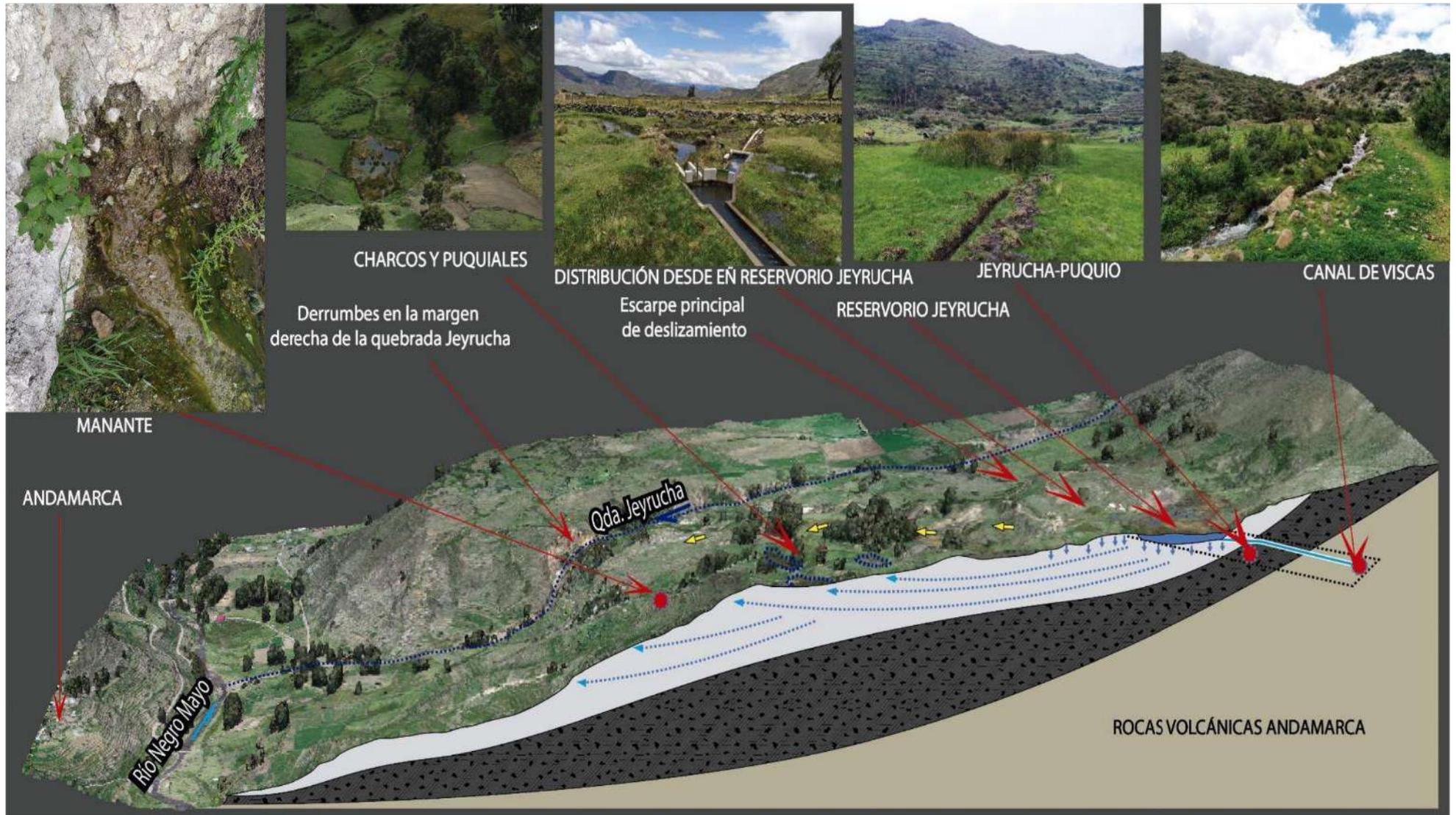


Figura 40. Evidencias de saturación de terreno en Jeyrucha Chimpa.

6. CONCLUSIONES

1. En el sector de Jeyrucha- Chimpa, margen derecha del río Negro Mayo e izquierda de la quebrada Jeyrucha se han identificado procesos de remoción en masa, tipo deslizamientos antiguos y reactivados por la naturaleza de las rocas del substrato, actividades antrópicas, y filtraciones de agua en el terreno que saturan y desestabilizan la ladera.
2. Desde el primer informe técnico emitido el 2012 hasta la fecha de presentación del presente informe (10 años después), se evidenció la falta de implementación de medidas de mitigación y caso omiso a las recomendaciones antes planteadas, esto sumado a los factores condicionantes ha provocado que la geodinámica se mantenga activa en los deslizamientos Nantajacha-Amasio-Flores y Ondecca generando el incremento en sus vectores de movimiento, evidencia de ello son las escarpas retrogresivo de escarpes de 5 a 10 m que avanzan hacia el reservorio Jeyrucha y los agrietamientos que superan el metro de apertura en el sector Ondecca.
3. El deslizamiento más relevante en el sector de Jeyrucha-Chimpa, se denomina Nantajacha Amasio Flores (D-N-A), cuya corona de deslizamiento se ubica a 250 m del reservorio de Jeyrucha y a 3509 m ., con un salto de escarpe principal de 80 m. El pie de deslizamiento se ubica a 3257 m s.n.m., en el sector Ondecca donde se presenta una segunda reactivación denominada deslizamiento de Ondecca (D-O), cuya corona y/o escarpe se da a los 3400 m con un salto de escarpe de 8 m.
4. El reservorio de Jeyrucha se encuentra rodeado de movimientos en masa, tipo deslizamientos y movimientos complejos (Deslizamiento-flujo), con registros de actividad, evidenciados por agrietamientos y escarpes, los que ponen el peligro a dicho reservorio.
5. Litológicamente en el sector evaluado afloran rocas volcánicas del Grupo Barroso y formación Andamarca; muy fracturados con un grado alto de meteorización y alteración que genera suelos residuales arcillosos y plásticos de fácil remoción. Dichos afloramientos se encuentran cubiertos por depósitos coluvio-deluviales, conformados por eventos geodinámicos antiguos y procesos de erosión deluvial, los cuales se conforman de gravas arcillosas con arenas, limos, cantos y bloques de hasta 1 m de diámetro, de composición volcánica, saturados de mediana a alta plasticidad.
6. Geomorfológicamente, Jeyrucha-Chimpa se sitúa en una vertiente con depósito del deslizamiento de pendiente moderada (5° - 15°), circunscrita por montañas en roca volcánica con laderas de pendiente escarpada (25° - 45°) a muy escarpada ($>45^{\circ}$).
7. Los factores que condicionaron la inestabilidad de la vertiente de deslizamiento en Jeyrucha-Chimpa y que provocan la reactivación de movimientos en masa (deslizamientos y movimientos complejos), están condicionados por el tipo y naturaleza de las rocas del substrato, la presencia de filtraciones naturales y antrópicas (sistemas de regadíos inadecuados), que saturan y desestabilizan los terrenos.
8. La reactivación de los deslizamientos en este sector, ha generado pérdidas en cultivos y andenes, propios de la zona de Andamarca, en aproximadamente 65,44 ha (Vílchez y Ochoa 2012), además se produjo la interrupción y cierre de caminos de herradura, así como algunos agrietamientos en estancias y muros de pircas especialmente en el sector de Ondecca.

9. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas antes descritas, el sector de Jeyrucha-Chimpa se le considera de **Peligro Muy Alto**, y **Zona Crítica** (zona citica N°26 - Boletín N° 70-“Peligro Geológico en la Región Ayacucho”) susceptible a generar deslizamientos de magnitudes considerables, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas, así como por efectos cosismicos.



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



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

7. RECOMENDACIONES

Reforzar e invocar a las autoridades pertinentes, la implementación de las recomendaciones emitidas en el Informe Técnico A6590, haciendo hincapié en:

