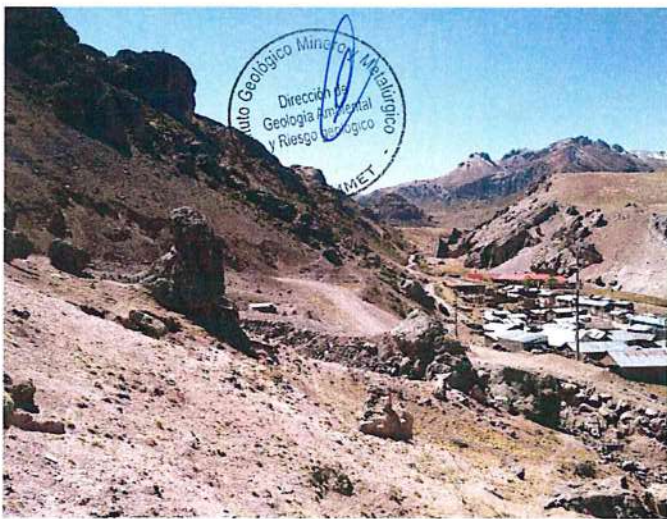


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A6989**

# CAÍDA DE ROCAS EN EL CENTRO POBLADO DE QUILLISANI

Región Puno  
Provincia Lampa  
Distrito Paratía



ENERO  
2020

**INDICE**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2 ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Ubicación.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Accesibilidad.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Características de la zona de estudio.....</b>	<b>3</b>
2.3.1 Clima.....	3
2.3.2 Uso de suelo y cobertura vegetal .....	4
<b>3 ASPECTOS GEOLOGICO Y GEOMORFOLÓGICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Geología .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Geomorfología y pendiente.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Unidades geomorfológicas .....</b>	<b>10</b>
3.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	10
3.3.2 Geoformas de carácter deposicional y agradacional .....	11
3.3.3 Geoformas particulares .....	11
<b>4 PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Caída de rocas. ....</b>	<b>13</b>
<b>5 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Factores condicionantes .....</b>	<b>19</b>
<b>5.2 Factores desencadenantes .....</b>	<b>19</b>
<b>5.3 Condiciones actuales del sector.....</b>	<b>20</b>
<b>5.4 Evaluación de la zona de reubicación.....</b>	<b>22</b>
<b>6 OBRAS DE MITIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>28</b>

## **CAÍDA DE ROCAS EN EL CENTRO POBLADO DE QUILLISANI (Departamento Puno, Provincia Lampa, Distrito Paratía)**

### **RESUMEN**

El 01 de diciembre de 2016 a las 17:40 (Hora local), ocurrió un sismo de magnitud 6.2 Mw, a 10 km de profundidad (Fuente: USGS), este evento causó daños en la población del distrito de Lampa y el centro poblado de Quillisani fue uno de los afectados, causando daños a las viviendas.

A raíz del movimiento sísmico en el poblado de Quillisani se presentaron movimientos en masa tipo caída de rocas.

Según la información brindada por la Municipalidad de Quillisani, en el centro poblado se tiene 13 viviendas colapsadas, 80 viviendas afectadas presentan agrietamientos, rajaduras en las paredes y 3 viviendas de material noble no presentan daños; el poblado tiene un total de 320 habitantes, 111 viviendas, un centro educativo primario e inicial y un instituto CETPRO (Centro de Educación Técnica Productiva).

Por efecto del sismo, la ladera del cerro colindante al poblado de Quillasani, es inestable, se identificó bloques de roca sueltos y suspendidos, que pueden ceder ante lluvias intensas y desencadenar caída de rocas, de presentarse este evento afectaría las viviendas ubicadas en la ladera inferior.

La zona evaluada se ubica a alrededor de los 4600 m s.n.m., el substrato rocoso está compuesto por rocas volcánicas del Grupo Palca, además se observan morrenas y depósitos fluvio-glaciares.

Morfológicamente, se tienen colinas y montañas en rocas volcánicas, que presentan laderas con pendiente mayor de 30°, tienen formas uniformes.

Los factores condicionantes que originaron los peligros geológicos, son la morfología de montañas y colinas, pendiente del terreno, calidad del substrato rocoso (fracturado), así como el tipo de suelo (fácil remoción por acción hídrica). Entre los factores desencadenantes tenemos los sismos y lluvias.

El centro poblado de Quillisani es considerado como Zona Crítica por caída de rocas.

Finalmente, se brindan las recomendaciones, viables, técnicas, para mitigar los efectos de los peligros geológicos.

## 1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus distintas funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología; que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional.

La Municipalidad distrital de Paratía, mediante Oficio N°058-2019-MDP-/ALC presentado por el Alcalde de la Municipalidad Distrital de Paratía, provincia Lampa, Departamento Puno de fecha 29 de Mayo 2019, solicitó al INGEMMET la elaboración de un informe técnico de evaluación de riesgo por derrumbes del centro poblado de Quillisani.

Atendiendo a esta solicitud y por encargo del presidente del Consejo Directivo del INGEMMET, el director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a la Ing. Edith Quispe para realizar la inspección técnica de peligros, el mismo que se realizó el día 25 y 26 de julio del 2019.

Este informe, se basa en la inspección efectuada, los datos obtenidos en las observaciones de campo y la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio. Incluye un texto, ilustraciones y fotografías del área, así como conclusiones y recomendaciones.

### a) **Objetivo del estudio**

Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa que afectaron el sector Quillisani, así como identificar los elementos vulnerables como viviendas, obras de infraestructura, vías de comunicación, etc. expuestos ante la ocurrencia de estos eventos.

### b) **Estudios anteriores**

Se mencionan algunos trabajos geológicos anteriores elaborados a escala regional, que involucra el área de trabajo, y que a continuación, se hace mención.

- Geología de la cordillera Occidental y Altiplano al oeste del lago Titicaca – sur del Perú cuadrángulo Ocuvi, hoja 31-u, Boletín N°42, diciembre 1993.
- Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja N°2, (Ingemmet, 2001) presenta un inventario de peligros geológicos en la zona como caída de rocas, flujo de detritos (huaicos), también peligros geohidrológicos de tipo inundación fluvial.
- Evaluación geológica Post-Sismo del 01 de diciembre del 2016: Reactivación del segmento Parina Sistema de fallas Ocuvi-Orduña Puno. Informe técnico A6739. Menciona que el sismo también afectó al centro poblado Quillisani.

## 2 ASPECTOS GENERALES

### 2.1 Ubicación

El centro poblado Quillisani se encuentra ubicado en la margen izquierda de la quebrada Hullarapi, Políticamente pertenece al distrito Paratía, provincia de Lampa, región Puno; en las coordenadas UTM (WGS 84-Zona 19 Sur): 8 299330 N y 311369E, a una altitud de 4600 m s.n.m., Figura 01.

El centro poblado de Quillisani limita:

Por el Norte	Distrito de Ocuvi
Por el Sur	Distrito de Santa Lucia
Por el Este	Distrito de Paratía y Lampa
Por el Oeste	Centro poblado de Parina y Ococollo.

### 2.2 Accesibilidad

El acceso desde Lima, se realiza por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Juliaca, y la ruta de Puno a Juliaca continuando el viaje, pasando por los poblados de Cabanillas, Santa Lucia, comunidad de Llanca, y finalmente al centro poblado de Quillisani.

El itinerario que siguió fue el siguiente:

Tramo	Vía	Kilómetros	Tiempo estimado
Lima a Juliaca	Terrestre	1 277 km	17 h 4 min
Puno a Juliaca		42.8 km	1 h 00 min
Juliaca a Santa Lucia		63.1 km	1 h 15 min
Santa Lucia – Llanca y finalmente al centro poblado Quillisani		118. km	2 h 40 min

### 2.3 Características de la zona de estudio

El centro poblado de Quillisani se encuentra situado en una zona interandina (4584 a 4800 m s.n.m.). Se tiene al cerro Llallavi que presenta laderas con pendiente fuerte, expuesta a escorrentías superficiales.

#### 2.3.1 Clima

La zona de evaluación presenta un clima frígido y seco, con dos estaciones bien marcadas, la primera estación de verano se considera lluvioso con fuertes precipitaciones pluviales, presencia de tormentas eléctricas y precipitaciones sólidas, empieza del mes de noviembre hasta marzo con una precipitación de 51mm/día esporádicamente hasta abril, temperatura máxima 11°C y temperatura media anual 7°C. y la estación de invierno que es seca y empieza en mayo y se extiende hasta el mes de octubre donde se acentúan las fuertes heladas, la temperatura mínima es de -8°C y por las noches desciende hasta -25°C. Fuente SENAMHI 2016.

### 2.3.2 Uso de suelo y cobertura vegetal

Generalmente son terrenos eriazos y de escasa vegetación, apreciando algunas especies como la tula, yareta, típicas de esta zona Figura N°1 y 2.

En la parte inferior ocupados por viviendas, instituciones educativas primaria y secundaria y el centro de salud.

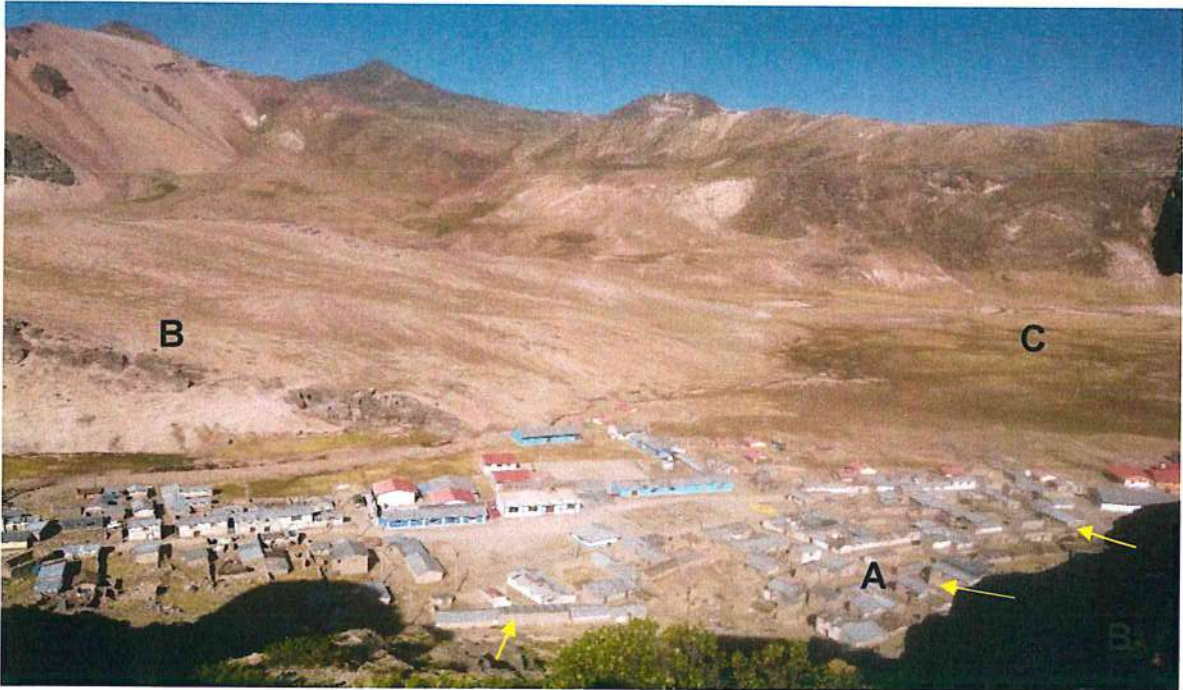


Figura N° 1 vista hacia el sureste, del centro poblado Quillisani, (A) zona urbana limitada por laderas de montañas con pendiente moderada a fuerte (B), quebrada bofedal (C).

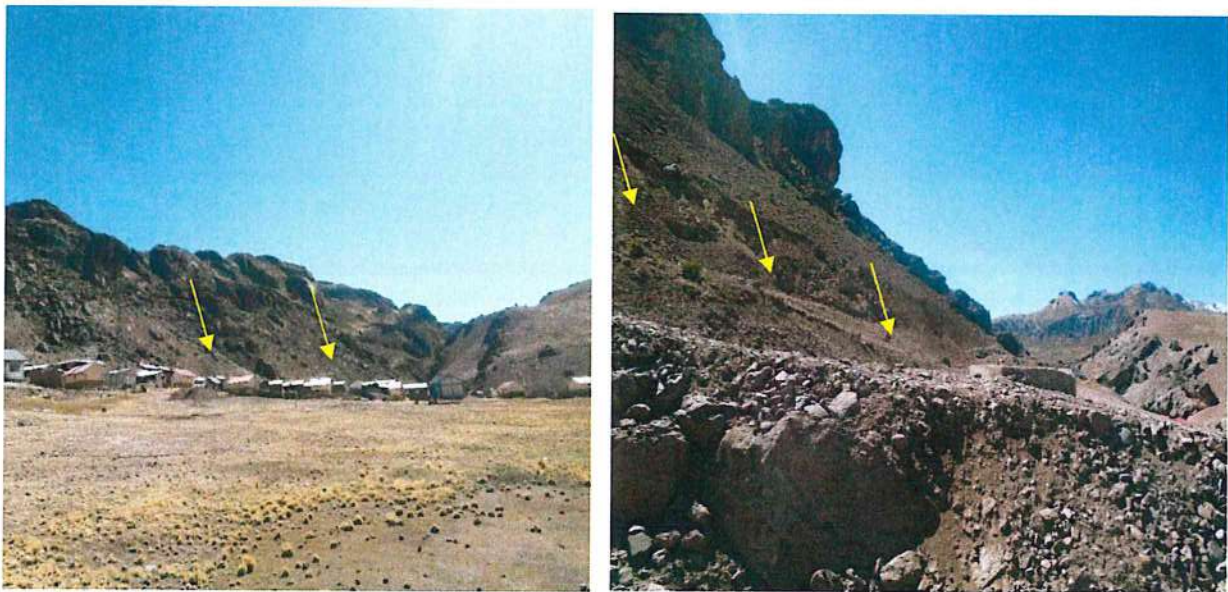


Figura N° 2 Acumulaciones de depósitos coluviales en las laderas están conformadas por limos, arcillas, gravas de forma angulosas a subangulosas

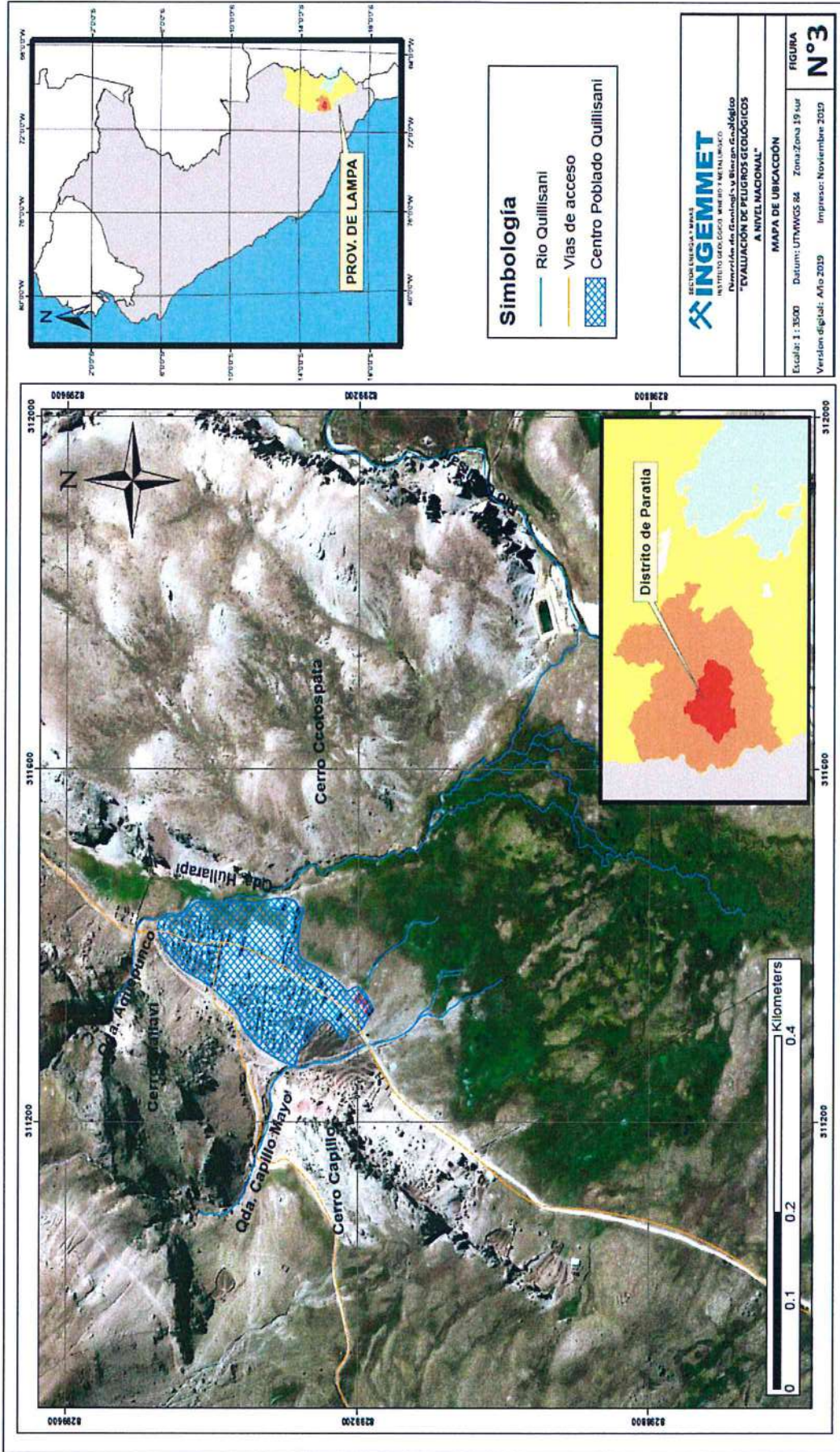


Figura N° 3 Mapa de Ubicación del centro poblado Quilliscani

### 3 ASPECTOS GEOLOGICO Y GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1 Geología

El sistema de fallas Ocuvi-Orduña es un control estructural NO-SE de aproximadamente 45 km de longitud, conformado por fallas normales que buzanan al suroeste, cortando rocas volcánicas, morrenas, depósitos fluvio-glaciares. Delgado (2016).

El centro poblado de Quillisani se encuentra cerca, al segmento reactivado, del movimiento sísmico ocurrido el 01 de diciembre del 2016 en la localidad de Paratia.

Las rocas están medianamente fracturadas, con laderas de pendiente mayor de 30°, inciden con la alta probabilidad en la ocurrencia de caídas de rocas Sánchez & Zapata (2003).

#### a) Substrato rocoso

De lo observado en el reconocimiento geológico de campo y del mapa geológico del cuadrángulo de Ocuvi (hoja 31-u) realizado por Sánchez y Zapata (1993), se tienen afloramientos de roca volcánica, como tobas de cristales y cristalolíticas de composición riolítica y dacítica, que pertenecen al Grupo Palca, cuya litología dominante corresponde a ignimbritas mostrándose alteradas y generando una cobertura de suelos de tipo arcillo arenoso.



Figura N° 4 Afloramiento de ignimbritas del Grupo Palca, con textura clástica, se encuentra meteorizada y fracturada con algunos sectores más fracturados ocasionando caída de rocas.



## CENOZOICO

### a. Grupo Palca (TS-PA)

Se tienen tobas de cristales y cristalolíticas de composición riolítica y dacítica, estratificadas ocasionalmente con vulcarenitas rojas, ampliamente expuestas en el extremo sur este del cuadrángulo, localidad de Paratía (Sánchez y Zapata -2003). La zona de estudio, está constituida por afloramientos de roca volcánica ignimbritas y flujos lávicos (autobrecha volcánica).



Figura N° 5 Afloramiento de rocas volcánicas (flujos lávicos) constituidos por ignimbritas de color rosado pálido a claro (A), intercalada por brechas con clastos de plagioclasas que están soportadas por la matriz.

### b. Depósitos aluviales (Qh-al)

Conformados por gravas y arenas con cantos rodados en matriz areno-limosa. Se les encuentra en los cursos principales de los ríos, formando parte de la llanura de inundación, así como de las terrazas fluviales; son del cuaternario.

### c. Deposito fluvioglacial Q-flgl:

Constituyen extensas secuencias de arenas, arcillas y materiales como bloques y fragmentos angulosos a subangulosos, acarreados, por las corrientes de deshielo y extendidos en las altas mesetas donde discurren a manera de hilos entre pequeñas lagunas y valles labrados por antiguos hielos en movimiento. Los depósitos fluvioglaciales constituyen una delgada capa de clásticos destacados sus cantos subangulares y formando extensas llanuras. Franja N°2 (2001) INGEMMET. Figura N°06.

### d. Depósitos coluviales (Qr-co):

En la zona de estudio estos depósitos están localizados al pie de las laderas, acarreados y acumulados por efecto de la gravedad, que delimitan las quebradas y en los cortes de talud para la construcción de carreteras. Están constituidos por gravas y

bloques subangulosos a angulosos, inmersos en matriz arcillo-limosa, poco o nada consolidados. Figura N°02

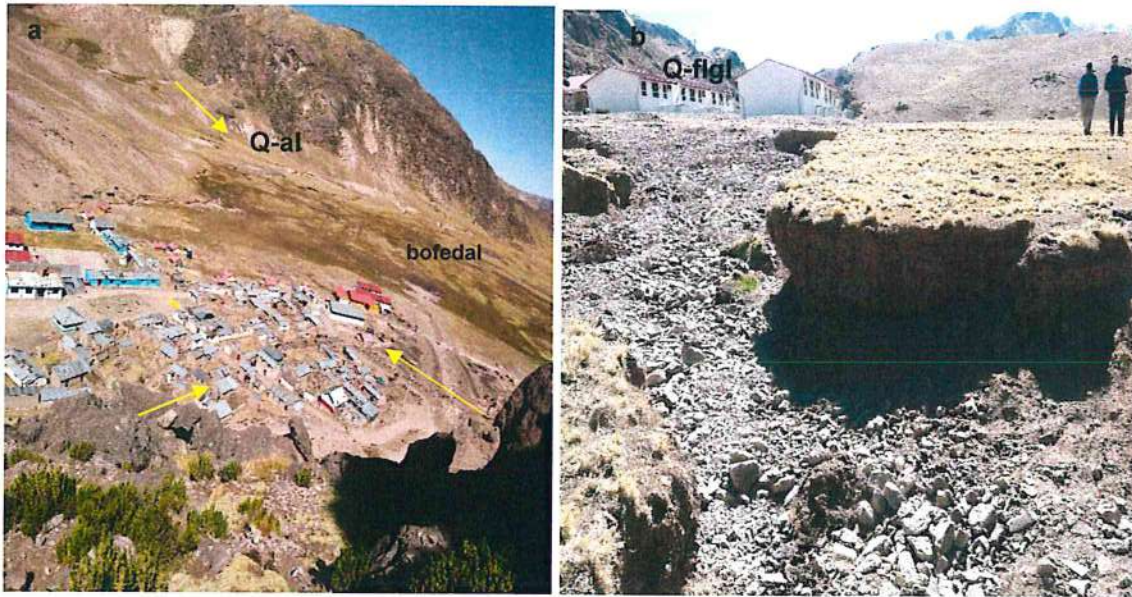


Figura N° 6 A lo largo de la quebrada se observan (a) depósitos aluviales, bofedales, (b) depósitos fluvioglaciares.

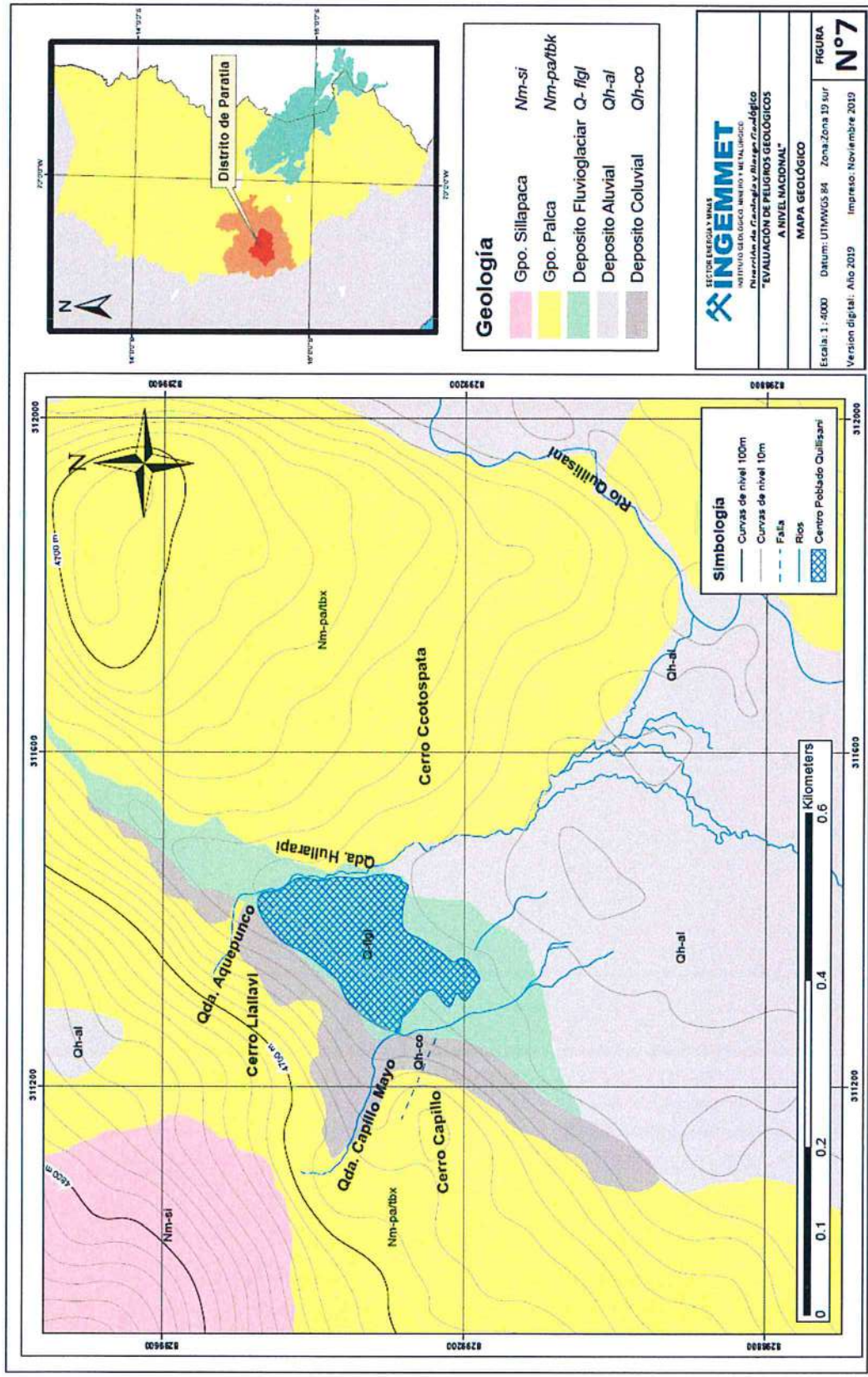


Figura N° 7 Mapa Geológico del centro poblado Quillispasi fuente Ingemmet, 2017.

### 3.2 Geomorfología y pendiente

Regionalmente la zona evaluada corresponde a un sector del Altiplano en el sur del Perú, a una altitud de 4600 m s.n.m. que es una planicie con superficie relativamente ondulada debido a la erosión por actividad glacial, razón por la que se observan morrenas y depósitos fluvioglaciares. Delgado (2016).

Localmente, el centro poblado Quillisani se ubica en el lecho de la quebrada Hullarapi, con una dirección NNE -SSO, en la margen izquierda del río Quillisani, sobre una pendiente promedio de 5° a 6° circundado por colinas y montañas volcánicas con laderas de pendiente que varían entre 15° y 25° hasta 46°. En algunos sectores se tienen barrancos llegan hasta 68°, son subverticales. (figura N°8).

Las laderas con pendientes inferiores, se encuentran cubiertas por antiguos depósitos de caídas de rocas.

### 3.3 Unidades geomorfológicas

#### 3.3.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.

##### a) Unidad de montaña:

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.

##### - **Sub unidad de montañas en roca volcánica (RM-rv):**

Corresponde a las cadenas montañosas volcánica, afectadas por procesos denudativos (fluvio-erosionales, glacial y glacio-fluvial). Están conformadas por ignimbrita, intercalados con brechas y flujos lávicos, del Grupo Palca.

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas, caída de rocas, derrumbes y avalancha de rocas.

##### b) Unidad de colinas

##### - **Sub unidad de Colina en rocas volcánicas (RC-rv)**

Son elevaciones, de menor altura que una montaña, se forman por fenómenos entre los que se destacan: geomorfológicos, erosión por movimientos y deposiciones de los sedimentos, en la zona de estudio está conformado por afloramientos de ignimbritas y flujos lávicos.

### 3.3.2 Geformas de carácter deposicional y agradacional

#### a) Unidad de pie de monte

##### - **Sub unidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd)**

Está conformada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de laderas, depositados por escorrentía de agua que lavan materiales sueltos de las laderas). Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles.

##### - **Sub unidad de vertiente o pie monte aluvial (V-al)**

Es una planicie inclinada y extendidas posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral ciclico del curso de los ríos o quebradas que los originan; la pendiente de estos depósitos es suaves a moderadas (1°-15°).

### 3.3.3 Geformas particulares

#### a) Bofedales (Bo)

Es un tipo de humedad que se forma en la parte alta de los andes, se caracteriza por la acumulación de materia vegetal en descomposición, que conforman las turbas o suelos orgánicos y por ser importantes fuentes de almacenamiento de agua, se ubican en áreas planas, acompañados por cuerpos de agua como arroyos, manantiales, estanques etc. (Charman, 2009 y Maldonado, 2015).

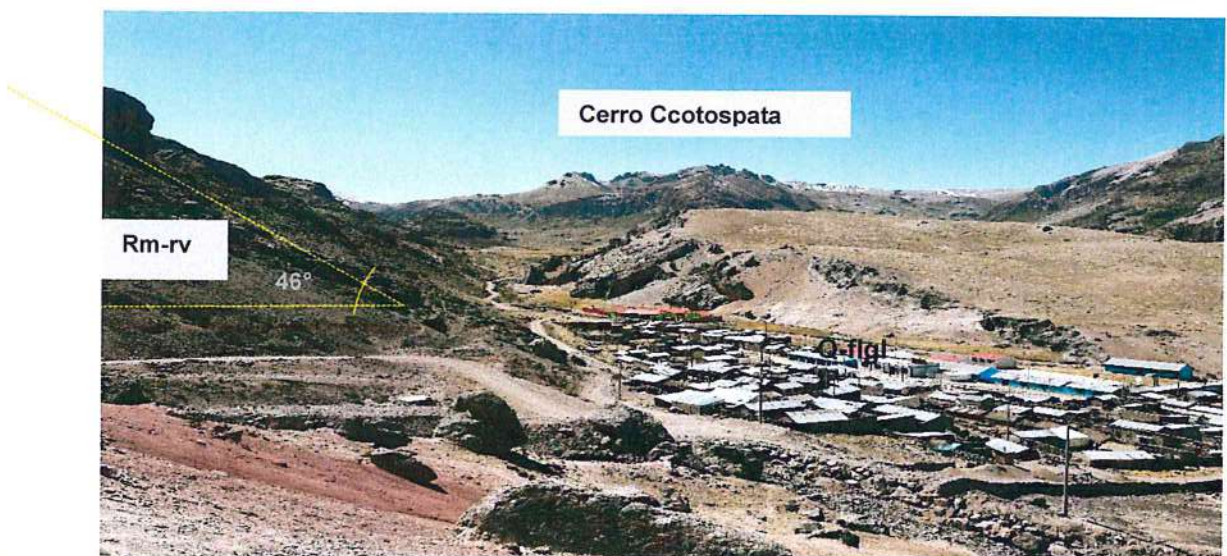


Figura N° 8 Imagen panorámica del centro poblado Quillisani, donde se observa el relieve modelada en rocas volcánicas (Rc-rv) y depósitos cuaternarios, el poblado se encuentra asentada sobre la quebrada Hullarapi.

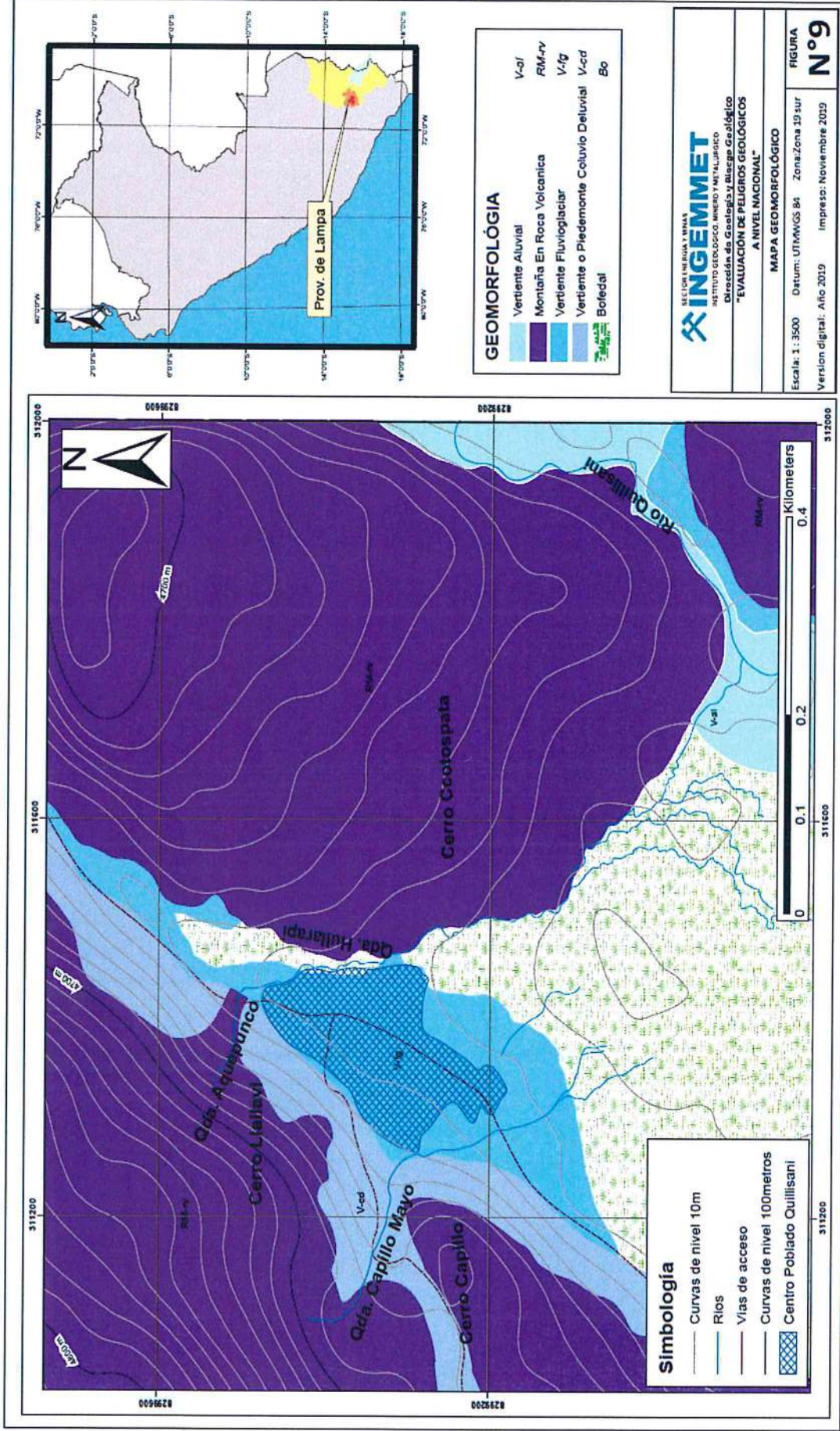


Figura N° 9 Mapa Geomorfológico del Centro Poblado Quillispini

## 4 PELIGROS GEOLÓGICOS

En este acápite se describe los diferentes peligros geológicos identificado en el centro poblado de Quillisani.

### 4.1 Caída de rocas.

La caída de rocas es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Figura N°4.

Según Pimentel (2011) las caídas de rocas se deben principalmente a la meteorización físico-química y biológica de las discontinuidades pre-existente de las rocas, tales como fallas, juntas, estratificación, bandeamiento y esquistosidad. Así como la rugosidad persistencia, abertura y relleno son estructuras que contribuyen de manera decisiva en el origen de las caídas de rocas.

La ladera colindante al Jr. Miguel Grau del poblado de Quillasani, a un altura de 100m, se identificó un bloque de roca inestable, que puede generar caída de rocas.

El bloque inestable tiene forma prismática altura de 5.7 largo 3,8 y ancho 2,3, haciendo un volumen de  $49,8m^3$ .

Además, se identificaron en la misma ladera otros bloques individuales e inestables separados del macizo rocoso y otros bloques sueltos de diferentes tamaños acumulados en las laderas. Figura N°11.

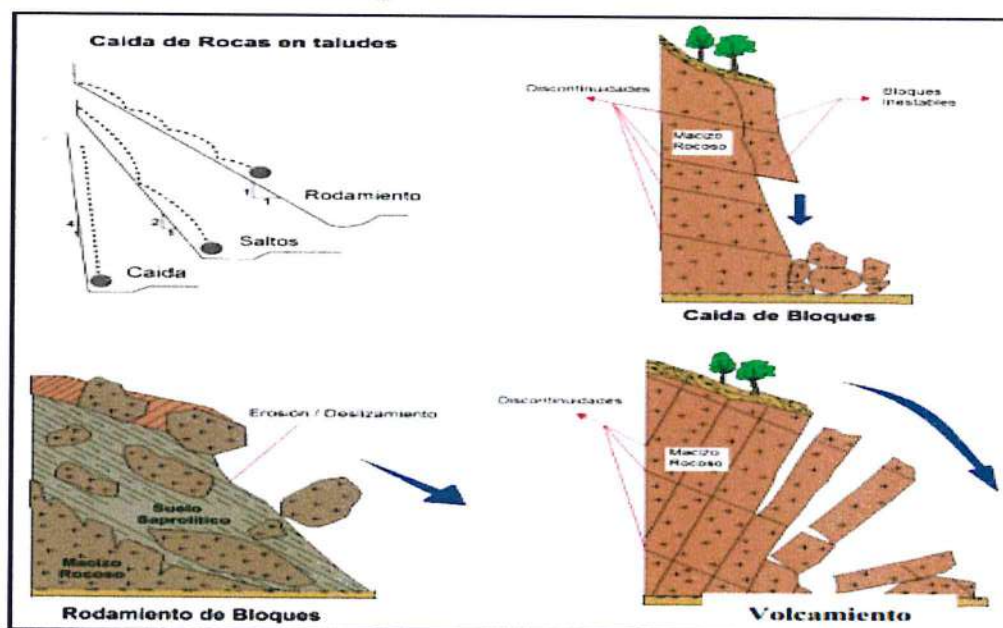


Figura N° 10 Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques realizan sobre el talud dependiendo de su pendiente y su origen (Fuente: Modificado Pimentel, 2011).

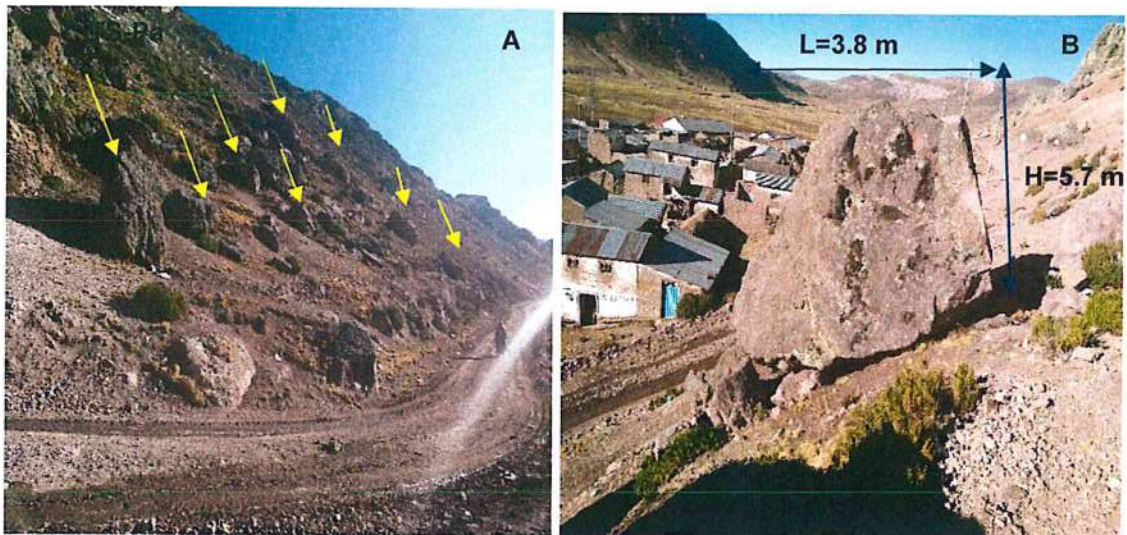


Figura N° 11. (A) Vista en la ladera donde se muestran varios bloques de rocas inestables, se podrían desprenderse con un movimiento sísmico que afectarían a las viviendas del centro poblado Quillisani. (B) Vista del bloque de roca inestable, donde se indican las dimensiones principales.

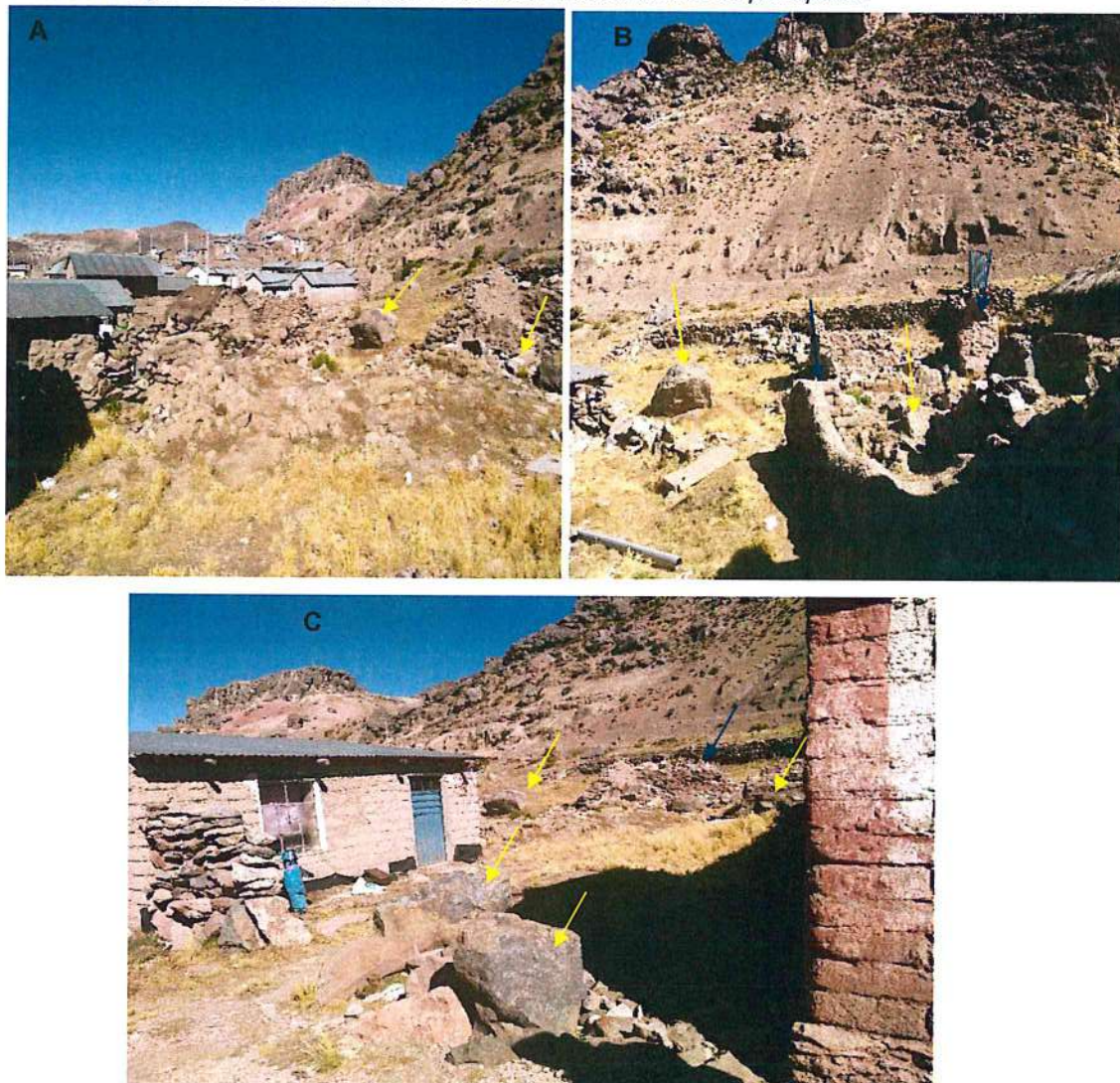


Figura N° 12 A,B,C, Caídas de rocas sobre las viviendas dejando inhabitables 4 casas de material rustico (adobe), las dimensiones de los bloques son de 1.0m.x1.0m, y 1.5m.x1.4m.



Los bloques de rocas corresponden a la caída de rocas antigua (flechas amarillas). Los pobladores informan que el diámetro de los bloques que se desprendieron del talud, tienen las siguientes dimensiones 4.0m por 5.50m de diámetro, estos bloques destruyeron las viviendas, se observa la destrucción de las viviendas por caída de rocas. (flecha azul).

En área de evaluación, a la margen izquierda de la quebrada Capillomayo, se evidenció caída de rocas, reactivados por el corte de talud de la trocha carrozable al sector de Parina. Figura N°13.

#### A. Descripción del evento

El 01 de diciembre del 2016, después del movimiento sísmico, en ladera del noroeste del cerro Llallavi, a 100m del centro poblado Quillisani, se originó una caída de rocas, donde se desprendieron y se desplazaron bloques de roca.



Figura N° 13 . Se observa caída de rocas en el cerro Llallavi y en la quebrada Capillomayo (línea amarilla).



Figura N° 14, Afloramiento rocoso con sistema de fracturas de 03 familias la más persistente en línea azul y algunas fracturas de la familia 2 (líneas amarillas) y la tercera familia en líneas punteadas y en línea verde erosión de ladera.

Al sureste del centro poblado se ubica el cerro Capillo en el cual las rocas se presentan medianamente fracturado, se reconoció una serie de discontinuidades cuyas familias principales tienen una dirección. NO 65° a 75°, subpersistente, cerrada con espaciamentos de 1,5m. a 2,5m, la cual tienen relación con la reactivación de la falla Parina.

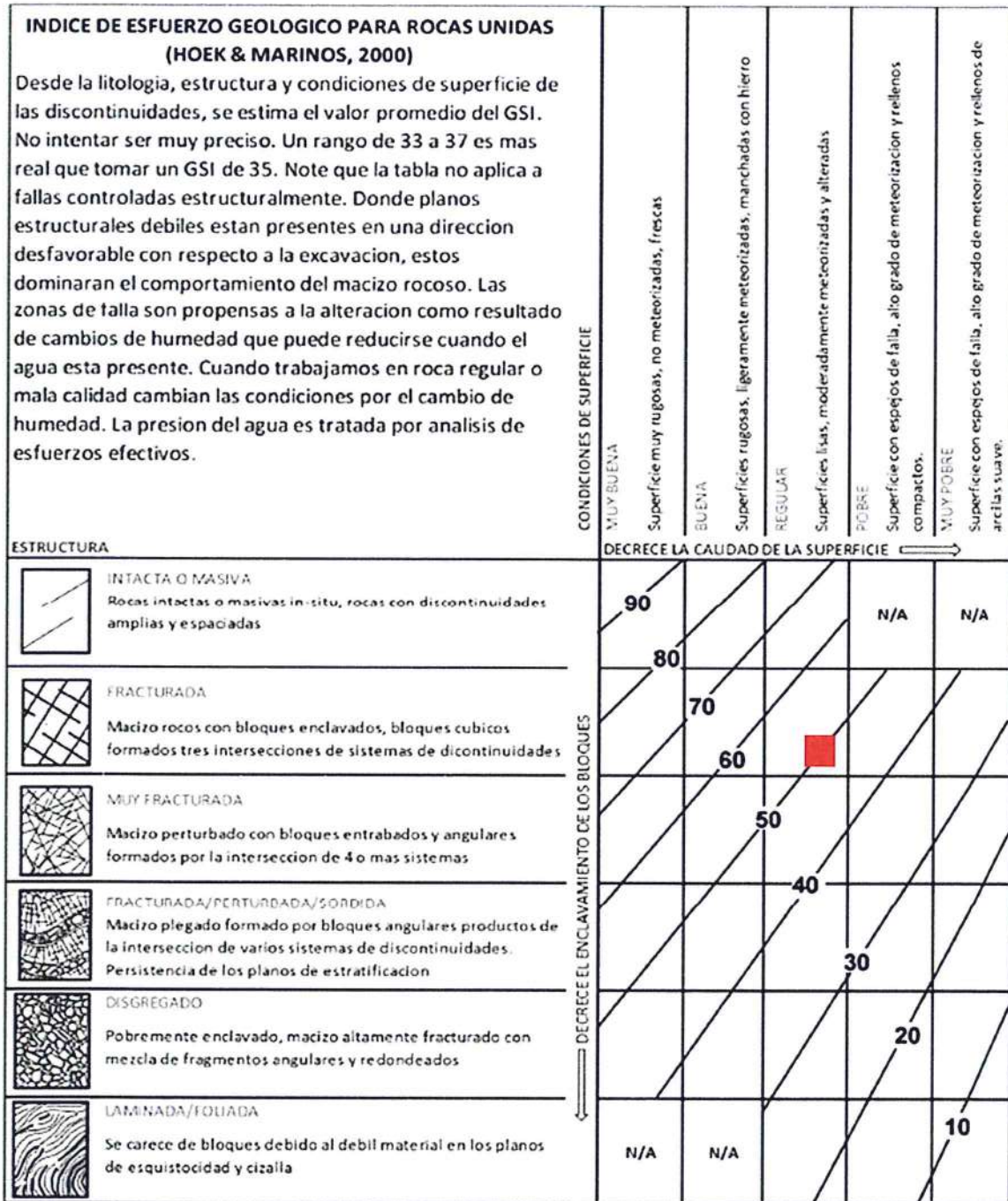


Figura N° 15 El GSI estima la reducción de la resistencia del macizo para diferentes condiciones geológicas. (Figura N°5). La caracterización del macizo rocoso es simple y está basada en la impresión visual de la estructura rocosa, en términos de bloques y de la condición superficial de las discontinuidades indicadas por la rugosidad y alteración de las juntas. La combinación de estos dos parámetros proporciona una base práctica para describir un rango amplio de tipos de macizos rocosos.

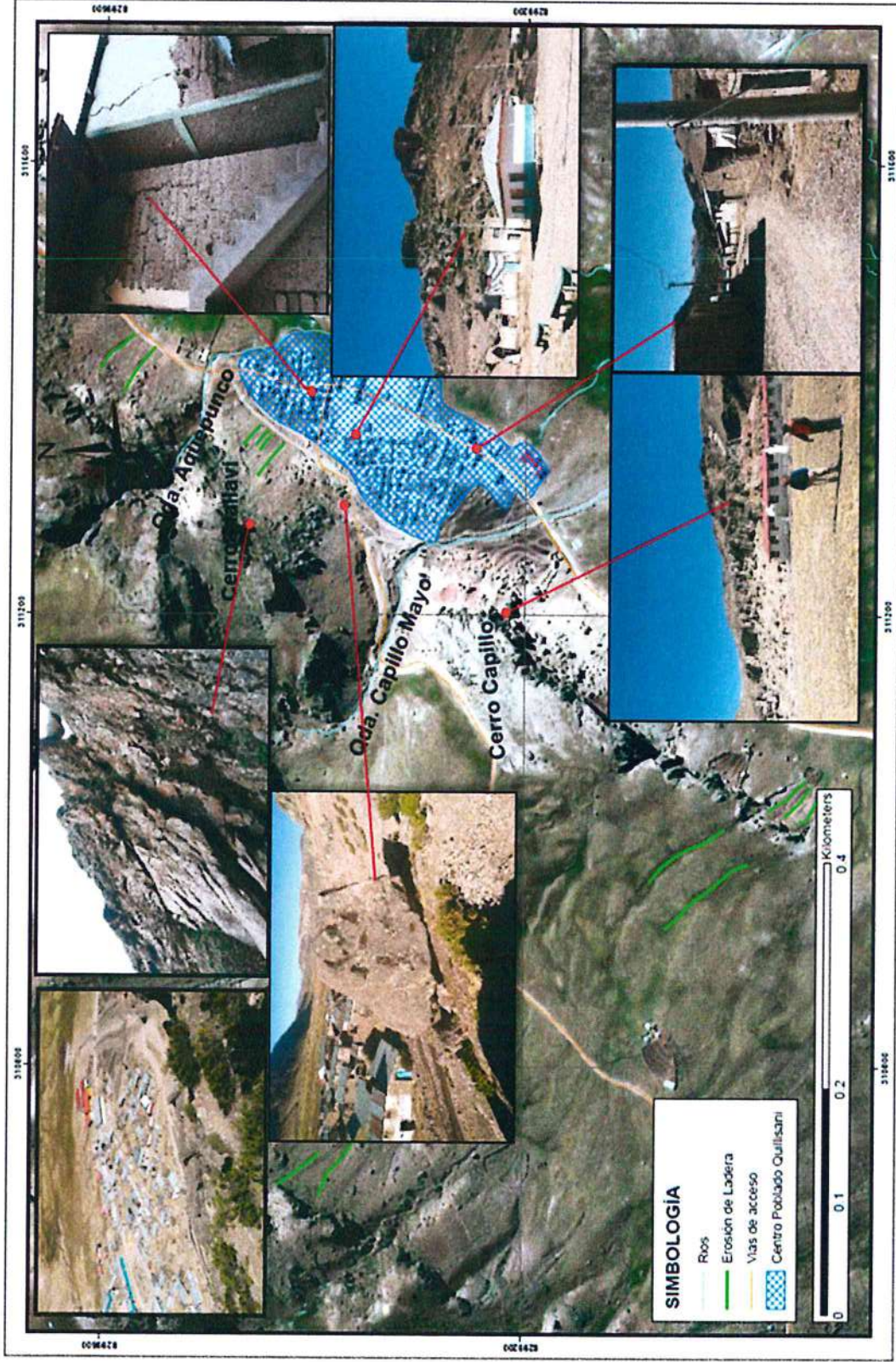


Figura N° 16 Representación de los puntos de inspección más importantes en el centro poblado de Quillispasi.

## 5 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

### 5.1 Factores condicionantes

Son características intrínsecas del terreno, que condicionan para la ocurrencia de un evento; para este caso son:

- a) El grado de fracturamiento, persistente con aberturas, ello favorece la infiltración de aguas en las rocas que compone el macizo rocoso, que aceleran la meteorización de la roca, ocasionando el debilitamiento.
- b) La fuerte pendiente promedio a  $46^\circ$ , que constituye la ladera del cerro Llallavi esta favorece la ocurrencia de caída de rocas en el centro poblado Quillisani. