

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7358**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CERRO CHALLHUACHETA

Departamento Apurímac  
Provincia Cotabambas  
Distrito Challhuahuacho



FEBRERO  
2023

## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CERRO CHALLHUACHETA

Distrito Challhuahuacho, provincia Cotabambas, departamento Apurímac)

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

*Equipo de investigación:*

*David Prudencio Mendoza*

*Guisela Choquenaira Gárate*

### **Referencia bibliográfica**

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el cerro Challhuacheta. Distrito Challhuahuacho, provincia Cotabambas, departamento Apurímac. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7358, 24p

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	3
1.3.1. Ubicación .....	3
1.3.2. Accesibilidad.....	4
1.3.3. Clima.....	4
<b>2. DEFINICIONES</b> .....	5
<b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	6
<b>3.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	6
3.1.1. Formación Murco.....	6
3.1.2. Formación Arcurquina.....	6
3.1.3. Grupo Barroso.....	6
3.1.4. Depósitos recientes.....	7
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	7
<b>4.1. Pendientes del terreno</b> .....	7
<b>4.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	8
4.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional .....	8
4.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional .....	9
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	10
<b>5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	10
<b>5.2. Caída de rocas del cerro Challhuacheta</b> .....	11
5.2.1. Características visuales del evento .....	13
5.2.2. Factores condicionantes.....	17
5.2.3. Factores desencadenantes.....	17
5.2.4. Factores antrópicos.....	17
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	18
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	19

<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS .....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES .....</b>	<b>24</b>

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector Cerro Challhuacheta, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Challhuahuacho, provincia Cotabambas, departamento Apurímac.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen volcánico-sedimentario del Grupo Barroso y el Complejo volcánico Vilcarani, donde se aprecian depósitos piroclásticos soldados de naturaleza dacítica a riolítica, compuesto por cenizas, pómez y biotita, los cuales se presentan poco fracturados, con tres familias de fracturas que originan bloques sueltos que pueden caer.

Las principales geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional (colina en roca volcánica y superficie con flujo piroclástico) y las de carácter deposicional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos (piedemonte coluvio deluvial y terraza aluvial).

La pendiente del terreno ( $45^\circ - 90^\circ$ ) es abrupta (donde se origina la caída de rocas), los bloques sueltos caen sobre la ladera de fuerte a muy fuertes pendiente ( $15^\circ - 45^\circ$ ) y pueden llegar hasta la terraza aluvial (con pendiente media entre  $5^\circ - 15^\circ$ ). Por esta razón, la pendiente de los terrenos es el factor principal de las caídas de rocas en este sector.

En la ladera del cerro Challhuacheta, se apreció un evento de caída de rocas, que afectó ladera abajo, a las viviendas del barrio Wichaypampa y el Hospital Challhuahuacho que se encuentra en construcción.

La zona de arranque, desde donde se desprenden las rocas, tiene una distancia de 550 m, presenta una pendiente promedio de  $33^\circ$ , los bloques provenientes de antiguas caídas están dispuestos en la ladera del cerro; algunos que llegaron hasta terraza aluvial, tienen dimensiones entre 0.5 a 5 m de diámetro. Además, los pobladores indicaron que el día 18 de junio del 2019 ocurrió una caída de rocas que afectó una vivienda.

Por todo ello, se concluye que el área de estudio es considerada de **peligro muy alto** a la ocurrencia de caída de rocas, que pueden ser desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas o movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante para que las autoridades competentes pongan en práctica, como es la forestación, construcción de barreras dinámicas, terraceo de la ladera y desquinche de las rocas sueltas propensas a caer.

## 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 Challhuahuacho, según Oficio N° 123-2020-MDCH/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos de tipo (caída de rocas), ocurridos el día martes 18 de junio de 2019 en el sector cerro Challhuacheta, que afectó una vivienda del barrio Wichaypampa y amenaza la integridad de los peatones y al Hospital Challhuahuacho.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros David Prudencio y Guisela Choquenaira para realizar la evaluación técnica respectiva.

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 y fotografías), la actualización de la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Challhuahuacho y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastre, 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 los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el cerro Challhuacheta, a fin de evaluar los daños que puedan generar en la población, viviendas y obras de infraestructura como el centro de salud.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros por movimientos en masa identificados en el sector evaluado.
- c) Emitir las recomendaciones viables y ejecutables a fin de reducir, prevenir y/o mitigar los daños que puedan causar los peligros geológicos identificados. Todos ellos determinados en el presente informe.

## 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen al cerro Challhuacheta, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 27, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 2” (2002); se identifican los peligros geológicos de remoción en masa que pueden causar desastres. Se identificaron 108 caídas de rocas, 225 derrumbes, 2 vuelcos, 164 deslizamientos, 452 flujos (huaicos reptaciones de suelo flujos de lodo y aluviones) y 54 tipos de movimientos complejos, de las cuales se menciona y se georreferencia las caídas de rocas del Cerro Challhuacheta. Se mencionan los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de estos fenómenos como los procesos geodinámicos intrínsecos (la litología del substrato, el tipo de suelo, pendiente del terreno, discontinuidades favorables en las rocas, geomorfología y los factores climáticos e hidrológicos), y los detonantes o disparadores de estos eventos, los cuales son la sismicidad y la precipitación pluvial.
- B) La plataforma geocatmin presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, generado por el Ingemmet (<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), donde la zona evaluada se encuentra en susceptibilidad media.
- C) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomás (29-r) Escala 1:100 000” (Galdos, J., y Carrasco, S., 2003); se describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía, rocas ígneas, volcánicas y la geología estructural del cuadrángulo.
- D) Boletín N° 35, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Chahuanca, Antabamba y Santo Tomas Hojas: 29 – p, 29 - q y 29 – r” (Pecho, V., 1981), se describe la geología presente en la zona evaluada.