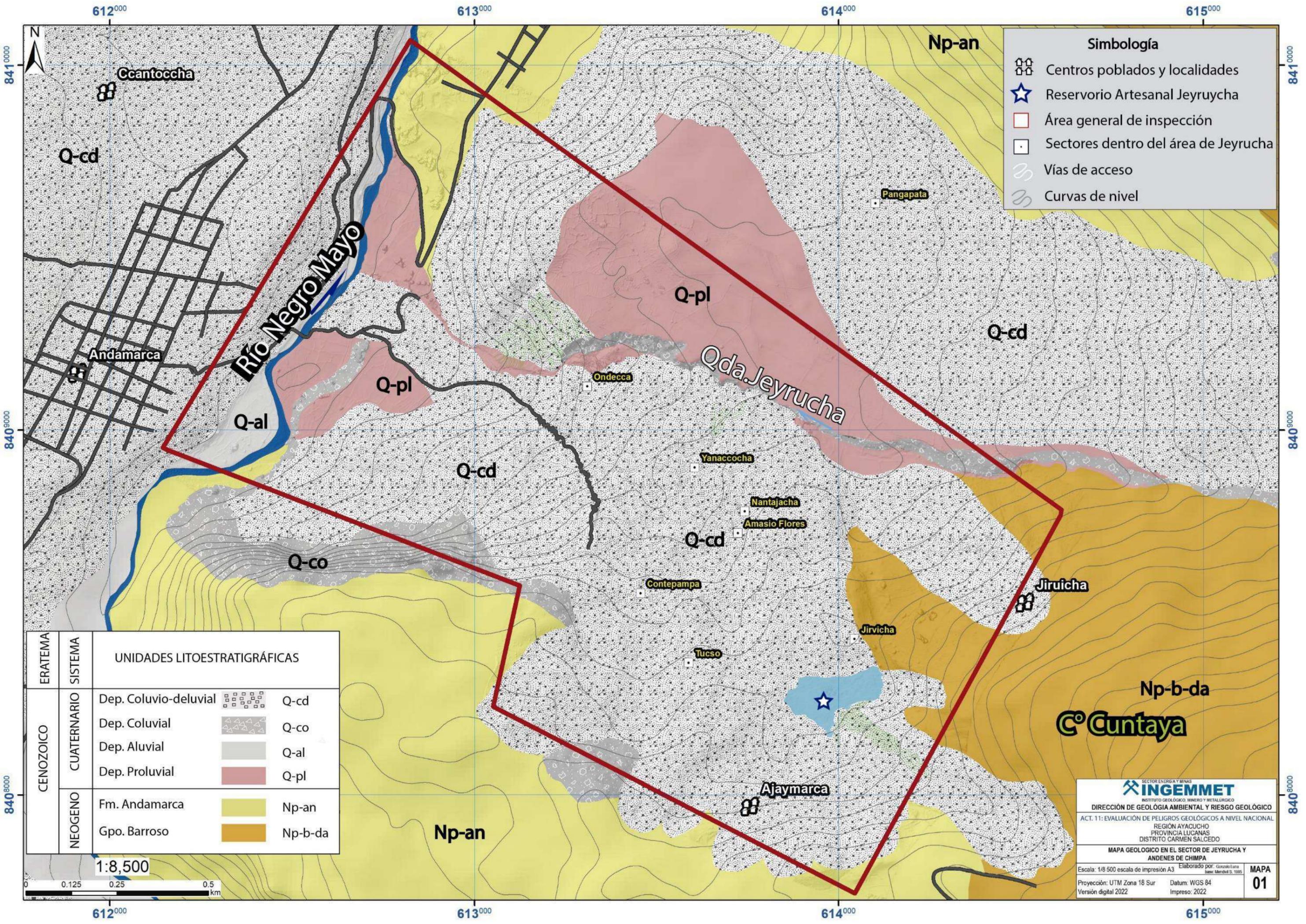
1. Restringir el sembrío de cultivos en los sectores de Jeyrucha Chimpa, especialmente de aquellos, que requieren abundante agua como es el caso de alfalfa (aporte de agua para la alfalfa en caso de riego por inundación es de 1000 m³ / ha. En riego por aspersión es de 880 m³ /ha (Guaytarilla & Izquierdo.,2016))
2. Implementar sistemas de monitoreo de grietas y escarpes alrededor del reservorio de Jeyrucha y sector de Jeyrucha-Chimpa con el propósito de identificar el incremento en los vectores de movimiento en las masas deslizantes.
3. Reconstruir los andenes colapsados, ya que estos sirven para estabilizar las laderas.
4. Rellenar y sellar las grietas abiertas, ubicadas en los sectores de Ondecca, con la finalidad de evitar la infiltración de aguas. Para ello se deben usar materiales flexibles como arcillas.
5. Reforestar la ladera Este del cerro Cuntaya (sector Jeyrucha -Chimpa), desde la cabecera del reservorio de Jeyrucha con plantas nativas, para favorecer la estabilidad de la ladera.
6. Captar y drenar las aguas provenientes de bofedales, manantes y torrenteras hacia las quebrada Jeyrucha y río Negro Mayo, evitando su paso e infiltración hacia la masa deslizante.
7. Implementar sistemas de drenaje (espina de pez), que recolecten las aguas en la ladera Este del cerro Cuntaya y las deriven hacia las quebradas y ríos principales.
8. Encauzar la quebrada Jeyrucha implementando obras de estabilidad en sus márgenes (banqueteo, forestación, etc), para evitar la profundización de la misma.
9. En los terrenos de cultivo permanente, evitar el riego por inundación, utilizar canales revestidos y riego tecnificado (goteo y aspersión)
10. Considerar el costo-beneficio de realizar el desfogue del reservorio de Jeyrucha para construir un nuevo reservorio de tierra, impermeabilizando el vaso con geomembranas de esta manera evitar la infiltración de agua a través de las grietas existentes en el fondo del reservorio. De igual manera impermeabilizar los canales de riego.
11. Afianzar el pie de material removido, mediante la instalación de gaviones o escolleras (muros de contención) permeables que permitan incrementar su peso a la vez que favorezcan su drenaje. Es muy importante que estos muros tengan un drenaje adecuado, con el fin de evitar "la acumulación de agua tras de sí, que incrementen su carga hidráulica
12. Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo a las que se encuentran expuestos la población y medios de vida (zonas agrícolas) en el sector Jeyrucha-Chimpa.

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.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta J., Rodríguez I., Flores A. & Huanacuni D. (2011). Memoria sobre la Geología económica de la región Ayacucho, Proyecto GE33 “Metalogenia y Geología Económica por Regiones”.
- Aguirre-Morales P., M. (2009). Excavaciones en los andenes de Andamarca, cuenca del Río Negro Mayo, Lucanas, Ayacucho. *Arqueología Y Sociedad*, (20), 223–268.
<https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2009n20.e12687>
- Carpio, M., Torre, J. & Fuentes, J. (2019) - Investigación de calizas para el desarrollo de la región Junín. INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica, 65, 343 p., 3 mapas. [GEOCATMIN - http://geocatmin.ingemmet.gob.pe](http://geocatmin.ingemmet.gob.pe)
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides 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.
- INGEMMET (2003). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú - Franja N°3, Boletín N°28 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 373 p., 17 mapas.
- 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>
- 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.
- Vílchez M., Ochoa M., Parí W. (2019). Peligro geológico en la región Ayacucho. Boletín N° 70, serie C, geodinámica e ingeniería geológica.
- Vílchez M & Ochoa M.(2012). – INGEMMET – Informe técnico n°A6590: “Deslizamientos rotacionales en los sectores de Jeyruycha y andenes de Chimpa- Andamarca . <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1562>
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

ANEXO 1: MAPAS



Simbología	
	Centros poblados y localidades
	Reservorio Artesanal Jeyrucha
	Área general de inspección
	Sectores dentro del área de Jeyrucha
	Vías de acceso
	Curvas de nivel

ERATEMA	SISTEMA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Dep. Coluvio-deluvial	Q-cd
		Dep. Coluvial	Q-co
		Dep. Aluvial	Q-al
		Dep. Proluvial	Q-pl
NEOGENO		Fm. Andamarca	Np-an
		Gpo. Barroso	Np-b-da

