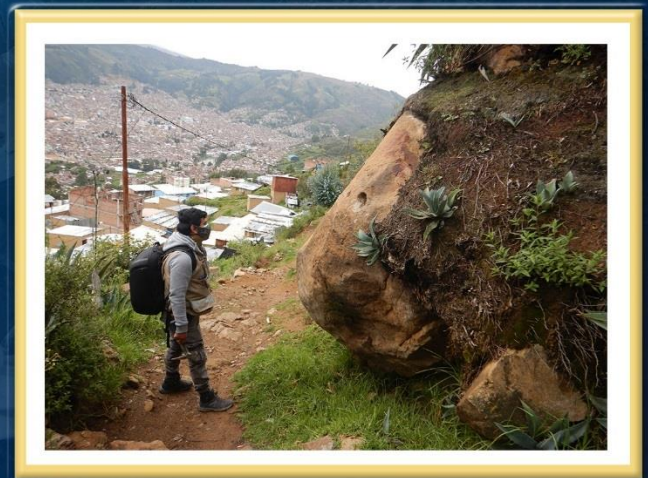
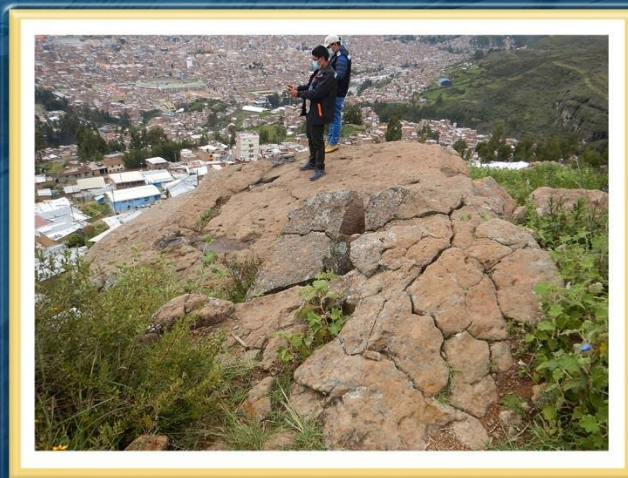


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7160

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDAS DE ROCAS EN EL BARRIO DE CHUA ALTO

Región Áncash
Provincia Huaraz
Distrito Independencia



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

Equipo de investigación:

Norma L. Sosa Senticala

Mauricio A. Núñez Peredo

Referencia bibliográfica

Sosa N. & Nuñez M. (2021). "Evaluación de peligros geológicos por caídas de rocas en el barrio de Chua Alto, distrito Independencia, provincia Huaraz, región Ancash", informe técnico N°A7160, Ingemmet, 33 pág.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales.....	3
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Accesibilidad.....	4
1.3.3. Clima.....	6
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas.....	6
2.1.1. Grupo Calipuy	7
2.1.2. Depósitos cuaternarios	7
2.2. Pendientes del terreno.....	10
2.3. Unidades geomorfológicas.....	12
2.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	12
2.3.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional	13
3. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
3.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	16
3.2. Caída de rocas en el barrio de Chua Alto.....	16
3.2.1. Características visuales del evento	16
3.2.2. Análisis de perfil trasversal	19
3.2.3. Factores condicionantes.....	20
3.2.4. Factores detonantes o desencadenantes.....	20
3.2.5. Factores antrópicos.....	20
3.2.6. Daños por peligros geológicos	20
5. RECOMENDACIONES	25
6. BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO 1: GLOSARIO	27
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	28

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, tipo caída de rocas, realizado en el barrio de Chua Alto, perteneciente a la jurisdicción distrital de Independencia, provincia Huaraz, región Ancash.

Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas aflorantes corresponden a rocas de origen volcánico del Grupo Calipuy, compuestas por flujos piroclásticos de composición andesítica, muy fracturadas y moderadamente meteorizadas; sobre los cuales se han desarrollado los procesos geológicos de caídas de rocas, el cual destruyó una vivienda (actualmente reconstruida); de igual modo se aprecian varias viviendas asentadas próximas a las laderas que podrían ser afectadas por caída de bloques.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional (montañas en roca volcánica) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por procesos denudativos y erosionales que han modelado y configurado geoformas de planicies (terrazas aluviales y terrazas aluviales altas). De estas características se puede mencionar que la pendiente del terreno de rangos fuertes (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°), condicionan y generan dichos procesos gravitacionales

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas citadas anteriormente, aunadas a la ocurrencia de lluvias extraordinarias o por movimientos sísmicos, se considera al sector de Chua Alto como **peligro alto** por caída de rocas, categorizándolo como Zona Crítica debido a la vulnerabilidad existente.

Finalmente, en el presente informe se brinda algunas recomendaciones que se consideran importantes, para que las autoridades las pongas en práctica, para que no se sigan produciendo nuevas reactivaciones; utilizando mallas ancladas, barreras dinámicas y red de anillos, así como la adaptación y cambio de riego a un sistema tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones para reducir la vulnerabilidad de personas y sus bienes y por tanto reducir el riesgo a los peligros identificados en el perímetro del barrio Chua Alto.

1. INTRODUCCIÓN

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 (ACT. 11)”, 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.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Independencia, según Oficio N° 021-2021-MDI-GM-UGRD/J, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación geológica y de peligros geológicos del evento de caída de rocas ocurrido el día viernes, 15 de enero de 2021, el cual afectó una vivienda, en el barrio de Chua Alto.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a la ingeniera Norma Sosa Senticala y el geol. Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, la cual se realizó el día 24 de marzo del presente año, en coordinación con representantes de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Independencia.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Independencia y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico que se presenta el barrio de Chua Alto, evento que comprometen la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 38, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Riesgos geológicos en la región Ancash” (Zavala, B. 2009). Este contiene el inventario de peligros geológicos en la región Áncash, en el cual se registra un total de 2 129 ocurrencias. Así mismo, de acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, se evidencia que el barrio Chua Alto se encuentran en **zonas de susceptibilidad Alta**, (figura 1).

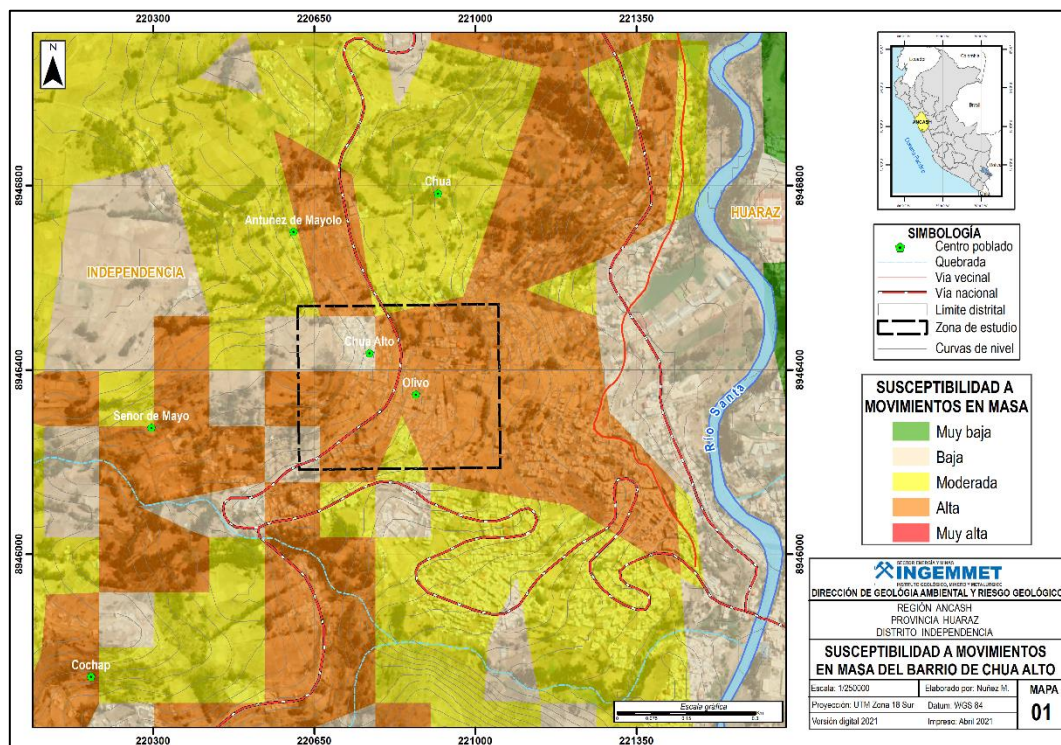


Figura 1: Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Barrio de Chua Alto y alrededores (Fuente: Zavala et al, 2009)

