

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6869

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO CHUCLACCASA

Región y Provincia Huancavelica
Distrito Yauli
Paraje Chuclaccasa



DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ
LUIS ALBINEZ BACA

FEBRERO
2019

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS	3
3. ASPECTOS GENERALES	5
3.1. Ubicación y accesibilidad	5
3.3. Objetivo	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
4.1. Pendiente del terreno.....	6
4.2. Unidades geomorfológicas.....	7
4.2.1. Montañas en roca sedimentaria	7
4.2.2. Colinas y lomadas en roca sedimentarias.....	7
4.2.3. Colinas y lomadas en roca volcánica	8
4.2.4. Vertiente coluvio deluvial.....	8
4.2.5. Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre.....	8
4.2.6. Vertiente con depósitos de deslizamientos	8
4.2.7. Terraza fluvial.....	8
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	10
5.1. Grupo Mitú Sedimentario.....	10
5.2. Formación Julcani Inferior	10
5.3. Depósitos lacustrinos	10
5.4. Depósitos coluvio-deluvial	10
5.5. Depósitos fluviales.....	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	11
5.1. Deslizamientos y erosión de laderas.....	13
5.1.1. Deslizamientos y erosión de laderas, en la localidad de Chuclaccasa.	13
5.2. Erosión fluvial	21
5.2.1. Erosión fluvial en la margen izquierda del río Ancoquisca, Chuclaccasa ...	21
5.3. Combustión de carbonatos al sur del colegio, localizado a la margen izquierda del río Ancoquisca	24
6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS	25
7. ZONA PROPUESTA PARA LA REUBICACIÓN	32
7.1. Condiciones para habilitar el terreno.....	32
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	34

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), el apoyo y/o asistencia técnica al gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos en el marco de la Gestión de riesgo de desastre.

La Municipalidad Distrital de Yauli, mediante Oficio N°0521-2018-ALC/MDA-HVCA, de fecha 26 setiembre del presente, solicitó la evaluación técnica de peligros geológicos del centro poblado de Chucllaccasa.

El INGENMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó a los Ingenieros Dulio Gómez y Luis Albinez, para realizar la evaluación técnica, el día 22 de octubre del año 2018, previa coordinación con personal de INDECI de la Municipalidad de Yauli y pobladores locales, quienes exponen la problemática de la zona y algunos planes de contingencia.

La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografía y GPS), cartografiado y redacción de informe

Este informe, se pone en consideración de la municipalidad distrital de Yauli, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades de locales y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

- Estudio de riesgos geológicos de la región Huancavelica, elaborado por el Ingemmet – 2014, realizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determinó que el centro poblado Chucllaccasa se encuentra ubicado en la zona de Medio y Alto grado de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo: deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, otros peligros geológicos (erosión de ladera y reptación de suelos). (Figura 1).
- Tavera *et, al.* 2016, presenta un mapa de Isosistas del sismo ocurrido en enero de 1687, que causó estragos en la en la antigua Villa de Huancavelica (Figura 2).

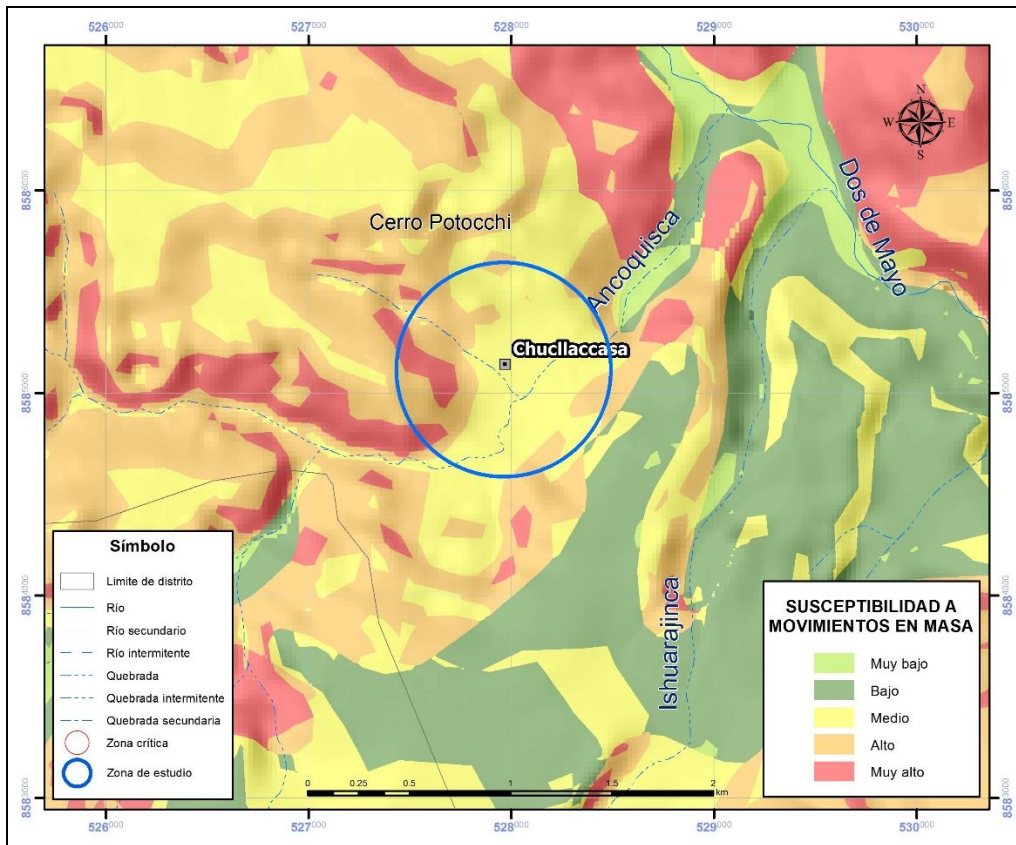


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de región Huancavelica, se observa el centro poblado Chucllaccasa, ubicado en zona de medio a Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamientos, derrumbes y reptación de suelos y otros peligros geológicos. (tomado de Ingemmet, 2014)

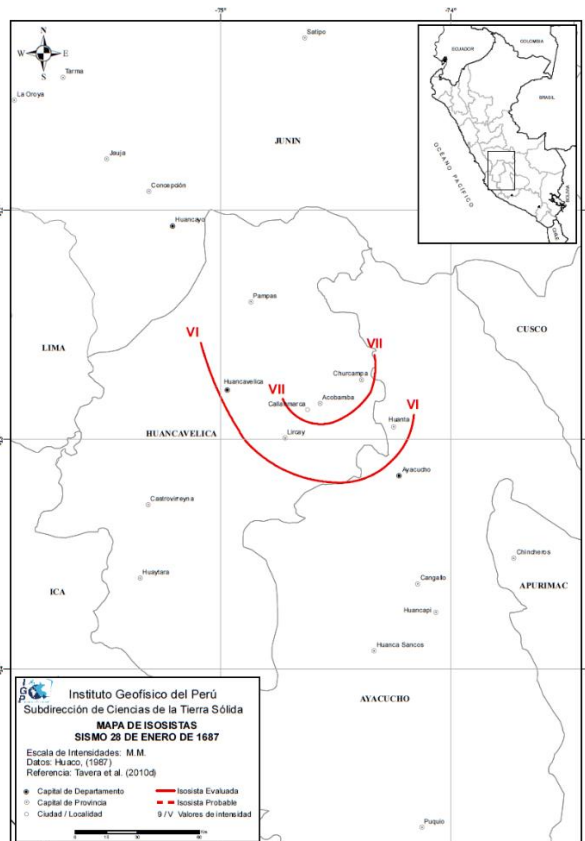


Figura 2. Mapa de isosistas del sismo de enero de 1687. Fuente Tavera *et al.* 2016.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

El centro poblado de Chuclaccasa se encuentra al este de la ciudad de Huancavelica, en el distrito de Yauli (figura 1), a aproximadamente 3640 m s.n.m., en el ámbito de las coordenadas WGS84 – 18S: 528008 O; 8585200 N.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Huancavelica	416	Asfaltada	6:00
Huancavelica	Desvió Yauli	6	Asfaltada	0:12
Desvió Yauli	Yauli	13	Afirmada	0:22
Yauli	Chuclaccasa	39	Asfaltada	1:32

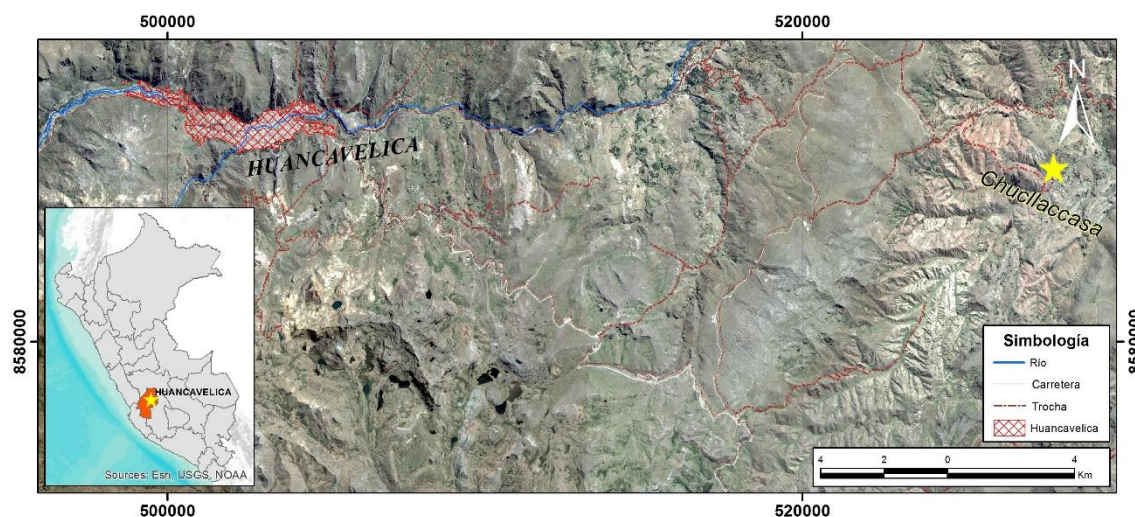


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

De acuerdo a los datos climáticos de estación de Yauli¹ (figura 4), se tiene que la temperatura media anual de la zona es de 10 °C y la precipitación anual acumulada es de 781 mm. La mayor precipitación cae en febrero promediando los 140 mm.

¹ La estación de Yauli se localiza aproximadamente a 11 km al noroeste de Chuclaccasa

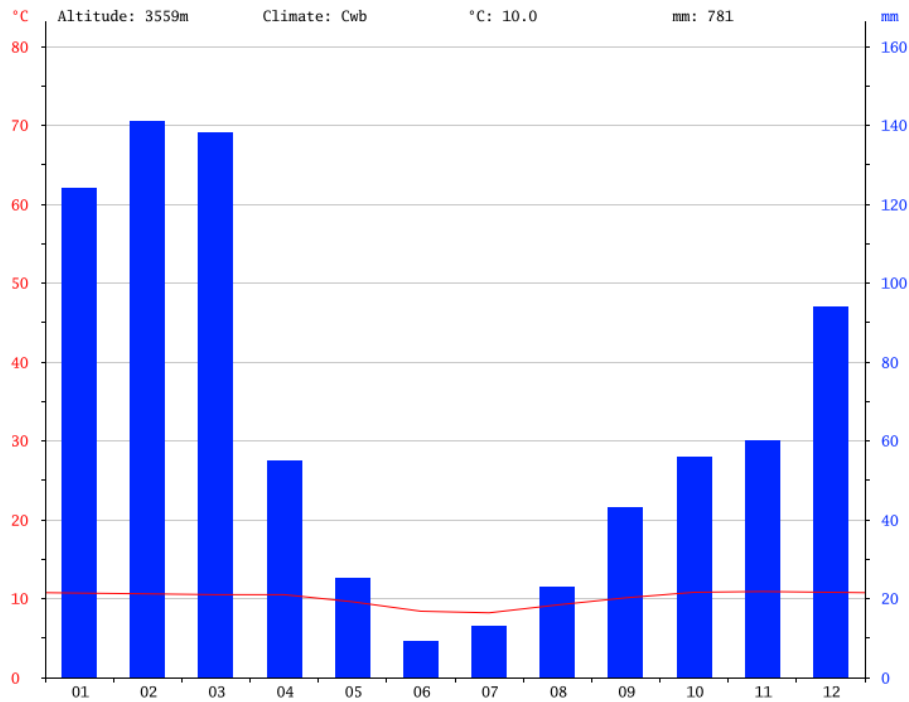


Figura 4. Climograma de Yauli. Fuente: Climate-Data.org

3.3. Objetivo

Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos, que afecta al poblado de Chuclaccasa.

Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación del riesgo.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona está constituida geomorfológicamente por montañas en roca sedimentaria, colinas y lomadas en roca volcánica, vertiente coluvio-deluviales y terrazas aluviales. Las pendientes son variadas, de llano volviéndose escarpados en sus inmediaciones (figura 06).

4.1. Pendiente del terreno.

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas, aparte del relieve, es la pendiente de los terrenos.

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002). Es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa en laderas, como cauces cuya pendiente principal varía entre moderada a fuerte (figura 6), también es

más alta la erosión de ladera (laminar y cárcavas) en colinas y montañas, porque la mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial.

Sin embargo, algunos procesos lentos como la reptación de suelos y ocasionales deslizamientos ocurren con un mínimo de pendiente. El caso de las inundaciones y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, también ocurren en terrenos de suave pendiente.

Para la zona de estudio se han tomado en consideración seis rangos o grados de pendiente: Terreno llano, inclinado suave, moderado, fuerte, muy fuerte y escarpado (figura 6).



Figura 5. Imagen aérea, se visualiza pendiente y morfología del centro poblado Chuclaccasa.

4.2. Unidades geomorfológicas

4.2.1. Montañas en roca sedimentaria

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias afectados por procesos tectónicos y erosivos conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas. Presentan laderas de pendientes medias a fuertes (Vilchez, M. *et al.* 2013). Se observa en inmediaciones de la localidad.

4.2.2. Colinas y lomadas en roca sedimentarias

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas. Presentan laderas de pendientes medias a fuertes (Vilchez, M. *et al.* 2013).

4.2.3. Colinas y lomadas en roca volcánica

Corresponde a afloramientos de rocas volcánicas (tobas, tufos y derrames lávicos). Presentan formas irregulares, cimas y laderas con pendientes medias a altas (Vilchez, M. *et al.* 2013). Se observan al sur de la zona de estudio.

4.2.4. Vertiente coluvio deluvial

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos en masa y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; son depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue de movimiento en masa (Vilchez, M. *et al.* 2013).

4.2.5. Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre

Esta unidad geomorfológica, ocupan las partes bajas del relieve montañoso y colinoso adyacentes a las referidas zonas; su origen radica en la acumulación de sedimentos aluviales y fluviales sobre una concavidad vieja de tipo lagunar.

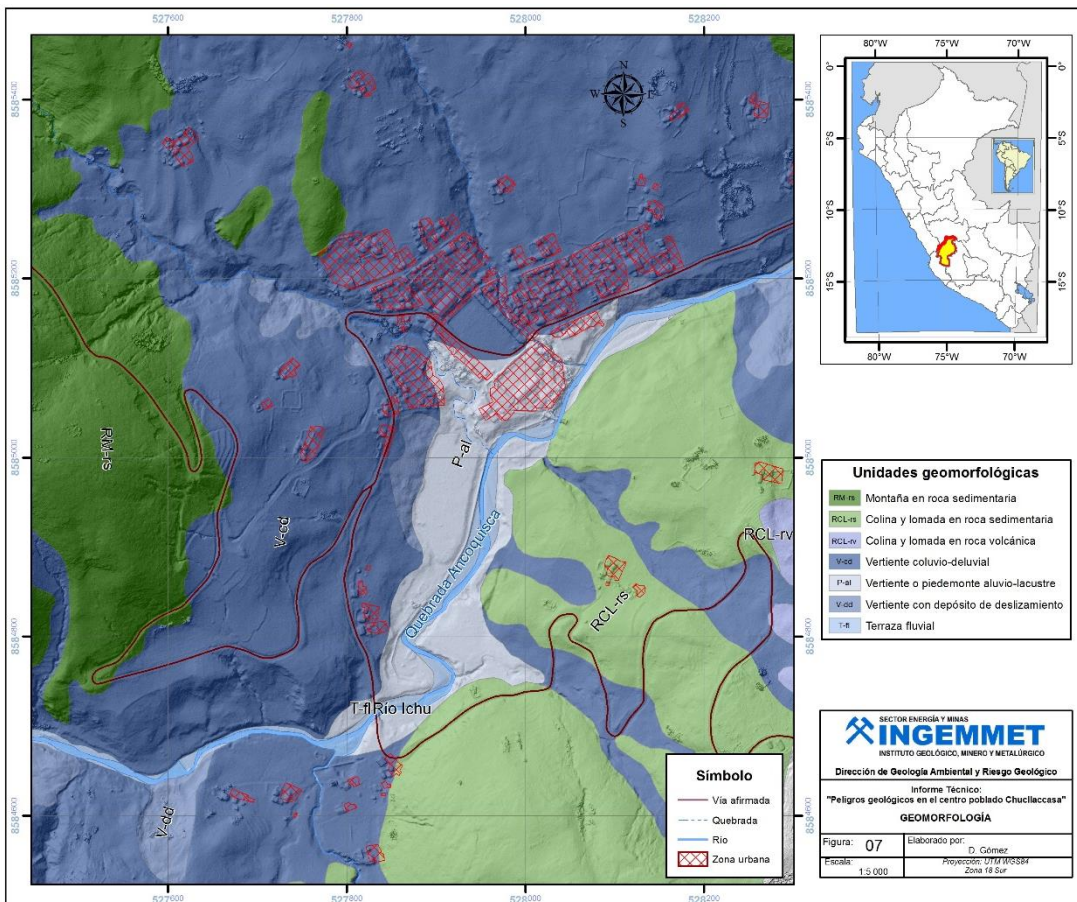
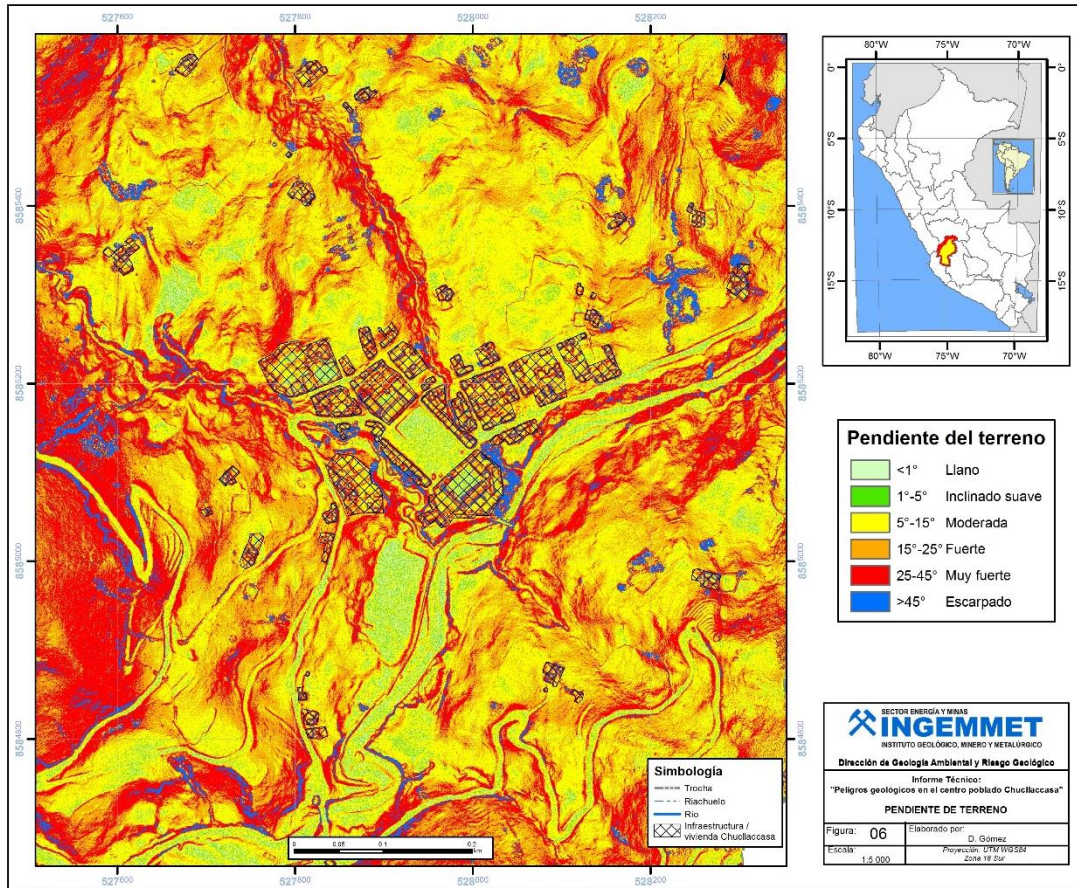
Forman parte de la configuración de esta unidad geomorfológica las terrazas que se encuentran en las márgenes del río Ancoquisca, conformando un intenso valle donde actualmente es utilizado como terrenos de pastoreo de ganado y agricultura; pero a la vez amenazado para uso de expansión urbana.

4.2.6. Vertiente con depósitos de deslizamientos

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

4.2.7. Terraza fluvial

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesta por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Ancoquisca, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación.



4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología está constituida por el Grupo Mitú Sedimentario, Formación Julcani Inferior, (Romero & Torres 2003), depósitos lacustrinos, proluviales y fluviales (figura 8).

5.1. Grupo Mitú Sedimentario

Está compuesto principalmente por rocas sedimentarias, formando una secuencia compuesta por areniscas intercaladas con conglomerados y limoarcillitas. (Romero & Torres 2003). Substrato se encuentra altamente meteorizado, muy fracturado y se encuentra saturado de agua. Este es considerado como de calidad geotécnica mala, de susceptibilidad alta a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

5.2. Formación Julcani Inferior

Aflora al sureste de la zona de estudio. Está compuesta principalmente por tobas (Romero & Torres 2003). Substrato meteorizado, fracturado de calidad geotécnica media

5.3. Depósitos lacustrinos

Se componen por sedimentos muy finos arcillo-limosos a veces con intercalaciones con lente de areno-gravosos, estratificado en capas muy finas denominadas “varves”. También ocurren intercalaciones con lentes orgánicos (Tinta, 2010), se encuentran distribuidos en forma de terrazas, en el extremo norte del fondo de valle del río Ancoquisca.

La Institución Educativa Primaria, se encuentra asentada sobre depósito de suelos cohesivos compactos, El sector es afectado por reptación de suelos y a su vez por erosión fluvial.

5.4. Depósitos coluvio-deluvial

Corresponden a depósitos formados por agentes meteóricos, gravedad, viento, lluvia y erosión de suelos, se caracteriza por presentar capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de los cerros con pendiente suave a moderado. También se tienen bloques rocosos angulosos heterométricos, acumulado al pie del talud escarpado en forma de conos (Tinta, 2010), movilizados por corrientes temporales de agua o lluvias. Se encuentran en inmediaciones de Chuclaccasa.

5.5. Depósitos fluviales

Está compuesto por gravas y bloques subredondeados a redondeados, envueltos en una matriz arenosa, intercalados con arenas finas y gruesas y en algunas ocasiones se intercalan limos (Romero y Torres 2003). Ubicados en el cauce y márgenes del río Ancoquisca, es susceptible a la ocurrencia de peligros geohidrológicos de tipo inundación y erosión fluvial

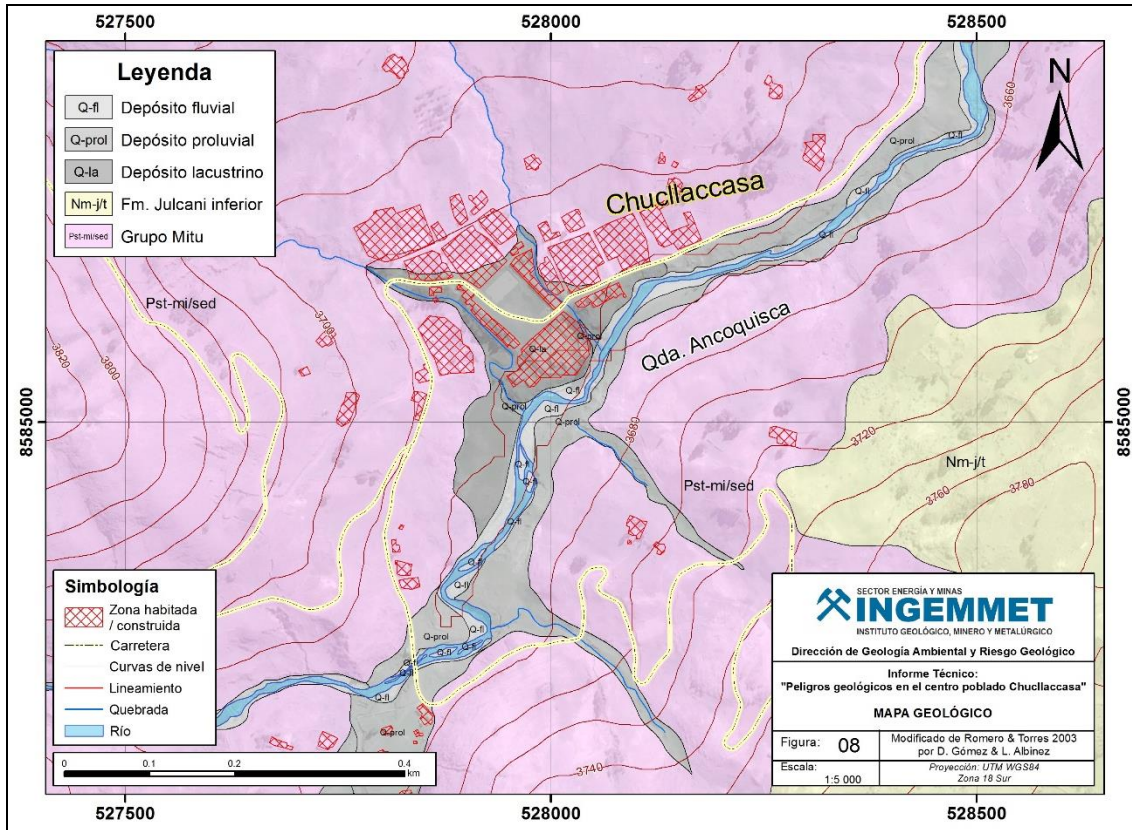


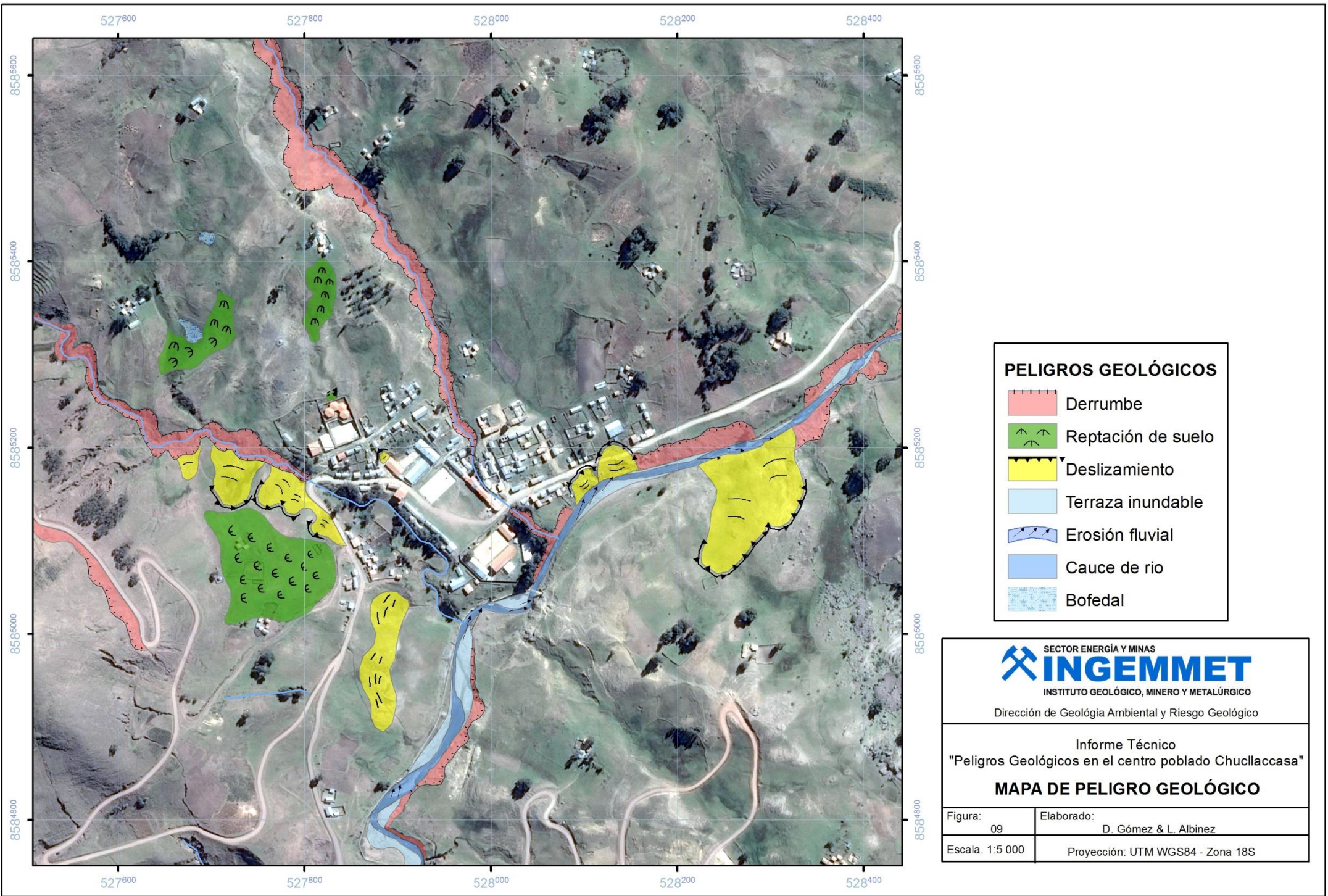
Figura 8. Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado de Romero & Torres 2003.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La zona de estudio, muestra una ladera de montaña en roca sedimentaria de pendiente moderado a fuerte (5° a 25°), disectadas por quebradas y valles.

El área litológicamente, presenta una secuencia de areniscas intercaladas por conglomerados y limoarcillitas (Grupo Mitú), secuencia muy susceptible a la generación de movimientos en masa, por ello tenemos deslizamientos, reptación de suelos y erosión de ladera, donde actualmente se encuentran situada las viviendas del centro poblado Chucllaccasa.

Al fondo de valle del río Ancoquisca, se identificó procesos de erosión fluvial, seguidos por derrumbes y deslizamientos por el debilitamiento del pie de talud (Figura 9).



PELIGROS GEOLÓGICOS

- Derrumbe
- Reptación de suelo
- Deslizamiento
- Terraza inundable
- Erosión fluvial
- Cauce de río
- Bofedal

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Informe Técnico
 "Peligos Geológicos en el centro poblado Chucllaccasa"
MAPA DE PELIGRO GEOLÓGICO

Figura: 09	Elaborado: D. Gómez & L. Albeinz
Escala: 1:5 000	Proyección: UTM WGS84 - Zona 18S

5.1. Deslizamientos y erosión de laderas

Los **deslizamientos** son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (PMA 2007). En la zona se observan deslizamientos de tipo **rotacional** (PMA 2007) y **traslacional** (Cruden & Varnes, 1996) (Figura 10).

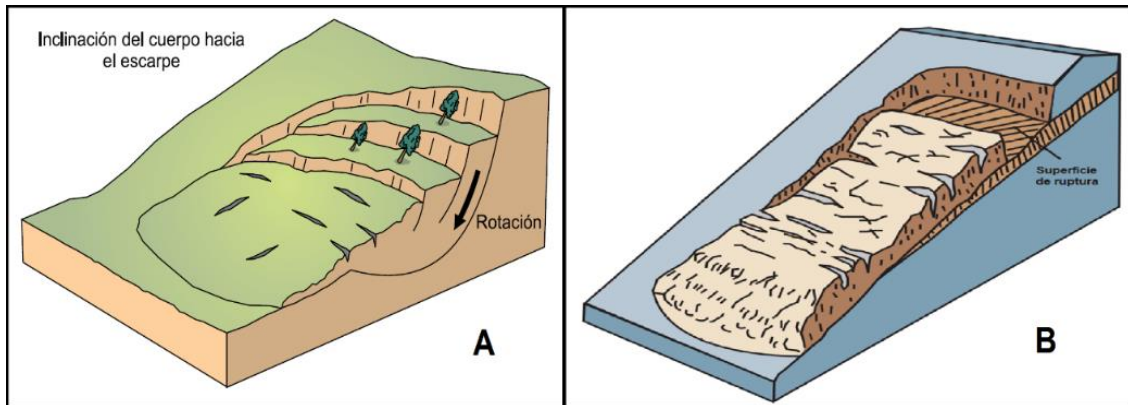


Figura 10. A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007) B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

Las **cárcavas** (figura 11) son pequeños valles de paredes verticales y cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía et al., 2008), además de a la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.

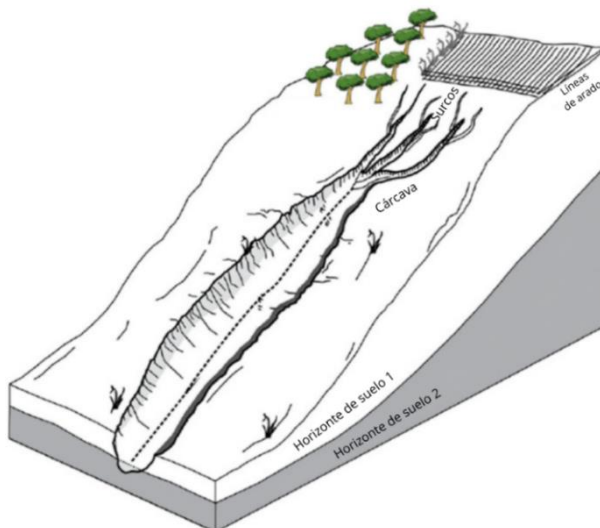


Figura 11. Esquema de cárcavas formadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi et al., 2011)

5.1.1. Deslizamientos y erosión de laderas, en la localidad de Chuclaccasa.

En la localidad de Chuclaccasa se observó deslizamientos, derrumbes y erosión de laderas en distintos sectores, así como erosión fluvial (figura 12). Gran parte de la localidad esta encajada entre dos quebradas con procesos de carcavamiento activo. Estas acompañadas por deslizamientos locales que comprometen viviendas cercanas (figura 13).

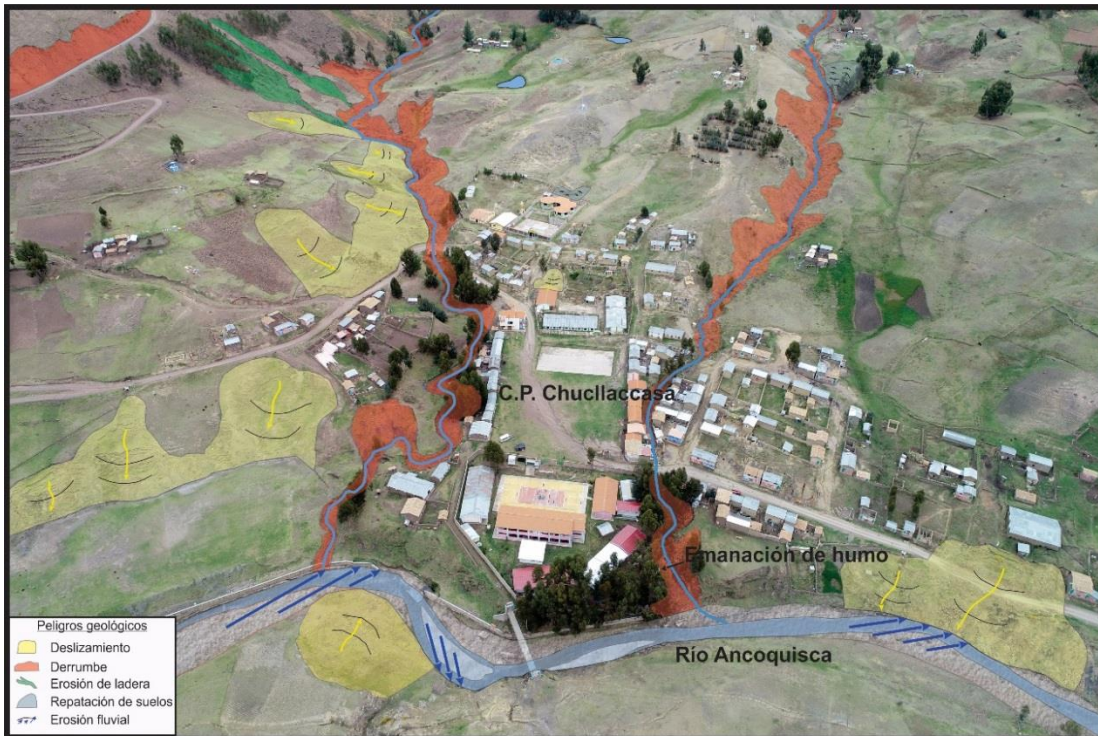


Figura 12. Interpretación de fotografía aérea resaltando los peligros geológicos de la localidad de Chucllaccasa.

En el sector sureste se observó deslizamientos, en ambas márgenes del río Ancoquisca (figura 13). Los deslizamientos de la margen izquierda son de tipo rotacional, de 50 m de corona. Afectaron 5 viviendas, también compromete postes de energía eléctrica y tramo de carretera afirmada Chucllaccasa – Tinquercasa.



Figura 13. Interpretación de fotografía aérea del sector sureste de Chucllaccasa, se observa en ambas márgenes del río Ancoquisca peligros geológicos de tipo Deslizamiento, derrumbe y erosión fluvial.



Figura 14. Se observa el deslizamiento del sector sureste de Chuclaccasa, afectó viviendas, al tramo de carretera afirmada Chuclaccasa – Tiquerccasa, y postes de energía eléctrica.



Figura 15. Se observa viviendas afectadas por asentamientos generados por deslizamientos del sector sureste de Chuclaccasa.

El deslizamiento ubicado en la margen derecha del río, del sector sureste de Chucllaccasa, es de mayores dimensiones (figura 16), tiene 100 m de corona y una variación de altura de 50 m de corona al pie, se encuentra en procesos de ensanchando, el pie de talud se encuentra expuesto al peligro de tipo erosión fluvial.

El desplazamiento de mayores volúmenes de material inestable, podría generar presa natural.



Figura 16. Interpretación de fotografía aérea del deslizamiento ubicado en la margen derecha del río, del sector sureste de Chucllaccasa.

En el sector suroeste de Chucllaccasa, ladera norte del campo deportivo, se observó un deslizamiento de tipo rotacional con corona de 50 m, de avance retrogresivo y ensanchando (figura 17). El avance del deslizamiento compromete viviendas y un tramo carretero.



Figura 17. Deslizamiento, sector suroeste de Chuclaccasa, ladera norte del campo deportivo.

Las instituciones educativas Primaria e Inicial, también son afectadas por movimientos en masa de tipo deslizamiento y reptación de suelo; ha generado daños a la infraestructura educativa. (figura 18).

Los servicios higiénicos de la Institución Educativa Primaria N° 36304 Chuclaccasa (figura 19)., fue afectada. Este sector se encuentra colindante a la ladera norte. en este sector se tiene un deslizamiento rotacional con corona de 50 m. Su avance compromete viviendas aledañas.

Este evento está condicionado por:

- a) Substrato conformado por limos y arenas, de calidad geotécnica mala
 - b) Pendiente la laderas comprendidas entre 15°-25°
 - c) Excavaciones en la laderas sin supervisión técnica,
- Evento detonado por lluvias intensas.



Figura 18. Ubicación de los deslizamientos (flechas de color negro) que afectan las instalaciones de la I.E.P. N°36304 y I.E.I. N°598.



Figura 19. Deslizamiento que afectó infraestructura de la I.E.P. N°36304.

El cerco perimétrico norte de la Institución Educativa Inicial N° 598 Chucllaccasa, es afectado por una reptación de suelos. Está condicionado por:

- a) Substrato de mala calidad formado por areniscas y limolitas
- b) Presencia de ojos de agua (figura 20) puquiales, que indican la saturación del suelo.

- c) Recientes agrietamientos en el terreno con saltos hasta de 0.1 m, indica que la zona esta inestable.
El movimiento es lento (figura 21), de continuar el movimiento, afectaría la Institución Educativa Primaria.



Figura 20. Surgencia de agua en la ladera próximo al cerco perimétrico norte de la Institución Educativa Inicial N°598.



Figura 21. Se observa el cerco perimétrico de la Institución Educativa Inicial deformada.

El mapa de densidad de drenajes (figura 22) coincide con el cartografiado de zonas con acumulaciones de agua. La superposición del mapa de movimientos en masa con estas zonas de concentración de aguas superficiales sugiere que la densidad de deslizamientos y hundimientos están relacionadas con la presencia de acumulaciones de agua.

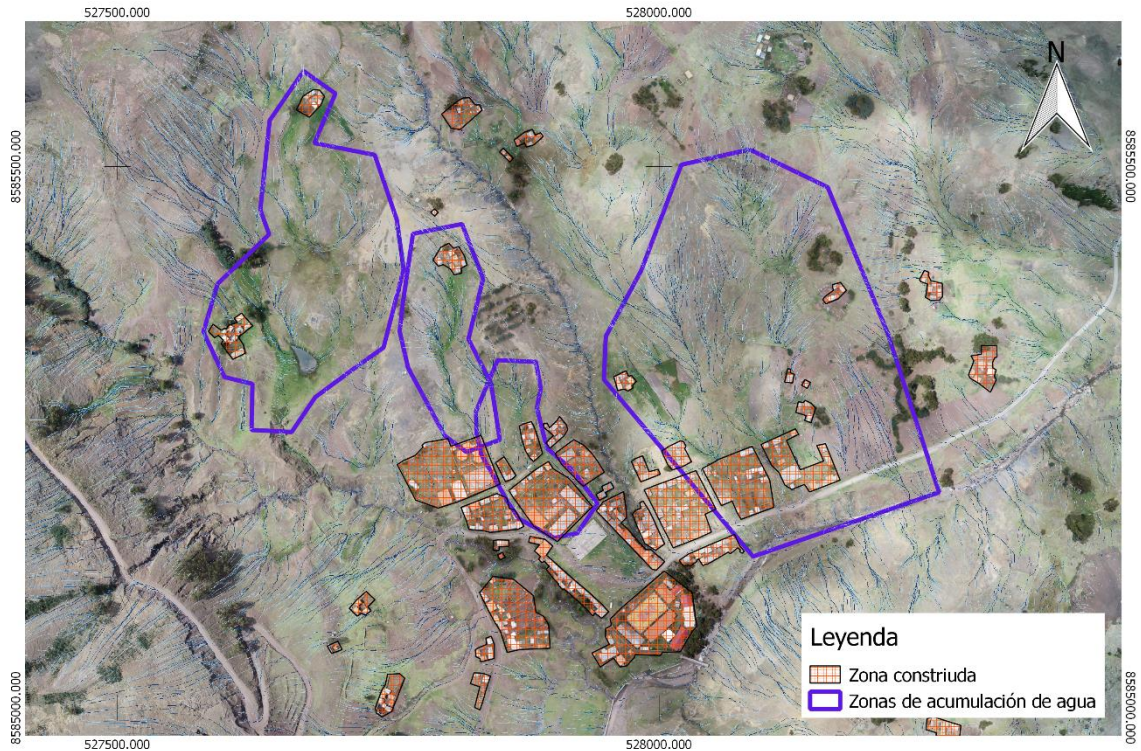


Figura 22. Mapa de drenajes superficiales a detalle de Chucllaccasa. Se observan las zonas de acumulación de agua.

5.2. Erosión fluvial

La **erosión fluvial**, es el desprendimiento de material del lecho y flancos del río. La erosión comienza cuando la energía del flujo de agua excede la resistencia del material. (Robert, 2003). La **erosión lateral** afecta sus orillas; es decir, el río se amplía. Esto a menudo da lugar a problemas como la pérdida terrenos (Thorne *et al.*, 1997).

5.2.1. Erosión fluvial en la margen izquierda del río Ancoquisca, Chucllaccasa

La zona sur de Chucllaccasa se tienen procesos de erosión fluvial, se tienen muros de contención fueron afectados en un tramo de 35 m.

Las riberas del río al sur de Chucllaccasa, están compuestas por materiales deleznable (limos, arcillas, tobas, etc.), los cuales son susceptibles a la erosión fluvial. (figura 23)



Figura 23. Muros de contención afectados por erosión fluvial (flechas verdes) al sur de Chucllaccasa.

Cabe mencionar que el diseño para la construcción de los muros no coincide con la morfología del río, por lo observado está construido dentro del cauce inundable. (figura 24).

En mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial (figura 25) se observó en rojo la zona propensa a ser inundadas en periodo de lluvias intensas y/o excepcionales. Se debe tomar en cuenta para el diseño y construcción de obras como defensas ribereñas.



Figura 24. Muros de contención afectados, construidos en el cauce inundable del río (delimitados por las líneas azules).

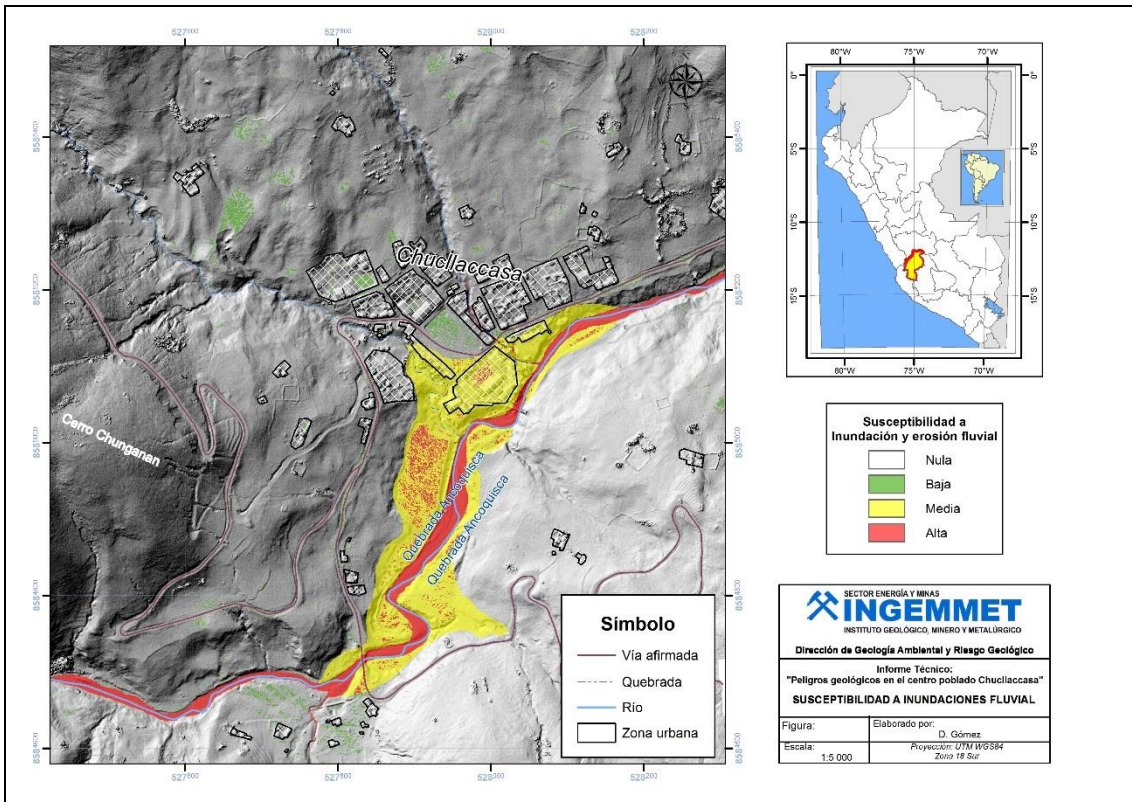


Figura 25 Mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial, en la zona de estudio.

5.3. Combustión de carbonatos al sur del colegio, localizado a la margen izquierda del río Ancoquisca

La zona sur de Chuclaccasa es afectada por emanaciones de humo, las cuales se presentan en el perímetro sur colegio, adyacente a la margen izquierda del río Ancoquisca.

Según testimonio de los pobladores y personal de la Institución Educativa, las emanaciones se presentaron entre los meses de junio y julio del 2018. Esto se debió porque una pobladora, en afán de capturar un animal, introdujo fuego en un orificio del subsuelo.

A partir de aquel incidente, las emanaciones de gases (humo) se intensificaron y no cesaron hasta la fecha que se realizó la inspección (figura 26).



Figura 26. Grietas con emanaciones de gases (humo).

Durante los trabajos de campo, se identificó que las emanaciones de gases (humo), provienen de la combustión de turba. La capa de turba tiene un espesor de 50 cm, se encuentra por encima del nivel de limos y debajo de depósitos coluviales. (figura 27).



Figura 27. Nivel de turba y depósitos recientes en la zona sur de Chucllaccasa, margen izquierda del río Ancoquisca.

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

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, caídas de rocas, procesos de erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

6.1 Para Deslizamientos

Los deslizamientos 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 deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas medidas para el manejo de estas zonas:

- 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.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- 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.

- 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 prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- 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.

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores que aumentan la estabilidad del talud:

1. Intercepta la lluvia
2. Aumenta la capacidad de infiltración
3. Extrae la humedad del suelo
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos
7. Aumentan el peso sobre el talud
8. Trasmiten al suelo la fuerza del viento
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

1. Disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. Elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. Facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en área de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

a) Construir zanjas de coronación.

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del 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 (figura 28).

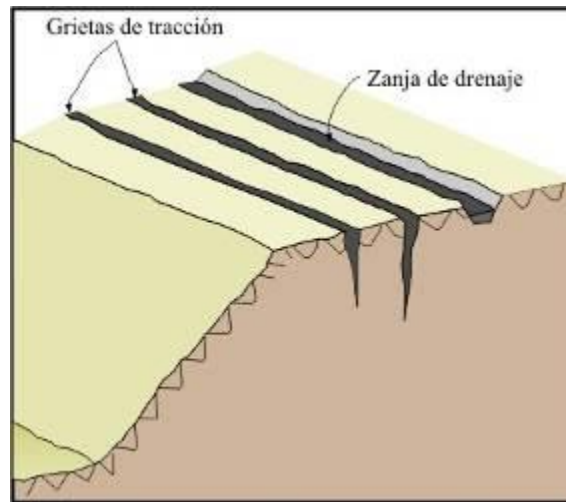


Figura 28 Canales de coronación.

b) Construir un sistema de drenaje tipo 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 (figura 29). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua

c) Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso:

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de hierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.



Figura 29. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

d) Zanjas de infiltración.

Las zanjas de infiltración son excavaciones que se realizan en el terreno en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen a curvas de nivel para detener la escorrentía de las lluvias y almacenar agua para los pastos y cultivos instalados debajo de las zanjas.

Una función que cumple esta práctica es de acortar la longitud de la pendiente, disminuyendo de esta manera los riesgos de grandes escorrentías, que causan erosión, y que se producen en las laderas durante la época de lluvias.

Ventajas:

- Es una práctica de fácil realización
- Intercepta el agua de escorrentía y facilita su infiltración al suelo, contribuyendo a la recarga de manantiales.
- En laderas muy degradadas permite regenerar la vegetación natural y recuperar dichas laderas.
- En terrenos de pastos o plantaciones permanentes, favorece el crecimiento rápido de las plantas por la disponibilidad de humedad.

Desventajas:

- Las zanjas de infiltración pueden constituir obstáculos al normal tránsito del ganado.
- Si no se realiza la limpieza periódica del canal, puede provocar el desborde del agua almacenada y la formación de cárcavas laderas abajo.

e) Zanjas derivadoras de escorrentía.

Desde el punto de vista de la conservación de suelos, las zanjas derivadoras se construyen aguas arriba de la cárcava con una sección suficientemente amplia para controlar y desalojar el agua de escorrentía de los caminos o de las parcelas o de las cárcavas. Estas funcionan interceptando el agua y la conducen hacia lugares donde no provoquen daños como lagos, arroyos o cárcavas estabilizadas. Este tipo de zanjas es muy importante para la protección de caminos.

Objetivo

- Interceptar el agua de escorrentía y conducirla a velocidades no erosivas.
- Disminuir la velocidad de agua de escurrimiento.
- Proteger los caminos forestales y zonas de cárcavas activas.

Beneficios.

- Disminuir la velocidad del escurrimiento.
- Reducir el crecimiento de cárcava.
- Reducir la erosión hídrica
- Desviar el escurrimiento a un cuerpo de agua favorece su recarga.

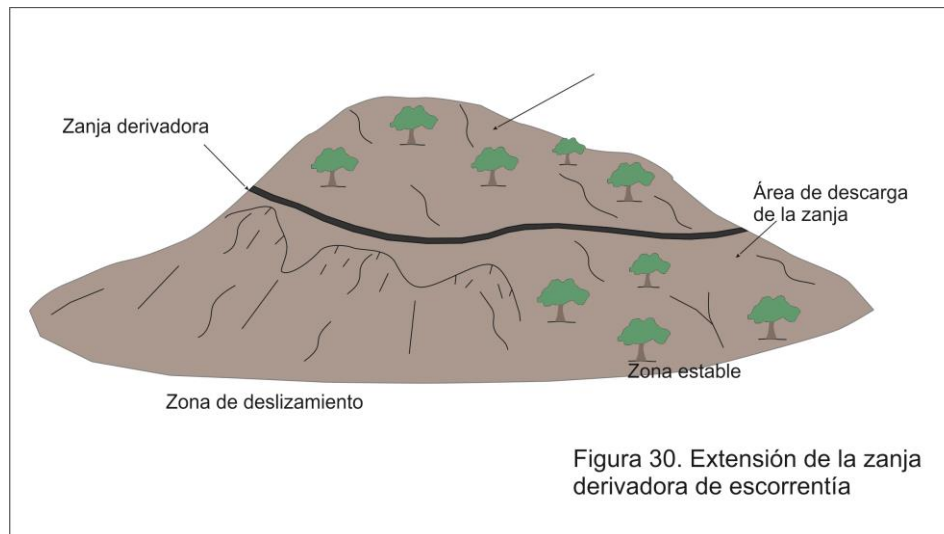


Figura 30. Sistema de drenaje en laderas ocupados por cultivos

6.2 Para Derrumbes y Caída de Rocas.

Forma de talud se muestra en la (figura 31), la inclinación de los taludes depende de los suelos y litología. Cuando la inclinación cambia, en muchos casos se proporciona una banqueta en el punto de cambio de inclinación.

Generalmente se emplea una pendiente única cuando la geología y los suelos son lo mismo en profundidad y en las direcciones transversales y longitudinales. cuando la geología y los suelos varían considerablemente y de manera complicada, una pendiente única adecuadamente al suelo de mayor pendiente podría usarse, aunque esto sea antieconómico.

a) Banquetas:

Generalmente se instala una banqueta de 1 a 21 m. de ancho, a la mitad de un talud de corte de gran altura.

Propósito de la banqueta.

En la parte inferior de un gran talud continuo, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el, agua hacia afuera del talud. La baqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones.

Inclinación de banqueta

Cuando no existen facilidades de drenaje, se proporciona a la banqueta un gradiente transversal de 5 a 10%, de modo que el agua drene hacia el fondo del talud (pie de talud).

Sin embargo, cuando se considera que el talud es fácilmente descargable o cuando el suelo es fácilmente erosionable, el gradiente de la banqueta debe hacerse en la dirección contraria, de modo que el agua drene hacia la zanja de la banqueta.

1) Localización de banqueta.

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 metros de ancho cada 5 a 10 metros de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

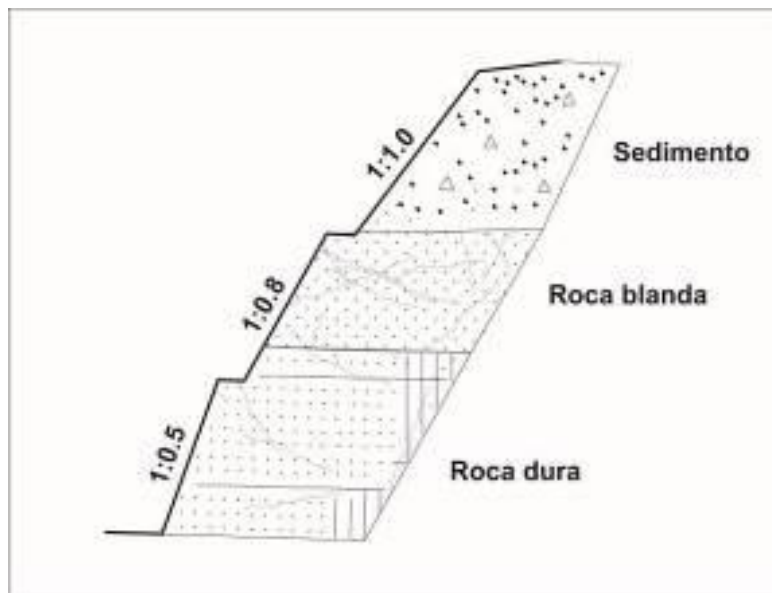


Figura 31. Condición de terreno y forma de taludes

b) Corrección por muros

Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 32).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 33). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

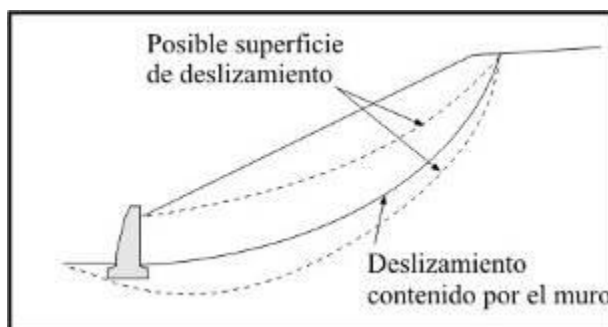


Figura 32. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

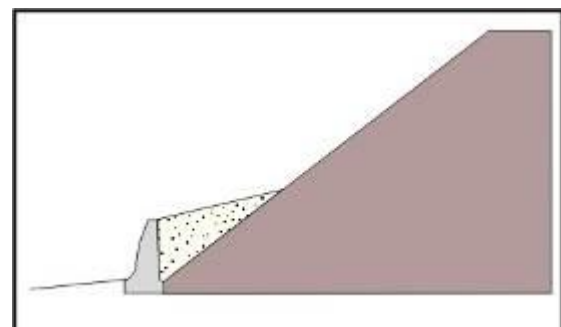


Figura 33. Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000).

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 34):

Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.

Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.

Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

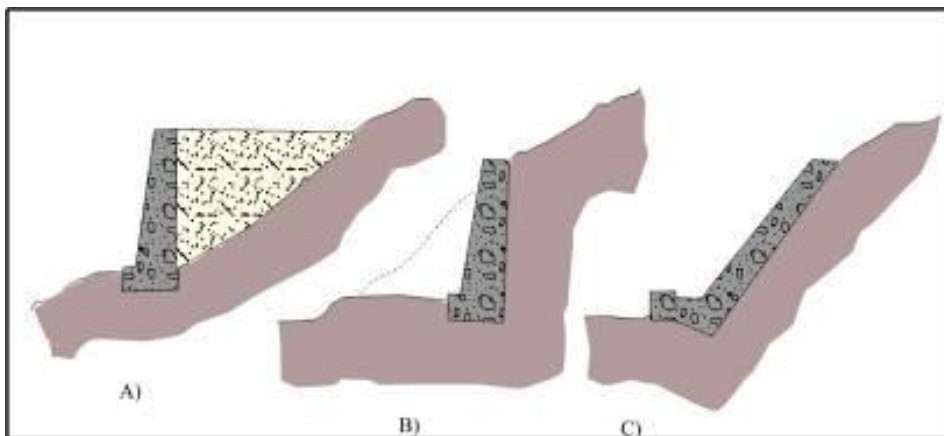


Figura 34. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimienta.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.

Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

7. ZONA PROPUESTA PARA LA REUBICACIÓN

De los trabajos de campo, se determinó la siguiente área para la reubicación y albergue.

Se encuentra en la siguiente coordenada:

- 528419 E, 8584784 N
- 528523 E, 8584719 N
- 528687 E, 8584966 N
- 528820 E, 8584880 N
- 528523 E, 8584414 N
- 528283 E, 8584578 N

Altitud 3751

Esta zona se encuentra sobre la cresta de una colina volcánica y sedimentaria, presenta su cumbre suave, hacia los bordes laderas con pendiente de 25^a a 30^a.

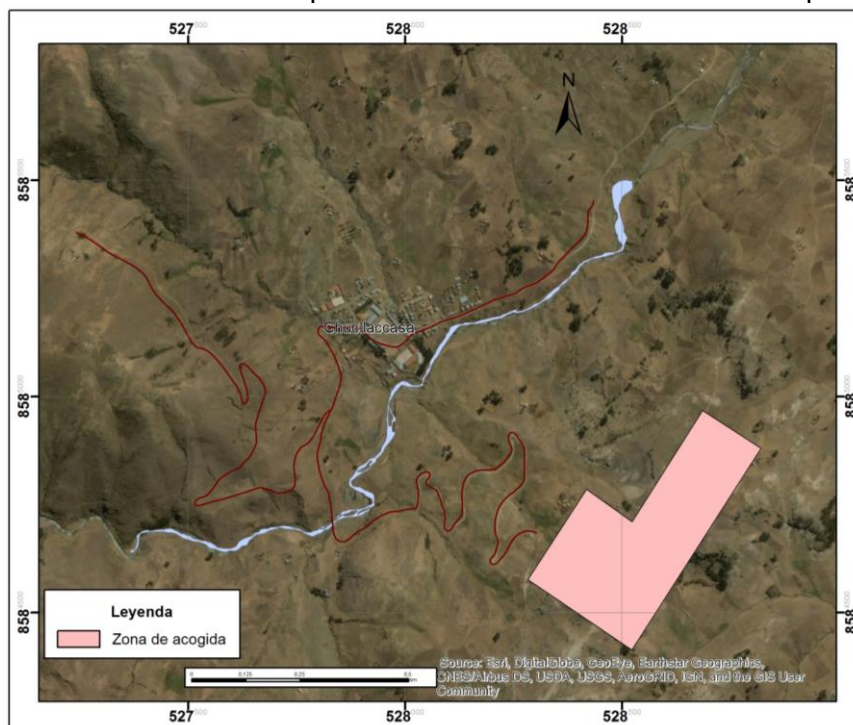
Se tienen afloramiento de rocas volcánicas compuesta principalmente por tobas (Formación Julcani) y rocas sedimentaria presenta secuencias de areniscas intercalas con conglomerados y limo arcillitas (Formación Mitú), se caracteriza por encontrarse muy meteorizada.

Actualmente no se tienen evidencias de movimientos en masa que les puedan afectar. La futura zona urbana deberá ceñirse solamente en la zona de la cresta de la colina y forestar sus laderas.

7.1. Condiciones para habilitar el terreno.

Para habilitar el área se deben tener las siguientes recomendaciones.

- Estudio de suelo, para determinar las características del suelo, con fines de cimentación.
- Hacer un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo.
- La expansión urbana por ningún motivo debe realizarse en los bordes de las laderas, se debe ceñir hacia la cumbre.
- Los cortes de ladera tendrán que realizarse con dirección técnica especializada.



CONCLUSIONES

1. Se tienen montañas con laderas de pendiente fuerte (15° a 25°), marcada por innumerables quebradas y vales fluviales, susceptibles a la generación de movimientos en masa.
2. Una parte de la zona urbana se asienta sobre depósitos coluvio-deluviales, formada por capas de suelo fino y arcillas arenosa con inclusiones de fragmento rocosos. La otra sobre un depósito lacustrino compuesto por arcilla, limo intercalados con lentes arena gravoso, y capas muy finas, además se tiene una capa de material orgánico.
3. La zona de estudio es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes, erosión de ladera y reptación de suelo. Además, a peligros hidrogeológicos de tipo erosión e inundación fluvial.
4. La zona de estudio presenta una densidad de drenaje, llegando a formar acumulaciones de agua (bofedales), esta tiene relación con las zonas donde se generan eventos por movimientos en masa.
5. Las obras de defensa ribereña ubicadas a la margen izquierda del río Ancoquisca fueron diseñadas sin considerar estudios geomorfológicos e hidráulico.
6. Las emanaciones de gas (humo), se debe a la combustión de material orgánico (turba) iniciado por la acción antrópica.
7. El centro poblado Chuclaccasa, por las condiciones geológicas y morfológicas actuales se considera como inestable, porque tenemos en las laderas deslizamientos, derrumbes, reptación de suelo, erosión de ladera y otros peligro. Por lo tanto, el área, se considera como **Zona Crítica**, de peligro muy alto a eventos por movimientos en masa. Por consiguiente, se encuentran en **Peligro inminente** ante la presencia de lluvias intensas y/o excepcionales.

RECOMENDACIONES

1. Forestar con plantas nativas o arboles nativos que tengan raíces verticales o subverticales, para mejorar la estabilidad de la ladera. De esta forma evitar el impacto de las gotas en el terreno y reducir la infiltración de agua en el suelo.
2. Implementar un sistema de drenaje superficial (obras de canales y obras de control de infiltraciones), para prevenir que los deslizamientos sean inducidos por infiltraciones.
3. Implementar un sistema de drenaje de aguas poco profundas (tuberías abiertas o cerradas, trabajos de perforación horizontal). Estas obras drenan aguas subterráneas poco profundas previniendo que se posicione en la superficie de la ladera.
4. Realizar obras de control de erosión, con la finalidad de prevenir la erosión y el colapso que pueda darse como resultado de la presencia de flujo de agua (agua de río o lluvia) la cual pueda inducir deslizamientos.
5. Para extinguir la combustión del material orgánico se recomienda usar polvos químicos y no usar agua porque deja ladera inestable.
6. Por las malas condiciones geológicas-geotécnicas del terreno donde se asienta el poblado Chucllaccasa, se recomienda reubicar. Aplicar lo que se menciona en el ítem 7.1 u otro sector que cumpla con las condiciones y previo estudio.
7. Realizar obras que son a corto plazo, para mitigar los efectos que pueda desencadenar dicho movimientos en masa.

REFERENCIAS

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, in Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Evans, S.G., y Hungr, O., 1993. The analysis of rock fall hazard al the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30, p.620-636.
- 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.
- 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.
- Romero, D.; Torres, V. (2003). Mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Huancavelica (26-n), INGEMMET, DGR.
- Suarez Diaz, J. (1998) Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos p, 541
- Tavera, H., Agüero, C., & Fernández E., (2016). Catálogo general de isosistas para sismos peruanos. IGP - Dirección de Ciencias de la Tierra Sólida / Unidad de Sismología.
- Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) – Estudio de riesgo geológico en la región Piura. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 52, 250 p., 9 mapas
- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, in 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.