Cuntaya

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
 REGIÓN AYACUCHO
 PROVINCIA LUCANAS
 DISTRITO CARMEN SALCEDO

MAPA GEOLÓGICO EN EL SECTOR DE JEYRUCHA Y ANDENES DE CHIMPA

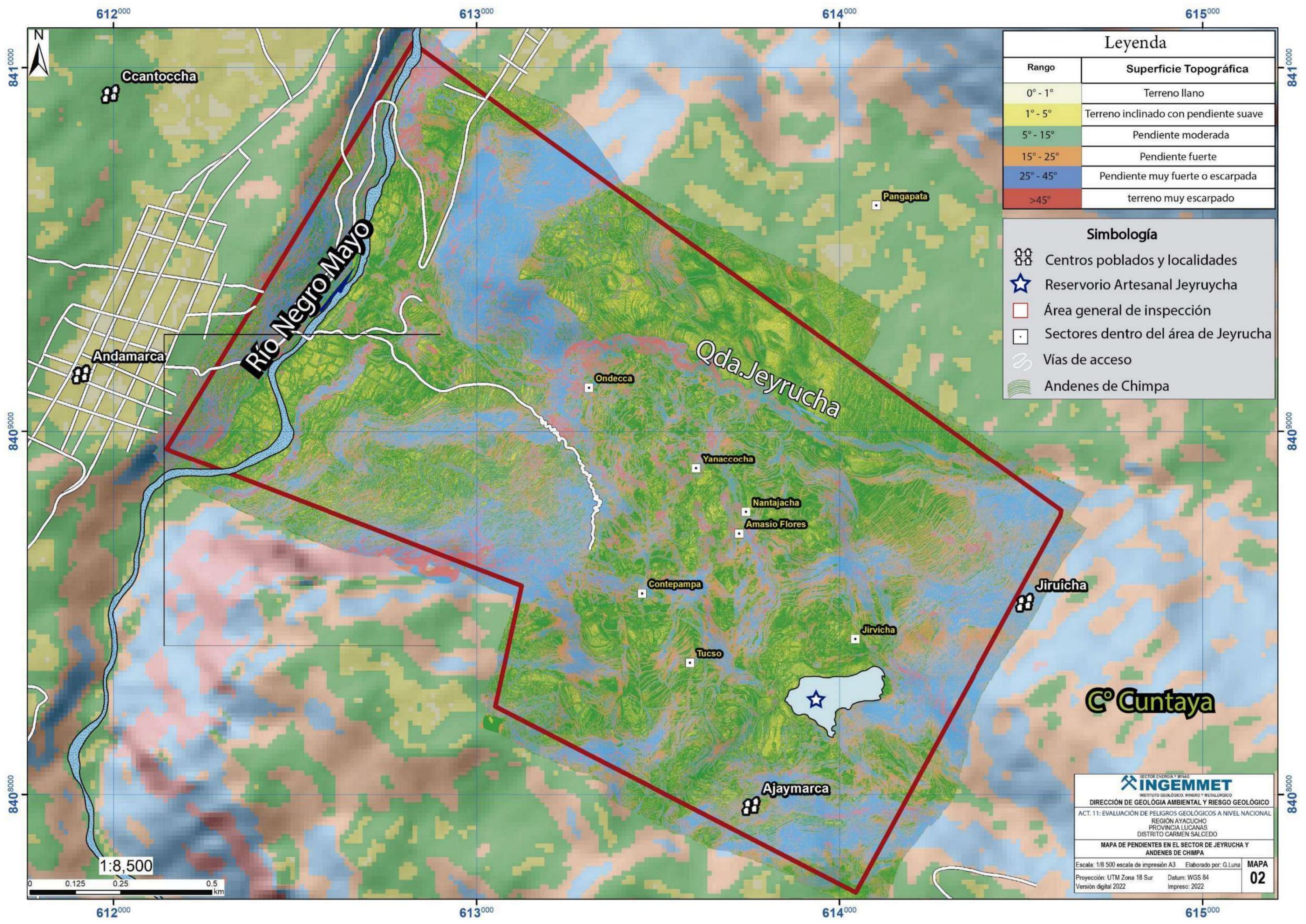
Elaborado por: base: Mercator S. 1995

Escala: 1/8 500 escala de impresión A3
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2022 Impreso: 2022

MAPA 01

1:8,500





Leyenda

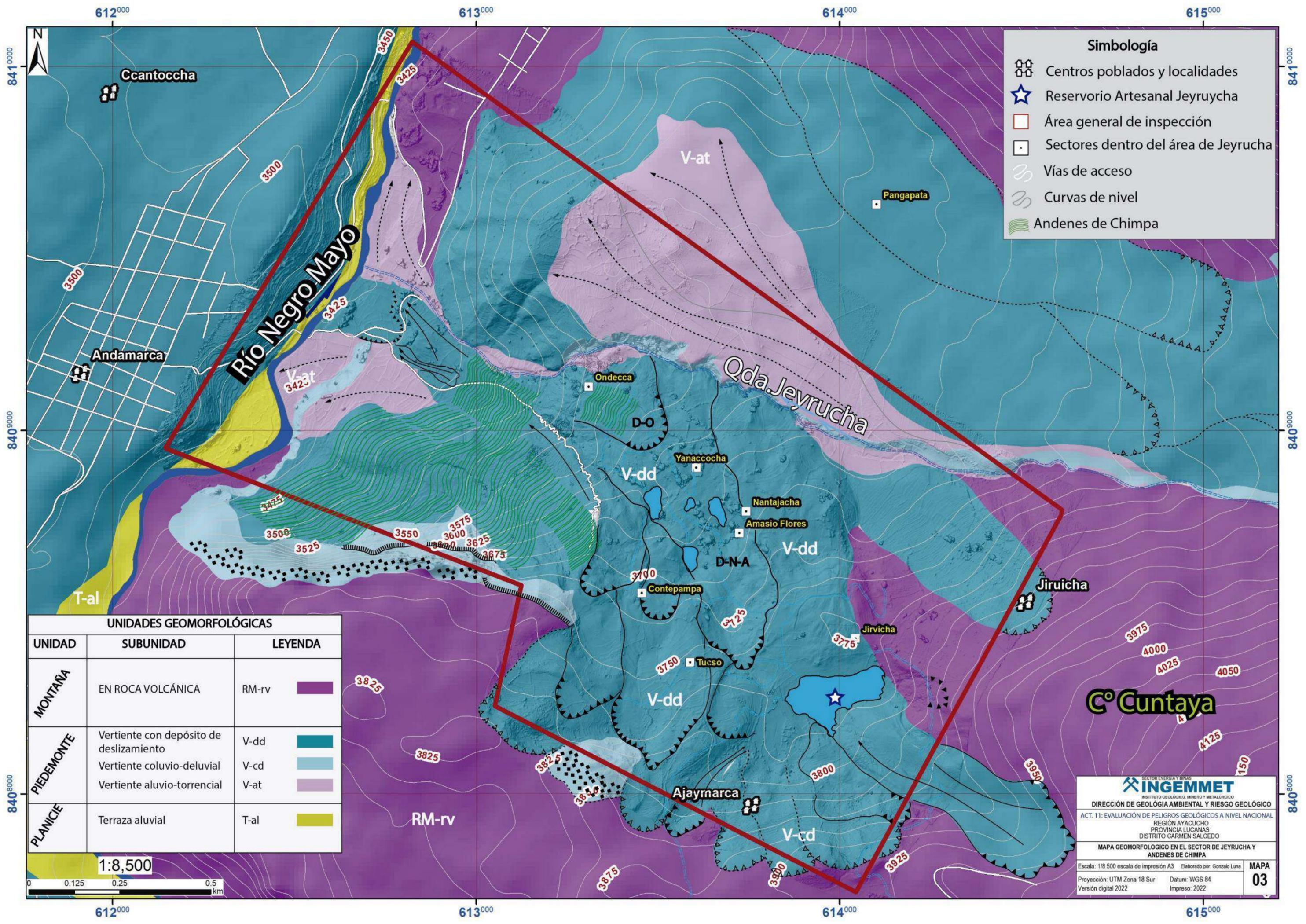
Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

Simbología

- Centros poblados y localidades
- Reservorio Artesanal Jeyrucha
- Área general de inspección
- Sectores dentro del área de Jeyrucha
- Vías de acceso
- Andenes de Chimpa

C° Cuntaya

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
 REGIÓN AYACUCHO
 PROVINCIA LUCANAS
 DISTRITO CARMEN SALCEDO
MAPA DE PENDIENTES EN EL SECTOR DE JEYRUCHA Y ANDENES DE CHIMPA
 Escala: 1/8 500 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna **MAPA 02**
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Impreso: 2022
 Versión digital 2022



Simbología

- Centros poblados y localidades
- Reservorio Artesanal Jeyrucha
- Área general de inspección
- Sectores dentro del área de Jeyrucha
- Vías de acceso
- Curvas de nivel
- Andenes de Chimpa

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		
UNIDAD	SUBUNIDAD	LEYENDA
MONTAÑA	EN ROCA VOLCÁNICA	RM-rv
	Vertiente con depósito de deslizamiento	V-dd
PIEDEMONTE	Vertiente coluvio-deluvial	V-cd
	Vertiente aluvio-torrencial	V-at
PLANICIE	Terraza aluvial	T-al