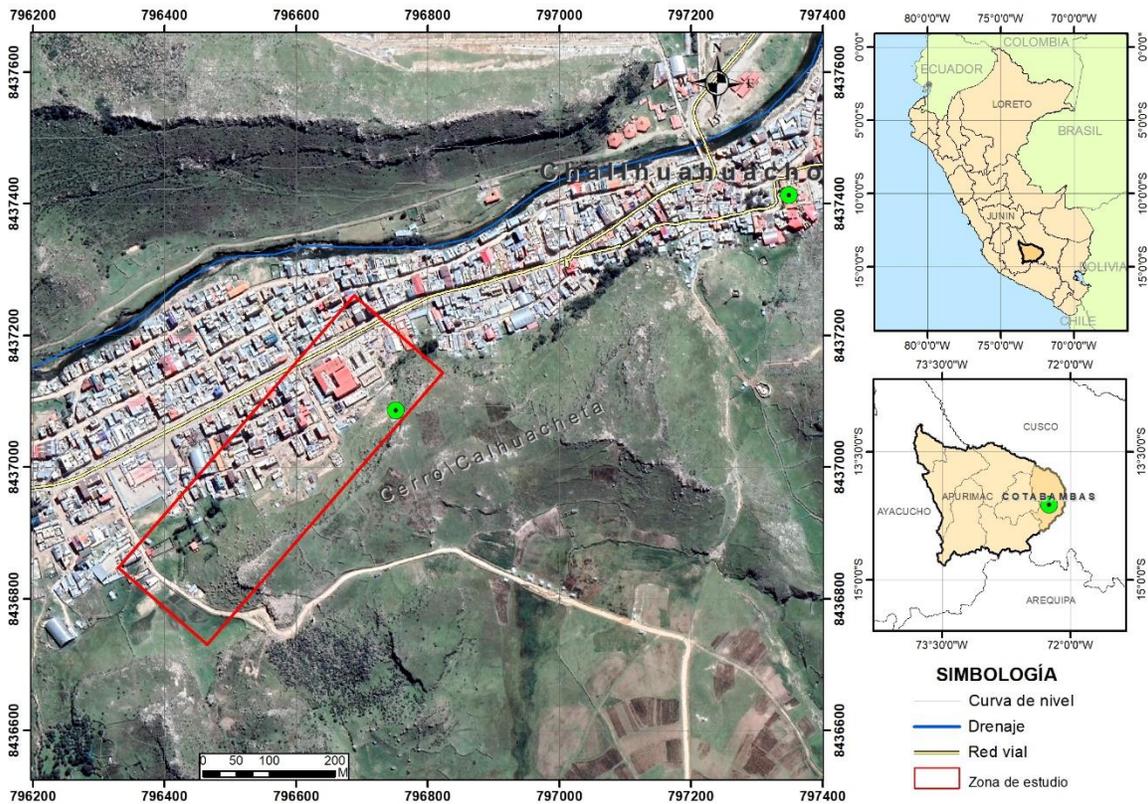
## 1.3. Aspectos generales

### 1.3.1. Ubicación

El cerro Challhuacheta se ubica al sureste del distrito de Challhuahuacho, provincia Cotabambas, departamento Apurímac (figura 1), cuenta con coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 S) siguientes:

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

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	796732	8437265	-14.120001°	-72.251749°
2	796863	8437150	-14.121026°	-72.250525°
3	796513	8436736	-14.124802°	-72.253719°
4	796379	8436848	-14.123805°	-72.254971°
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA</b>				
C	796752	8437086	-14.121616°	-72.251545°



**Figura 1.** Ubicación del centro poblado de Challhuahuacho.

### 1.3.2. Accesibilidad

La principal vía de acceso desde la ciudad del Cusco (Ingemmet, OD Cusco) se realizó por vía terrestre, mediante la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Ingemmet OD Cusco – Inquilpata, Anta	Asfaltada	35.2	53 min
Inquilpata, Anta - Challhuahuacho	Asfaltada (nivel bicapa)	168	4 h 28 min

### 1.3.3. Clima

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), en el distrito de Challhuahuacho se presenta un clima lluvioso con eficiencia de temperatura de tipo semifrío, con frecuencia de precipitaciones entre los meses de diciembre a marzo y heladas entre los meses de junio a setiembre, con humedad atmosférica relativa de tipo húmeda. Las

lluvias acumuladas anuales promedio son de 700 mm y temperaturas medias anuales de 7°C.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

## 2. DEFINICIONES

Se describen algunas definiciones usadas en el informe:

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

**Caída:** Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando. Se le conoce también como desprendimiento de rocas, suelos y/o derrumbes (caída de detritos).

**Corona:** Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

**Deslizamientos:** Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

**Escarpa:** Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

**Flujos:** Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados (huaicos) y no canalizados.

**Formación geológica:** Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

**Fractura:** Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

**Meteorización:** Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

**Movimientos en masa:** Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano,

los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

**Peligro o amenaza geológica:** Es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

**Reptación de suelos:** Movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. Puede ser de tipo estacional, cuando se asocia al cambio climático o de humedad y verdadero cuando hay desplazamiento continuo.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se elaboró teniendo como base la Memoria Descriptiva de Revisión y actualización del Cuadrángulo Santo Tomás (29-r), a escala 1:100 000 (Galdos & Carrasco, 2003), en la cual resaltan principalmente depósitos de flujos piroclásticos del Complejo Volcánico Vilcarani. Esto se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

#### 3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que se aprecian en la zona de estudio corresponden al Grupo Barroso y el Complejo Volcánico Vilcarani, constituido por depósitos piroclásticos soldados de naturaleza dacítica a riolítica. En las zonas bajas se aprecia depósitos aluviales compuesto por gravas y bloques subangulosos con matriz arena limosa, donde se asienta parte de la ciudad de Challhuahuacho. Además, junto al río se aprecian depósitos fluviales (Anexo 1-Mapa 1).

##### 3.1.1. Formación Murco

Esta unidad es la más antigua que aflora en el área evaluada, se ubica al suroeste del distrito de Challhuahuacho, su edad es del Cretácico inferior, litológicamente está conformado por una intercalación de limoareniscas y limoarcillitas en estratos delgados, en la parte media por intercalación de areniscas blanquecinas a rojizas con limoareniscas y limoarcillas, estas se presentan moderadamente meteorizado y poco fracturado.

##### 3.1.2. Formación Arcurquina

Esta unidad se ubica en los alrededores del distrito de Challhuahuacho, sobreyace a la Formación Murco y su edad es del Cretácico superior. Litológicamente consiste en tres secuencias: en la zona de estudio se aprecia la secuencia media (Kis-ar-m) ubicada al sur y al este de la plaza de Chalhuahuacho, está conformada por niveles de calizas en estratos delgados intercalados con niveles pelíticos y estratos de calizas micríticas, las cuales se presentan moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.

##### 3.1.3. Grupo Barroso

Está constituido por secuencia de rocas volcánicas, principalmente de flujos piroclásticos de naturaleza dacítica a riolítica de una edad Neógeno Plioceno. Se divide en dos

complejos volcánicos: Malmanya y Vilcarani, este último se aprecia en la zona de estudio.

### **Complejo Volcánico Vilcarani**

Aflora en los alrededores del centro poblado de Challhuahuacho, en el cerro Challhuacheta, se presenta rellenando el valle. Los depósitos que se aprecian en la zona de estudio son:

**Depósitos de tobas lapilli con cristales y líticos:** se aprecian depósitos piroclásticos de caídas moderadamente soldado con cristales y líticos conformado por tobas lapilli, cenizas y biotita, con una matriz criptocrystalina a afanítica de color gris blanquecino y estructura columnar visible, ubicada en la parte alta del cerro Challhuacheta a la altura del Hospital Challhuahuacho.

