

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7060**

# INSPECCIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE SALUD DE ANDARAPA

Región Apurímac  
Provincia Andahuaylas  
Distrito Andarapa



## INDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES.....	2
3. ASPECTOS GENERALES.....	3
3.1. Ubicación y accesibilidad.....	3
3.2. Objetivos.....	4
3.3. Clima.....	4
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS.....	4
4.1. Aspectos geológicos.....	4
4.2. Aspectos geomorfológicos.....	6
4.2.1 Pendiente del terreno.....	6
4.2.2 Unidades geomorfológicas.....	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	9
5.1 Conceptos teóricos.....	11
5.2 Caracterización de peligros geológicos en la quebrada Minas pata Huayco.....	13
5.3 Erosión de ladera en la quebrada Huayapampa.....	15
5.4 Características geológicas del terreno para la construcción del centro de Salud ..	16
6 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/ O MITIGACIÓN.....	17
CONCLUSIONES.....	24
RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	26

## RESUMEN

El terreno para la construcción del centro de salud de Andarapa (Huayapampa), está ubicado en la margen izquierda de la quebrada Minaspatha Huayco, en el distrito de Andarapa, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. El terreno propuesto comprende una extensión de 7824.67m<sup>2</sup>.

Litológicamente en el área de estudio, afloran rocas sedimentarias del Cretáceo superior al Paleógeno y depósitos Cuaternarios (depósitos coluviales principalmente), cuyos substratos se encuentran moderadamente fracturados y con intensa meteorización.

Desde el punto de geomorfológico, la zona de estudio se emplaza en montañas de rocas sedimentarias y en vertiente coluvio – deluvial, disectado por las quebradas Colpa Huayco, Minaspatha Huayco, Huayapampa y Collca, cuyas laderas varían entre 20° y 80°, consideradas como pendiente fuerte a escarpado.

En la zona se identificó peligros geológicos por movimientos en masa, como derrumbes, deslizamientos y erosión de ladera (surcos y cárcavas).

Por su ubicación geográfica, y debido a sus condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, el terreno propuesto para la construcción del centro de Salud Andarapa, es considerado como **Zona de Peligro Alto** a movimientos en masa.

En el terreno propuesto para la edificación del centro de salud, se recomienda implementar sistemas de drenaje para evacuar las aguas de lluvia.

Para la zona de deslizamientos, derrumbes y cárcavas, es necesario, la construcción de sistemas de drenaje, para captar las surgencias de agua o manantiales y aguas proveniente de lluvia. Además, en la cárcava de Huayapampa implementar diques transversales, que eviten el avance retrogresivo

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico - científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional. Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), desde el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas o asociados a actividad volcánica.

El Gobierno Regional de Apurímac, solicita mediante Oficio N° 490-2019-GR.APURIMAC/GR de fecha 31 de diciembre de 2019, la opinión técnica sobre la condición de terreno del centro de salud de Andarapa, distrito de Andarapa, provincia de Andahuaylas, región Apurímac.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a los geólogos Katerin Ramírez, Guisela Choquenaira Garate y Edith Quispe para realizar la evaluación Geológica y Geodinámica en el terreno para la construcción del centro de salud Andarapa categoría I-4 del distrito de Andarapa, el 21 de febrero del presente año, previa coordinación con autoridades de la Municipalidad distrital de Andarapa.

Este informe, como instrumento técnico se pone en consideración de autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación, reducción de riesgo y toma de decisiones.

## 2. ANTECEDENTES

Entre los principales estudios realizados a nivel local en la zona se pueden mencionar:

- ✓ Estudio Geotécnico y Mecánica de Suelos con fines de cimentación (INGEO ANDES INGENIERÍA GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN, 2019), del proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL CENTRO SALUD ANDARAPA CATEGORÍA I-4 DE LA COMUNIDAD DE ANDARAPA”, realizaron el estudio de mecánica de suelos en seis calicatas, en función a las características físicas y mecánicas del suelo, resistencia mecánica, perfiles estratigráficos, capacidad portante admisible. Recomiendan que la cimentación se debe apoyar en el estrato de arcillas inorgánicas, además que la profundidad de desplante de la cimentación (df), sean mayor a 2.50m, asimismo realizar zapatas amarradas para minimizar posibles asentamientos provocados por las cargas, etc.
- ✓ Estudio geológico y geodinámico, (ECOSYP S.A.C., 2019), en el área de influencia del proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL CENTRO DE SALUD ANDARAPA CATEGORÍA I-4 DEL DISTRITO DE ANDARAPA-PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS-DEPARTAMENTO DE APURIMAC”, según el cartografiado geológico y geotécnico se identificaron dos tipos de suelos: arenas arcillosas (SC) y arcillas de plasticidad media (CL), con más del 33% de humedad, la mitad de la población se encuentra asentada en este tipo de suelo. Según la geodinámica externa se encuentra afectado por reptación de suelos, caída de rocas y deslizamientos, siendo el nivel de peligrosidad media para la reptación y peligrosidad alta para el caso de caída de rocas y deslizamientos.



### 3. ASPECTOS GENERALES

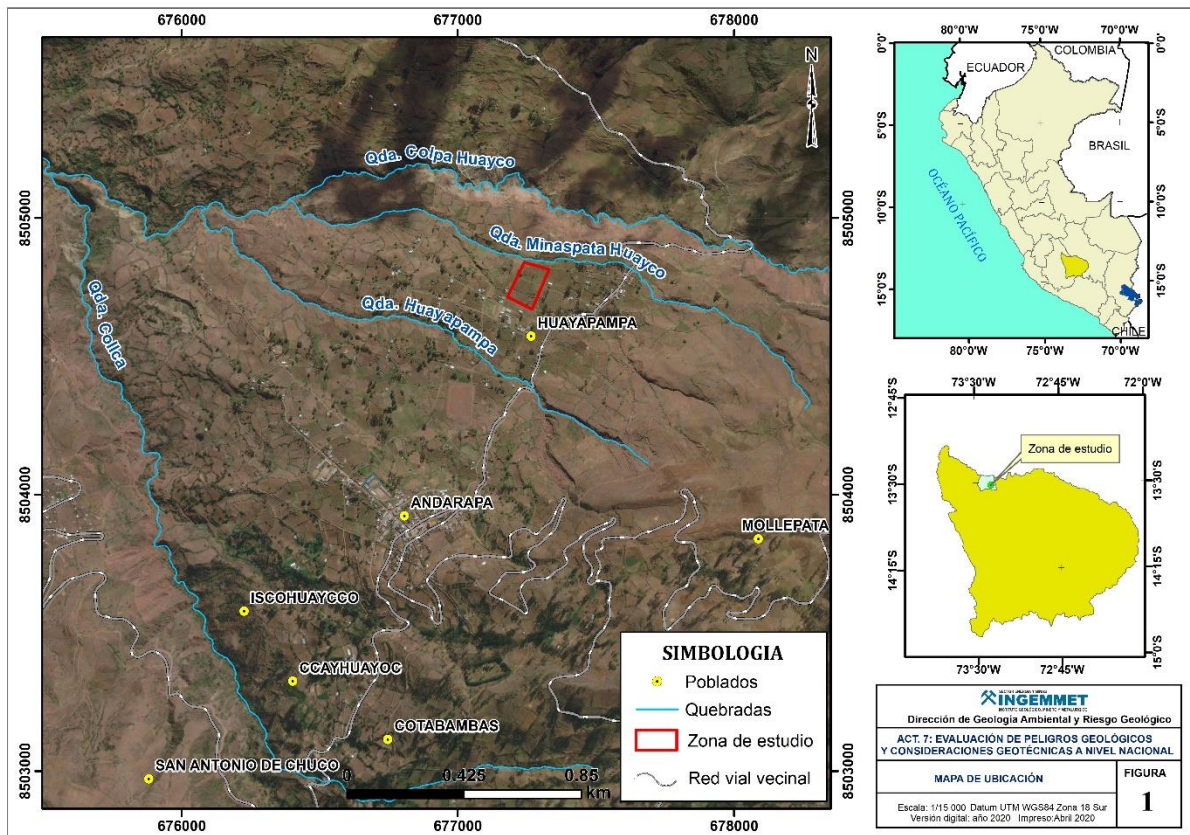
#### 3.1. Ubicación y accesibilidad

El sector de Huayapampa, está ubicado en el distrito de Andarapa, provincia de Andahuaylas, región Apurímac (figura 1), cuyas coordenadas centrales UTM (WGS84) son: 8504785N, 677245E a 2910 m s. n. m. El área total del terreno comprende una extensión de 7824.67m<sup>2</sup>. (Ecosyp, 2009).

El principal acceso por vía terrestre desde Lima se realiza por la Panamericana Sur hasta la ciudad de Nazca, el recorrido continúa tomando el desvío hacia Abancay, se prosigue hacia la provincia de Andahuaylas por vía asfaltada hasta Pacucha y finalmente el recorrido continúa por trocha carrozable hasta la localidad de Andarapa (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Accesibilidad del área de estudio

Ruta	Tipo de Vía	km	Tiempo
Lima – Nazca	Vía asfaltada	447	6.41 h
Nazca- Abancay	Vía asfaltada	462	8.16 h
Abancay-Andahuaylas	Vía asfaltada	149	3.0 h
Andahuaylas-Pacucha	Vía asfaltada	16	25 min
Pacucha-Andarapa	Trocha carrozable	27	45 min



**Figura 1.** Mapa de ubicación del sector Huayapampa.

### 3.2. Objetivos

- a) Identificar los peligros geológicos en el terreno propuesto para la construcción del centro de salud de Andarapa y alrededores, así como las causas de su ocurrencia.
- b) Emitir recomendaciones pertinentes para reducción o mitigación de riesgo de desastre.

### 3.3. Clima

Según la clasificación de Thornthwaite, el área de estudio presenta un clima semiárido o seco y cálido, con temperaturas promedio anual máxima de 20 °C, mínima de 5 °C y la temperatura promedio anual media es 12 °C. Las precipitaciones son constantes entre los meses de noviembre y marzo, alcanzan un umbral de 193 mm.

## 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

### 4.1. Aspectos geológicos

El área de estudio está conformada por rocas sedimentarias (figura 3) del Cretáceo superior al Paleógeno y depósitos Cuaternarios (Lipa et al., 2003).

#### Mesozoico-Cretáceo superior

##### a. Formación Vilquechico

Lipa (2003) menciona que, esta unidad se caracteriza por presentar limolitas calcáreas de color amarillo, areniscas cuarzosas y arcosa gris blanquecina de grano medio, intercaladas con limoarcillitas laminadas, calizas laminadas de color gris verdoso a violáceo y arcillitas grises.

Los afloramientos se reconocen al norte de Andarapa, y en la margen derecha de la quebrada Colpa Huayco.

##### b. Formación Auzangate

Constituido principalmente por arcillitas, limoarcillitas laminadas, color pardo rojizas, con eventuales estratos gruesos de areniscas marrón pardo (Lipa et al., 2003). El terreno para la construcción del centro de salud Andarapa, se encuentra emplazada sobre esta unidad geológica (ECOSYP S.A.C, 2019).

#### Cenozoico-Paleógeno

##### c. Formación Muñani inferior

Conformado predominantemente por areniscas pardo rojizas, se alternan con arcillitas y limoarcillitas rojas (figura 2) Lipa et al., (2003).

Parte del distrito de Andarapa se encuentra asentada sobre la Formación Muñani Inferior, al igual que los poblados de Iscohuayco y Mollepata.

#### d. Formación Muñani superior

Está constituido por areniscas arcósicas de color pardo rojizo y grises, con niveles de conglomerados, intercalados con arcillitas rojizas, en igual proporción que las areniscas (Lipa et al., 2003).

Afloran en los poblados de Ccayhuayoc, Cotabambas y en ambas márgenes de la quebrada Collca.

#### e. Grupo Puno - Formación Sonco inferior

Esta unidad se caracteriza por ser eminentemente conglomerádica, con clastos sub redondeados de rocas intrusivas y volcánicas. (Lipa et al., 2003).

### Depósitos Cuaternarios

#### a) Depósitos coluviales

Esta unidad está relacionada a los depósitos de deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas, se encuentra a corta distancia de su fuente, por lo cual los fragmentos no alcanzan a modificarse. En el área de estudio está conformado de gravas subangulares de diversos tamaños inmersos en matriz limo – arcilloso, depositados caóticamente; se encuentra localizado en las quebradas Colpa Huayco y Collca.

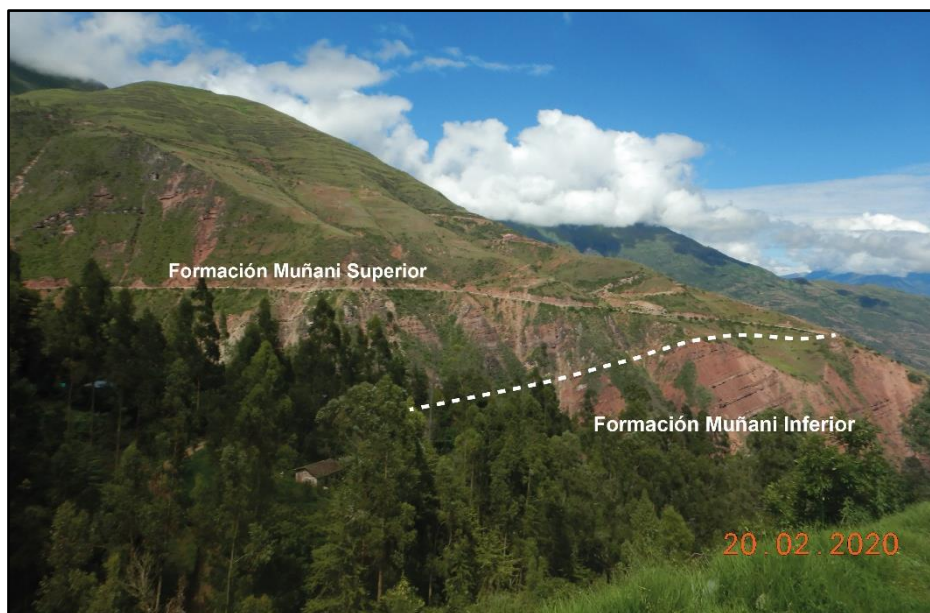


Figura 2. Vista al suroeste del afloramiento de la Formación Muñani inferior y superior.

#### b) Depósitos aluviales

Estos depósitos proceden por el acarreo fluvial (tracción-rodamiento y suspensión), consisten en depósitos de gravas y arenas gruesas, depositadas en quebradas, ríos y otros sistemas de drenaje, suelen depositarse en estratos delgados.

En el área de estudio están localizados en los cauces antiguos y recientes, así como en las quebradas Huayapampa y Minaspatá Huayco.