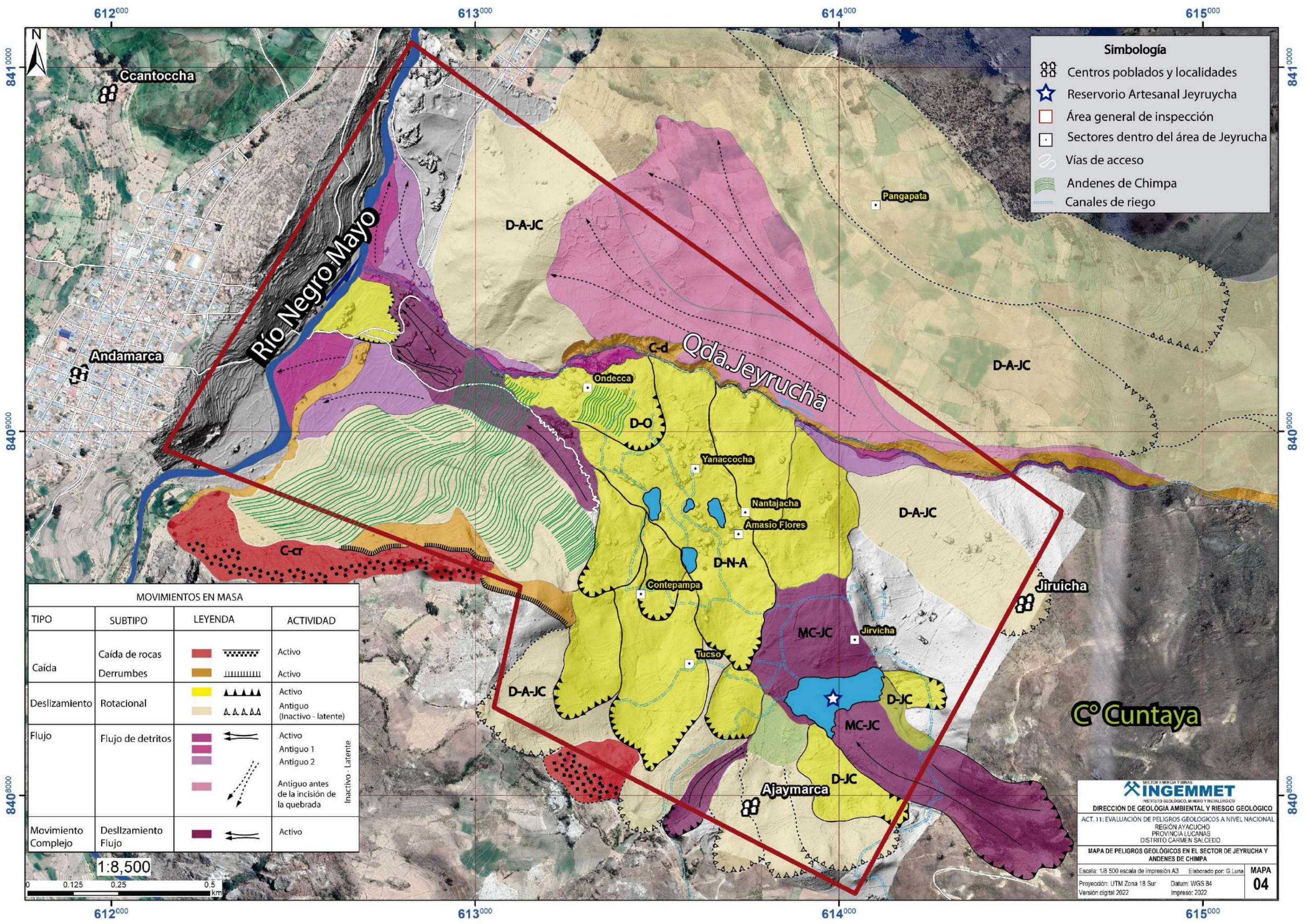
C° Cuntaya

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
 REGIÓN AYACUCHO
 PROVINCIA LUCANAS
 DISTRITO CARMEN SALCEDO

MAPA GEOMORFOLÓGICO EN EL SECTOR DE JEYRUCHA Y ANDENES DE CHIMPA

Escala: 1/8 500 escala de impresión A3 Elaborado por: Gonzalo Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2022 Impreso: 2022

MAPA 03



Simbología

- Centros poblados y localidades
- Reservorio Artesanal Jeyrucha
- Área general de inspección
- Sectores dentro del área de Jeyrucha
- Vías de acceso
- Andenes de Chimpa
- Canales de riego

MOVIMIENTOS EN MASA

TIPO	SUBTIPO	LEYENDA	ACTIVIDAD
Caída	Caída de rocas		Activo
	Derrumbes		Activo
Deslizamiento	Rotacional		Activo
			Antiguo (Inactivo - latente)
Flujo	Flujo de detritos		Activo
			Antiguo 1 Antiguo 2
			Antiguo antes de la incisión de la quebrada
			Inactivo - Latente
Movimiento Complejo	Deslizamiento Flujo		Activo



Cuntaya

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN AYACUCHO
 PROVINCIA LUCANAS
 DISTRITO CARMEN SALCEDO
 MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE JEYRUCHA Y ANDENES DE CHIMPA
 Escala: 1/8 500 escala de impresión A3 Elaborado por: G. Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84 Versión digital 2022 Impreso: 2022
MAPA 04

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Medidas de mitigación para el reservorio artesanal de Jeyrucha.

Uno de los principales factores condicionantes de la ocurrencia de movimientos en masa en el sector de Jeyrucha-Chimpa (margen izquierda de la quebrada Jeyrucha), es la infiltración de aguas al depósito coluvio-deluvial que cubren basamentos rocosos poco competentes, estas aguas provienen del vaso de la laguna Jeyrucha, la cual a su vez es afectada por movimientos complejos y deslizamientos. Es por ello que una de las principales recomendaciones es analizar el costo/beneficio de desfogar el reservorio de Jeyrucha, rellenando e impermeabilizando el vaso.

Se pueden realizar obras geotécnicas para la construcción de un nuevo reservorio (se recomienda un reservorio de tierra impermeabilizada con arcillas y geomembranas), Posibles áreas de construcción de este reservorio se presentan en los cuadros 5, 6, 7 y 8 y la figura 41. Las áreas fueron determinadas teniendo en cuenta una distancia prudente a las zonas de mayor inestabilidad de Jeyrucha-Chimpa (figura 43), donde se evidencian terrenos estables con pendientes moderadas y suaves (figura 42).

La construcción de un reservorio de tierra debe considerar la canalización e impermeabilización del canal de Viscas, y para distribuir sus aguas al sector de Chimpa se pueden usar tubos superficiales con el propósito de evidenciar rápidamente rupturas del mismo por condiciones geodinámicas activas en Jeyrucha Chimpa, el exceso de aguas debe ser drenada hacia las quebradas más cercanas, para ello se debe encauzar la quebrada Jeyrucha

Cuadro 5. Ubicación del polígono 1

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	612761.00 m	8408348.00 m	14°23'41.48"S	73°57'14.65"O
2	612743.00 m	8408169.00 m	14°23'47.31"S	73°57'15.22"O
3	612923.00 m	8408344.00 m	14°23'41.59"S	73°57'9.24"O
4	612921.00 m	8408169.00 m	14°23'47.28"S	73°57'9.28"O

Cuadro 6. Ubicación del polígono 2

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	613425.00 m	8407806.00	14°23'59.02"S	73°56'52.39"O
2	613421.00 m	8407641.00 m	14°24'4.39"S	73°56'52.50"O
3	613586.00 m	8407807.00 m	14°23'58.97"S	73°56'47.02"O
4	613582.00 m	8407647.00 m	14°24'4.17"S	73°56'47.13"O

Cuadro 7. Ubicación del polígono 3

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	613814.00 m	8407788.00 m	14°23'59.55"S	73°56'39.40"O
2	613815.00 m	8407627.00 m	14°24'4.79"S	73°56'39.34"O
3	613975.00 m	8407787.00 m	14°23'59.56"S	73°56'34.03"O
4	613974.00 m	8407627.00 m	14°24'4.77"S	73°56'34.03"O

Cuadro 8. Ubicación del polígono 4

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	614105.00 m	8407603.00 m	14°24'5.53"S	73°56'29.66"O
2	614103.00 m	8407445.00 m	14°24'10.67"S	73°56'29.70"O
3	614266.00 m	8407603.00 m	14°24'5.50"S	73°56'24.28"O
4	614264.00 m	8407444.00 m	14°24'10.68"S	73°56'24.32"O

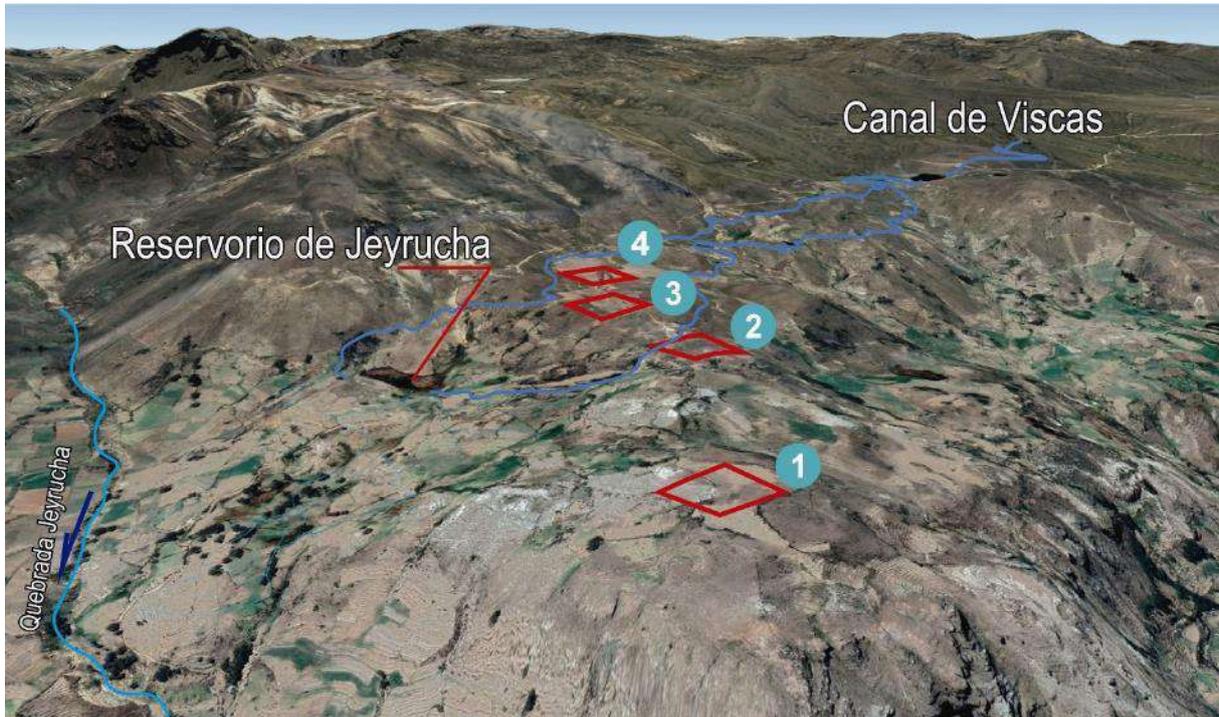


Figura 41. Ubicación de los polígonos posibles para la construcción de un nuevo reservorio de tierra, para el sector de Jeyrucha

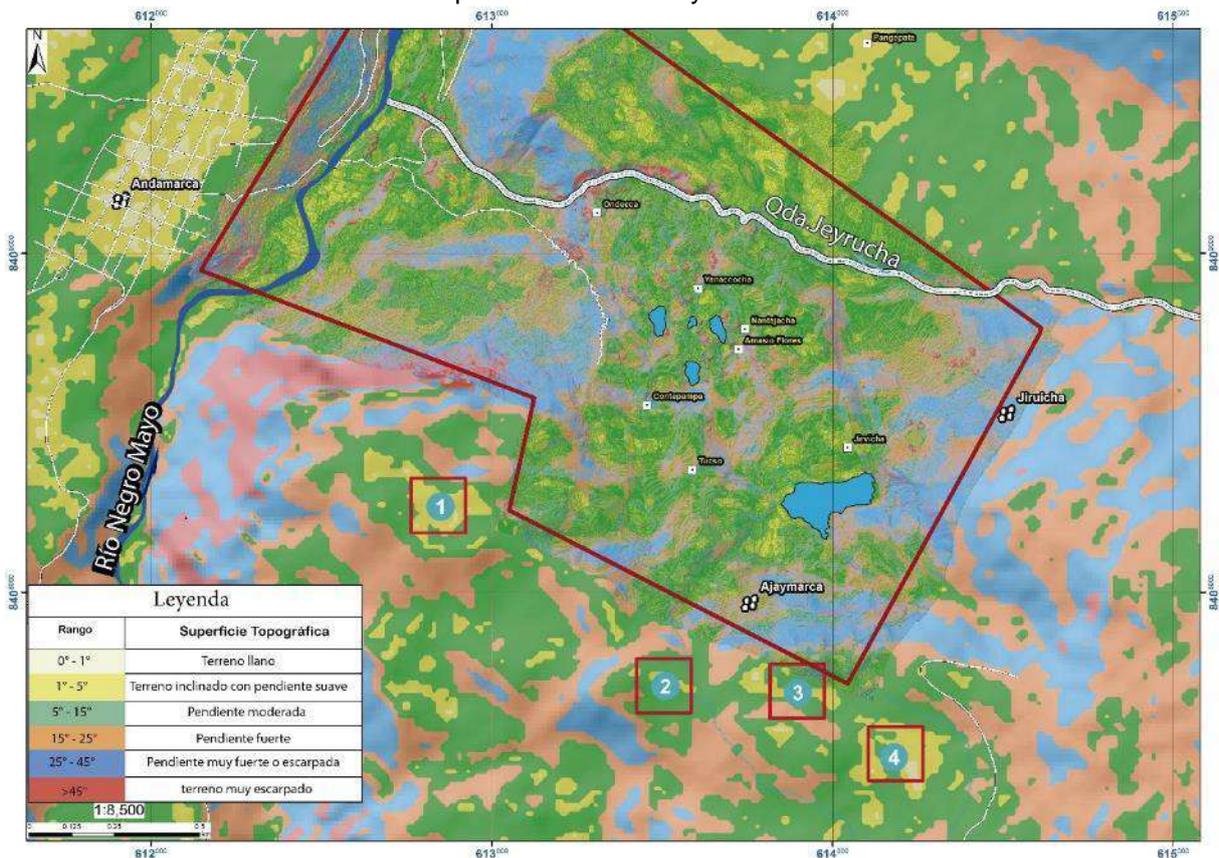


Figura 42. Muestra que las pendientes de los polígonos 1, 3 y 4 son suaves (1°-5°), mientras que el polígono 2 se evidencia pendientes moderadas (5°-15°).

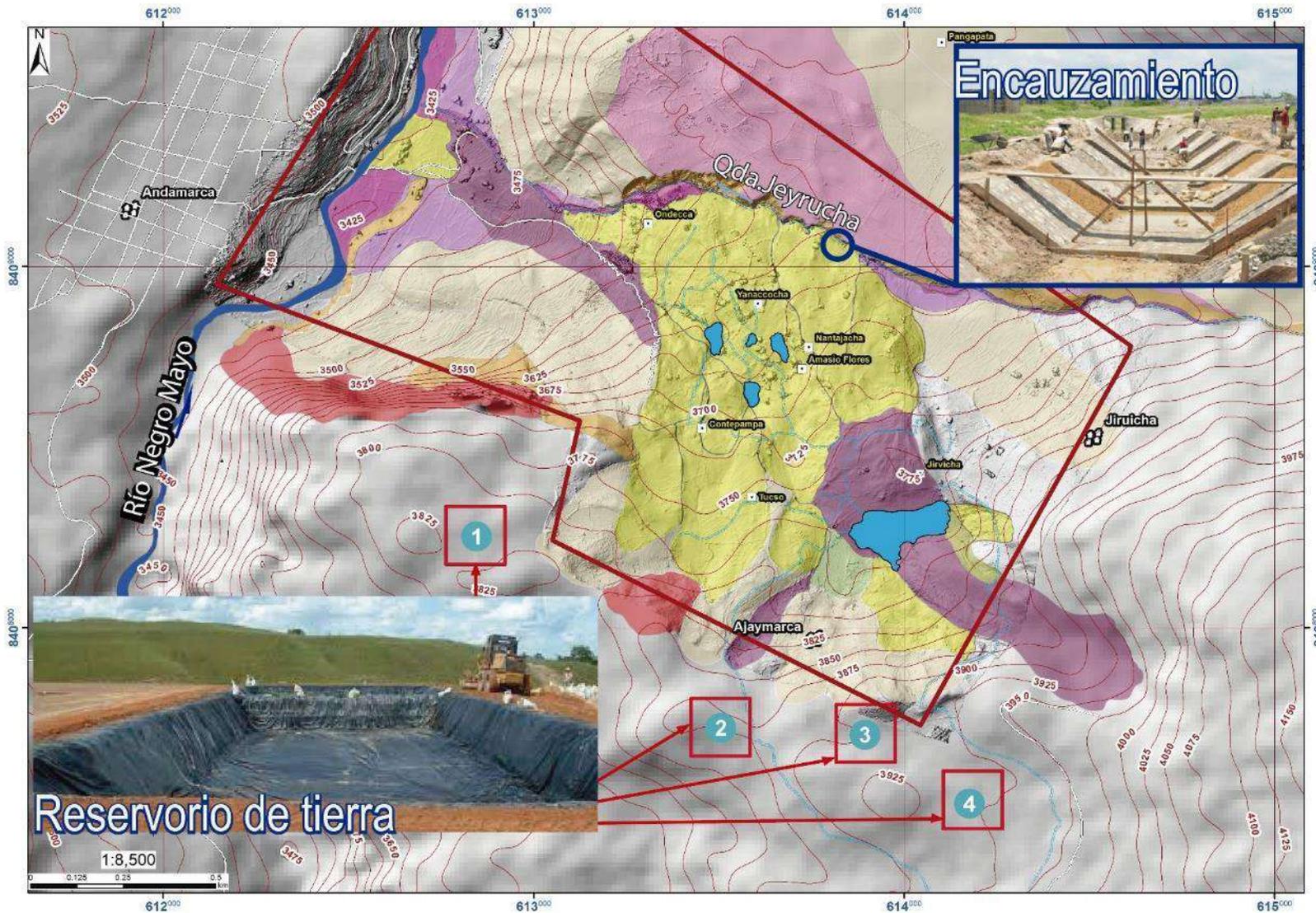


Figura 43. Muestra los polígonos de posible ubicación de reservorios de tierra respecto a movimientos geodinámicos identificados en el sector de Jeyrucha – Chimpa.

La construcción del reservorio de tierra debe ser realizado y supervisado por especialistas, previos estudios de suelos, hidrológicos, hidrogeológicos y de factibilidad.

Para la construcción del reservorio se debe tener en cuenta: los siguientes pasos ampliamente descritos en el documento del enlace: https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/guia_3_construccion_y_supervision_de_reservorios.pdf (fotografías 1 y 2).

1. Replanteo en el terreno.
2. Preparación del área del reservorio.
3. Realización de trazados y niveles.
4. Movimiento de tierra.
5. Colocación de tuberías de desagüe.
6. Formación de taludes.
7. Compactación.
8. Formación de la corona del reservorio.
9. Construcción de la obra de toma.
10. Construcción del vertedero.
11. Impermeabilización del vaso.
12. Instalación de cerca perimetral.
13. Mantenimiento de reservorio.



Fotografía 1. Modelo de reservorio impermeabilizado con geomembranas.



Fotografía 2. Modelo de reservorio impermeabilizado con geomembranas, en funcionamiento.

Medidas de mitigación para deslizamientos

1. Manejo de aguas de escorrentía

La topografía y el régimen de lluvias pueden favorecer la acción del agua de escorrentía, causante de muchos fenómenos erosivos. Cuando no es posible propiciar una mayor infiltración, porque la topografía no lo permite, es necesario evacuar el agua hasta los cauces naturales, de esta manera se evita la saturación del terreno y disminuye la inestabilidad de la ladera que ha favorecido procesos de movimientos en masa.

Las obras de drenajes se recomiendan cuando:

- Hay que evacuar aguas sobrantes superficiales
- Existen volúmenes de agua grandes a drenar
- El nivel freático se encuentra cerca de la superficie del terreno (caso de Jeyrucha-Chimpa).
- Las características climáticas del sector corresponden a zonas lluviosas.
- Cuando existen filtraciones de agua subterráneas.

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo del deslizamiento y movimientos complejos. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998).

Las medidas de drenaje recomendadas son:

- a. Drenaje Superficial: Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de

deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a las quebradas. Estas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento o ladera inestable. En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento (figura 44).

- b. Drenaje tipo Espina de Pescado: Construcción de canales colectores, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables de las laderas, entregándolas a torrenteras o canales naturales de agua. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua (figura 45).

El detalle gráfico de estas obras, y un esquema referencial de aplicación de laderas, se presentan en las figuras 44-46

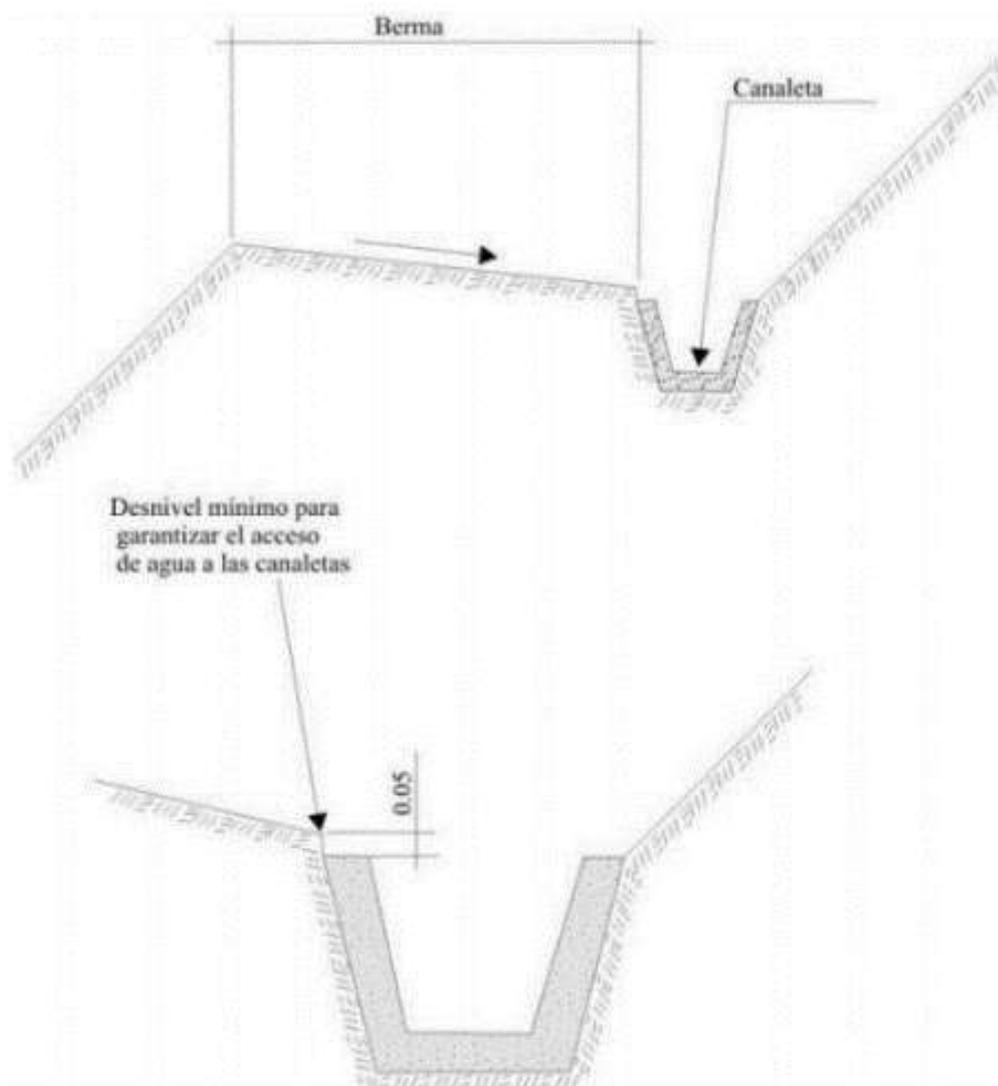


Figura 44. Detalle de una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Fuente: Ingemmet (2000).

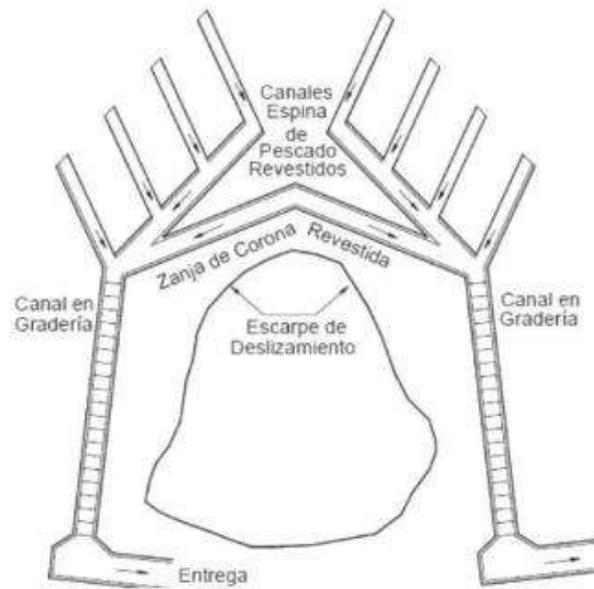


Figura 45. Esquema en planta de canales colectores. Espina de Pescado (Suarez, J.2010)

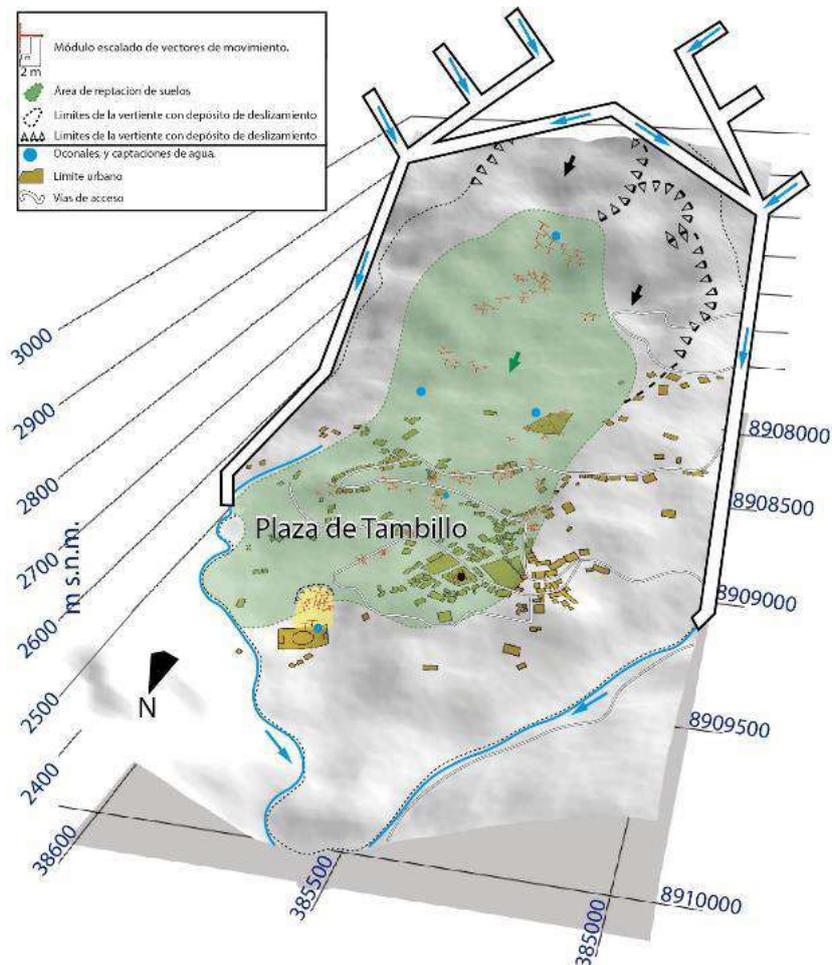


Figura 46. Esquema referencial de sistemas de drenaje para el control de aguas superficiales, que favorecen los procesos de reptación en el centro poblado de Tambillo (Luna et al., 2020)

Tipos de obra de drenaje superficial:

- a) **Canales para redireccionar el agua de escorrentía:** Se debe impedir que el agua de escorrentía se dirija hacia la zona inestable.
- b) **Zanjas de corona.** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por la ladera. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior de la ladera o talud, para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe.
- c) **Diques en la corona del talud.** Son diques en relleno, colocados arriba de la corona, con el objeto de desviar hacia los lados las aguas de escorrentía.
- d) **Drenes Franceses.** Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.
- e) **Trinchos o Cortacorrientes.** Consisten en diques a través del talud para desviar lateralmente, las aguas de escorrentía.
- f) **Torrenteras.** Son estructuras que recogen las aguas de los canales, diques o cortacorrientes y las conducen hacia abajo del talud. Generalmente, incluyen elementos para disipar la energía del flujo del agua.
- g) **Sellado de grietas con arcilla o mortero.** El objeto es impedir la infiltración de agua hacia el deslizamiento.
- h) **Canales colectores en Espina de Pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras. Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la nuevamente la infiltración del agua.

Cuadro N° 9: Ventajas y desventajas del uso de diferentes métodos de corrección por drenaje. Fuente: Suárez, 1996.

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para el control de escorrentía	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y la disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos, en suelos saturados sub superficialmente.	Poco efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos o los deslizamientos con nivel freático profundo
Subdrenes horizontales de penetración	Muy efectivos para interceptar y controlar las aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje	Efectivos para estabilizar los deslizamientos profundos en las formaciones con	Muy costosos y complejos de construir

	permeabilidad significativa y aguas subterráneas	
Pozos profundos de subdrenaje	Útiles en los deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para las excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente

2. Manejo de aguas subterráneas

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten.

