



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7031

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS EN EL SECTOR DE COIROCSHO

Región Ancash
Provincia Huaylas
Distrito Pueblo libre



CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
1.1. Objetivos	2
2. ANTECEDENTES	2
3. ASPECTOS GENERALES	3
3.1. Ubicación y accesibilidad	3
3.1. Clima e hidrografía	4
3.2. Vegetación.....	5
4. ASPECTOS GEOLOGICOS	5
4.1. Unidades litoestratigraficas.....	5
5. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	10
5.1. Pendiente del terreno.....	10
5.2. Unidades geomorfológicas.....	11
6. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA	15
7. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
7.1. Derrumbe	18
7.2. Deslizamiento.....	19
7.3. Otros peligros geológicos.....	21
7.3.1. Erosión de ladera (cárcavas)	21
8. MEDIDAS DE PREVENCION Y/O MITIGACION	27
CONCLUSIONES	32
RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFIA	34

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE COIROCSHO

(Pueblo Libre, Provincia Huaylas, Región Ancash)

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa del sector de Coirocsho, 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.

El objetivo de la inspección técnica fue identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector de Coirocsho, que puedan comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura, vías de comunicación, plantear las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que puedan generar los peligros geológicos.

Geológicamente la zona de estudio se asienta en rocas sedimentarias de las formaciones Oyón y Chimú; Geomorfológicamente se encuentra en la unidad de montaña, colinas y lomadas de rocas sedimentarias, así como las unidades de piedemonte y planicies.

En el sector de Coirocsho y alrededores, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa como: derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas (cárcavas).

Los principales factores condicionantes son: a) terreno con pendiente fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°) y b) afloramientos de roca sedimentaria de mala calidad. El factor desencadenante son las lluvias que se presenta entre noviembre a marzo.

En el sector de Coirocsho, los derrumbes han destruido canales de concreto (**drenaje o regadío**), ocasionado la saturación del terreno, por la infiltración de agua. Todo este proceso podría generar inestabilidad la ladera.

Como medida preventiva para el control y manejo de cárcavas, se deben construir diques o trinchos transversales, con troncos, tramas, etc.

1. INTRODUCCION

La municipalidad distrital de Pueblo Libre, mediante Oficio N°0377-2019-MDPL/A., de fecha 17 de octubre del 2019, solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación técnica por peligros geológicos en la jurisdicción del sector Coirocsho, distrito La Libertad, provincia Huaylas, región Ancash.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional; contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables. Para ello la DGAR designó a la Ing. Norma Sosa Senticala y Bach. Gonzalo Luna Guillen, para realizar la evaluación técnica respectiva.

El trabajo de campo se realizó el día 21 de octubre del 2019, se realizó coordinaciones con el Jefe de la Oficina de GRD del distrito de Pueblo Libre; durante el recorrido por la zona evaluada se contó con la presencia del presidente de la comunidad y pobladores, quienes expusieron la problemática de la zona.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, datos obtenidos en campo (coordenadas GPS, fotografías), cartografía; se proporciona una evaluación que incluya resultados y recomendaciones para la mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración de la municipalidad distrital de Pueblo Libre, provincia Huaylas, región Ancash.

1.1. Objetivos

- Identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector de Coirocsho, que pueden comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Plantear las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

2. ANTECEDENTES

Existen trabajos previos que incluyen al sector Coirocsho relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los que destacan las publicaciones hechas por INGEMMET:

- En el Boletín N°38, Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica: "**Peligro geológico en la región Ancash**" (2009), se identifican los peligros geológicos y

geohidrológicos que puedan causar desastres dentro del ámbito de estudio. Se identificó un total de 2101 ocurrencias de peligros, próximos a la zona de estudio. El sector de Coirocsho, distrito de Pueblo Libre, se ubica en una zona de grado de susceptibilidad moderado a muy alto a procesos por movimientos en masa

- Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pombamba, Carhuaz y Huari, Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g y 19-i, Wilson J., Reyes L., Garayar J. (1995), se menciona que la zona de estudio presenta afloramiento de rocas sedimentarias.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

El centro poblado de Coirocsho pertenece al distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, región Ancash, ubicado entre las siguientes coordenadas UTM – WGS84, (Figura 1).

COORDENADAS		
Norte	Este	Altitud
8990591	188500	3093

Para el acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Lima es por vía terrestre, se debe seguir la siguiente ruta: Lima – Barranca – Huaraz – Pueblo Libre – Coirocsho, se detalla en el cuadro1:

Cuadro 1. Accesibilidad a la zona de estudio.

TRAMO		KM	TIPO DE TRANSPORTE	TIPO DE VÍA	TIEMPO
Lima	Barranca	155	Vía terrestre	Asfaltado	2h y 40min
Barranca	Huaraz	217		Asfaltado	4h
Huaraz	Pueblo Libre	76		Asfaltado	1h y 50min
Pueblo Libre	Coirocsho	8		Trocha	22min

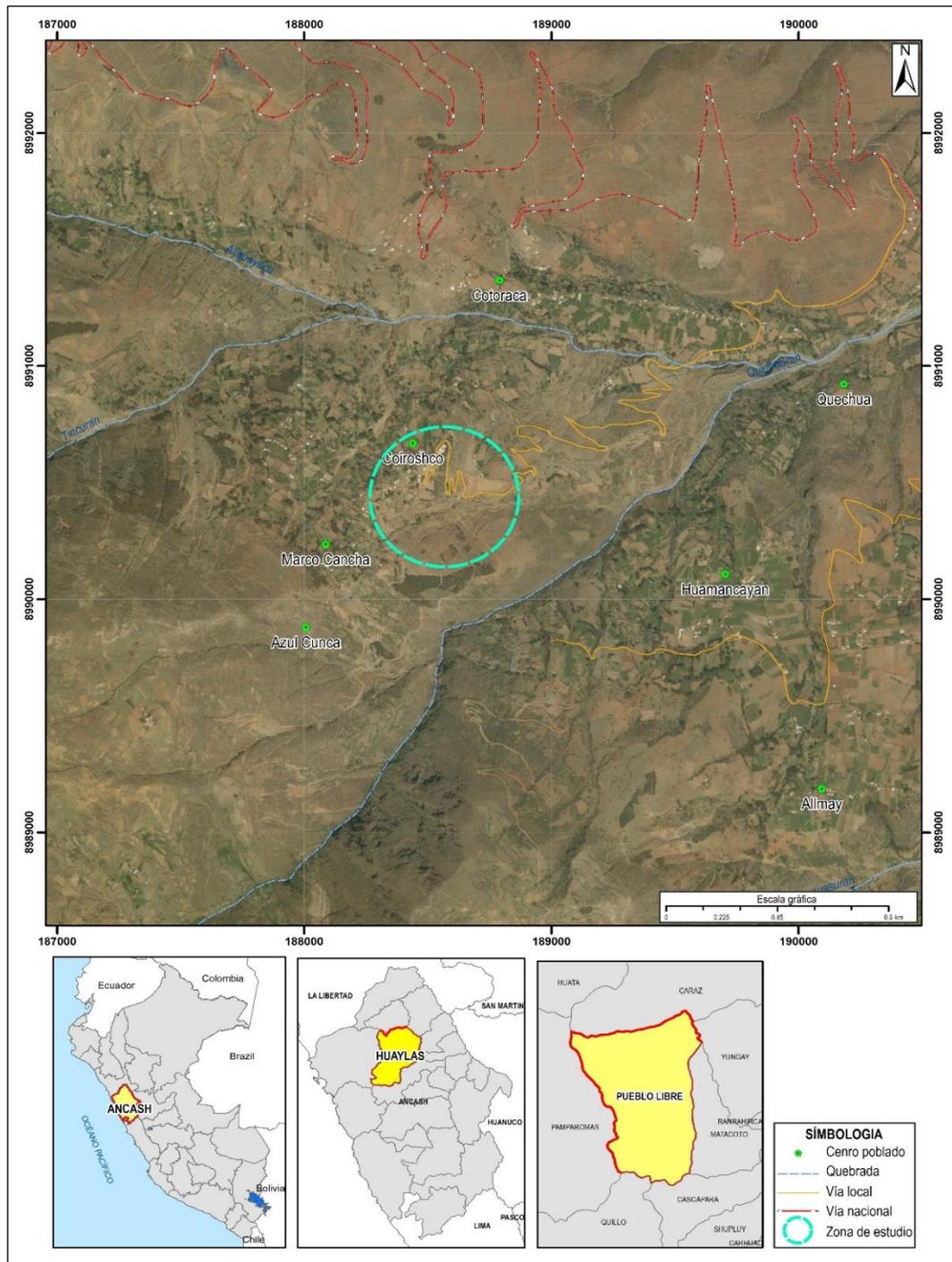


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

3.1. Clima e hidrografía

De acuerdo con los datos climáticos (clasificación climáticos por el método de Thornthwaite) en el ámbito de la zona evaluada el clima semiseco, característico de la región de la sierra; este tipo climático de la región de la sierra, se extiende entre los 3000 m s.n.m. y 4000 m s.n.m.