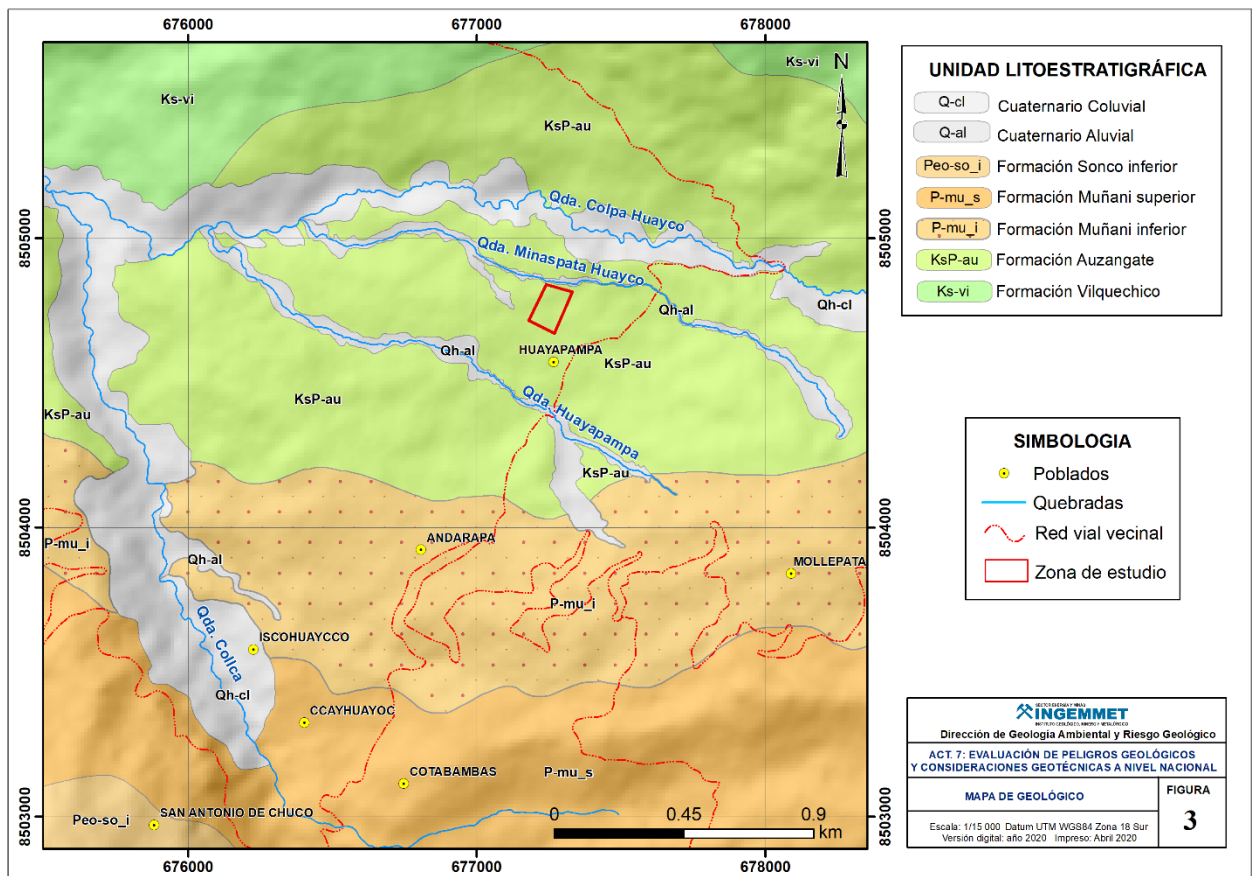


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio tomado de (Lipa et al., 2003).

## 4.2 Aspectos geomorfológicos

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona de estudio se ubica en montañas de rocas sedimentarias y vertiente coluvio – deluvial, disectado por las quebradas Colpa Huayco, Minaspatá Huayco, Huayapampa y Collca, cuyas laderas varían entre 20° y 80°, consideradas de pendiente fuerte a escarpados.

### 4.2.1 Pendiente del terreno

La pendiente es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En la figura 4, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución, tomado de la USGS. Las laderas de las quebradas Collca y Colpa Huayco presentan pendientes comprendidas entre 20° a 80°, consideradas de pendiente fuerte a escarpadas, lo que facilita el escurrimiento superficial del material suelto disponible.



Por otro lado, se evidencian pendientes menores a 5° consideradas de terrenos llanos a ligeramente inclinadas, zona donde se ubica el terreno para la construcción del centro de salud Andarapa categoría I-4 del distrito de Andarapa.

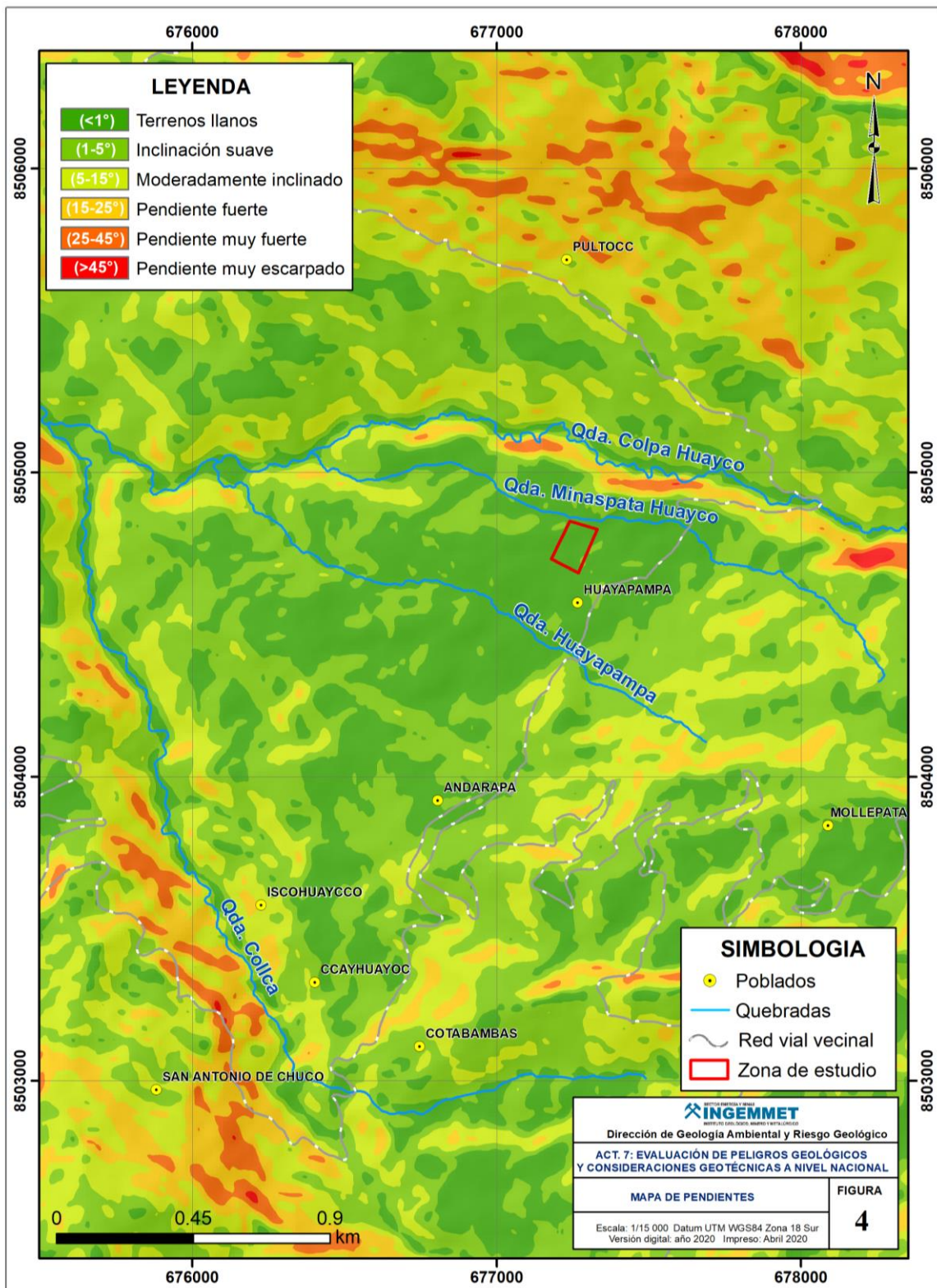
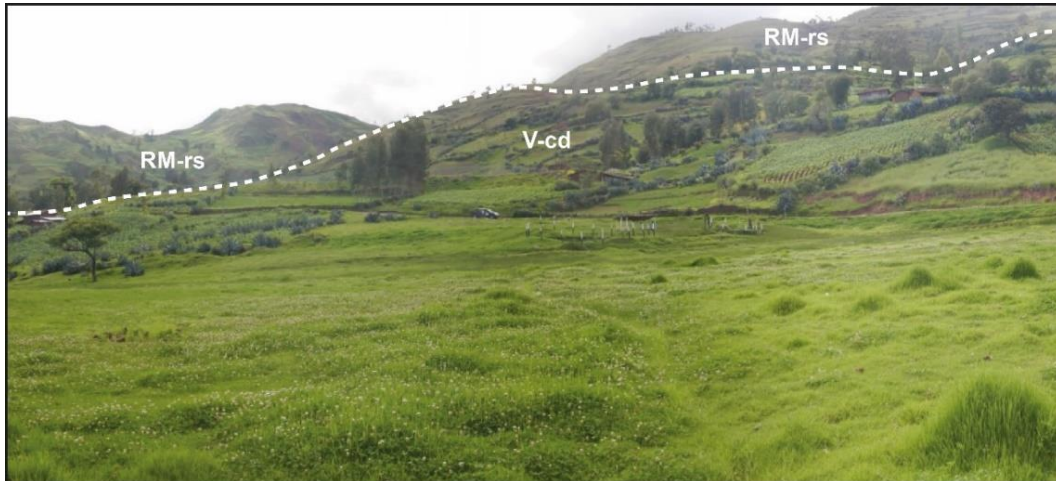


Figura 4. Mapa de pendientes de la zona de estudio.

#### 4.2.2 Unidades geomorfológicas

Desde el punto de vista morfoestructural, la zona de estudio está ubicada en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental.

La clasificación de las unidades geomorfológicas se tomó en base a la memoria descriptiva de la región Cusco, elaborado por INGEMMET (figura 5).



**Figura 5.** Vista al noreste, montañas en rocas sedimentarias (RM-rs) y piedemonte coluvio - deluvial (V-cd).

#### Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos, forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

##### **a. Unidad de montaña**

Una montaña se compone de cerros de diverso origen, con más de 300 m de desnivel respecto a su nivel de base local, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular, sus laderas regulares e irregulares a complejas, con pendiente superior al 30% (Zavala & Rosado, 2011).

**Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs):** La zona de estudio, se encuentra constituido por montañas de rocas sedimentarias de las formaciones Vilquechico, Auzangate, Muñani y Sonco, disectadas por las quebradas Colpa Huayco, Minaspata Huayco, Huayapampa y Collca.

### Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Formas originadas por procesos geomorfológicos constructivos, a través de la depositación y acumulación de materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves elevados. En el área de estudio se identificó la unidad de piedemonte.

#### **b. Unidad de piedemonte**

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante de materiales sólidos resultados de la denudación de terrenos más elevados.

**Sub unidad de vertiente coluvio - deluvial (v-cd):** Localizados al pie de las laderas, resultado de la acumulación de material caído de las partes altas, por acción de la gravedad y flujos no canalizados. Este tipo de geoformas se pueden observar en ambas márgenes de la quebrada Colpa Huayco, presentan un relieve rugoso e irregular, con lóbulos frontales escarpados.

## **5. PELIGROS GEOLÓGICOS**

Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector Huayapampa, (zona propuesta para la construcción del centro de salud de Andarapa) y alrededores, son deslizamientos antiguos y en proceso de reactivación; además, se tienen derrumbes y erosión de laderas (surcos y cárcavas) (figura 6).



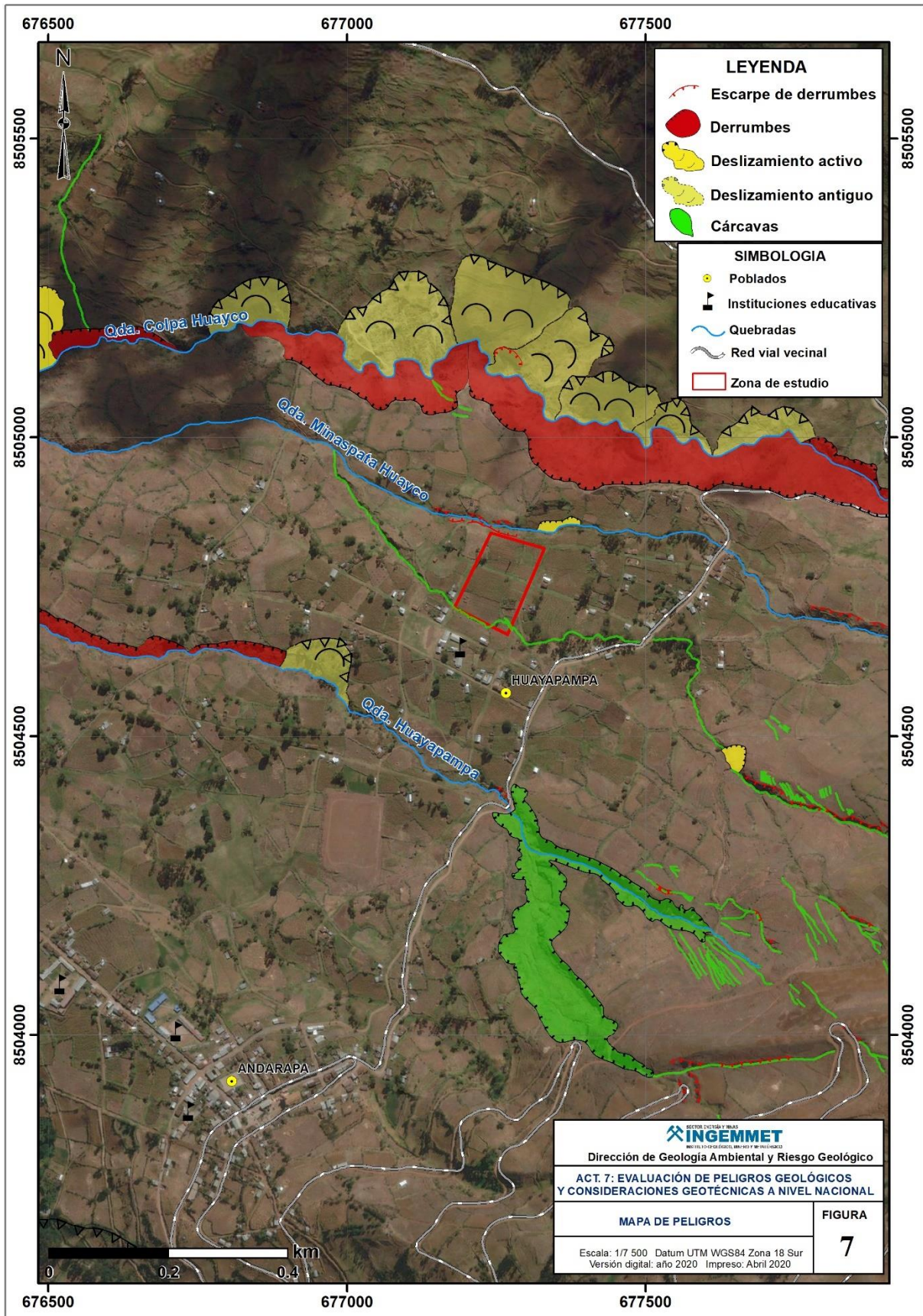


Figura 6. Mapa de peligros del sector Huayapampa.



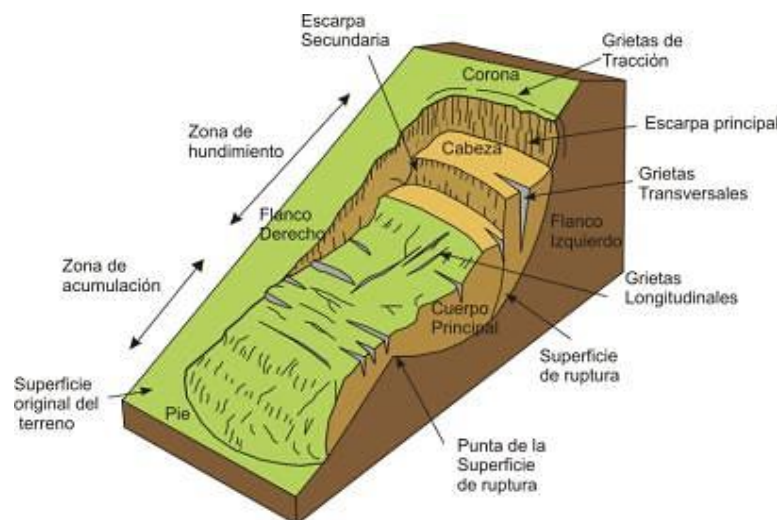
## 5.1 Conceptos teóricos

El término movimientos en masa es el desplazamiento ladera abajo de grandes volúmenes de masas de rocas, detritos o suelo por efectos de gravedad, su origen obedece a procesos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, químicos y mecánicos en la corteza terrestre. La probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos geodinámicos es alta en todas las laderas naturales y artificiales, con velocidad de movimiento de muy lentos a extremadamente rápidos. (PGA: GCA, 2007).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial – subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos, entre ellos se consideran la construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona

### a. Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), 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). En la figura 7, se representa un esquema de un deslizamiento rotacional.

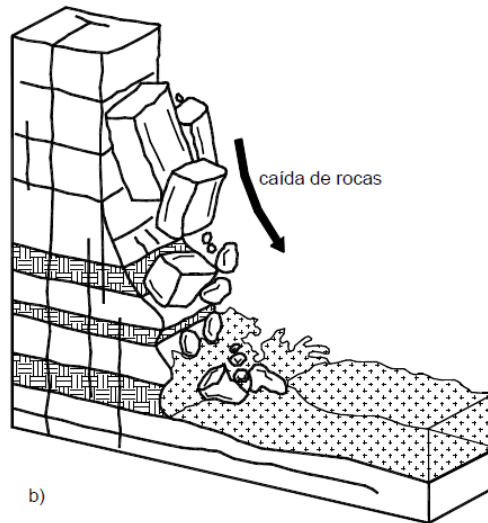


**Figura 7.** Esquema de un deslizamiento rotacional dónde se muestra sus partes principales (Cruden y Varnes, 1996)

### b. Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable (figura 8). Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con

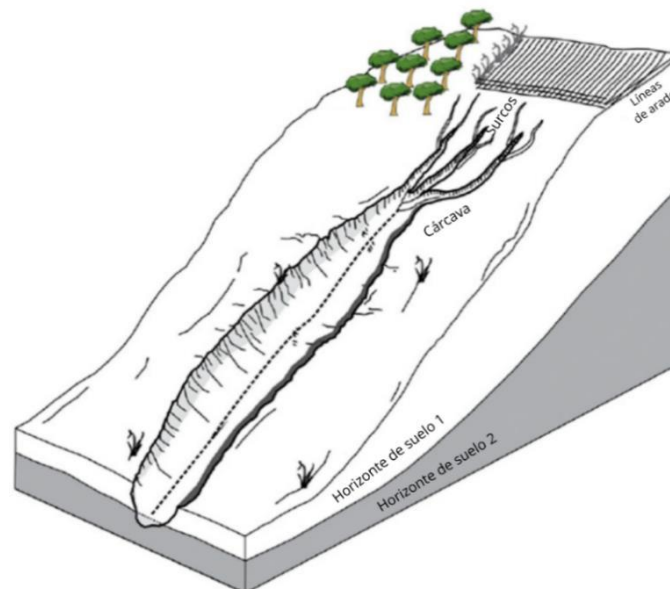
velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  m/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.



**Figura 8.** Esquema de caída de rocas. Fuente Suárez (1998).

### c. Erosión de laderas (cárcavas)

Las cárcavas (figura 9), son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos de agua efímeros. Se forman a consecuencia de una intensa erosión hídrica (Lucía *et al.*, 2008), además de a la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.



**Figura 9.** Esquema de la formación de cárcavas originadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011).

## 5.2 Caracterización de peligros geológicos en la quebrada Minaspata Huayco

### a. Deslizamientos

**Deslizamiento activo de tipo rotacional**, se encuentra ubicado en la margen derecha de la quebrada Minaspata Huayco, sector Huayapampa, al norte del terreno para la construcción del centro de Salud de Andarapa, presenta avance retrogresivo. Afectó áreas de terrenos de cultivo.

Este evento presenta las siguientes características:

- La distancia de la corona al pie del deslizamiento es 15 m aproximadamente (figura 10A).
- Escarpe con longitud de 30 m (figura 10B).
- Salto vertical varía entre 0.8 a 1.5 m.
- La inspección de campo, realizado el 21 de febrero, permitió identificar asentamiento en el terreno (figura 10C), ubicado en el flanco derecho del deslizamiento.
- Cuerpo del deslizamiento está constituido de arcillitas pardo rojizas.

#### Factores condicionantes

- El sector se ubica sobre ladera sedimentaria de pendiente fuerte (15 - 25°), consideradas como inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.
- Substrato rocoso moderadamente meteorizado y fracturado.
- Litológicamente constituida por areniscas y arcillitas pardo rojizas de fácil erosión y remoción, cubierto por suelos residuales y material orgánico.
- Ocupación inadecuada del terreno en zonas susceptibles (fotografía 1)
- Cobertura vegetal irregular, con sectores deforestados debido al pastoreo.

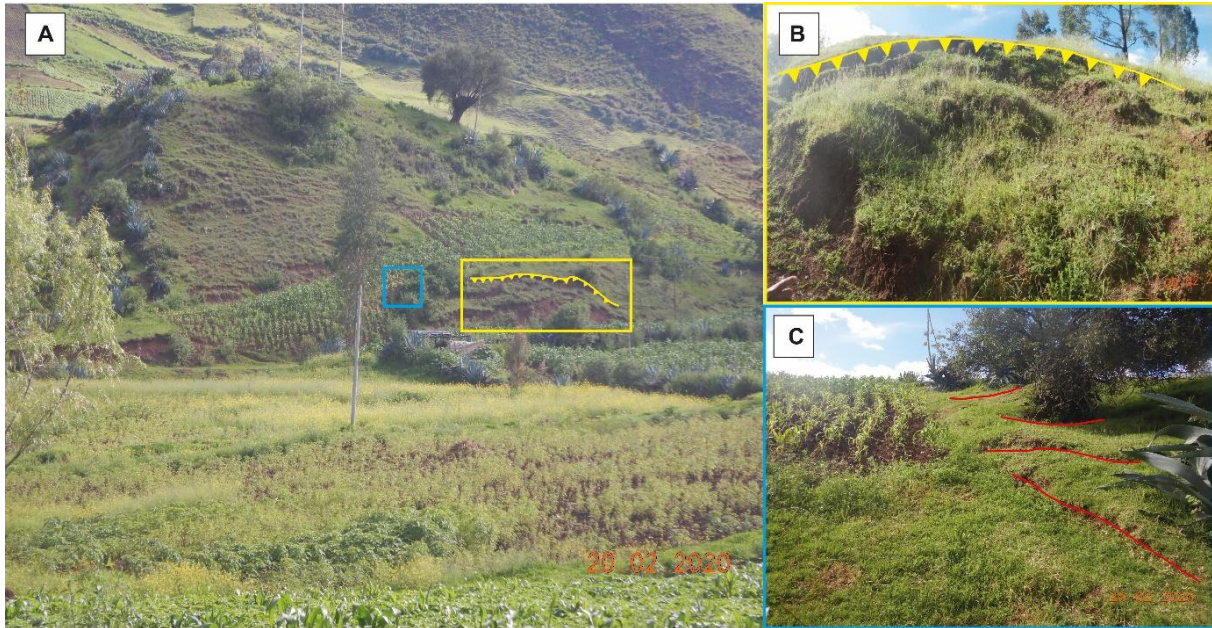
#### Factores Desencadenantes

- El factor desencadenante son las lluvias intensas que se presentan entre diciembre a marzo.



**Fotografía 1.** Vivienda asentada en margen derecha de la quebrada Minaspata Huayco.





**Figura 10. A y B)** Escarpe del deslizamiento en la margen derecha de la quebrada Minaspatha Huayco (línea curva amarilla), C) Vista de agrietamiento del terreno, delimitadas en líneas rojas.

### b. Derrumbes

En ambas márgenes de la quebrada Minaspatha Huayco, se observó procesos de derrumbes locales (figura 11A).

En el límite noroeste del terreno para la construcción del centro de salud, adyacente a la margen izquierda de la quebrada Minaspatha Huayco se viene generando asentamiento continuo del terreno, a lo largo de 15 m. Por tramos se observó desplazamiento del terreno que varía de 1 a 1.5 m (figura 11B).

Al pie del asentamiento se puede apreciar surgencias de agua (figura 11C), esto genera el incremento de la presión de poros, saturando y modificando las propiedades y resistencia de los materiales, lo que genera la reactivación del derrumbe.

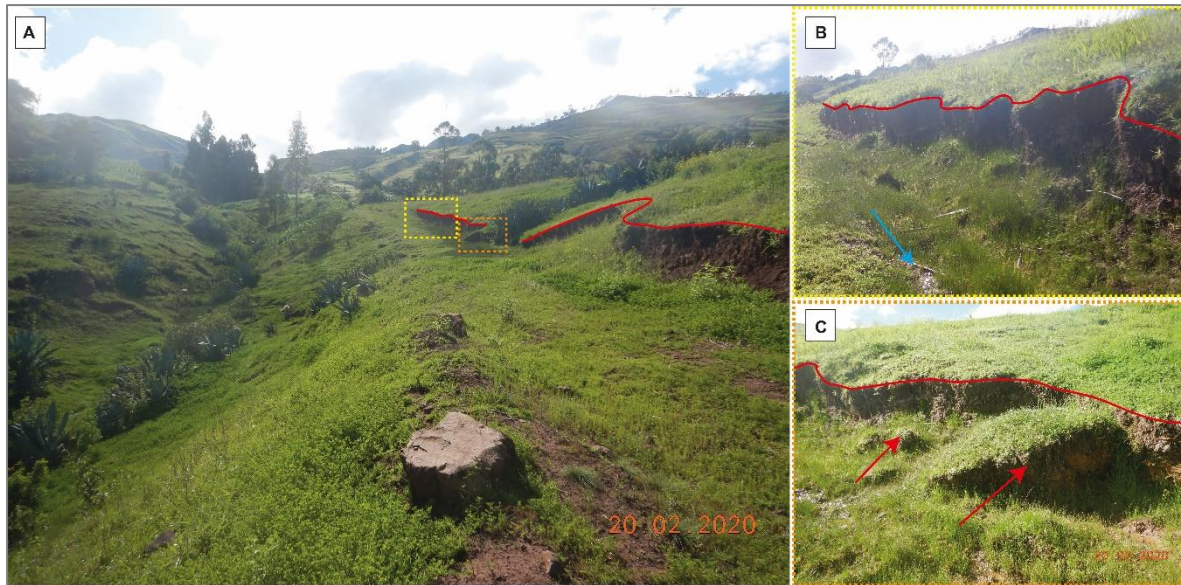
#### Factores condicionantes

- El sector se ubica sobre piedemonte coluvio – deluvial, cuyas laderas de pendiente fuerte (15-25°) son inestables y susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.
- Substrato rocoso fracturado y con intensa meteorización.
- Litológicamente constituido por areniscas y arcillitas pardo rojizas de fácil erosión y remoción, cubierto por suelos residuales y material orgánico.
- Corte del talud superior a 45°, para la construcción de caminos rurales.

#### Factores desencadenantes

- El factor desencadenante fueron las lluvias intensas que se presentan entre los meses de diciembre a marzo.





**Figura 11. A)** Vista de derrumbes en ambas márgenes de la quebrada Minas pata Huaico. **B,** **C)** Asentamiento del terreno demarcado con líneas rojas.

### 5.3 Erosión de ladera en la quebrada Huayapampa

La cárcava de la quebrada Huayapampa, se ubica al sureste del terreno del centro de salud, esta se prolonga desde la vía Andarapa a Huayapampa.

Tiene un área aproximada de 45 781 m<sup>2</sup>, se desarrolla en dos ramales principales con un ancho máximo de 20 y 90 m respectivamente y profundidad máxima que varía de 15 a 20 m (figura 14).

En la cabecera de la cárcava (figura 14), se manifiestan a manera surcos, evidenciándose los continuos procesos erosivos, ello indica un desarrollo principalmente retrogresivo.

También se distinguen laderas de pendientes casi verticales con depósitos de caída al pie, en distintos sectores a lo largo de la quebrada.

#### Factores condicionantes

- El sector se ubica en ladera de pendiente fuerte (15 - 25°) consideradas como laderas inestables y susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.
- Substrato rocoso meteorizado y fracturado.
- Litológicamente constituida por areniscas y arcillitas pardo rojizas de fácil erosión y remoción, cubierto por suelos residuales con material orgánico. Esta intercalación permite que el agua de lluvia se filtre por las areniscas y se retengan en las arcillitas, lo que origina la saturación del terreno, por lo tanto, disminuye su presión de poros.
- Ocupación de viviendas en zonas susceptibles (figura 14)
- Cobertura vegetal irregular, con sectores deforestados debido al pastoreo

#### Factores desencadenantes

- El factor desencadenante fueron las lluvias intensas registradas entre los meses de diciembre a marzo. Ello podría generar flujos de detritos, afectando viviendas del sector Huayapampa, ubicadas al pie de la ladera (figura 12).



**Figura 12.** Proceso de erosión de ladera en cárcavas, de activarse se generarían flujo de detritos que afectaría las viviendas ubicadas en la parte baja de la ladera del Sector Huayapampa.

#### 5.4 Características geológicas del terreno para la construcción del centro de Salud

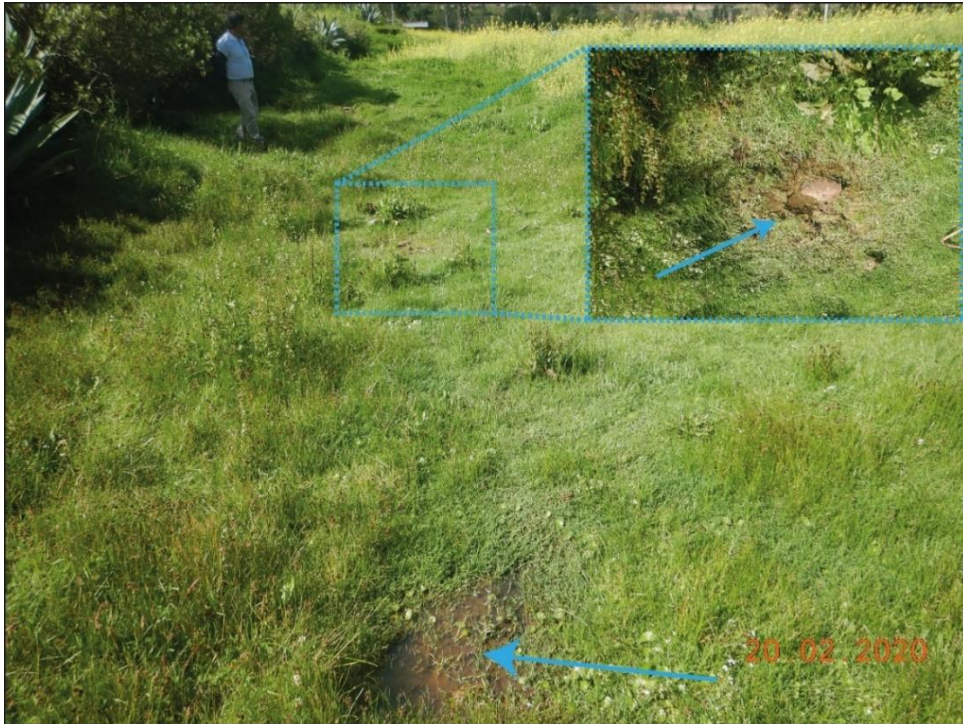
Aguas debajo del terreno para la construcción del centro de salud de Andarapa, a 50 m aproximadamente, se ubica una vivienda construida hace 50 años, cuyas paredes muestran agrietamientos producto del asentamiento del terreno (figura 13).



**Figura 13.** Agrietamientos en las paredes de vivienda ubicada en la margen izquierda de la quebrada Minaspatá Huayco, producto del asentamiento del terreno.

Es importante mencionar que, al noreste del terreno para la construcción del centro de salud, (figura 14) se aprecia surgencias de agua, según las consideraciones geotécnicas de ECOSYP S.A.C., (2019), estos suelos se encuentran saturados, cuyo contenido de humedad sobrepasa el 33%. La presencia del nivel freático hace que este tipo de sedimentos se sobresaturen.





**Figura 14.** Surgencias de agua al límite del terreno de construcción del centro de salud, margen izquierda de la quebrada Minaspata Huayco.

## 6 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/ O MITIGACIÓN

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, procesos de erosión de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

### 6.1 Medidas para deslizamientos y derrumbes

Los deslizamientos y derrumbes ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

#### a. Corrección por drenaje

Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud evitando la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total y por lo tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

**Drenaje superficial:** Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlos lejos del talud, evitándose su infiltración (figuras 15, 16 y 17).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de drenaje, a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud. El cálculo de la sección debe llegar con los métodos hidrológicos las características hidrogeológicas del terreno.

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas 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 infiltración del agua.

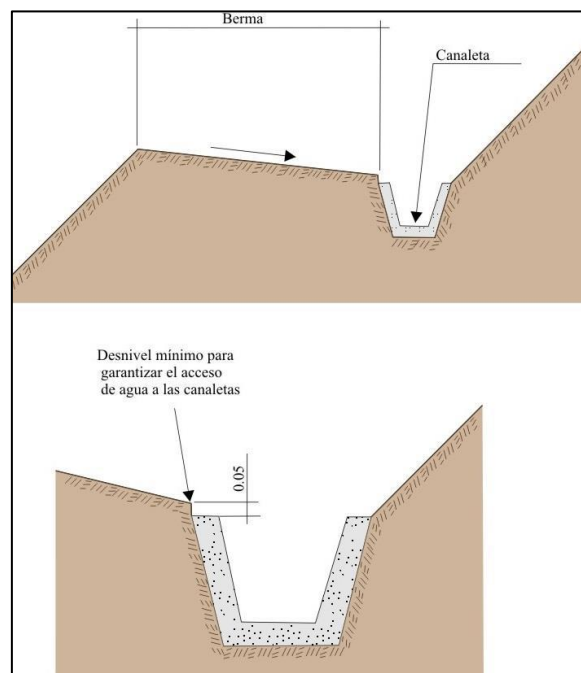
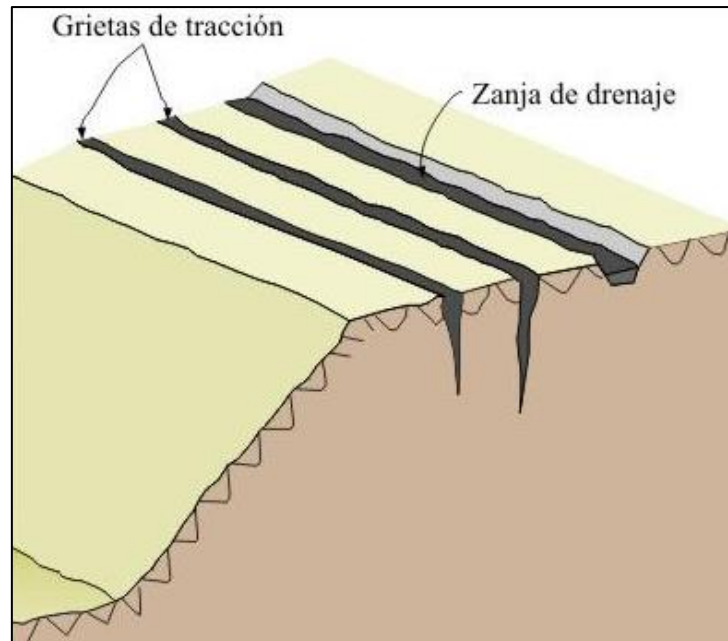
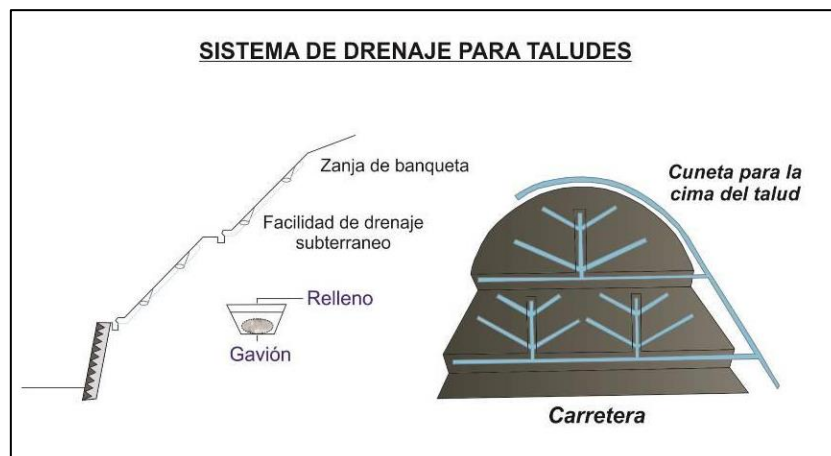


Figura 15. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.





**Figura 16.** Canales de coronación.



**Figura 17.** Sistema de drenaje tipo espina de pez.

**Drenaje profundo:** Tiene por objeto deprimir el nivel freático con consiguientes disminuciones de 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. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrológicas del terreno

#### b. Corrección por elementos resistentes

**Muros de gravedad:** Son los muros más antiguos, elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figura 18). Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener

deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

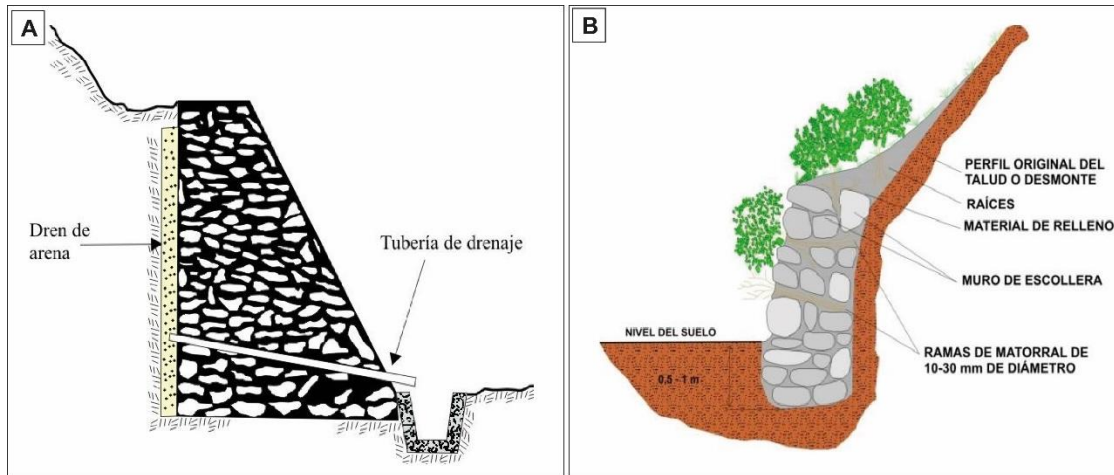


Figura 18. a). Muro de gravedad de piedra seca. b) Muros de gravedad de piedra argamasada

### c. Correcciones superficiales

**Uso de vegetación:** Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- ✓ Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- ✓ La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- ✓ Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

## 6.2 Medidas para cárcavas

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

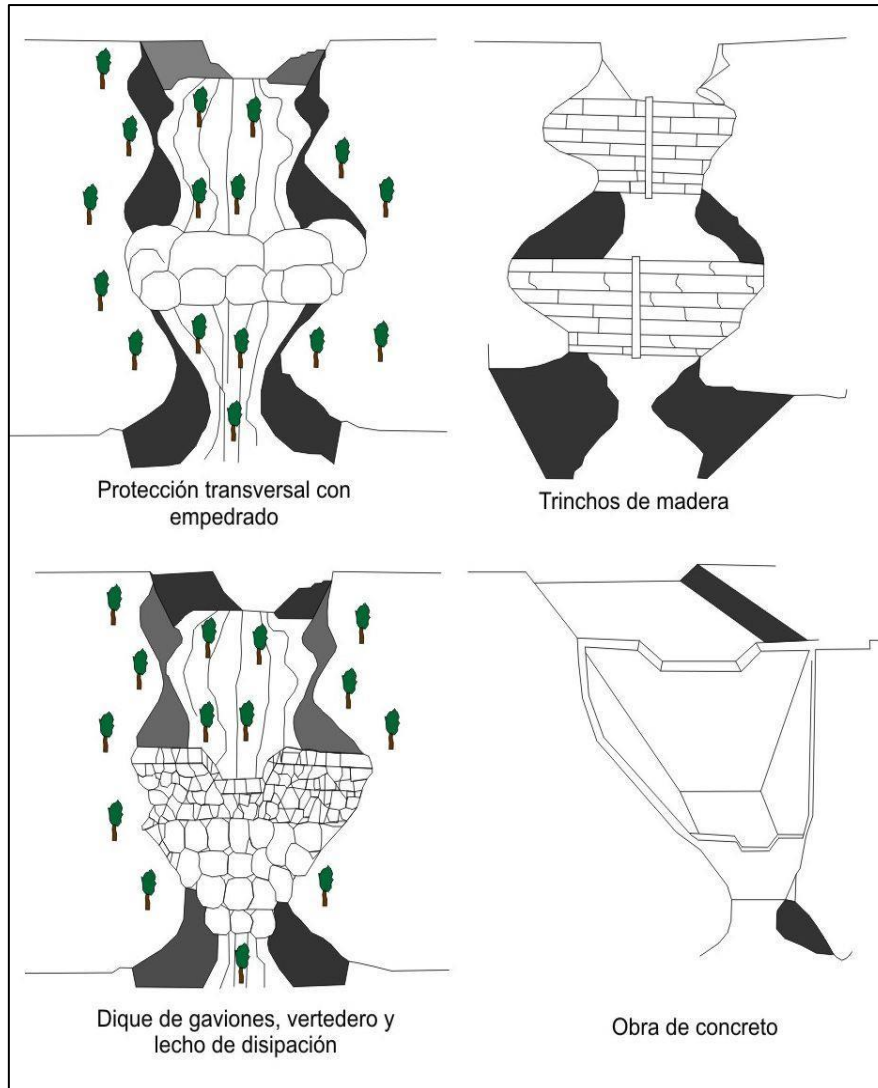
Las zonas donde existen cárcavas de gran longitud y presenten un desarrollo irreversible, donde no se pueden corregir con labores de cultivo, **se debe prohibir terminantemente cualquier actividad agrícola**. El control físico de zonas con procesos de cárcavamiento debe de ir integrado a prácticas de conservación y manejo agrícola de las laderas adyacentes por medio de:

- ✓ Regeneración de la cobertura vegetal.
- ✓ Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.

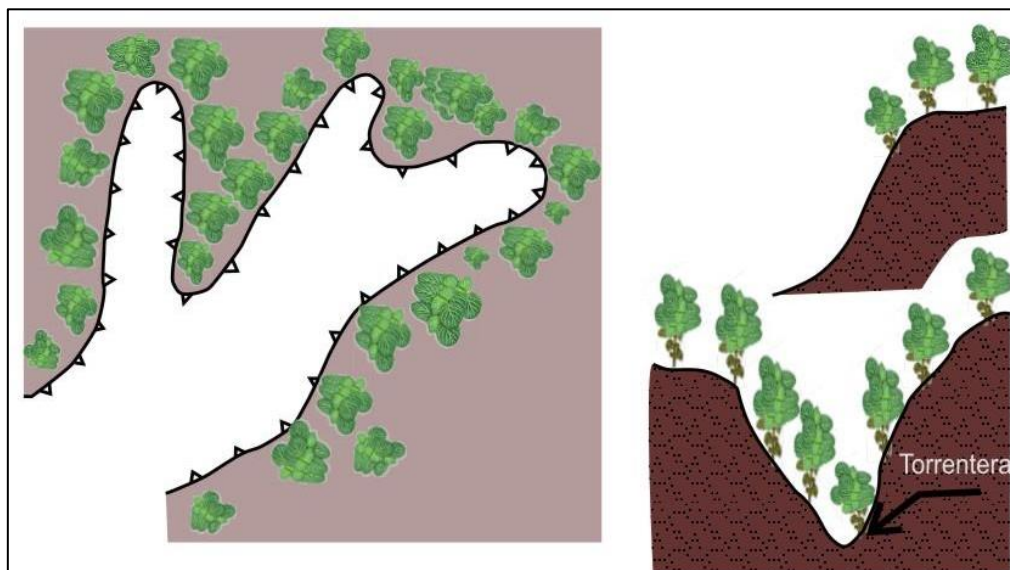
Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- ✓ El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figura 19).
- ✓ Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- ✓ Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 20), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- ✓ Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- ✓ Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible, y finalmente evitar la quema de pajonales.
- ✓ Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.





**Figura 19.** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.



**Figura 20.** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

### 6.3 Otras medidas de prevención y mitigación para deslizamientos, derrumbes y cárcavas


El proceso de deslizamientos, derrumbes y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas, medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

- ✓ Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas de las quebradas.
- ✓ El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para evacuación rápida del agua.
- ✓ La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- ✓ Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- ✓ El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- ✓ Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- ✓ Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales,
- ✓ Realizar la limpieza del cauce la cárcava de Huayapampa ubicado el sureste del sector de Huayapampa y evitar el encausamiento de la misma y monitorear diariamente con el fin de estar prevenidos.
- ✓ Realizar el sellado de grietas abiertas formados en los flancos del deslizamiento, con arcilla; con el objetivo de reducir el ingreso del agua hacia el subsuelo y que se desestabilice más el terreno.

## CONCLUSIONES

1. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, ocurridos en las quebradas Minaspata Huayco y Huayapampa, el terreno para la construcción del centro de Salud Andarapa se encuentra en zona de susceptibilidad media a movimientos en masa y es considerada como **zona de Peligro alto**.
2. En el sector Huayapampa se identificó procesos de remoción en masa tipo, deslizamientos antiguos y activos; derrumbes y erosión de ladera (cárcavas y surcos), siendo este último evento el de mayor incidencia en la zona.
3. El sector Huayapampa está ubicado en el cuerpo de un deslizamiento antiguo, conformado por lutitas y arcillitas.
4. Los peligros geológicos por movimientos en masa están condicionados por:
  - a. Laderas con pendiente fuerte (15-25°), inestables y susceptible a movimientos en masa.
  - b. Substrato rocoso moderadamente fracturado y con intensa meteorización, constituidos por areniscas y arcillitas pardo rojizas, de fácil erosión y remoción.
  - c. Infiltración de las aguas de escorrentía superficial, al subsuelo.
  - d. Surgencia de agua.
  - e. Ocupación inadecuada del terreno en áreas susceptibles a movimientos en masa, cobertura vegetal irregular, con sectores deforestados debido al sobre pastoreo y cultivos, el cual permite mayor erosión de laderas.

El factor desencadenante son las lluvias intensas que se registran entre los meses de diciembre a marzo.

  
P.  
Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto. Act-07  
DGAR - INGEMMET



## RECOMENDACIONES

1. Implementar un sistema de drenaje en el terreno propuesto para la construcción del centro de Salud para drenar las aguas del sub-suelo, de acuerdo a los estudios y ejecución de proyectos llevados por los profesionales con experiencia en el tema.
2. Construir obras flexibles que se amolden a la deformación de los deslizamientos activos, estos pueden ser muros de gravedad.
3. Realizar el sellado de grietas abiertas formados en los flancos del deslizamiento; con el objetivo de evitar mayor infiltración de agua al subsuelo.
4. Implementar un tratamiento integral de la cárcava de Huayapampa, para evitar el avance de la erosión. Considerar las medidas de mitigación propuestas, como obras hidráulicas transversales u otro acorde a la zona. Las obras deben ser planeadas y/o llevadas a cabo por profesionales con capacidades probadas sobre el tema
5. Implementar un programa de reforestación, en la cabecera de la quebrada Huayapampa, con plantas nativas, para evitar el progreso de la erosión de laderas.
6. Evitar el crecimiento urbano en las laderas de los cerros o zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas).
7. Prohibir actividades agrícolas en laderas, sin correcta adecuación (andenería u otras medidas de adecuación). Prohibir cultivos que requieran grandes cantidades de agua, porque van a saturar los terrenos y generar inestabilidad. Practicar riego por goteo u otras técnicas de riego que no saturen los suelos.  
Las propuestas deben ser realizadas por especialistas en el tema.

  
P.  
**Segundo A. Núñez Juárez**  
Jefe de Proyecto. Act-07  
DGAR - INGEMMET

  
César Augusto Chacaltana Budiel  
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ECOSYP S.A.C. (2003). Proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del centro de salud Andarapa categoría I-4 del distrito de Andarapa-provincia de Andahuaylas-departamento de Apurimac.47 pp.
- INGEO ANDES INGENIERÍA GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN (2019). Estudio Geotécnico y Mecánica de Suelos del proyecto “Mejoramiento de los servicios de salud del centro salud Andarapa categoría I-4 de la comunidad de Andarapa”. 36 pp.
- Lipa et al., (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p). Escala 1:50 000. Bol. INGEMMET. 28 pp.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M. (2008). Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Cruden, D. (1991). A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, V.43, p. 27-29
- Cruden, D., y Varnes, D. (1996). Landslide Types and Processes. “Landslides. Investigation and Mitigation”, Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Shruthi, R. B. V., Kerle, N., & Jetten, V. G. (2011). Object - based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology*, 134(3-4), 260268. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.003.
- Suárez, J. (1996). Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Capítulo uno, Los Deslizamientos.
- Varnes D., (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, *Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176*, p. 9–33
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Colombia Bogotá. Edit. IGAC. Pág. 184
- Zavala, B. & Rosado, M. (2011). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19. Mapas.