La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos. Cuando se instala un dren generalmente, el nivel piezométrico se disminuye al igual que el gradiente hidráulico, lo cual disminuye el caudal inicial recolectado por los drenes.

Las obras que se podrían implementar para el control de aguas subterráneas son las siguientes:

- a) Filtros y trincheras drenantes o subdrenes interceptores: los filtros son muy aptos para abatir el nivel freático, transportar el exceso de lluvia e interceptar corrientes subterráneas (figura 47 y 48).

Los subdrenes interceptores son zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte del agua. La profundidad máxima de estas zanjas es de aproximadamente seis metros. Los hay de diversas formas así:

- Con material de filtro y tubo colector (Figura 47)
- Con material grueso permeable sin tubo (filtro francés)
- Con geotextil como filtro, material grueso y tubo colector.
- Con geotextil, material grueso y sin tubo.
- Tubo colector con capa gruesa de geotextil a su alrededor.
- Dren sintético con geomalla, geotextil y tubo colector

El tipo de dren interceptor a emplear dependerá de:

- Disponibilidad de materiales en la región y costos.
- Necesidad de captación y caudal del dren.

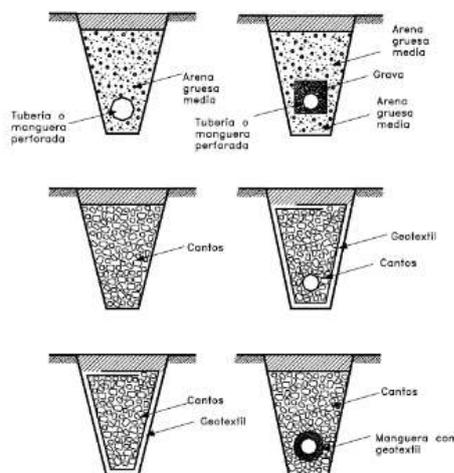


Figura 47. Esquema de sistemas de dren de zanjas.

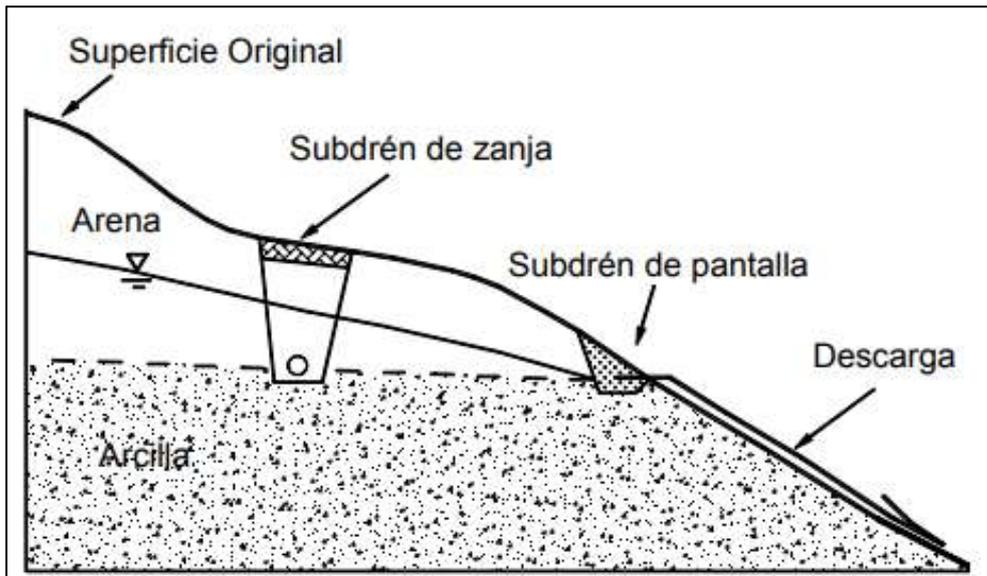


Figura 48. Sistemas de subdrenaje (Suárez, 1998).

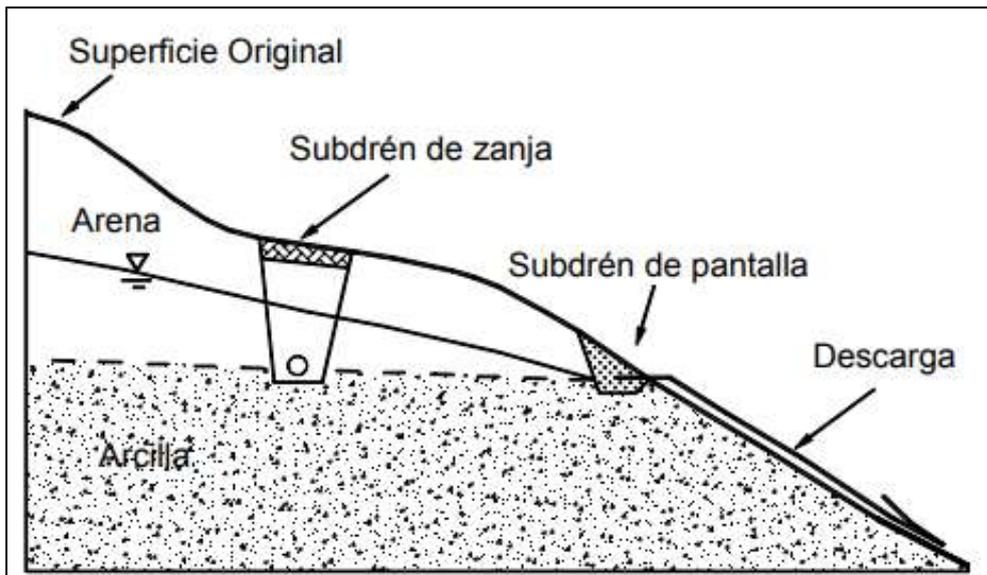


Figura 49. Esquema de un subdrenaje interceptor y un dren en el afloramiento (Suárez, 1998).

3. Manejo de zonas de deslizamiento.

Para deslizamientos de magnitudes pequeñas, se pueden aplicar obras de bioingeniería, que utilizan plantas o parte de ellas, como estacas vivas. Estos elementos pueden ser introducidos dentro del terreno y dispuestos de manera conveniente siguiendo patrones, definidos por especialistas, las funciones de estos son:

- Refuerzan las capas superficiales del suelo.
- Son una barrera interna contra movimientos de material detrítico.
- Retienen la humedad excedente y funcionan como drenes.

MUROS RÍGIDOS Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse (cuadro 10). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas

de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

Cuadro N° 10: Ventajas y desventajas del uso de muros. Fuente: Suárez, 1996.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para mejorar su apariencia exterior	Se requiere una muy buena fundación y no permiten deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente, son poco económicos para alturas mayores de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado.	Se requiere muy buena fundación. El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloques de roca.
Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo	Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado	Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño
Mampostería o bloques de roca pegados con concreto	Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos	Se requiere muy buena fundación. Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos.

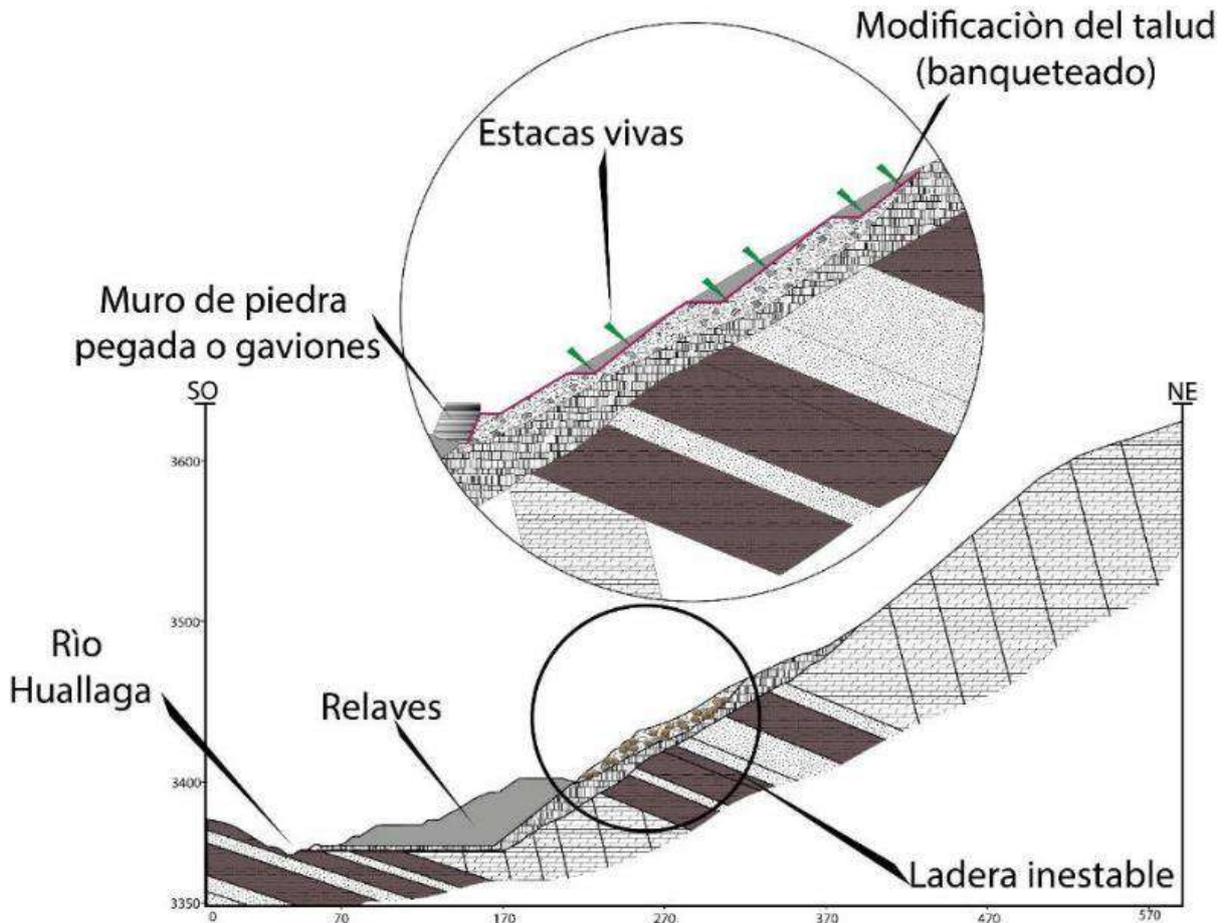


Figura 50. Ejemplo de aplicación de estacas vivas en una ladera inestable.

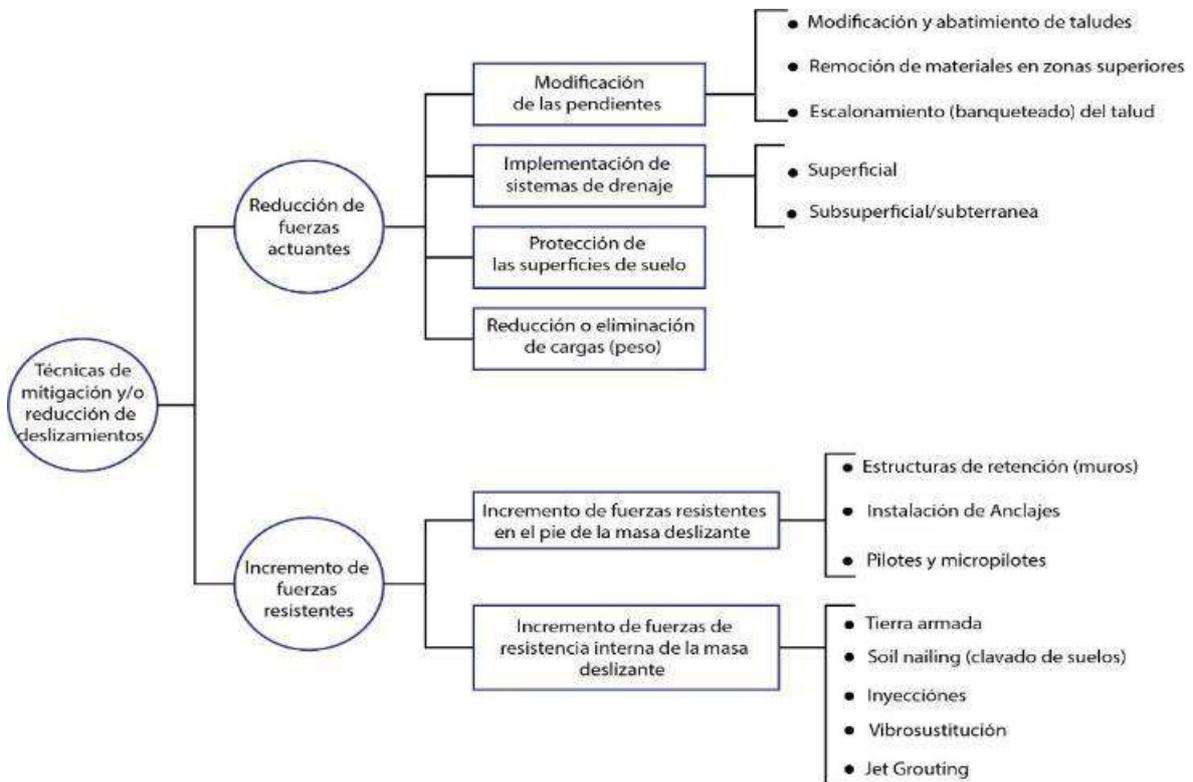


Figura 51. Esquema de técnicas de reducción de deslizamientos.

Medidas de mitigación para Caídas

En la zona de estudio se podrían implementar medidas de prevención y/o mitigación como mallas metálicas, pantallas metálicas, geomallas, entre otros, dichas técnicas dependerán de un estudio geotécnico a detalle realizado por un especialista en geotecnia.

- a) **Geomallas:** Es una cobertura que permite proteger la erosión del agua y el viento cuando estos problemas son difíciles de ser resueltos de una manera natural. Generalmente, se complementan con vegetación en su superficie. Son susceptibles a la acción directa de los rayos ultra violeta. En la geometría existente en el talud, se tendrían que hacer instalaciones complementarias para su auto sostenimiento. Cabe mencionar un geocompuesto (MacMat-R) fabricado a partir de una geomanta pegada a una malla metálica (malla hexagonal de doble torsión), que protege la superficie contra la erosión mediante la geomanta, y evita la caída de piedras mediante la malla metálica.
- b) **Uso de vegetación:** Se trata de un método preventivo y correctivo que consiste en el empleo de vegetación sobre o delante de la superficie del talud. Desde el punto de vista estético y de impacto ambiental, la revegetación es una buena alternativa que ha funcionado en otros taludes como en la Costa Verde en Lima. Sin embargo, en la zona de estudio existen dificultades para el crecimiento de la vegetación, tales como la verticalidad de los taludes y la cantidad de grava en el suelo. Esto evita que las raíces logren un entramado profundo para generar un agarre que estabilice el talud sin un considerable movimiento de tierras. El riego en esta zona no debe realizarse mediante inundación sino por goteo puesto que el agua puede llegar a debilitar las propiedades resistentes del suelo y aumentar su peso, doble efecto negativo que puede hacer colapsar zonas del talud. La hidrosiembra es un método moderno que consiste en rociar una emulsión sobre el suelo que se desea revegetar. Esta emulsión (aglutinantes, hidroabsorbentes, nutrientes, semillas, agua, etc.) provoca una capa superior en la superficie del talud que favorece la germinación de las semillas.
- c) **Mallas metálicas:** El revestimiento del talud con mallas metálicas de triple o doble torsión, es un tratamiento eficaz que es muy utilizado en todo el mundo. Teniendo en cuenta la proximidad de la malla al talud, la densidad de anclado y la forma de colocación se pueden clasificar en mallas colgadas o adosadas al terreno. Las mallas colgadas encauzan el movimiento del material que cae del talud haciendo que disminuya su energía y se acumule al pie del talud, mientras que las mallas adosadas van prácticamente pegadas al talud, de manera que se tenga la mayor cantidad de puntos del talud en contacto con la malla, evitando así que el material de las zonas inestables se muevan de su sitio o que pueda alcanzar determinada velocidad. Las mallas colgadas requieren complementos en la base del talud como gaviones, bermas o “cunetas” para almacenar el material caído
- d) **Pantallas metálicas:** En taludes naturales de pendiente media, bajo un acantilado de gran altura, resultan muy convenientes las pantallas metálicas para la intercepción de material que puedan caer del acantilado. De acuerdo con la forma de trabajo las pantallas se pueden denominar estáticas o dinámicas.

Barreras estáticas: Constituidas con elementos metálicos, se comportan de forma acertada ante impactos de muy baja energía, su principio de funcionamiento está basado en el empleo de soluciones potentes basado en elementos rígidos y de gran inercia que se oponen al paso de las rocas. Para energías superiores a los 50 kJ son inadecuadas y resultan literalmente arrasadas por el paso de las rocas.

Barreras dinámicas: Es una barrera que, al igual que la anterior, se coloca perpendicular al eje de la trayectoria probable del material caído, con el objeto de interceptarlo y evitar que llegue a la parte baja del talud. En este caso se pone una estructura de elevada deformabilidad, gracias a la cual se puede absorber una elevada cantidad de energía sin que los esfuerzos en los diferentes elementos de la misma sean excesivamente elevados. El conjunto de pantallas metálicas existentes en la zona se pueden complementar con paneles o publicidad reforzada para el impacto, alargándose en forma de medios túneles, elevándoseles con un parapeto o sino reubicándose en el mismo acantilado, etc.

- e) **Pantallas ancladas:** Los anclajes en suelos pueden ser usados en combinación con muros, vigas horizontales y bloques de concreto para estabilizar taludes. Los anclajes pretensados de suelos actúan contra el posible plano de falla e incrementan el esfuerzo normal en la superficie potencial de falla. Una aplicación común de los anclajes es la construcción de pantallas ancladas para estabilizar excavaciones y taludes. Éstas, consisten de muros con uno o más niveles de anclajes diseñados para restringir las fuerzas asociadas con masas inestables de suelos. La presión del terreno en el muro anclado se transfiere a los tensores, ya sea a través de largueros horizontales o a través de placas de carga en la cabeza de cada anclaje, los cuales deberán alcanzar el estrato de conglomerado firme y estable. Se puede usar en zonas en las que el relleno es muy grande. Además, esta solución protege el talud contra eventos catastróficos y elimina el efecto del intemperismo en el talud.