Se caracteriza por sus precipitaciones anuales promedio de 700mm, y sus temperaturas bajas de 12°C que sobrepasan 22°C presentan veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes.

La zona de estudio se encuentra en la cuenca del río Santa, ésta abarca un 80% la región Ancash y un 20% La Libertad; las provincias de Bolognesi, Carhuaz, Corongo, Huaraz, Huaylas, Pallasca, Recuay, Santa y Yungay. Se caracterizan por presentar avenidas máximas en los meses de diciembre a mayo, donde se acentúa el periodo lluvioso, bajando su caudal en el periodo de estiaje, comprendido entre los meses de junio a noviembre. Tiene su origen en la laguna Aguash ubicada al extremo sur del Callejón de Huaylas a 3944 m s.n.m., esta laguna vuelca sus aguas a través del río Tuco en la laguna Conococha, donde nace el río Santa.

El relieve de la cuenca es bastante accidentado. El río Santa tiene una longitud de 347 Km. y una superficie de cuenca de 14.200km², se observó gaviones en ambos márgenes, en tramos del río Santa, dentro de la jurisdicción del distrito de Pueblo Libre.

3.2. Vegetación

Se plantea que el ecosistema presente en la provincia de Yungay, esta fundamentalmente diferenciado por la altitud sobre el nivel del mar y se puede encontrar un gran formato tipo de vegetación que es característico.

La cobertura vegetal del terreno está compuesta por matorrales, pajonales y especies arbóreas.

4. ASPECTOS GEOLOGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base el Boletín N°60, Serie A Geológica de los cuadrantes de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari, Hojas:17-h, 17-i, 18-h, 19-h y 19-j. (Wilson et al.,1995), se tienen afloramientos de rocas sedimentarias (Formación Oyón y Chimú), así como depósitos cuaternarios.

4.1. Unidades litoestratigraficas

Las unidades litoestratigraficas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas sedimentarias del Cretáceo, así como depósitos recientes de tipo: aluviales, fluviales y coluviales (Figura 2).

- **SUBSTRATO ROCOSO**

Formación Oyón (Ki-oy)

Conformadas de areniscas gris a gris oscuras, carbonosas, de grano fino a medio, intercaladas con limoarcillitas y limolitas gris oscuras. En su parte inferior presenta estratificación delgada. Sobre esta unidad litología se asienta el centro poblado de Coirocsho, en los afloramientos se observa niveles de limolitas grises, se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizada. (Fotografía 1).

Además, se identificó areniscas con meteorización débil, de coloración rojiza, ubicadas al noroeste de la capilla del poblado, cubierta por arbustos y pastos. (Fotografías 2 y 3).



Fotografía 1. Se observa capas de limolitas con limoacillitas de la Formación Oyón.



Fotografía 2. En la vista se observa areniscas de coloración rojizas. Coordenadas UTM N8990641, E188365, cota de 3108 m s.n.m.



Fotografía 3. Estratos rocosos bz 25° suroeste, presentan una meteorización moderada, en donde se asentaron algunas viviendas.

FORMACION CHIMÚ (KI-chi)

Conformada por cuarcitas, areniscas y arcillitas con mantos de carbón (antracita), sobrayaciendo a la Formación Oyón, (fotografía 4). Esta unidad se encuentra en alrededores del centro poblado de Huanayó.



Fotografía 4. Se observa capas de carbón (flecha de color rojo)

- **DEPOSITOS CUATERNARIOS**

DEPOSITO ALUVIAL (Q-al)

Están formados por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, gravas, arenas, entre otros.), transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas (Fotografía 5). Se encuentran próximos a las quebradas Quichuaran y Aljapayacu.

DEPOSITO COLUVIAL (Q-cl)

Está compuesto por bloques rocosos angulosos heterométricos, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables.

DEPOSITOS FLUVIAL (Q-fl)

Están constituidos por gravas, arenas y arcillas, se encuentran en los cauces de los ríos. Esta unidad se identificó en la quebrada Quichuan. (Fotografía 6)



Fotografía 5. Se observa depósitos aluviales, tramo de trocha carrozable de ingreso a Coirocsho, exactamente a 200 m.



Fotografía 6. Vista al noreste, donde se observa depósitos fluviales compuestos por arenas, gravas y bloques.

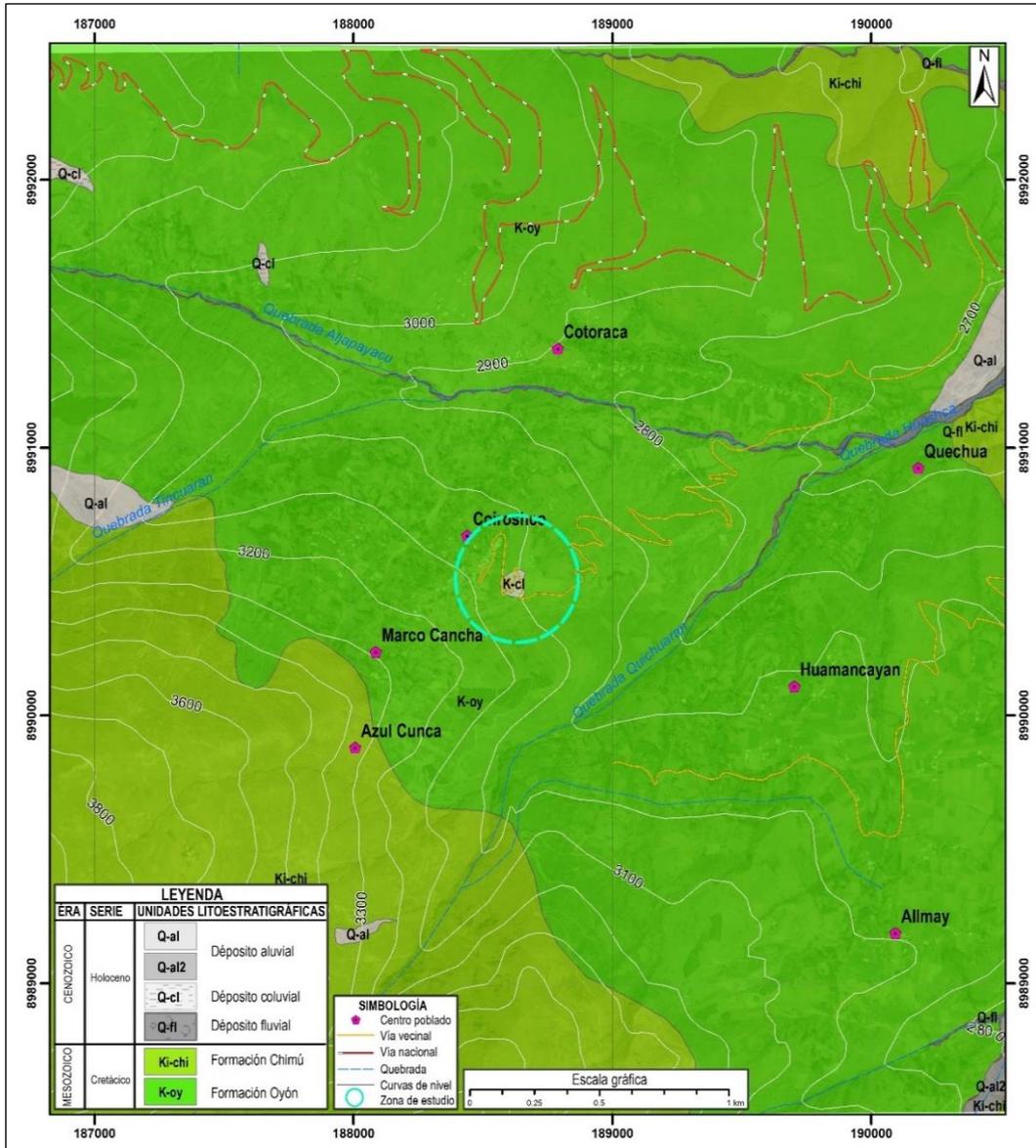


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio, modificado de Wilson J. et al., (1995).

5. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en la zona de estudio, 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 (INGEMMET).

5.1. 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, (Ficha de Inventario: DGAR-F-148, INGEMMET).

A continuación, se presenta un mapa de pendiente, (Figura 3) elaborado en base a un Modelo de Elevación Digital (DEM), de 30 m de resolución, tomado del Servicio Geológico de los Estados Unidos (**USGS**). La pendiente en las laderas que conforman el relieve montañoso en la zona estudiada varía de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°).

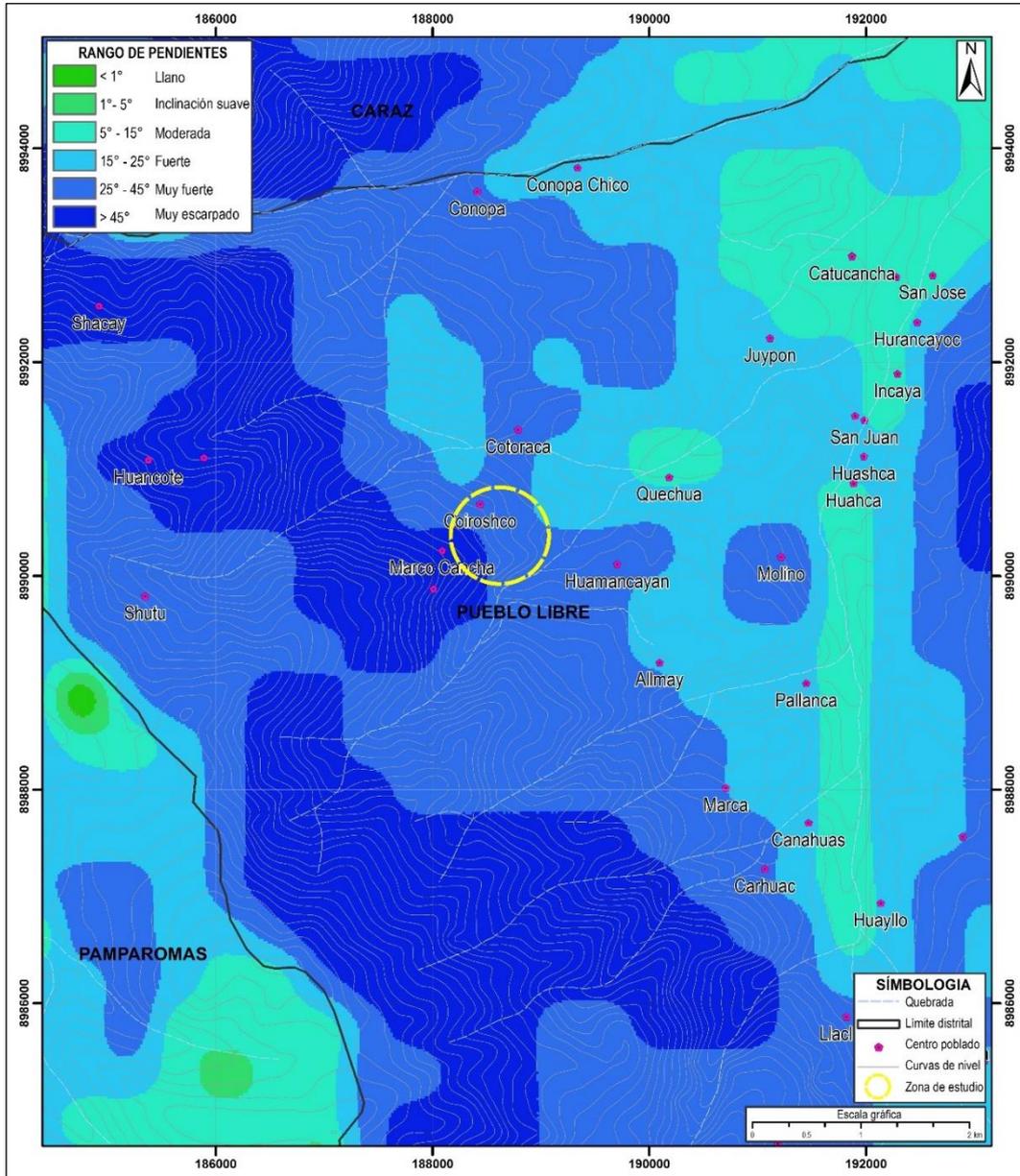


Figura 3. Mapa de pendientes de la zona de estudio.

5.2. Unidades geomorfológicas

En la zona evaluada y sus alrededores se identificaron las siguientes Geofomas, se agruparon según su origen. (tabla 2)

Tabla 2. Unidades geomorfológicas

Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional	
Unidad	Subunidad
Montaña	Montaña de rocas sedimentarias (RM-rs)
Colina-Lomada	Colina y Lomada en roca sedimentaria (RCL-rs)
Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional	
Unidad	Subunidad
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)
Planicie	Terraza aluvial (T-al)

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).

Unidad de Montaña

Se consideran dentro de esta unidad a las Geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de otros eventos de diferente naturaleza (levantamientos, glaciación, etc.).

a) Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Estas Geoformas están formadas por areniscas, limoarcillitas y limolitas gris oscuras (Figura 4). El poblado de Coirocsho está asentado sobre esta unidad, se encuentra en la margen derecha de la quebrada Aljapayacu.

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas. En los acantilados genera caída de rocas., Cuando las capas de roca sedimentaria se inclinan en sentido contrario a la pendiente de ladera, se presentan derrumbes.

b) Subunidad de colinas y lomadas en roca sedimentaria (RCL-rs)

Conformadas por rocas sedimentarias: areniscas o limolitas, reducidas por procesos denudativos, conformado elevaciones alargadas. (Figura 5), geodinámicamente se

asocian a la ocurrencia procesos de reptación de suelos, flujos de tierra, deslizamientos y derrumbes, cuando las secuencias sedimentarias se encuentran muy fracturadas, alteradas o poco consolidadas.



Figura 4. Vista al oeste del sector de Coirocsho, se observa afloramientos de la Formación Oyón.



Figura 5. Vista al noreste del sector de Coirocsho, se observan relieves colinados de rocas sedimentarias.

Geoformas de carácter depositacional o agradacional

Son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar 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 el depósito de materiales solios resultantes de la denudación de terreno más elevados. Conformando así unidades de piedemonte, planicies y planicies inundables.

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, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales solidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados

a) Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)

Corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caída de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detritos, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas, (Fotografía 7). Estas se encuentran a metros del poblado de Coirocsho.



Fotografía 7. Vista donde se observa depósitos coluvio deluviales. Trocha de acceso al poblado de Coiroccho.

Unidad de planicies

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya sea que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

a) Subunidad de terraza aluvial (T-al)

Esta subunidad está conformada por porciones de terrenos que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho de un río. En el área se encuentran a la margen izquierda de la quebrada Huashca forman terrazas de diferentes dimensiones.

La extensión que tengan las terrazas está relacionados a los niveles antiguos de sedimentación fluvial, donde las terrazas más antiguas están a mayor altura; estas geoformas han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

6. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:250 000 (escala regional), elaborado por INGEMMET, 2009, el sector de Coirocscho, distrito de Pueblo Libre, se encuentra en una zona de grado de susceptibilidad moderado a muy alto a procesos por movimientos en masa (Figura 6). Entendiéndose susceptibilidad a movimientos en masa como la propensión que tiene determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicas son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno); los desencadenantes de estos eventos son la precipitación pluvial y la actividad sísmica.

Susceptibilidad Moderada: Algunas condiciones favorables para producir movimientos en masa geoformas de colinas estructurales, lomadas, abanicos y mesetas volcánicas; pendientes entre 5°-25° y mayores de 45°; cobertura vegetal herbácea, arbustiva y semiarbustiva, áreas con gramíneas, uso de suelo con algunas zonas urbanas y rurales.

Las rocas corresponden a secuencias volcánicas, volcánico-sedimentarias, secuencias arcillosas y algunos cuerpos intrusivos graníticos fracturados. Zonas muy distribuidas en el lado central y occidental de la región. Comprende áreas del valle del río Santa (Cordilleras Negra y Blanca).

Susceptibilidad Alta: Generalmente el substrato rocoso está compuesto de areniscas, conglomerados, limolitas y arcillitas rojas, escasas zonas con pizarras, limoarcillitas y carbón. Rocas intrusivas alteradas de la Cordillera Occidental que forman montañas con laderas de moderada a suave pendiente, laderas estructurales y lomadas muy disectadas. Los terrenos presentan pendientes que varían entre 15° y 25°, y en algunos casos hasta 45°, piedemonte de valle, acumulados de depósitos glaciofluviales,

morrenas y detritos de vertiente indiferenciados. Incluye acuícludos sedimentarios (calizas, margas intercaladas con arcillitas calcáreas, arcillitas negras y calizas, lodolitas). No hay complejo Marañón en el área de estudio.

Susceptibilidad Muy Alta: En ellas ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentradas donde el substrato rocoso es de mala calidad, es decir, rocas sedimentarias clásticas (areniscas, cuarcitas, arcillitas carbonosas) y depósitos de vertiente (coluvio – deluviales), morfología de laderas de montañas de moderada a fuerte pendiente (entre 25° y 45°), montañas con acumulaciones de hielo y laderas de montañas con deglaciación reciente; piedemonte (depósitos de deslizamiento antiguos); acuitardos sedimentarios (lutitas, areniscas, lutitas pizarrosas, areniscas carbonosas, limoarcillitas, arcillitas calcáreas, margas con niveles de yeso); terrenos con cobertura vegetal de pastizales y cultivo de secano, montañas sin vegetación.

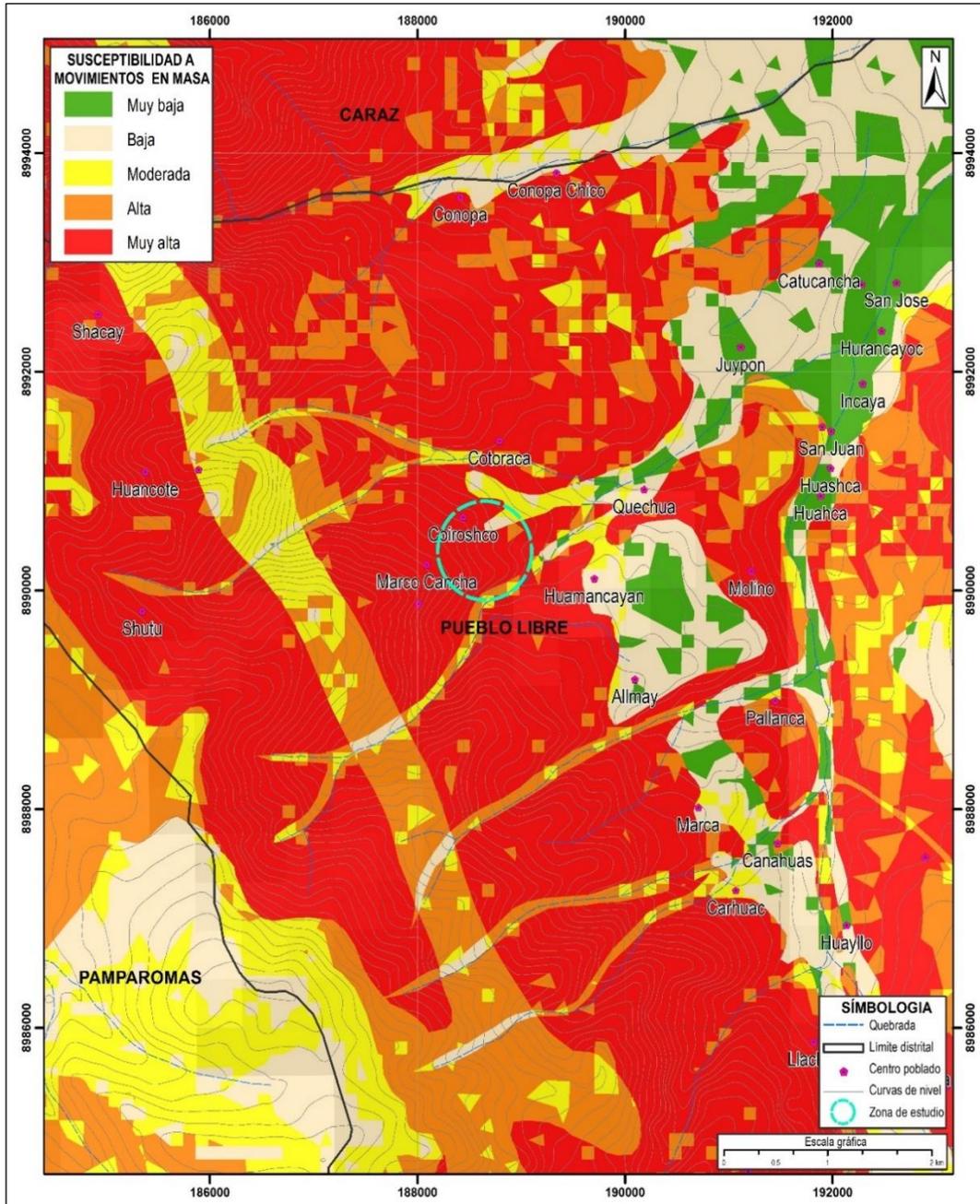


Figura 6. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa para la región Ancash, donde se puede encontrar los grados de susceptibilidad que el sector de Coirocsho.

7. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona de estudio, corresponden a movimientos en masa de tipo derrumbes según la PMA, GCA, (2007), así como Otros peligros como erosión de ladera.

El proceso de modelamiento de terreno, así como la incisión de las quebradas en los cerros, conlleva a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron los

terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia las quebradas. (figura 13)

Los movimientos en masa se originaron por la combinación de diversos factores, tenemos los condicionantes o intrínsecos (geoforma y pendiente del terreno, el tipo de suelo o litología, drenaje superficial y subterránea, así como la cobertura vegetal), combinados con factores antrópicos (corte de carretera, canales sin revestimiento, tala de árboles, etc.). Los “desencadenantes” de estos eventos son las lluvias intensas, que caen en la zona entre los meses de noviembre y febrero y la ocurrencia de sismos.

7.1. Derrumbe

Termino común para referirse a diversos tipos de movimientos en masa, particularmente caídas y deslizamientos. En Perú se utiliza este término para diferenciar un tipo de caída. (PGA:GCA,2007)

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad. Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).

En la zona de estudio este fenómeno se da a lo largo de 450m, afectando cuatro desarrollos de la carretera de la trocha carrozable, (Figura 7). Cabe mencionar que se instalaron gaviones como medida de mitigación. Se observó que la cuneta de concreto, se encuentra en mal estado. (Fotografía 8).



Figura 7. Vista al NE, en el tramo de la trocha carrozable de ingreso al centro poblado de Coirocsho, se observa gaviones como obras de mitigación para los derrumbes.



Fotografía 8. Se observa derrumbe, generado por corte de carretera, el evento está afectando la cuneta de concreto.



Fotografía 9. Gavión de 30m de longitud con altura de 3.5m, presenta canal de concreto, que vierte por la alcantarilla, aguas abajo.

7.2. Deslizamiento

Los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se clasifica a los deslizamientos por la forma de la superficie de deslizamiento por donde se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales,

Deslizamiento Rotacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Figura 8). Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distinta caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente en la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimientos es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Durante los trabajos de caracterización del sector de Coiroccho, se identificaron deslizamientos recientes. El más representativo se encuentra a 12m de la trocha carrozable de acceso al poblado de Coiroccho y próximo a la cancha deportiva; presenta una escarpa de 53m, escarpas continuas de forma elongada; de seguir el proceso afectaría dicha vía. (Figura 9). Este evento se encuentra en las siguientes coordenadas UTM 8990449 N, 188740 E, con una cota de 3000 m s.n.m.

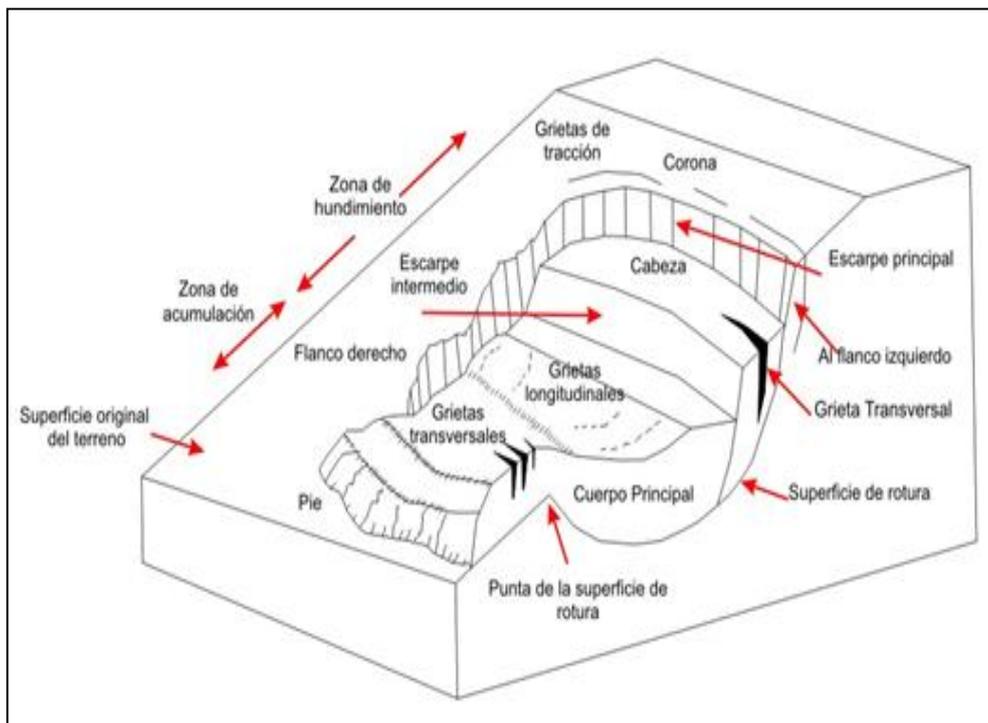


Figura 8. Esquema de un deslizamiento de tipo rotacional.



Figura 9. Vista al norte, donde se puede visualizar deslizamiento de tipo rotacional, con escarpas continuas, tiene un desplazamiento entre la escarpa al pie de la misma de 36m, cubierta por pastos y próximo a la trocha. Erosión de laderas en ambos márgenes del deslizamiento.

7.3. Otros peligros geológicos

Dentro de esta clasificación se agrupan a los procesos que no han sido considerados como movimientos en masa, pero que en su origen y mecanismo de movimientos involucra material geológico, estos son los hundimientos, erosión de laderas, erosión fluvial y arenamientos. En la zona evaluada se identificó procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas.

7.3.1. Erosión de ladera (cárcavas)

Es un proceso relacionado con el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo que son causados por el agua y el viento. En el proceso erosivo de los suelos, intervienen, por lo tanto, el suelo como objeto pasivo. Colocado bajo ciertas condiciones de pendiente. Así mismo dos agentes activos, el agua y el viento y un intermediario, la vegetación, que regula sus relaciones. (Ramos, 2016), (Figura 10).

Se presenta cuando existe una excesiva concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno y que posteriormente permite la ampliación progresiva de la zanja. Este tipo de erosión es la fuente más importante de sólidos en suspensión en los ríos,

pero en términos de daño al suelo agrícola o reducción de la producción no es muy decisiva, debido a que la mayoría de las tierras sujetas a la formación de cárcavas severas.

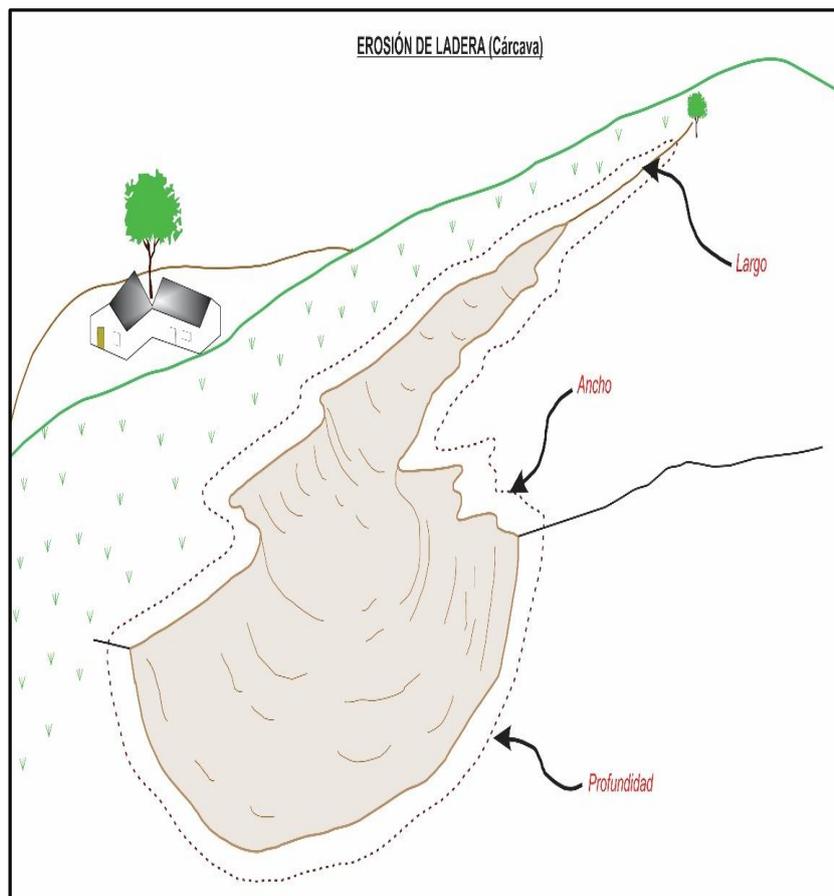


Figura 10. Representación gráfica de erosión de ladera de tipo cárcava. (Elaboración propia).

Las cárcavas ubicadas en los alrededores del sector de Coirocsho, tienen un área 12km² aproximadamente, con profundidades de hasta 2.5m y longitudes de hasta 220 m. (Figura 11), Según la clasificación de Alves (1978), a este proceso se le puede considerar como cárcavas pequeñas y severas porque se encuentran distribuidas a lo largo del terreno en forma densa y afecta trocha carrozable que permite el ingreso al poblado de Coirocsho, así como un campo deportivo de la institución educativa secundaria, ubicado a 140m en línea de la capilla de Coirocsho.

Se identificaron cárcavas a la margen derecha de la cancha deportiva que se encuentra al sureste del poblado de Coirocsho; a 200 metros en línea recta y que atraviesan la trocha carrozable de acceso al poblado de Coirocsho. Estas tienen 0.97m de ancho, con 0.85m de profundidad, una dirección al arco de dicha cancha (10m), cabe mencionar que este evento atraviesa la trocha carrozable de acceso al poblado de Coirocsho. (Figura 12).

Es importante mencionar que la pendiente juega un papel importante, debido a que estas permiten que drenen las aguas de lluvias.



Figura 11. Vista al noroeste, en donde se observa cárcavas continuas, estas presentan ancho entre 0.15 m a 2.5 m.

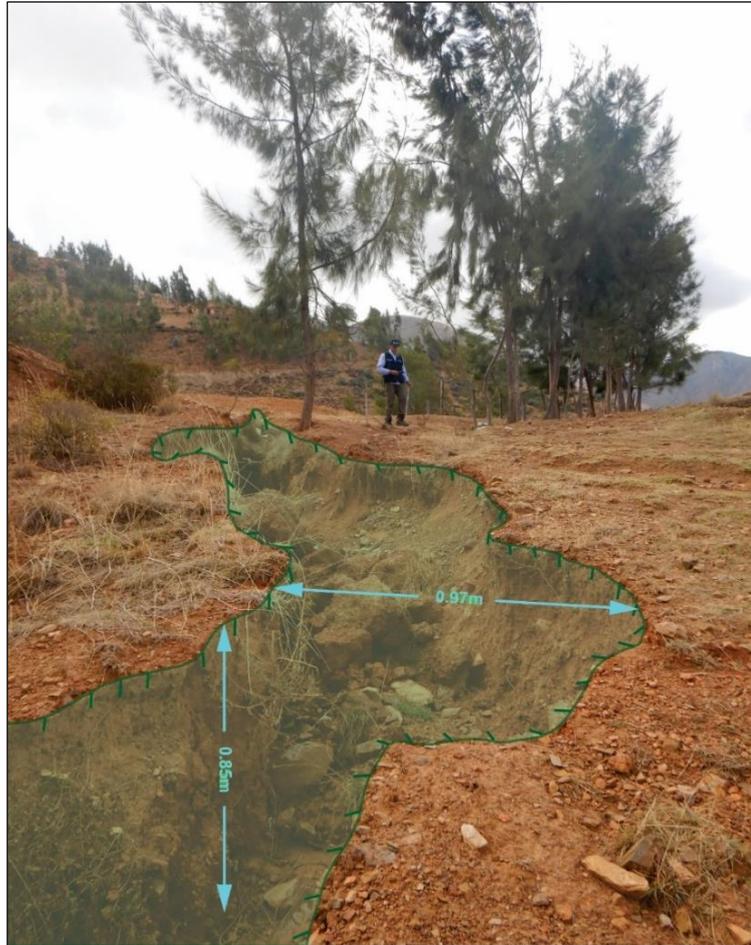


Figura 12. Vista al sureste en donde se aprecia cárcavas reactivadas.



Fotografía 10. Se observa que la margen izquierda de la alcantarilla de concreto, está siendo erosionada, esta se encuentra en las siguientes coordenadas UTM 8990499 N, 188460E, a 3115 m s.n.m.

CAUSAS

Factores de sitio:

- Configuración geomorfológica del área (montañas de rocas sedimentarias).
- Pendiente de terreno de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°).
- Litología, conformada por areniscas de la Formación Oyón, con areniscas cuarzosas. Limoarcillitas grises y niveles de carbón, se encuentran con meteorización moderada y muy fracturada, se le considera como de mala calidad.
- Depósitos coluvio-deluvial no consolidados producto de deslizamientos antiguos, son de fácil remoción.
- Cobertura vegetal de tipo cultivos y matorrales dispersos.

Del entorno geográfico:

- Lluvias intensas, que saturan los terrenos y los desestabilizan, porque aumentan el peso del terreno, además forman escorrentía superficial que erosiona las laderas a manera de cárcavas.
- Suelo conformado por areniscas con limoarcillitas y limolitas, que permite la filtración de agua al subsuelo.
- Dinámica fluvial, que produce socavamiento del pie de la zona inestable.

Factores antrópicos:

- Escorrentía
- Deforestación de la vegetación para reemplazarlo por cultivo
- Vertimiento de aguas (no cuentan con servicios básicos).

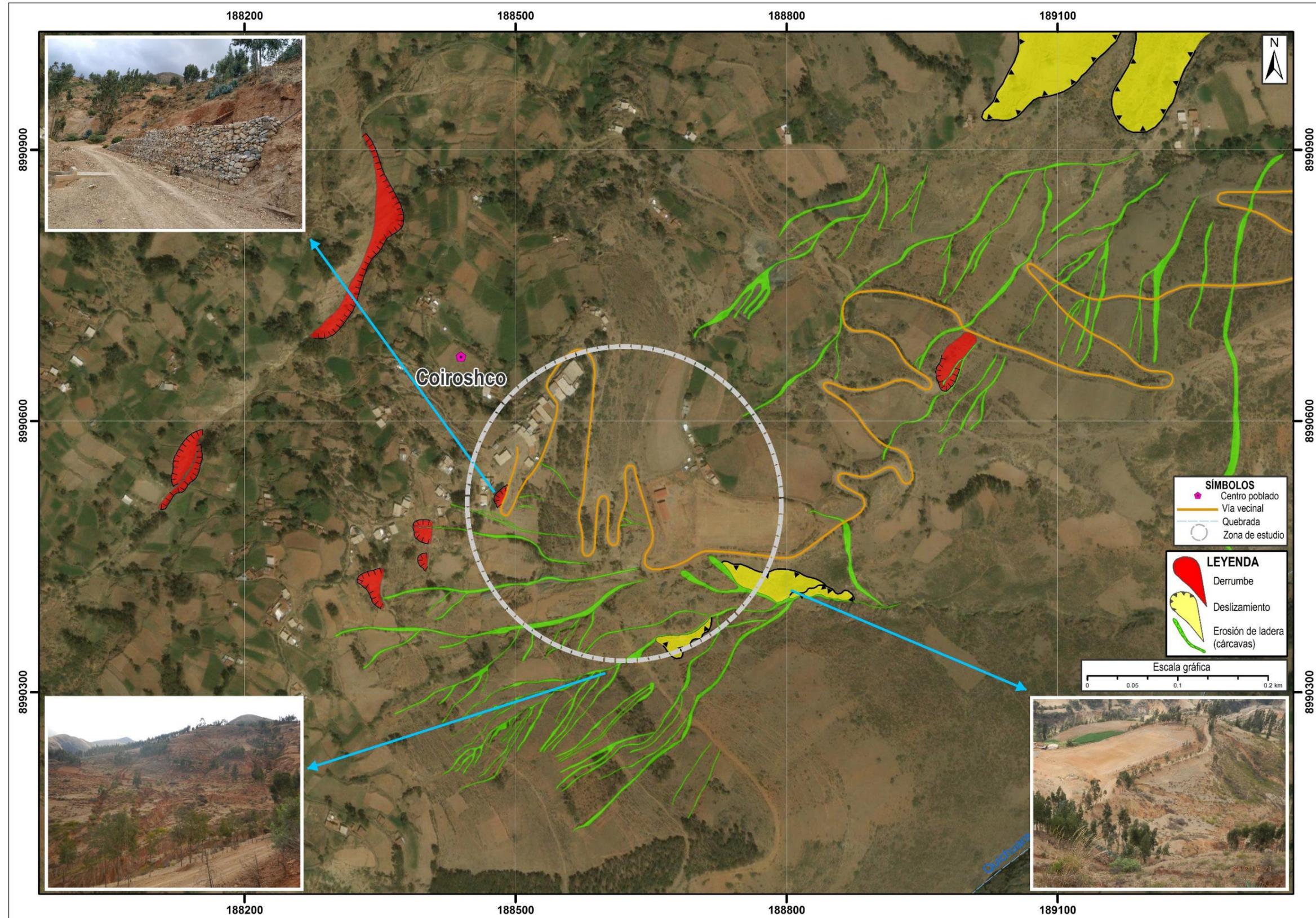


Figura 13. Mapa de peligros geológicos del centro poblado de Coiroshco

8. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

A partir de las condiciones geomorfológicas, geológicas y de sitio identificadas, que caracterizan la susceptibilidad de los peligros geológicos identificados en el centro poblado de Coirocsho. Se requiere ejecutar medidas estructurales para poder mitigar y prevenir futuros desastres.

Para ello, se pueden resumir y describir algunas medidas que puedan considerarse para reducir la vulnerabilidad y por tanto el riesgo a estos procesos naturales. En esta sección se dan algunas propuestas de solución de forma general para las zonas evaluadas con la finalidad de minimizar las ocurrencias de los procesos identificados, así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias o eventos futuros que causen daños.

Instalar obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas (Instituto Nacional de Vías-Ministerio de Transporte Republica de Colombia, 1998), (Figura 14)).

- **Trinchos de madera, matorral, tipo una hilera de postes, y de trinchos de piedra:** son barreras transversales construidas en cárcavas, con el propósito de detener el flujo de material y estabilizar taludes expuestos a la acción erosiva del agua y el viento, a fin de procurar la recuperación de la cobertura vegetal. (adaptado de Valderrama et al., 1964 (Figura 15, 16 y 17)

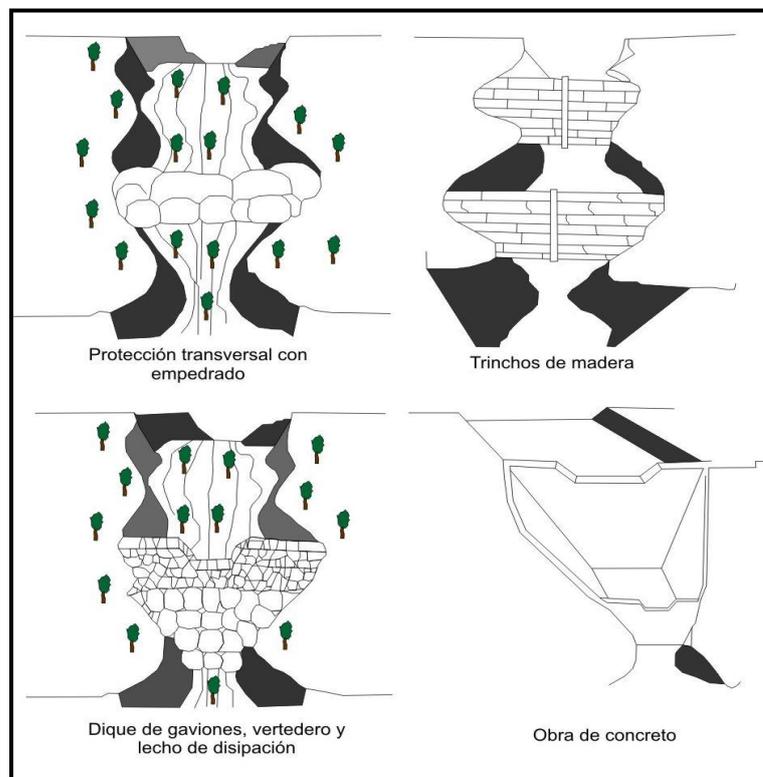


Figura 14. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas. (Instituto Nacional de Vías-Ministerio de Transporte Republica de Colombia, 1998)

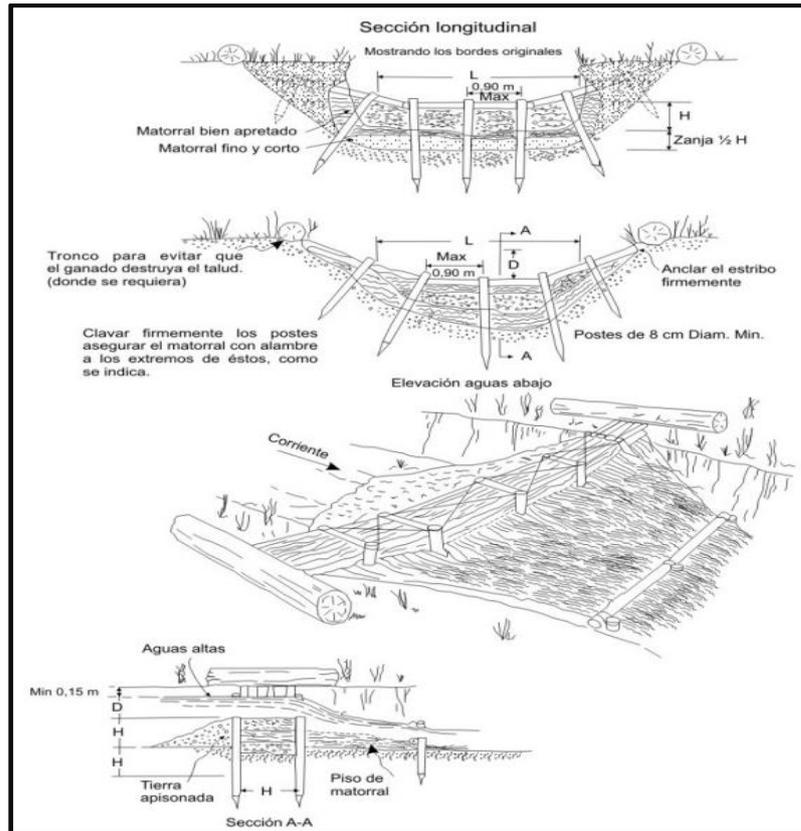


Figura 15. Trincho de madera tipo doble hilera. (adaptado de Valderrama *et al.*, 1964).

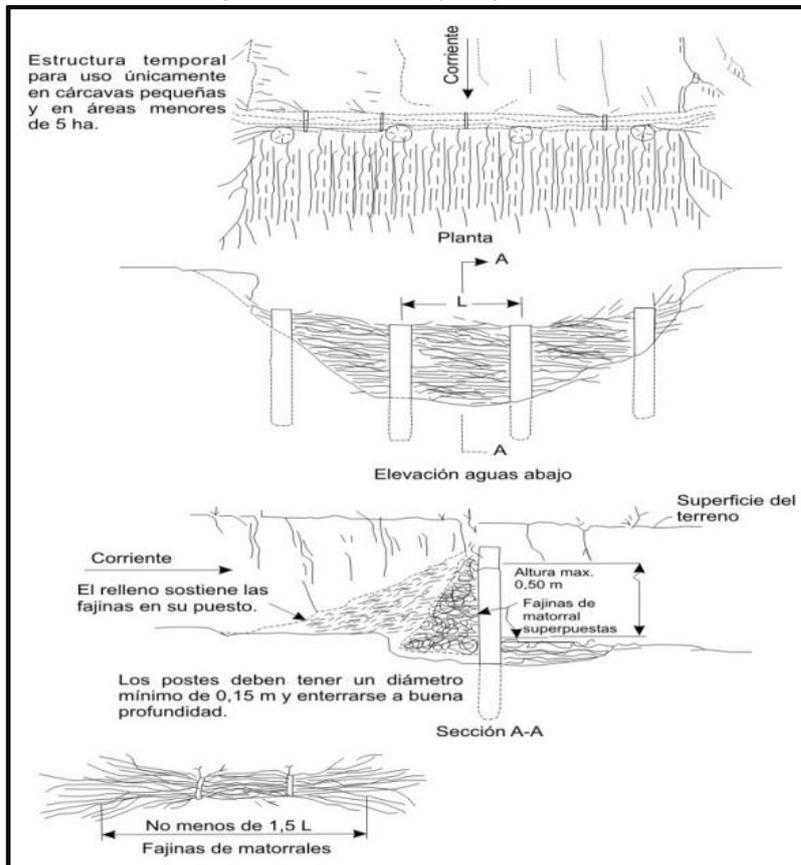


Figura 16. Trincho de matorral de tipo hilera de postes. (adaptado de Valderrama *et al.*, 1964)

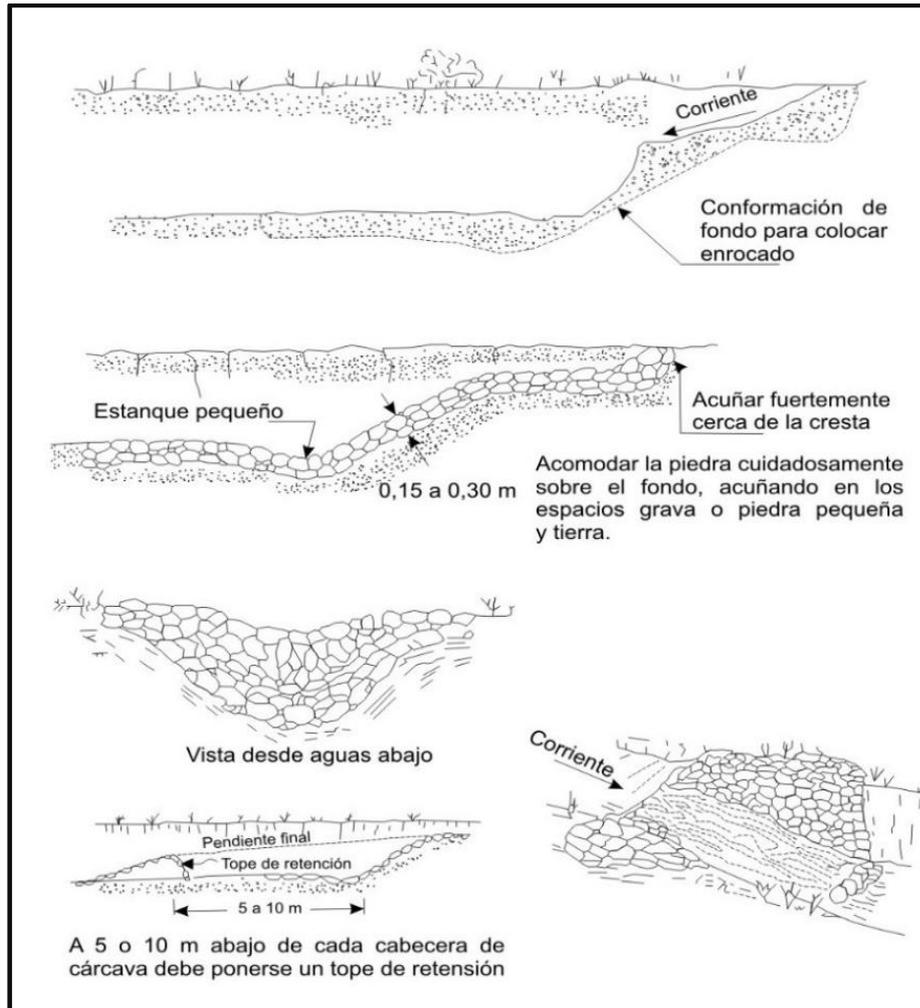


Figura 17. Trincho de piedra para cabecera de cárcavas en zona de erosión. (adaptado de Valderrama et al., 1964)

Sistema de drenaje longitudinal está constituido por aquellos elementos que se desarrollan en forma aproximadamente paralela al eje de la carretera. El más conocido es la cuneta, que es un canal que atrapa el caudal que discurre por la vía y lo canaliza:

- **CUNETAS:** son canales abiertos construidos en los costados de las carreteras, el objetivo principal es: recoger las aguas de escorrentía procedentes de la calzada, evitando así encharcamiento en la vía. Recoge las aguas de escorrentía procedentes de los taludes de cortes y laderas adyacentes. Su sección transversal es variable según lo determine el diseño, (Figura 18), siendo común la de la forma triangular, porque facilita su limpieza por medios mecánicos, aunque también se pueden construir de forma trapezoidal y cuadrada.

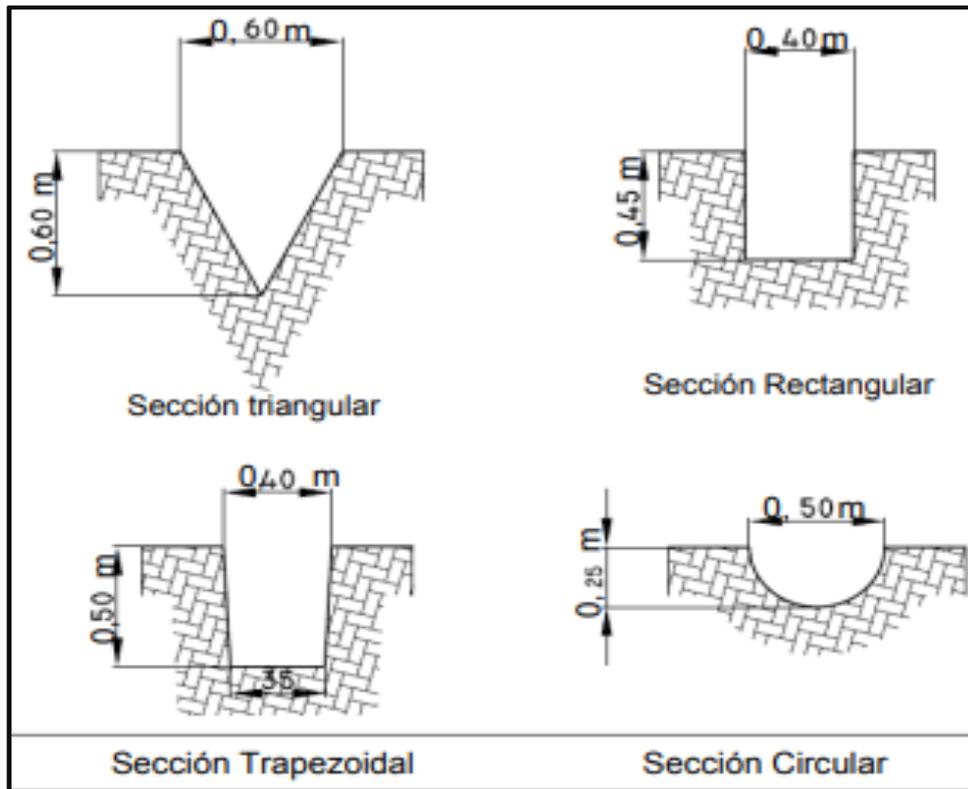


Figura 18. Secciones típicas de cunetas.

Instalaciones de gaviones; están formadas por la superposición de cajas de forma prismática, fabricadas generalmente de enrejado de alambre galvanizado, rellenas de rocas de pequeño tamaño, (figura 19). Con ventajas principales:

- Adaptación de terreno
- No presenta cimentación
- Fácil diseño y rápida construcción
- Mano de obra no especializada
- Trabajan fundamentalmente por gravedad
- Son flexibles y son capaces de soportar ciertos asentamientos sin fracturarse.
- Presentan condiciones de drenaje y durabilidad excelentes
- Utilización de materiales de la zona
- Bajo costo



Figura 19. Diseño de un gabi6n, instalado a una margen de la carretera y manejo del riego.

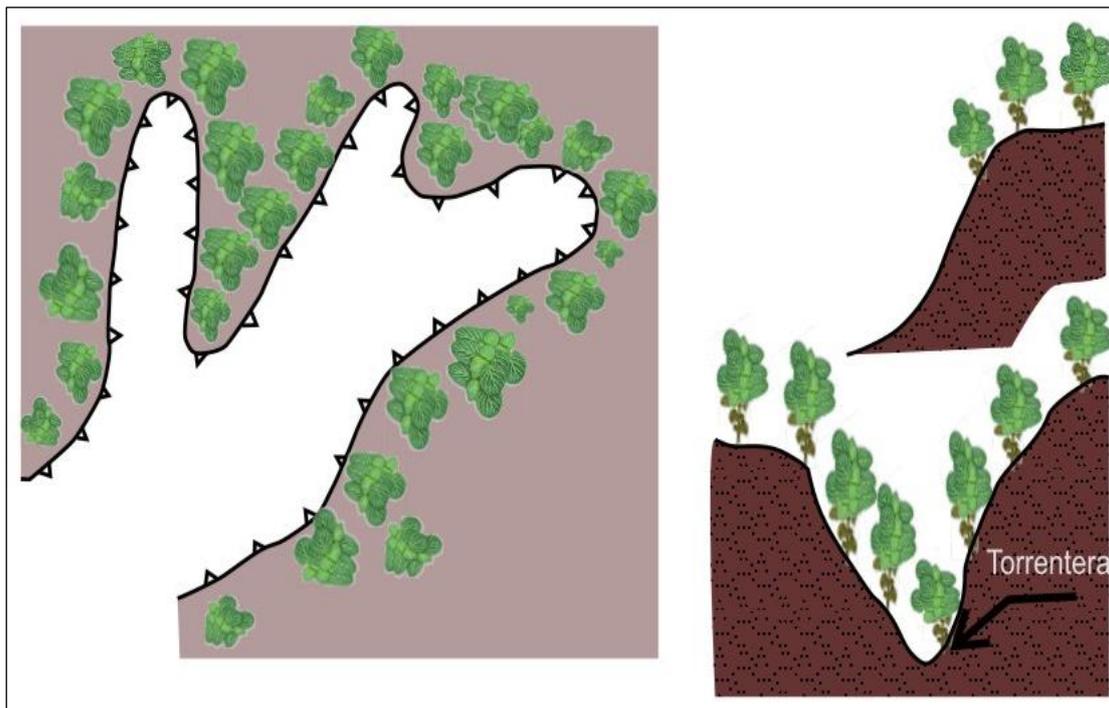


Figura 20. Vista de planta y en perfil de los procesos de forestaci6n en cabeceras y m6rgenes de las 6reas inestables. (Tomado del Informe t6cnico N°A6795)

CONCLUSIONES

- 1) El centro poblado de Coirocsho, del distrito de Pueblo Libre, se encuentra entre las quebradas Quichuaran y Aljapayacu, es una zona susceptible alta a muy alta a la ocurrencia a movimientos en masa.
- 2) En el centro poblado de Coirocsho, se ha identificado peligros geológicos como derrumbes, deslizamiento y erosión de ladera (cárcavas). Se considera como una **zona crítica de peligro alto**.
- 3) Una de las causas principales de los eventos mencionados, son rocas con meteorización intensa y terrenos con pendiente moderada (5°-15°) a fuerte (15°-25°) y los factores desencadenantes son lluvias intensas y movimientos sísmicos.
- 4) Geológicamente el centro poblado de Coirocsho, se encuentra sobre rocas de las formaciones Oyón y Chimu, la primera conformada por arenisca gris a gris oscuras, carbonosas, de grano fino a medio, intercaladas con limoarcillitas y limolitas gris oscuras. La segunda cuarcitas, areniscas y arcillitas con mantos de carbón (antracita).
- 5) Geomorfológicamente el centro poblado de Coirocsho, se asienta sobre relieve montañoso de roca sedimentaria, además se identificó vertiente o piedemonte coluvio-deluvial.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar trabajo de reforestación de laderas con fines de estabilizar, en la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces y que sean de la zona de estudio.
- b) Control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales, deben ser construidas con troncos, tramas, etc.
- c) Implementar cunetas y direccionar hacia las quebradas principales, y reconstruir las que se encuentran deterioradas.
- d) **No permitir** la expansión urbana del centro poblado de Coirocsho hacia las cárcavas
- e) Implementar programas de control y manejo de caravas en base a diques o trinches transversales construidos con material propios de la región como troncos, ramas, etc. (ver ítem 8).
- f) Realizar trabajos de sensibilización con los pobladores de la zona en tema de peligros geológicos por movimientos en masa y gestión de riesgo de desastres, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de este tipo de eventos.

Norma Luz Sosa Senticala
Especialista en peligros geológicos
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

César Augusto Chacaltana Budiel
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

BIBLIOGRAFIA

- Zavala, B., Valderrama P., Luque G. & Barrantes, (2007). Estudio de las Zonas Críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Ancash, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET.
- Wilson J., Reyes L., Garayar J. (1967). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Taya-bamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari, Hojas: 17-h, 17-i, 18-i, 19-g y 19-i. Bole-tín N°60, Serie A: Carta Geológica Nacional, 64 p.
- Zavala, B., Valderrama P., Luque G. & Barrantes, (2009). Estudio de riesgos geológicos en la región Ancash, INGEMMET, Boletín N°38, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica 280p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Mo-vimiento en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servi-cio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, N° 4, 432 p.
- Cobbing, J.; Sanchez, A., Martinez, W., Zarate, H. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca (20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j). INGE-MMET, Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N° 76, 283P.
- Villota, H. (2005) – Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. 2. Ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., Landslides: analysis and control. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.
- Nuñez, S. & Lara, J. (2018) Informe técnico N°A6795, Peligros geológicos en el sector de Pucayacu.
- Valderrama, L.; Montenegro, E. & Galindo, J. (1964) - Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 86 p.