- B) Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian, y Yanahuanca” (Cobbing, et al., 1996). En este boletín se describen las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona de estudio y alrededores que corresponde principalmente a estratos volcánicos variados de rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica y abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas del Grupo Calipuy.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El Barrio de Chua Alto, políticamente pertenece al distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región Ancash (figura 2), cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	220613.40	8946537.71	-9.520	-77.544
2	221050.23	8946537.71	-9.520	-77.540
3	221050.23	8946187.34	-9.524	-77.540
4	220613.40	8946187.34	-9.524	-77.544
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	220689.16	8946450.68	-9.521	-77.544

1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta el Barrio de Chua Alto (Ancash), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Barranca	Asfaltada	208	3 horas 30 min
Barranca - Huaraz	Asfaltada	217	4 horas 30 min
Huaraz – Chua Alto	Asfaltada	5.8	15 min

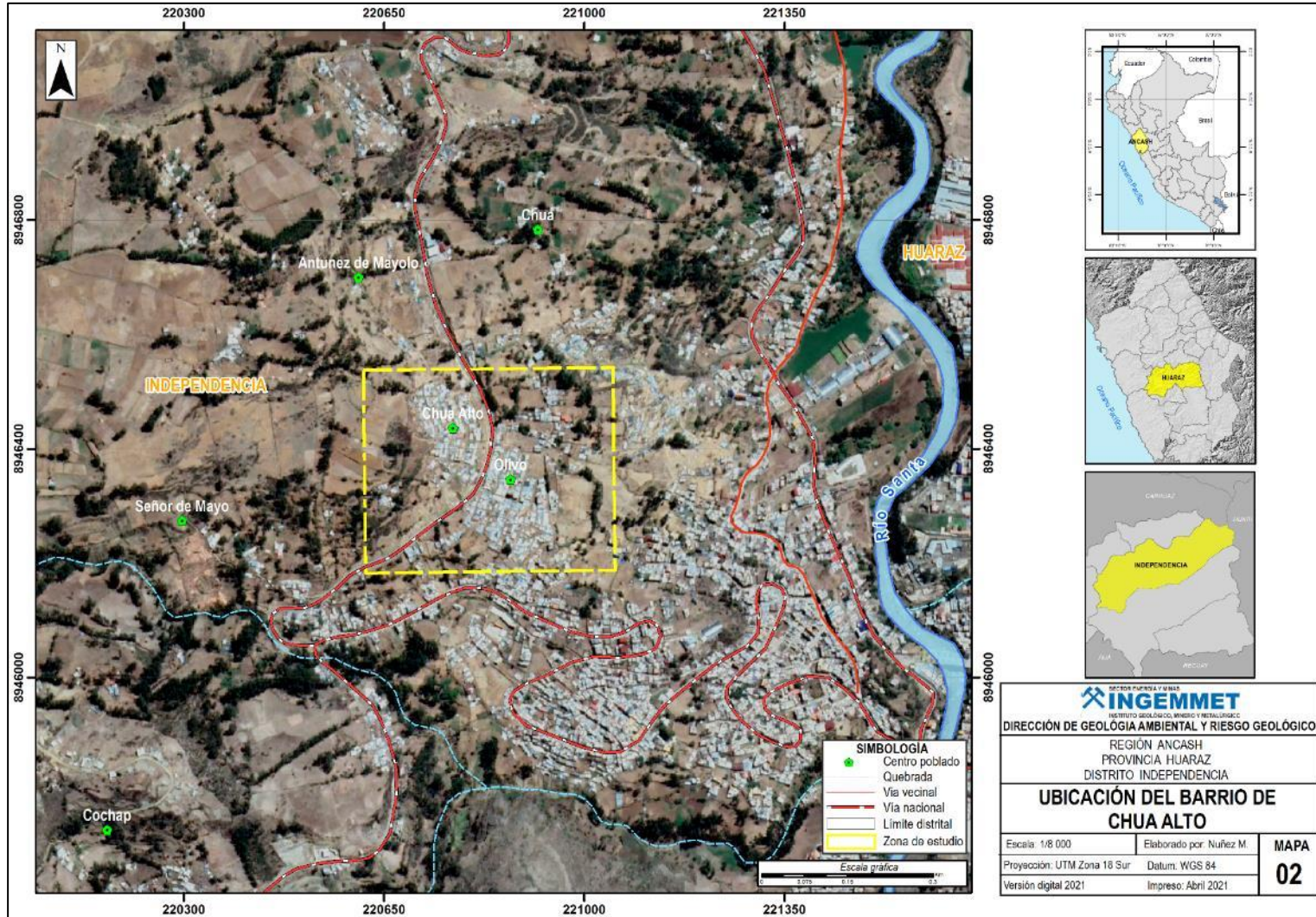


Figura 2. Mapa de ubicación. (Fuente: Elaboración propia).

1.3.3. Clima

El clima en el distrito de Independencia es muy variado, va de un clima templado y seco en el día y se torna frío en las noches.

Haciendo una búsqueda de información local, de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el Barrio de Chua Alto y alrededores está influenciada por un clima semifrío semiseco, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa del 65% a 84%. Calificada como húmeda.

La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud. La precipitación máxima diaria, registrada en la estación pluviométrica de Santiago Antunez de Mayolo en los últimos 5 años es de 48.2 mm. Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, produciéndose generalmente de noviembre a abril (figura 3).

La temperatura anual oscila entre máxima de 24.8°C en verano y mínima de 5.4°C en invierno. Presenta una humedad de 70% durante casi todo el año.

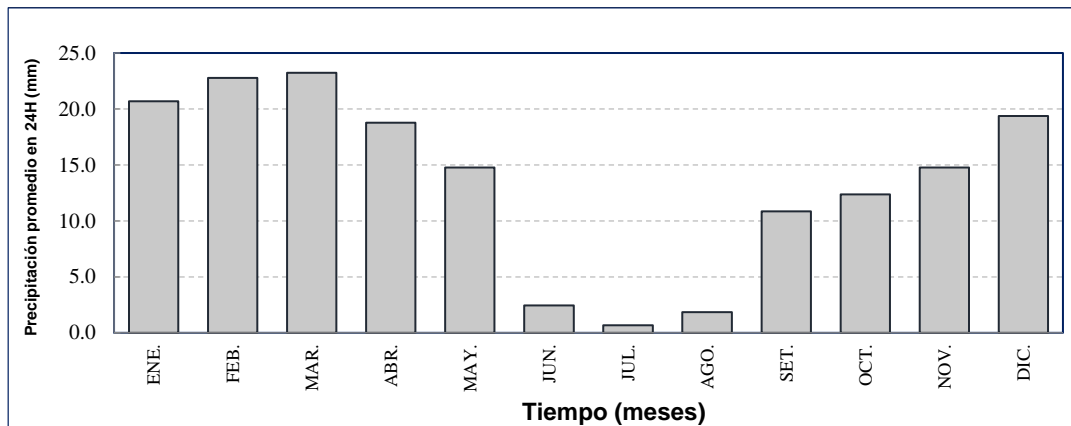


Figura 3. Precipitaciones diarias promedio (periodo 2014-2018), distribuidas a lo largo del año para la estación Santiago Antunez de Mayolo. Fuente: SENAMHI.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se describe teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Huaraz, 20h-I, escala 1:50,000 (Navarro et al, 2010), así como la información contenida en el Boletín N° 76: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian, y Yanahuanca” (Cobbing, et al., 1996).

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores, son de origen volcánico y corresponden al Grupo Calipuy, así como depósitos recientes fluviales, aluviales y antropogénicos.

2.1.1. Grupo Calipuy

Según Cobbing, et al., (1996) esta unidad consiste de por lo menos 2000 m y en algunos sectores más de 3000 m de estratos volcánicos variados. Estos son principalmente rocas piroclásticas gruesos de composición andesítica rico en cristales de biotita, horblenda, cuarzo y abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas. (figura 5).

Las rocas de esta unidad se presentan en forma de grandes bloques colgados de hasta 5 m de diámetro, muy fracturadas, con espaciamientos entre sí que varían entre 10 a 20 cm, aberturas de 4mm y sin relleno visible, (fotografía 1). Además, estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas.

2.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósitos fluviales:

Los depósitos fluviales constituyen los materiales ubicados en el cauce del río Santa, terrazas bajas inundables y llanura de inundación. Están constituidos por cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno-limosos; son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles.

Depósitos aluviales:

Los depósitos aluviales los conforman las extensas llanuras aluviales y terrazas a diferentes niveles sobre los valles principales y tributarios mayores; sus depósitos van desde no consolidados a semi-consolidados, éstos últimos por estar erosionados por los cauces actuales. Estos depósitos generalmente corresponden a una mezcla heterogénea de gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas.

Depósitos antropógenos:

Antropógeno o antrópico, es un término que designa a lo que está vinculado de algún modo al ser humano. La geotecnia, lo identifica como un terreno que ha sido modificado por el hombre. Para el caso del área de estudio está asociado a los lugares donde se modificó el terreno mediante cortes de talud, para la construcción de nuevas viviendas, (figura 4).



Fotografía 1. Afloramiento de rocas piroclásticas de composición andesítica del Grupo Calipuy, muy fracturado, con espaciamentos entre sí que varían entre 10 a 20 cm.



Figura 4. Depósito antropogénico asociado a cortes de talud para la construcción de una nueva vivienda.

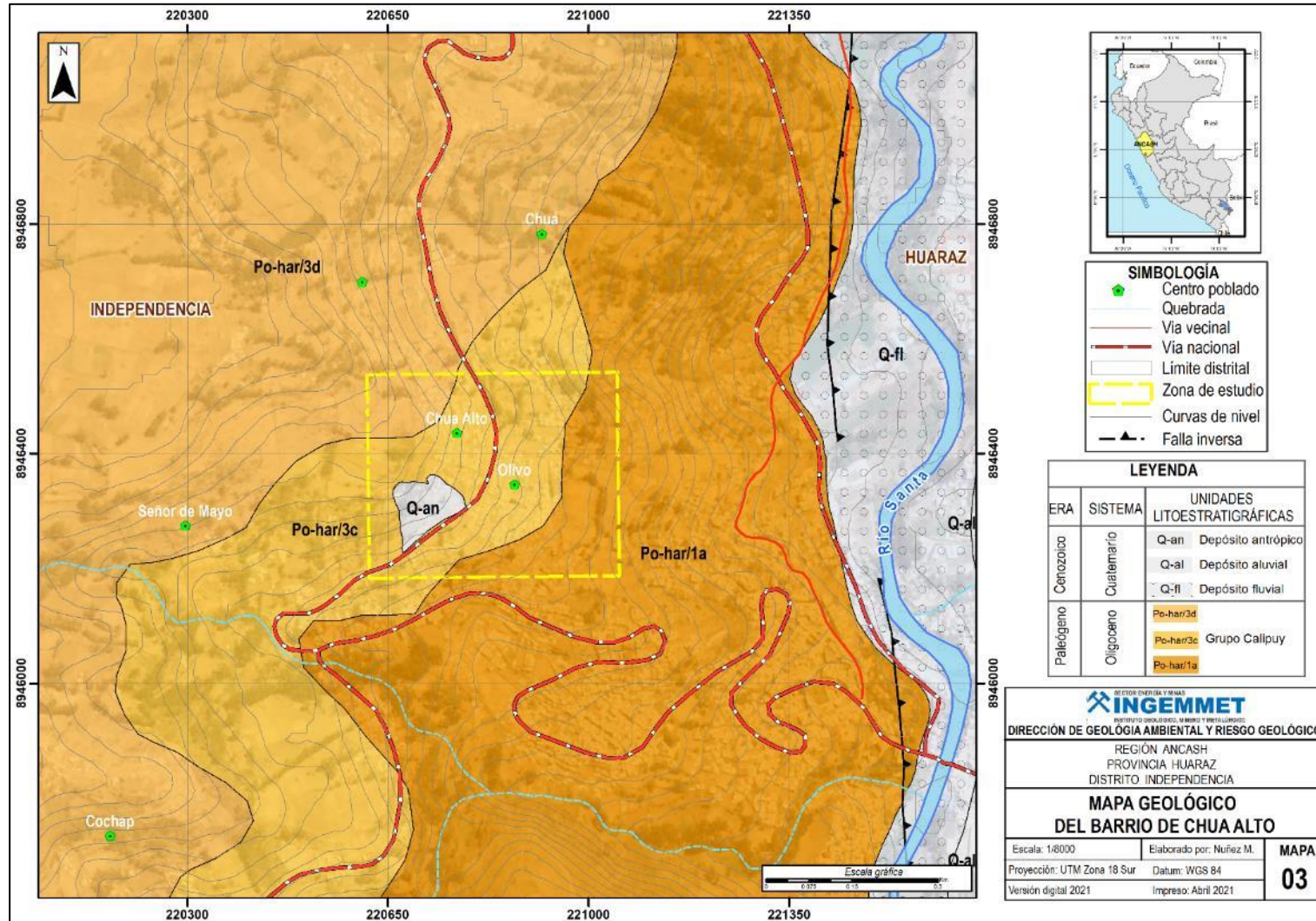


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado de Navarro et al, 2010

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

2.2. Pendientes del terreno

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan 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.

En la figura 6, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendientes van desde fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°). Este rango de pendientes es el resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 3:

Cuadro 3. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
5°a 15°	Moderado	Los terrenos de moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de las montañas y colinas, a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las colinas, lomadas y montañas.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de montañas volcánicas, ubicadas al norte y sur del Barrio de Chua Alto, así como terrazas aluviales, que forman acantilados y vertientes en los valles. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de erosión en cárcava y en los cortes de taludes pueden ocurrir deslizamientos, derrumbes o caídas de rocas.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas, cumbres de colinas, montañas volcánicas, así como en quebradas donde existe erosión cárcava.

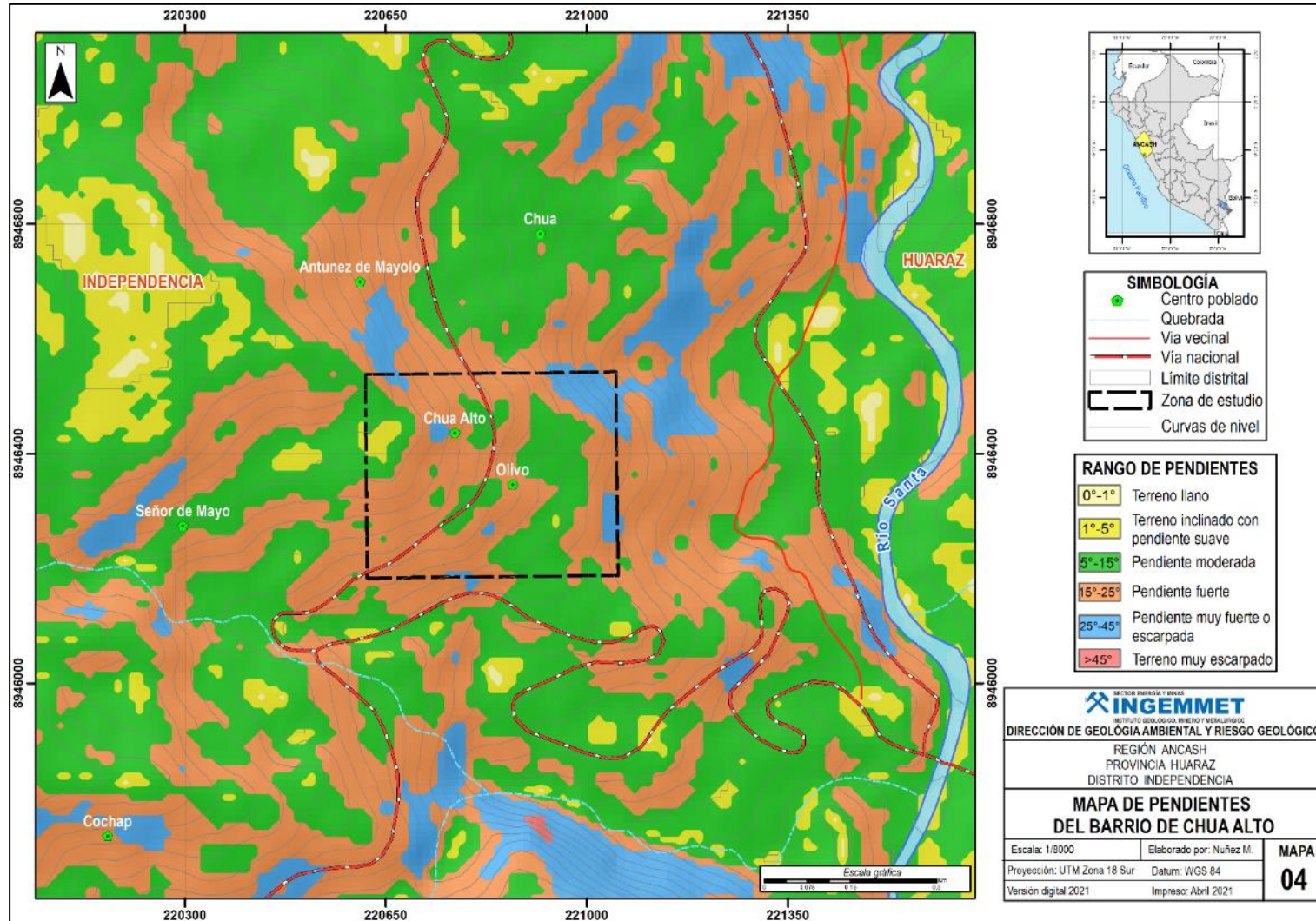


Figura 6. Pendientes del Barrio de Chua Alto y alrededores. (Elaboración propia).

2.3. Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el Barrio de Chua Alto, se utilizaron las publicaciones de Villota (2005) y los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones consideran el efecto de los procesos morfodinámicos (degradacionales o denudativos y agradacionales o deposicionales), en la evolución del relieve.

Las unidades geomorfológicas se describen a continuación y se representan en el mapa de la figura 10:

2.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes pronunciadas y altitudes mayores a 2500 m s.n.m. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geoformas de carácter depositacional, por transporte y acumulación de sedimentos).

2.3.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

A) Sub Unidad de montañas en rocas volcánicas (RM-rv):

Tienen una amplia distribución en el área de estudio, y se reconocen como cumbres y estribaciones o laderas que han sido modeladas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). En general conforman alineamientos alargados de dirección andina, que sobrepasan los 300 m del nivel de base local, constituidos por rocas volcánicas, con diferentes estados de meteorización superficial y de erosión.

En el barrio de Chua Alto se presentan laderas con pendientes que varían entre 15° a 45°, modeladas sobre rocas piroclásticas de composición andesítica, con cimas amplias y subredondeadas. Sus relieves se encuentran asociadas a procesos dominantes de erosión de ladera, caída de rocas, deslizamientos, movimientos complejos y también huaycos. Se distribuyen en forma adyacente a las zonas de fuerte pendiente y se ubican en las partes medias y superiores del valle del río Chucchun, (Figura 7).

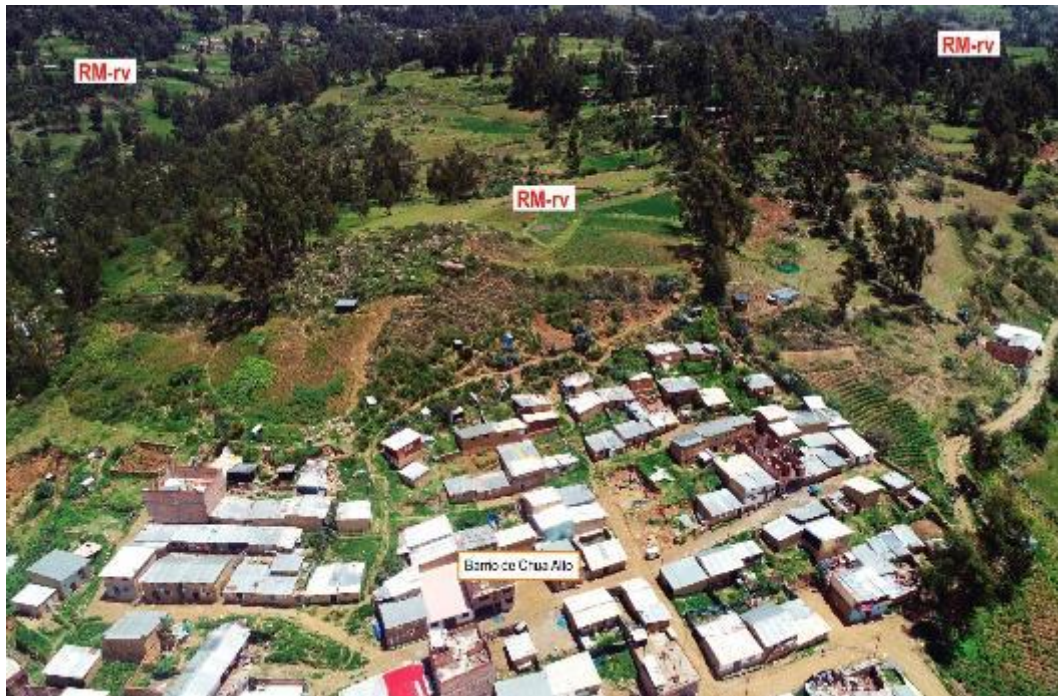


Figura 7. Vista con dirección noroeste, donde se observa la montaña en roca volcánica del Grupo Calipuy, con cimas amplias y subredondeadas.

2.3.2. Geformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geformas anteriores. Se tienen las siguientes unidades y subunidades:

2.3.2.1. Unidad de Planicies

Están asociados a depósitos aluviales, fluvio-glaciares, marinos y eólicos, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas o colinas en afloramientos rocosos. Se identificó la siguiente subunidad:

a) Sub Unidad de Terraza aluvial (T-a)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados del lecho principal del río Santa, a mayor altura, presentan niveles antiguos de sedimentación fluvial, lo cuales han sido disectadas por las corrientes como consecuencia de profundización del valle; sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

2.3.2.2. Geoformas Particulares

a) Sub Unidad depósitos antrópicos (Dan)

Estas geoformas particulares, son el resultado de un conjunto de procesos generados por el hombre, mediante procesos de transformación industrial (cortes de talud), para la construcción de nuevas viviendas, (figura 8).



Figura 8. Vista de la sub unidad de depósitos antrópicos, tomada con el dron; donde se observa cortes de talud para la construcción de nuevas viviendas.