**Depósitos tobáceos:** Consta de tobas de arenas intercaladas con tobas de ceniza compuestos por lapilli, biotita, pómez alternando con ignimbritas, estos depósitos son de color gris blanquecino y se ubican en al sur de la zona de estudio.

Las tobas se encuentran ligeramente meteorizada y poco fracturados hasta maciza. En el sector evaluado se midieron hasta 3 familias de fracturas con espaciamiento entre ellas de hasta 30 cm, por lo que las rocas tienen un menor contacto entre ellas.

#### 3.1.4. Depósitos recientes

**Depósitos de morrena:** Está constituido por materiales subredondeados en matriz areno conglomerádica, aflora en la parte alta del cerro Challhuacheta por encima del Complejo Volcánico Vilcarani.

**Depósitos aluviales:** Está constituido por gravas, cantos angulosos de diferentes tipos de roca en matriz areno arcillosa, formando conos aluviales y terrazas antiguas y recientes junto a la ladera del cerro Challhuacheta.

**Depósitos coluviales:** Está compuesto por depósitos de materiales caídos del Complejo Volcánico Vilcarani, conformado por bloques y gravas angulosas a subangulosas, en matriz areno limosa, dispuestos a lo largo de la ladera del cerro Challhuacheta (Anexo 2 – Tabla 1).

**Depósitos fluviales:** Compuesto principalmente por arenas milimétricas de granos de diferentes tipos de roca, dispuestas en barras longitudinales formando terrazas a lo largo del río Challhuahuacho.

## **4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

### **4.1. Pendientes del terreno**

El mapa de rangos de pendientes fue realizado con ayuda del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS).

En el área inspeccionada, la zona donde se producen las caídas de rocas presenta una pendiente abrupta (45° - 90°), los bloques sueltos que caen y se depositan mayormente en

la ladera tienen pendientes que van de fuertes ( $15^\circ - 25^\circ$ ) a muy fuertes ( $25^\circ - 45^\circ$ ), estas zonas en promedio presentan pendientes de  $33^\circ$ , en la parte baja la pendiente va de media ( $5^\circ - 15^\circ$ ) a baja ( $1^\circ - 5^\circ$ ), en este sector se asienta el centro poblado de Challhuahuacho (Anexo 1-Mapa 2).

#### 4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área 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 (Vílchez *et al.*, 2019) (figura 2).

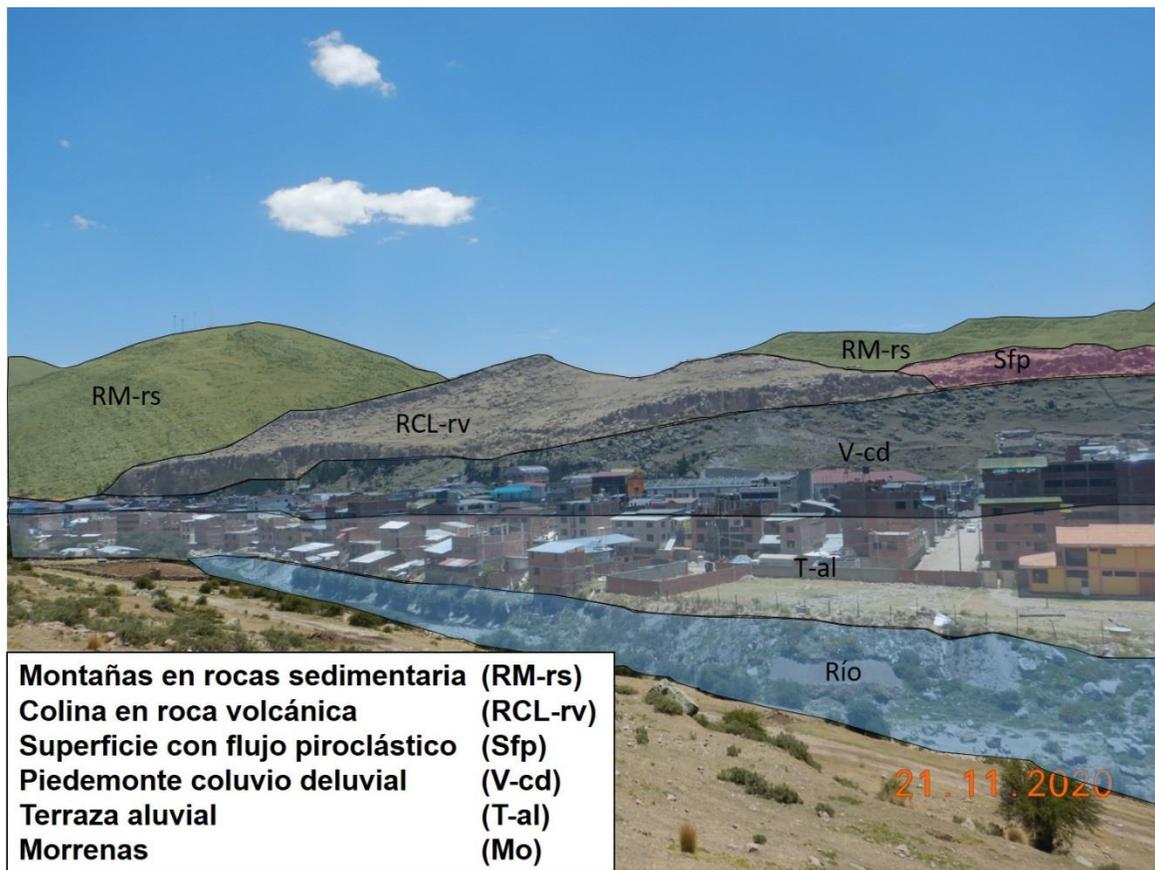


Figura 2. Unidades geomorfológicas del distrito de Challhuahuacho.

##### 4.2.1. Geofomas de carácter tectónico degradacional y erosional

Estas geofomas, son el resultado de procesos originados por las tectónicas que presenta el área de estudios, sumado a un consiguiente proceso denudativo y erosional, afectando otras geofomas pre existentes por acumulación de materiales:

##### 4.2.1.1. Unidad de montaña

Se consideran dentro de esta unidad a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose las siguientes

subunidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual.

**Subunidad de montañas en rocas sedimentaria (RM-rs):** Dentro de esta subunidad se considera las rocas de las formaciones Murco y Arcurquina estos se ubican en la parte alta del Cerro Challhuacheta al noreste del distrito de Challhuahuacho.

En los sectores que aflora la Formación Arcurquina se aprecian pendientes fuertes a muy fuertes y donde aflora la Formación Murco, las pendientes son medias a bajas.

#### 4.2.1.2. Unidad de colinas y lomadas

Estas geofomas presentan menos de 300 m desde el nivel de base local. Las colinas presentan cimas estrechas con una inclinación promedio en su ladera superior a 16 % y divergen en todas direcciones. Las lomadas tienen una altura similar a las colinas, presenta cimas amplias, redondeadas y alargadas, con gradientes entre 8 % y 16% (Villota, 2005, p. 64).

**Subunidad de colina en roca volcánica (RCL-rv):** se ubica al sureste del Hospital Challhuahuacho. Está representada por el Complejo Volcánico Vilcarani compuesta por depósitos piroclásticos de caídas moderadamente soldado, conformado por tobas lapilli con cristales y líticos, los flancos de esta unidad se encuentran fracturados y es material dispuesto a generar caídas, llegando a tener pendientes abruptas.

#### 4.2.1.3. Unidad de planicie

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, provienen de denudación de antiguas llanuras agradacionales o de aplanamientos diferenciales de anteriores cordilleras, con pendientes muy bajas a medias, está determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales. También lo determina la acumulación de material volcánico piroclástico que cubre superficies preexistentes.

**Subunidad de superficie con flujo piroclástico (Sfp):** Dentro de esta subunidad se considera las rocas ignimbritas del Complejo Volcánico Vilcarani, compuestos por lapilli, biotita, pómez y esporádicos líticos polimícticos alterados, estos se ubican en la parte alta del Cerro Challhuacheta al sur del distrito de Challhuahuacho.

En las zonas donde aflora estas ignimbritas las pendientes son medias a bajas y están compuestas por una intercalación de areniscas, limoareniscas y limoarcillitas en estratos delgados, los flancos de esta unidad se encuentran fracturados y es material dispuesto a generar caídas, llegando a tener pendientes abruptas.

#### 4.2.2. Geofomas de carácter depositacional y agradacional

Estas geofomas, son el resultado de procesos geológicos constructivos originados por agentes móviles como deslizamientos y derrumbes que presenta el área de estudio, generando la nivelación de la superficie, mediante depositación y acumulación de materiales solidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

##### 4.2.2.1. Unidad de piedemonte

Se consideran formas de terrenos que constituyen la transición entre los relieves montañosos accidentados y las zonas planas, predominan los terrenos generados por fuerzas de desplazamiento como depósitos coluviales antiguos y recientes relacionados a repentinos cambios de pendiente.

**Subunidad de Vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd):** Son depósitos inconsolidados, localizados al pie de las laderas del cerro Challhuacheta, como resultado de la acumulación de materiales caídos desde las partes altas, por acción de la gravedad y removidos por agua de escorrentía superficial, conformados por bloques rocosos de ignimbritas con suelos arenosos a arcillosos e inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, los cuales cubren las laderas del cerro.

En la zona de estudio la morfología es convexa, en la parte alta se generan las caídas donde las pendientes son abruptas y se disponen en las zonas con pendientes fuertes a muy fuertes.

**Subunidad de Morrenas (Mo):** Comprende geoformas convexas suaves y alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción de glaciares recientes.

#### 4.2.2.2. Unidad de planicie

Se consideran formas de terrenos que constituyen zonas con poca o ninguna variación de altitud de la superficie del terreno, conformado por materiales aluviales y fluviales.

**Subunidad de Terraza aluvial (T-al):** Son depósitos medianamente consolidados que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación del río Challhuahuacho. La altura a la que se encuentran estas terrazas representa niveles antiguos de sedimentación fluvial.

En esta zona se ubica el centro poblado de Challhuahuacho y sus pendientes normalmente son bajas.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caída de rocas (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el grado de fracturamiento y su disposición, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

### 5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

En la zona de estudio se evaluó las condiciones de inestabilidad de la ladera del cerro Challhuacheta para ello se realizó la caracterización de los movimientos en masa de tipo

caída de rocas, derrumbes y erosión de laderas que afecta a las viviendas del barrio Wichaypampa y el Hospital Challhuahuacho que se encuentra en construcción.

El COEN-INDECI reporta que el día 18 de junio del 2019 ocurrió un derrumbe de rocas en el barrio Wichaypampa que afectó una vivienda, además, según indican los moradores el 2020, la ladera del cerro Challhuacheta nuevamente se reactivó en caída de rocas, este alcanzó al patio de una vivienda del mismo barrio, sin generar daño alguno a la población ni material de consideración.

## **5.2. Caída de rocas del cerro Challhuacheta**

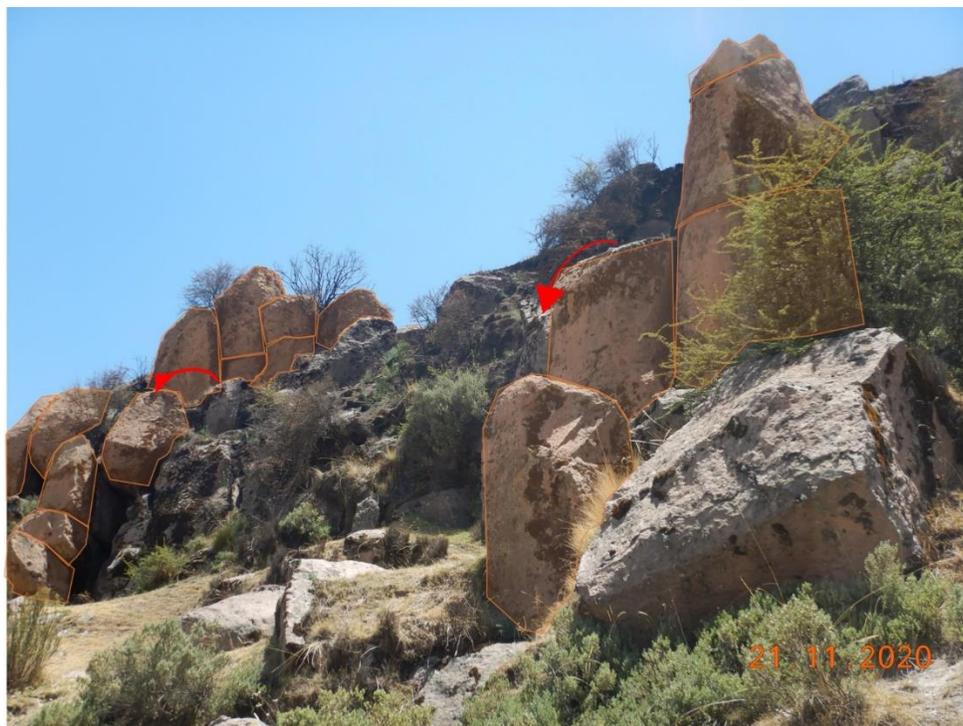
Este evento se ubica en el cerro Challhuacheta, el cual puede afectar al barrio de Wichaypampa y la construcción del Hospital Challhuahuacho, las zonas nombradas están asentadas sobre la subunidad de vertiente coluvio deluvial y terraza aluvial, donde se encontró evidencias de bloques caídos que indica el alcance máximo de desplazamiento de eventos antiguos (figura 3), por lo que se encuentran en peligro alto por caída de rocas. El área de estudio presenta una pendiente promedio de 33°, los bloques antiguos de caídas dispuestos en ladera y terraza tienen dimensiones de 0.5 m hasta 5 m de diámetro, además en los últimos años comenzaron a construir viviendas en medio de la ladera aumentando el peligro en el sector.

La zona evaluada presenta rocas ignimbritas del Complejo Volcánico Vilcarani, estas se aprecian ligeramente meteorizadas y poco fracturadas hasta macizas. Además, se midieron hasta 3 familias de fracturas con espaciamiento entre ellas de hasta 0.3 m dejando bloques sueltos, que pueden ceder cuesta abajo (figura 4), solo se necesita una fuerza para que desencadene la caída, que puede ser las lluvias o por un sismo.

En la zona de desprendimiento de rocas, la pendiente del terreno es abrupta y en la zona de recepción la pendiente promedio es de 33°.



**Figura 3.** Vista tomada en coordenadas UTM E 796666; N 8436967, muestra los bloques caídos en la zona urbana y laderas del centro poblado de Challhuahuacho.



**Figura 4.** Vista tomada en coordenadas UTM E 796726; N 8437033. En la parte alta se aprecian rocas fracturadas y bloques suspendidos en ladera de pendientes abruptas.

### 5.2.1. Características visuales del evento

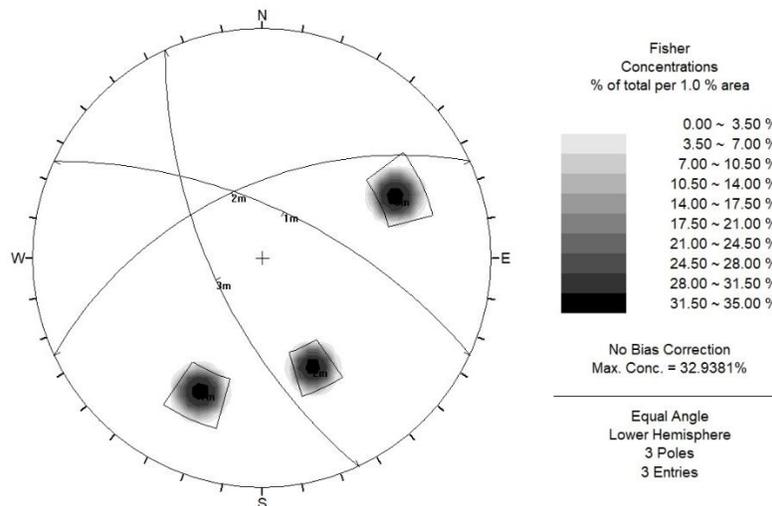
La caída de rocas que se ubica en el cerro Challhaucheta tiene las siguientes características (Anexo 1-Mapa 3):

- Longitud promedio de la zona de arranque: 550 m
- Forma de la superficie de arranque: Alargada
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque a la base de la caída: 40 m
- Dirección (azimut) del movimiento: N 300°
- Área afectada por la caída de rocas: 15 862 m<sup>2</sup>.
- Diámetro aproximado de los bloques caídos: 3 m.
- Presencia de hasta tres familias de fracturas (medidas al mismo afloramiento, en el sector donde se generan las caídas a la altura del Hospital Challhuachuacho) (figura 5 y 6)

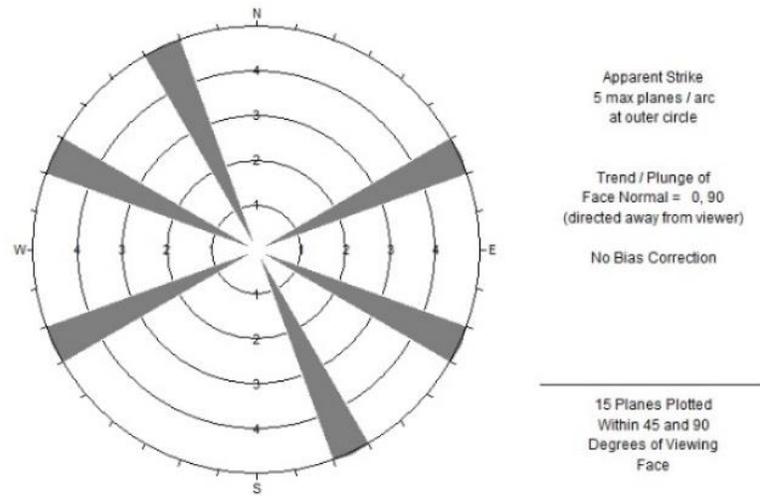
Familia 1: Azimut de 295° buzamiento 65 NE.

Familia 2: Azimut de 245° buzamiento 55 NW.

Familia 3: Azimut de 155° buzamiento 65 SW.



**Figura 5:** diagrama de concentración de familias de fracturas, realizado en el programa Dips V.6.0. de la compañía Rocscience.



**Figura 6:** Diagrama de roseta de las familias de fracturas, realizado en el programa Dips V.5.0. de la compañía Rocscience.

Además, podemos apreciar algunos otros eventos generados por la acción del hombre. A la altura del Hospital Challhuahuacho se realizó el desquinche de los bloques inestables provocando erosión de las laderas en la zona trabajada. También se aprecia un ojo de agua en la parte baja de la ladera que fue canalizado y dispuesto hacia un desagüe eliminando el cauce de este flujo.

En el barrio de Wichaypampa, al pie de la ladera se realizó cortes del talud para la construcción de las viviendas, lo que viene generando pequeños deslizamientos en la zona del corte (figura 7).



**Figura 7:** Vista tomada en coordenadas UTM E 796712; N 8437058. Se aprecia la erosión de ladera en la parte alta del Hospital Challhuahuacho.

En la parte posterior del barrio Wichaypampa se han generado derrumbes y erosión de laderas, debido al corte del talud realizado para la apertura de una vía de acceso, que a su vez puede seguir generando derrumbes (figura 8). Además, en medio de la ladera, se están construyendo nuevas viviendas, para lo cual realizaron cortes del talud y transporte de materiales, estos son dispuestos sin ningún cuidado técnico, las cuales pueden producir nuevos eventos de caída de rocas (figuras 9 y 10).



**Figura 8:** Vista tomada en coordenadas UTM E 796663; N 8437034. Corte de talud en la parte posterior del barrio Wichaypampa generando erosión y desestabilización del talud.



Viviendas construidas en la ladera del cerro Challhuacheta

**Figura 9:** Vista tomada en coordenadas UTM E 796708; N 8437022. Viviendas construidas en medio de la ladera, los cortes realizados desestabilizan el talud, aumentando el peligro de caída de rocas.



Acumulación de materiales en ladera producidos por los corte de talud

**Figura 10:** Vista tomada en coordenadas UTM E 796575; N 8436983. Viviendas construidas en medio de la ladera desestabilizando la ladera y generando materiales dispuestos a caer a las zonas más bajas.

#### 5.2.2. Factores condicionantes

- Las rocas presentan 3 familias de discontinuidades, con separaciones de hasta 0.3 m, dejando bloques sueltos.
- Depósitos inconsolidados en ladera (coluvio – deluviales), estos facilitan la erosión superficial ante la presencia de lluvias.
- La zona de arranque presenta una ladera con pendiente abrupta, los depósitos originados están sobre un terreno de pendientes fuertes a muy fuertes, el cual mantiene sus condiciones para producir nuevos eventos.
- Las aguas de escorrentía erosionan los suelos y desestabilizan la ladera provocando caída de rocas.

#### 5.2.3. Factores desencadenantes

- Las lluvias extremas y periódicas que se dan en los meses de diciembre a marzo, saturan al terreno y remueven al suelo, esto genera inestabilidad en la ladera.
- Los sismos generan inestabilidad en las rocas fracturadas, las que pueden desencadenar caída de rocas o derrumbes.

#### 5.2.4. Factores antrópicos

- Los cortes de talud realizados para la construcción de vías y viviendas, han generado inestabilidad en la ladera y erosión en las zonas aledañas
- Los materiales depositados sin criterio técnico, provenientes de los cortes de talud realizados para la construcción de vías y viviendas, son inestables y de fácil erosión. Estos se encuentran sobre la ladera.

## 6. CONCLUSIONES

- a) En la ladera del cerro Challhuacheta, con coordenadas UTM E 796666; N 8436967, el día 18 de junio del 2019, se generó una caída de rocas que afectó las viviendas del barrio Wichaypampa.
- b) Los factores condicionantes de la caída son:
  - Las rocas ignimbritas del Complejo Volcánico Vilcarani se encuentran fracturadas (poco fracturadas hasta macizas) y presentan tres familias principales, su disposición genera bloques sueltos con tamaños comprendidos entre 0.5 m a 5 m.
  - Las laderas presentan pendientes abruptas, fuertes y muy fuerte, factor principal para la generación caída de rocas.
  - Los cortes de talud para la construcción de infraestructura y de viviendas, ha desestabilizado la ladera.
- c) Los factores desencadenantes de la caída de rocas son sismos y lluvias, las cuales son la fuerza externa que necesitan para que se produzcan estos eventos.
- d) Por el fracturamiento de la roca y pendiente del terreno, el área evaluada se considera de **peligro muy alto**.
- e) Se aprecian bloques caídos y suspendidos en la ladera, cercanos a la zona urbana del poblado Challhuahuacho, algunos provenientes de antiguas caída de rocas.

## 7. RECOMENDACIONES

- a) Forestar las laderas del cerro Challhuacheta en la zona de caída de rocas, para tener una barrera viva, que evite el desplazamiento de rocas futuras, con ello se protege la zona urbana. Esta medida correctiva, servirá para que el suelo tenga mayor estabilidad y evita los procesos de erosión en la ladera.
- b) Instalar barreras dinámicas o estáticas en la ladera del cerro Challhuacheta para contener eventuales caídas de rocas, este trabajo debe estar supervisado por personal técnico capacitado.
- c) Construir zanjas de coronación por encima de la zona de arranque para disminuir la infiltración y la escorrentía en el sector evaluado.
- d) Realizar un terraceo en la parte alta del hospital Challhuahuacho, que abarque la zona de erosión, para evitar la generación de algún nuevo peligro, este trabajo debe estar supervisado por personal técnico capacitado.
- e) Realizar el desquinche de las rocas sueltas en la ladera que puedan generar procesos de caída.
- f) En la ladera del cerro Challhuacheta, evitar realizar cortes del talud, de realizarse debe ser con dirección técnica, para no generar inestabilidad.
- g) Realizar trabajo de sensibilización a las autoridades y responsables de la construcción del Hospital como también a los dueños de las viviendas que se ubican en límite de la ladera, para que realicen construcciones seguras con muros resistentes para la recepción de los bloques caídos.



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



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

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Instituto Geol3gico Minero y Metal3rgico (2002) - Estudio de riesgos geol3gicos del Per3, Franja N3 2. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 27, 369 p.

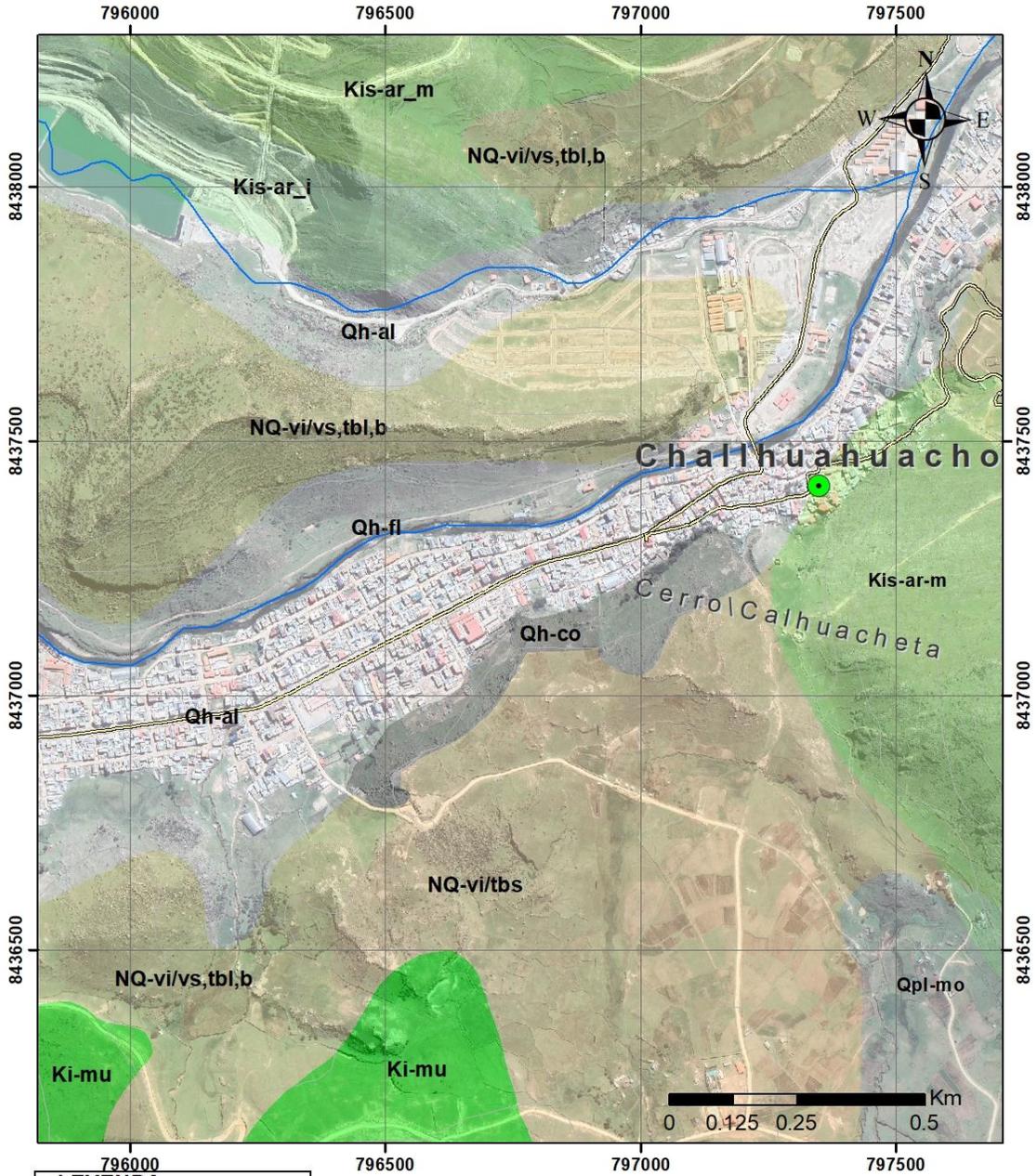
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Regi3n Andina: Una gui3 para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geolog3a y Miner3a, Publicaci3n Geol3gica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM

Galdos, J.; Carrasco, S. (2003) Memoria descriptiva de la revisi3n y actualizaci3n del cuadr3ngulo de Santo Tom3s (29-r). Escala 1:100 000. INGEMMET, 32 p.

SENAMHI. (1988). Mapa de clasificaci3n clim3tica del Per3. M3todo de Thornthwaite. Eds. SENAMHI Per3, 50pp.

Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Pe3a, F. (2020) - Peligro geol3gico en la regi3n Cusco. INGEMMET, Bolet3n, Serie C: Geodin3mica e Ingenier3a Geol3gica, 74, 202 p, 9.

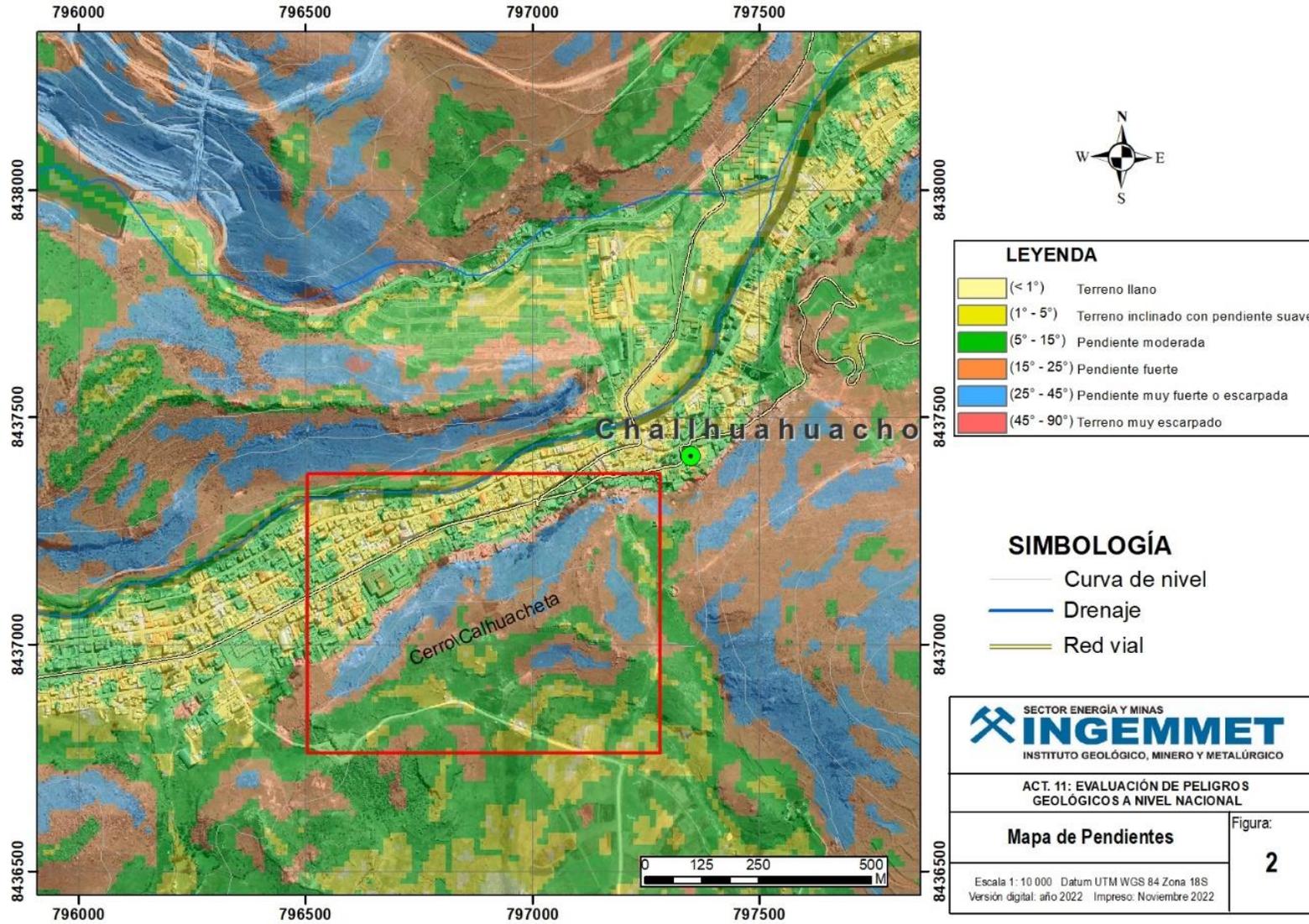
**ANEXO 1: MAPAS**

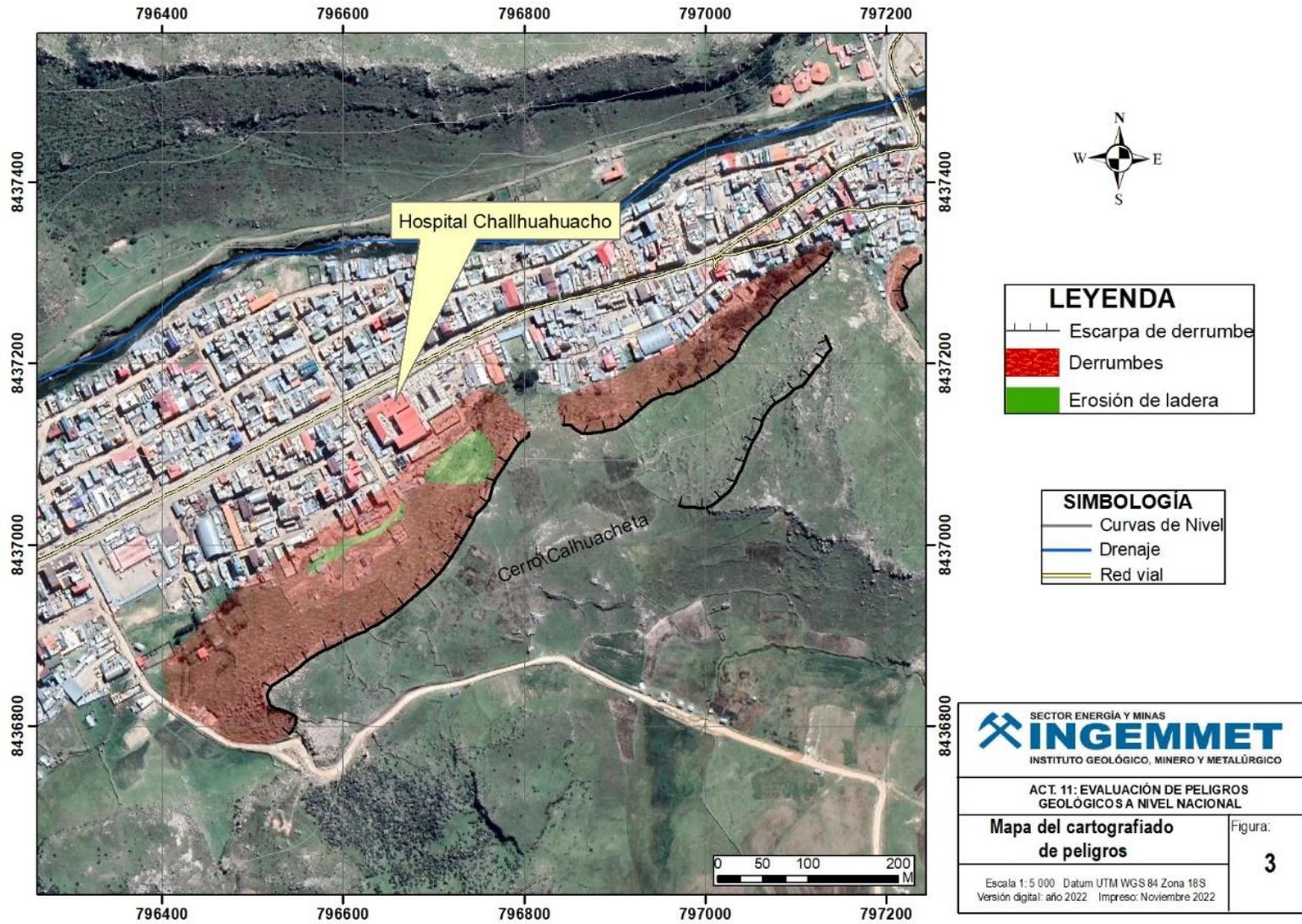


LEYENDA	
Qh-fl	Depositos fluviales
Qh-al	Depósitos aluviales
Qh-co	Depositos Coluviales
Qpl-mo	Depositos Morrenicos
NQ-vi/vs,tbl,b	Deposito Piroclastico
NQ-vi/tbs	Complejo volcanico Vilcarani, flujo piroclastico
Kis-ar_m	Fm. Arcurquina, medio
Kis-ar_i	Fm. Arcurquina, inferior
Ki-mu	Fm. Murco - Areniscas

SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Drenaje
	Red vial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO	
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL	
<b>Mapa Geológico</b>	Figura: <b>1</b>
Escala 1:10 000 Datum UTM WGS 84 Zona 18S Versión digital: año 2022 Impreso: Noviembre 2022	





## ANEXO 2: DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES								
		TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre		
			<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino		
			<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico		
			<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico		
			<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial		
			<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral		
			<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		
<b>GRANULOMETRÍA</b>			<b>FORMA</b>	<b>REDONDES</b>	<b>PLASTICIDAD</b>			
	%							
<input type="checkbox"/>	10	Bolos	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado	<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad
<input type="checkbox"/>	10	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Subredondeado	<input type="checkbox"/>	Med. Plástico
<input type="checkbox"/>	30	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso	<input type="checkbox"/>	Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/>	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Subanguloso	<input checked="" type="checkbox"/>	No plástico
<input type="checkbox"/>	15	Arenas						
<input type="checkbox"/>	15	Limos						
<input type="checkbox"/>		Arcillas						
		<b>ESTRUCTURA</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>CONTENIDO DE</b>	<b>%</b>	<b>LITOLOGÍA</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>		Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>		Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	100	Volcánicos
<input type="checkbox"/>		Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos
							<input type="checkbox"/>	Sedimentarios
		<b>COMPACIDAD</b>						
		<b>SUELOS FINOS</b>	<b>SUELOS GRUESOS</b>					
		<b>Limos y Arcillas</b>	<b>Arenas</b>	<b>Gravas</b>				
<input checked="" type="checkbox"/>		Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta		
<input type="checkbox"/>		Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. Consolidada		
<input type="checkbox"/>		Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada		
					<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada		
		<b>CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.</b>						
		<b>SUELOS GRUESOS</b>			<b>SUELOS FINOS</b>			
<input type="checkbox"/>		GW	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>		GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	OH
<input checked="" type="checkbox"/>		GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>		SM	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	MH		

Tabla: 01: Descripción de depósitos coluviales.