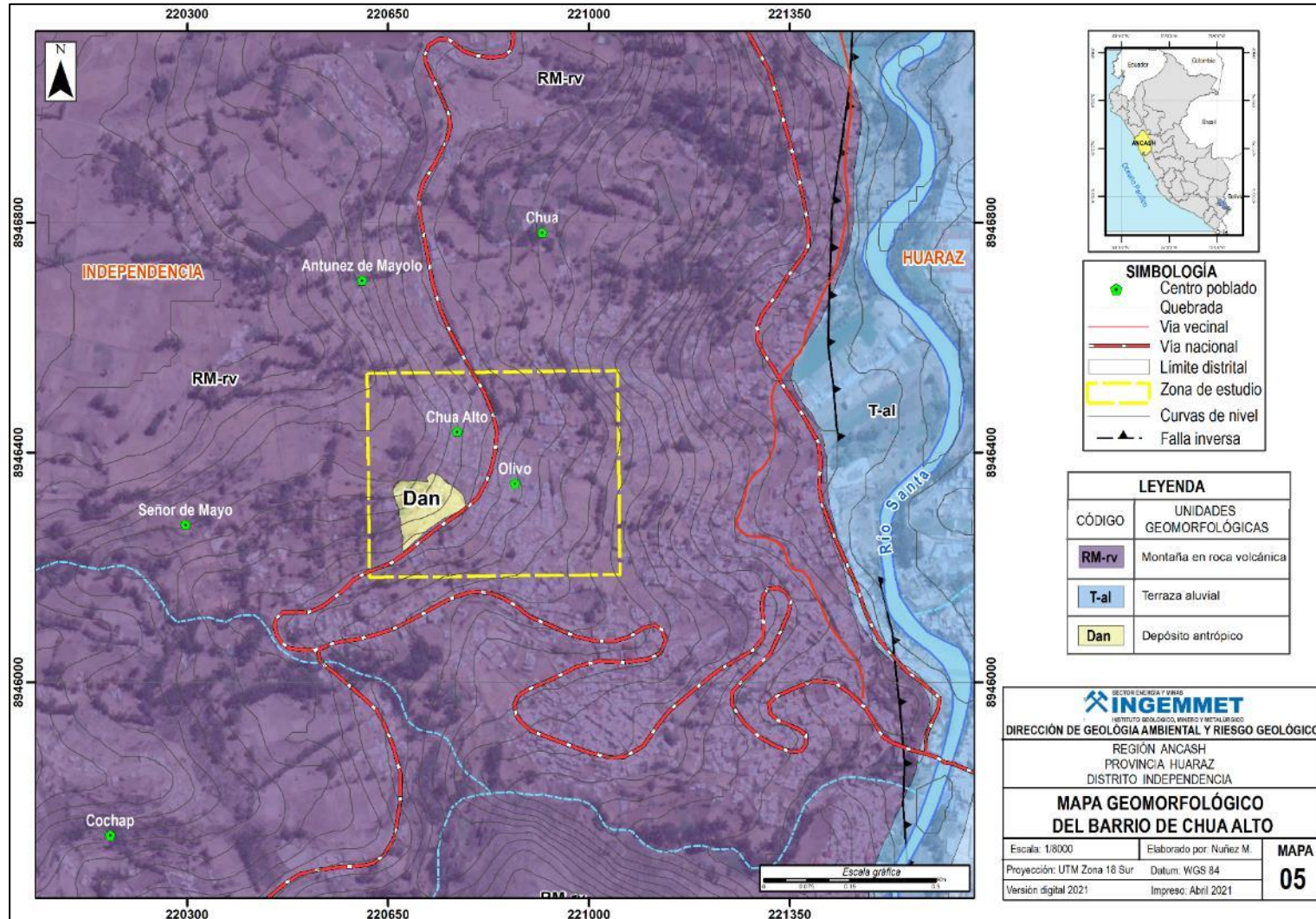


Figura 10. Mapa geomorfológico del barrio de Chua Alto y alrededores. (Elaboración propia).

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

El peligro geológico reconocido en el sector evaluado corresponde a un movimiento en masa de tipo caída de rocas. (PMA: GCA, 2007).

3.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambiando el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Para la caracterización de los eventos geodinámico, se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo, en donde se identificó el tipo de movimiento en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico, hecho con la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, de donde se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.08 cm por pixel, respectivamente.

3.2. Caída de rocas en el barrio de Chua Alto

El 15 de enero del 2021, se generó un proceso de caída de rocas que destruyó una vivienda (actualmente reconstruida). Según lo reportado por la población, el bloque desprendido tenía una longitud de 1.5 m.

Además, se observó varias viviendas asentadas muy próximas a la ladera, separadas a unos 1.7 a 2 m, por lo que podrían ser afectadas por la caída de los bloques.

3.2.1. Características visuales del evento

La caída de rocas presenta las siguientes características y dimensiones:

- Arranque: Talud rocoso fracturado compuesto principalmente de rocas piroclásticas gruesos de composición andesítica.
- Tipo de rotura: Vuelco
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: Irregular, discontinua

- Características del depósito: Bloques aislados
- Alcance máximo: 19 metros
- Tamaño de bloques: 0.50 a 3 m de longitud
- Bloques aislados que varían de 1 a 3 m
- La pendiente varía entre 35° a 45° (figura 10)

El pueblo de Chua Alto presenta grandes bloques colgados de hasta 3 metros de diámetros, los cuales se encuentran dispuestos a tan solo 20 metros de viviendas y a 2 metros de cultivos de choclo y habas, (figura 11). Cabe destacar que la mayoría de las viviendas en este sector son de adobe, algunas de material noble y otras en construcción.

Actualmente a 35 m en dirección noreste, existen otras zonas susceptibles a la caída de rocas, las cuales presentan características similares, con bloques de roca entre 3 m a 5 m, muy fracturadas, aberturas de 0.2 a 0.5 cm y altamente alteradas, (figura 12). Estos bloques de roca podrían ceder ante un sismo de gran magnitud, lo que podría afectar más de 11 viviendas que se ubican al pie de la ladera.



Figura 10. La pendiente del terreno que presenta el sector varía entre 35° a 40°.



Figura 11. Bloques colgados de hasta 3 m de diámetro, que se encuentra a 20 m de las viviendas, así mismo se pudo evidenciar la presencia de un canal de riego sin revestimiento.



Figura 12. Zonas susceptibles a caída de rocas, y su posible dirección de desplazamiento. Ubicado en las coordenadas: 8946435 N, 220687 E, 3264 m s.n.m.

3.2.2. Análisis de perfil trasversal

En base al levantamiento fotogramétrico con dron se generó un modelo digital de terreno (MDT), obteniendo un perfil trasversal (figura 13), el que permitió caracterizar el evento ocurrido el 15 de enero.

El perfil transversal A-A' (sector Chua Alto), muestra el movimiento de la caída de roca sobre los 3276 m.s.n.m. con una pendiente de arranque de 44°. El bloque cae y destruye una vivienda ubicada sobre los 3263 m.s.n.m., y a 40 metros en línea horizontal, haciendo que esta, pierda su velocidad de caída.

Según el criterio de Evans, S.G. y Hungr, O. (1993), basado en métodos empíricos, sugiere usar el análisis de caída de rocas en un terreno inclinado un “ángulo mínimo de sombra de 27.5°”, con ello se podrá determinar un alcance máximo de los bloques de roca. De acuerdo a este criterio se observa que el pueblo de Chua Alto se ubica dentro la zona de alcance máximo de las rocas, lo que permite indicar que, ante la ocurrencia de nuevas caídas, los bloques tienen gran probabilidad de impactar contra a la población (figura 13).

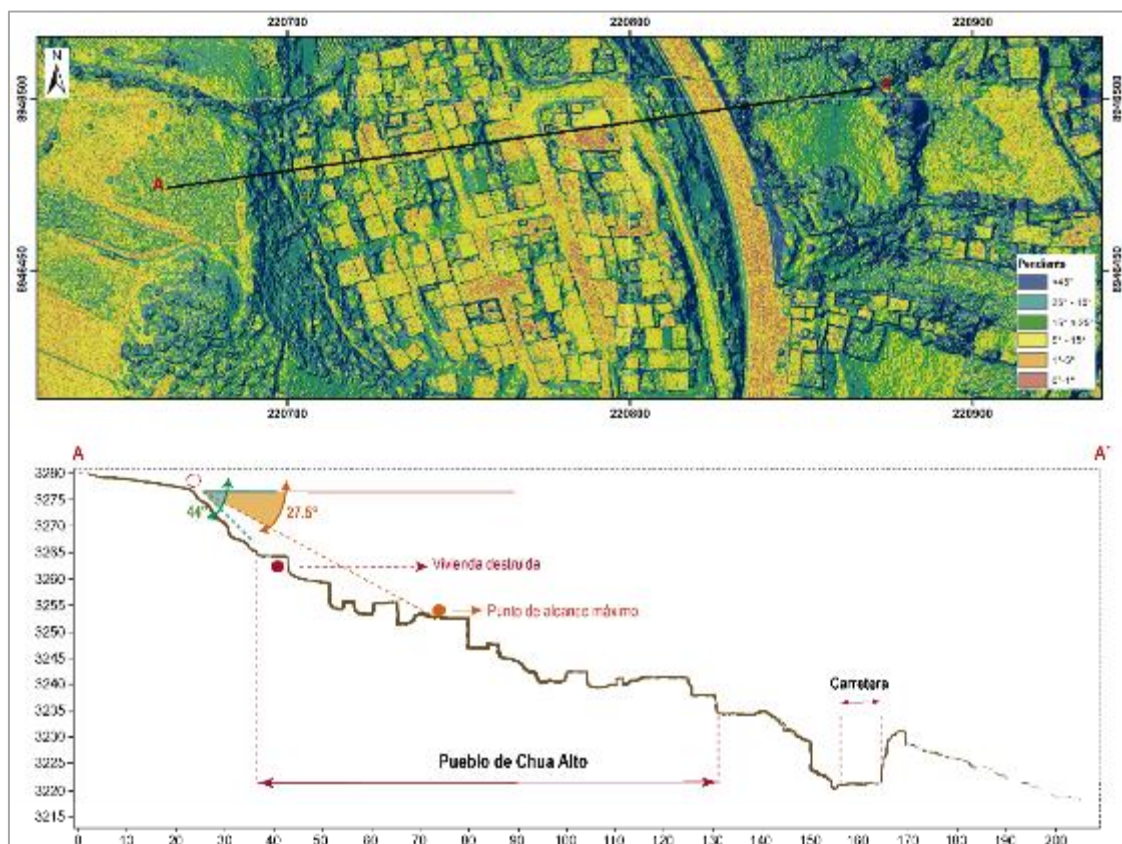


Figura 13. Perfil transversal del evento ocurrido el 15 de enero del presente año y el probable alcance máximo de caída sobre el poblado de Chua Alto, tomado según el criterio de Criterio de Evans, S.G. y Hungr, O. (1993).

3.2.3. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera (44°).
- Configuración geomorfológica de montaña en roca volcánica.
- Litología conformada por rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica y abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas, moderadamente meteorizada y con fracturas, que favorecen la infiltración de aguas y aceleran la alteración de la roca. encuentra moderadamente meteorizada

3.2.4. Factores detonantes o desencadenantes

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de noviembre y abril.
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva y Meneses, 1984), para el área de estudio, prevalecen intensidades máximas en el orden de VI y VII. Así mismo, de acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica, la región Ancash se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

3.2.5. Factores antrópicos

- Cortes de ladera o talud.
- Canal de regadío sin revestir, (fotografía 2).
- Ocupación inadecuada de viviendas y presencia de silos (no cuentan con sistema de desagüe),
- Actividad agrícola a menos de 3 metros de viviendas, en el que se remueve suelos para seguir cultivando

3.2.6. Daños por peligros geológicos

El evento sucedido en enero, según lo reportado por los pobladores, genero los siguientes daños:

- a) Destrucción de una vivienda, ubicada en las siguientes coordenadas: UTM 8946456 N, 220701 E, altitud 3247 m s.n.m. Además, con probabilidad de afectarse 11 viviendas que se asientan muy próximos a la ladera, teniendo una distancia entre 1.7 a 2 m (Figura 13).



Fotografía 2. Se observa canal sin revestimiento, con dirección hacia las viviendas. El canal tiene un ancho de 30 cm y con una profundidad que varía entre 20 a 35 cm.



Figura 13. Vista donde se observa vivienda destruida por la caída de roca (señalada con flecha roja), actualmente reconstruida, así mismo se apreció postes de tendido eléctrico que podrían ser afectados.

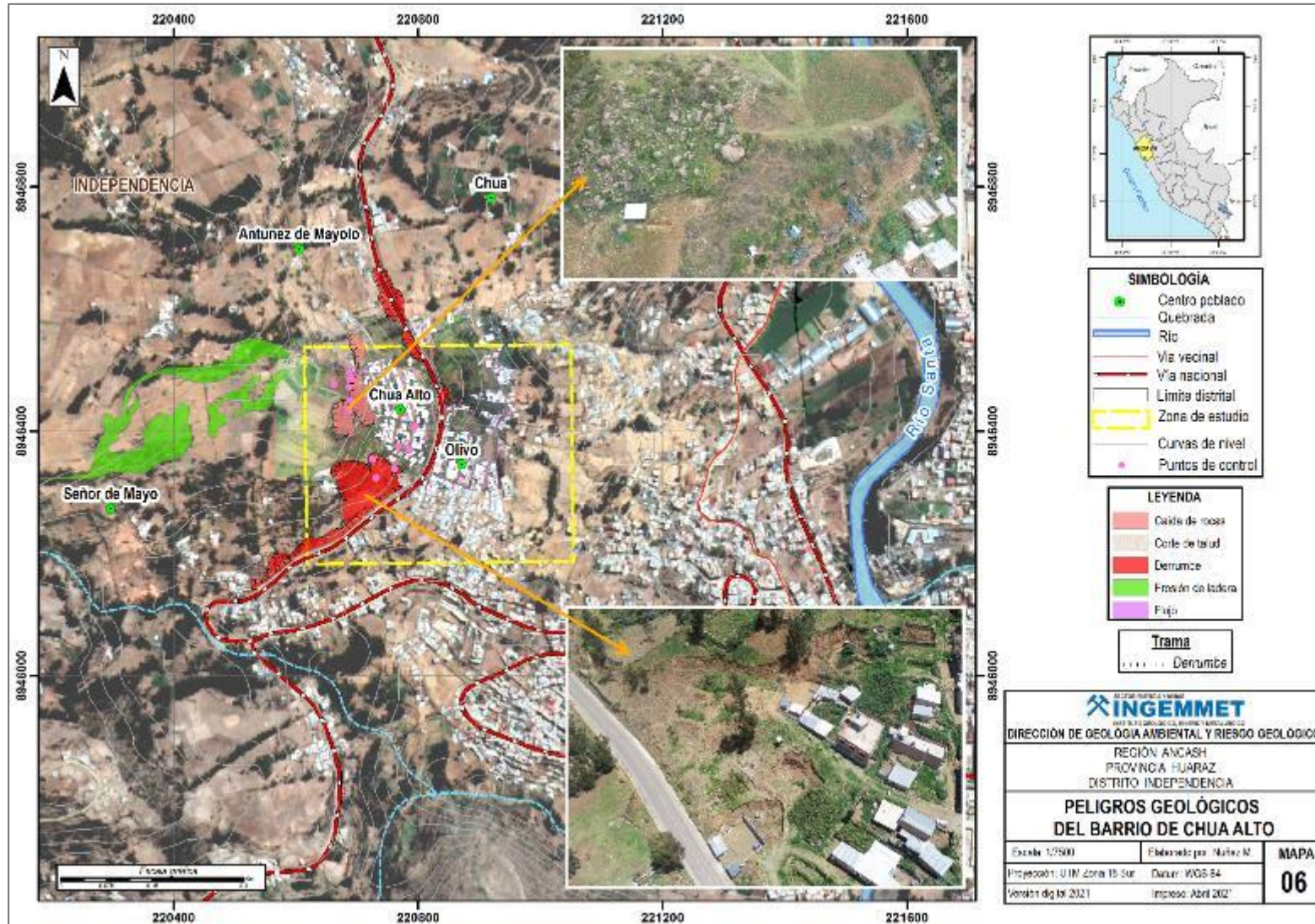


Figura 14. Mapa de peligros geológicos del sector de Chua Alto. (Fuente: Elaboración propia).

4. CONCLUSIONES

- 1) En el Barrio Chua Alto, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa (caída de rocas, derrumbes, flujos) y otros como erosión de ladera, con un área erosionada de 40.9 km². Siendo el evento de caída de rocas del 15 de enero del 2021, el que ocasionó daños y alarma en la población; ya que destruyó una vivienda. Además, existen varias viviendas asentadas muy próximos a la ladera, las mismas que podrían ser afectadas por la caída de bloques.
- 2) De acuerdo al mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, el Barrio de Chua Alto se encuentra ubicada en zonas de susceptibilidad alta a la ocurrencia de peligros geológicos, donde se han registrado 3 caídas de rocas, 8 derrumbes, 1 flujo y 2 procesos de erosión de ladera.
- 3) Las rocas volcánicas de la Formación Calipuy conformado por rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica y abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas, se encuentran muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, lo cual condiciona la generación de movimientos en masa observados en la zona.
- 4) Geomorfológicamente la zona de estudio, se encuentra conformada por montañas en roca volcánica, el cual es reducido por procesos erosionales de movimientos en masa recientes. Las laderas cuentan con pendientes fuerte a muy fuerte (15° a 45°).
- 5) Se considera como factor detonante, la actividad antrópica como son los silos sin canalización, canales de regadío sin revestir y cortes de talud; así como, las lluvias extraordinarias, los sismos de gran magnitud.
- 6) Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del Barrio de Chua Alto, se considera como **peligro alto** por caída de rocas, categorizándolo como Zona Crítica debido a la vulnerabilidad existente

5. RECOMENDACIONES

- 1) Debido a que algunos de los bloques se encuentran directamente sobre las viviendas, se recomienda "asegurarlos", para ello se debe implementarse las medidas de prevención y mitigación, desarrolladas en el anexo 2.
- 2) Los sistemas propuestos para los bloques sueltos son mallas ancladas, barreras dinámicas y red de anillos, entre otros, utilizados en forma independiente o combinada, según las características de cada ladera. Estos trabajos deben ser diseñados y dirigidos por profesionales con experiencia en el tema.
- 3) Reubicar las viviendas que se encuentran próximas a las laderas inestables en un margen de 50 metros.
- 4) **Prohibir** la construcción de nuevas viviendas, y evitar realizar cortes de talud, y la práctica de cultivo próximo a las viviendas, para evitar remoción de suelos y desestabilización de laderas.
- 5) Revestir el canal de riego que discurre directamente hacia las viviendas, y realizar la instalación de un sistema de tuberías para los silos, que eviten la infiltración de agua al subsuelo y saturación del mismo.
- 6) Realizar trabajos de sensibilización en la población del barrio Chua Alto, indicando los peligros geológicos a los que están expuestos, a fin de 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



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

6. BIBLIOGRAFÍA

Alva, J.E.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 12-18 noviembre 1984. Lima: CISMID, 11 p.

Cobbing J, Sánchez A, Martínez W, Zarate H. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian, y Yanahuanca. Ingemmet. Boletín N° 76, Serie A, Carta Geológica Nacional.

Evans, S.G. y Hungr, O. (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slopes: Canadian Geotechnical Journal., V.30, p. 620-636.

Navarro, P, Rodríguez, F, Chávez, L, Martiarena, R. (2009). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huaraz Escala 1:50000 Hoja 20-h Cuadrante– I. Ingemmet.

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.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: abril 2020). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

UNDRO(1979), Natural disaster and vulnerability analysis. Informe de reunion del grupo de expertos. Ginebra, Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastres.

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes, R. (2009). Riesgos geológicos en la región Áncash. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 38, 280p.

ANEXO 1: GLOSARIO

Peligros geológicos

Son fenómenos que podrían ocasionar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

Susceptibilidad

La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Caída de rocas

Son un tipo de movimiento en masa, en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la ladera (figura 1). Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir velocidades mayores a 50 mm/s.

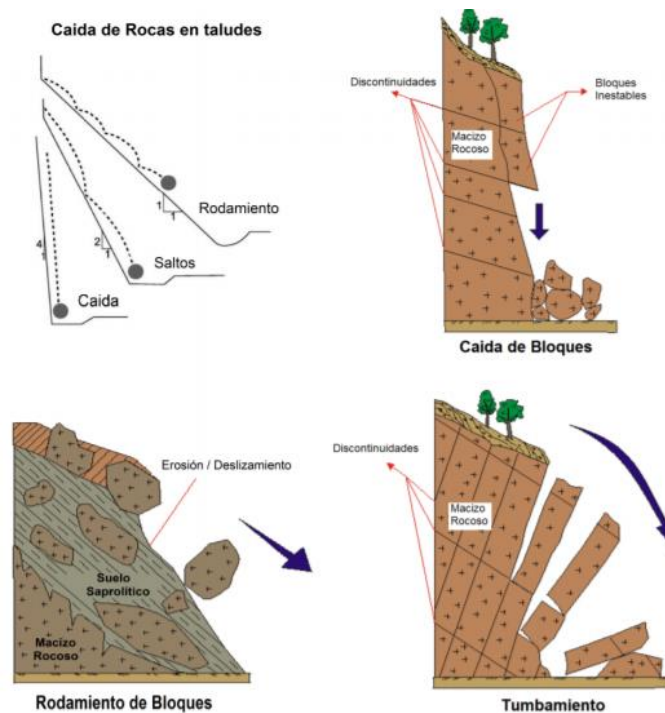


Figura 1. Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques realizados sobre el talud dependiendo de su pendiente y su origen (Fuente: Modificado Pimentel, 2011).

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A partir de la evaluación geológica-geodinámica realizada, se dan algunas propuestas de intervención de forma general para la zona evaluada. Se debe considerar como medidas de prevención y mitigación ante futuros eventos que puedan causar desastres en las laderas del cerro, el no permitir la expansión urbana hacia las laderas.

Para bloques que sobresalen en el talud y no están sueltos.

Debido a que algunos de los bloques se encuentran directamente sobre las viviendas, se recomienda "asegurarlos". Para ello se debe implementarse lo siguiente:

- 1) Construir un muro alrededor del bloque, con una altura que cubra hasta más de la mitad los bloques de mayor dimensión, (ver figuras 2, 3 y 4).
- 2) La base del muro debe estar cimentada sobre roca fresca. Las varillas de fierro que se van a fijar al muro, deberán ser introducidas en el substrato hasta medio metro (llegar a roca fresca).
- 3) Hacer un enmallado para la construcción de un muro, teniendo como base las varillas fijadas.
- 4) Una vez terminado el enmallado del muro, se empieza a vaciar el concreto, hasta formar el muro con un ancho aproximado de 1 m.
- 5) Una vez terminado el muro, se rellanará con concreto el espacio dejado entre el muro y el bloque, formando una cuña. Antes de comenzar estas actividades se debe reubicar y/o desocupar las viviendas, por fines preventivos, porque podría generarse un rodamiento de las rocas sueltas.

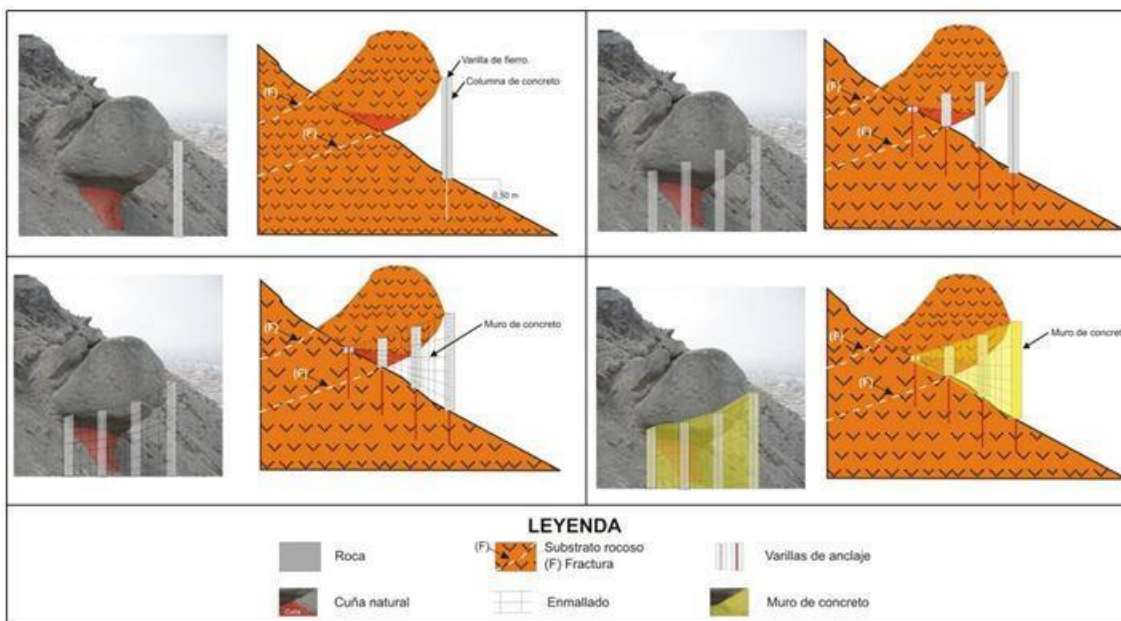


Figura 2. Muro en base del bloque para proteger viviendas aledañas.

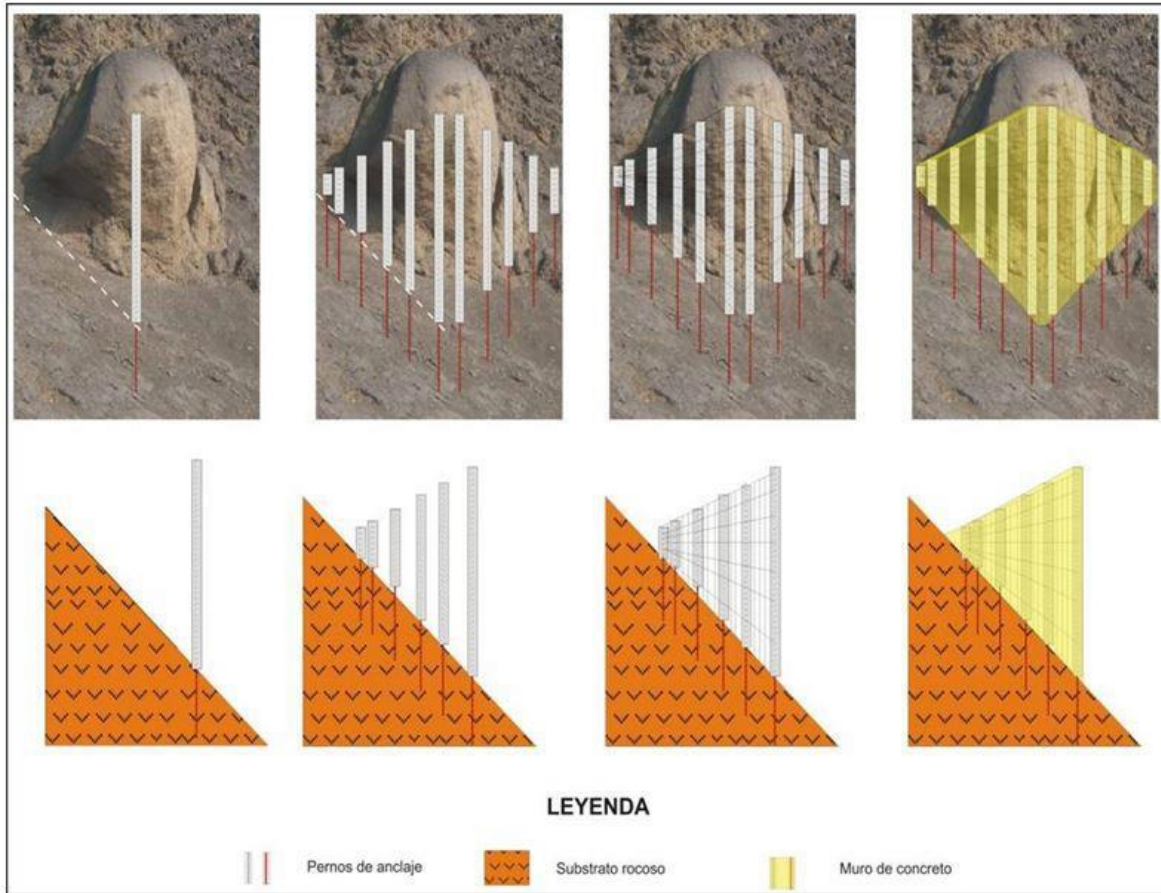


Figura 3. Esquema explicativo del bloque de roca.

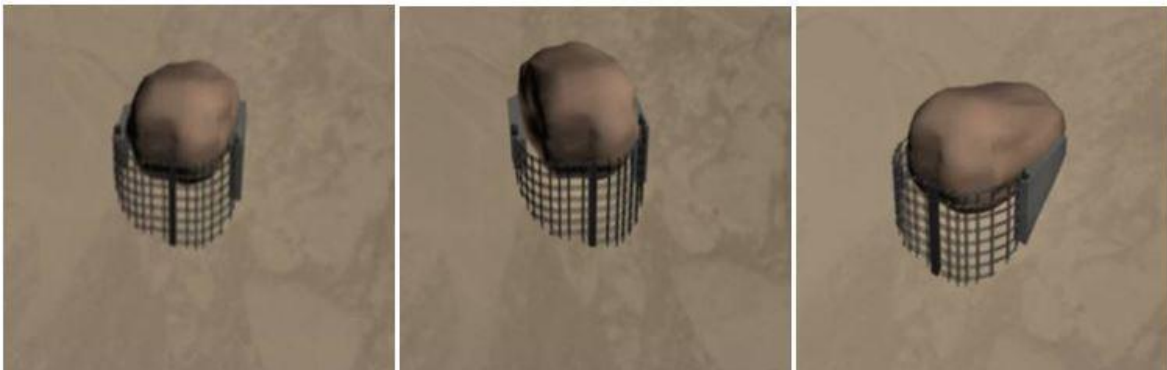


Figura 4. Se indica cómo quedaría el sostenimiento final.

Para los bloques sueltos

- 1) Desatar los bloques inestables de la ladera.
- 2) Fragmentar los bloques inestables que tengan dimensiones menores a 1.50 m, en base al sistema de dilatación y contracción. Este proceso consiste en quemar la roca y una vez que alcance una alta temperatura (color rojo), agregar agua. Esto ocasionará una contracción muy violenta, dando como resultado su fragmentación.
- 3) En la ladera con bloques inestables y con buena cobertura de suelo, se puede estabilizar de la siguiente manera: hacer una excavación en la parte inferior del bloque, con la finalidad que este pierda estabilidad y caiga hacia la parte excavada (figura 5).
- 4) Para fines de prevención, al momento de desatar los bloques sueltos, es muy probable que estos se desplacen cuesta abajo, por lo que es necesario poner en alerta a los pobladores de las viviendas ubicadas en la falda de la ladera.

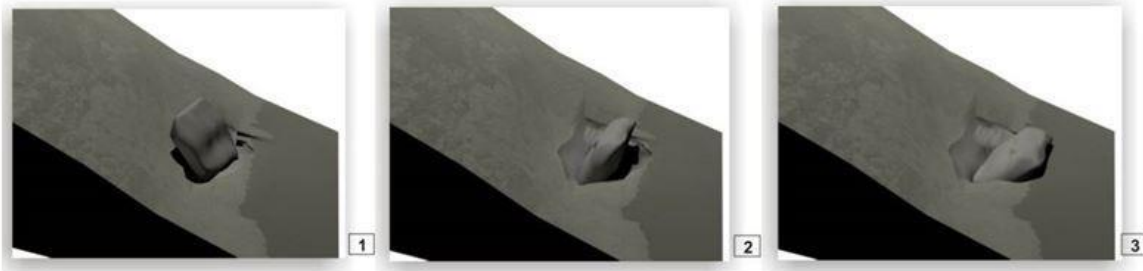


Figura 5. Tratamiento de un bloque suelto en suelo potente.

Se recomienda la construcción de zanjas o vallas simples de contención o la ubicación de redes (malla galvanizada) para captar los bloques más pequeños que se desprendan de las laderas superiores a la zona de corte.

Además de lo anterior, es recomendable en este sector la ubicación de anclajes de refuerzo, gunita sistemática y muros de hormigón, de anclado en las zonas donde se observen procesos de desprendimientos de rocas activos.

Los macizos rocosos atravesados presentan características geológicas-geotécnicas complejas y heterogéneas con un elevado índice de fracturación que da lugar a un proceso permanente de caída de rocas de tamaños decimétricos hasta métricos.

Los sistemas propuestos son: mallas ancladas, barreras dinámicas y red de anillos, utilizados en forma independiente o combinada, según las características de cada contra talud:

Mallas ancladas: es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos o que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero (figura 6). Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de

bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.

Todos estos elementos poseen recubrimiento anticorrosivo salvo los elementos de anclaje (bulones intermedios, los anclajes superiores, tuerca y placas de anclaje).



Figura 6. Control de caída de rocas utilizando mallas ancladas.

Las mantas de malla ancladas pueden utilizarse para impedir el movimiento de bloques pequeños (menos de 0.6 a 1 m de diámetro) o masas subsuperficiales delgadas de roca. Sin embargo, en ocasiones las mallas ayudan a atenuar el movimiento de grandes bloques. En principio la malla anclada actúa como una membrana alrededor de la masa o bloque inestable; a su vez pueden ser reforzadas con cables, los cuales se amarran a los anclajes.

Barreras dinámicas: es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída de rocas, diseñado específicamente para interceptar y retener las rocas en un punto de su trayectoria de caída, disipando la energía cinética del movimiento a través de la deformación plástica de determinados elementos del sistema diseñados a tal efecto, y de la actuación elástica de elementos diseñados con determinados grados de libertad respecto del impacto recibido.

En ciertas situaciones de riesgo de caída de roca, puede que no sea práctico instalar una malla de protección contra cortinas o estabilización de la superficie debido a problemas

técnicos, topográficos, de acceso o económicos. En estos casos a menudo se proporciona una solución rentable mediante la instalación de barreras dinámicas de caída de rocas en la cara de la pendiente. Las barreras dinámicas de protección contra desprendimientos se caracterizan por su capacidad de absorción de impactos. Por ello conforman un sistema muy eficaz y seguro para detener la caída de rocas y otras masas. Su configuración varía de acuerdo con la energía requerida en el impacto previsto (figura 7).



Figura 7. Ejemplo de barrera dinámica.

Red de anillos: es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída grande rocas, el que, actuando directamente sobre la zona afectada, permita fijar in situ los bloques rocosos inestables, conteniendo los mismos y por tanto eliminando el riesgo de desprendimientos. Está constituida por anillos de acero entrelazados entre sí, sin solución de continuidad y de elevada resistencia. Su configuración permite gran adaptabilidad a la morfología del talud en laderas irregulares. Los anillos trabajan en conjunto en la red, y por ello son ideales para soportar altas cargas e impactos de alta energía ya sea de forma concentrada y distribuida. La red es colocada con anclajes al terreno, conteniendo el macizo fracturado o con riesgo de desprendimiento, la resistencia de la red de anillos es muy elevada (figura 8).



Figura 8. Ejemplos de estabilización con red de anillos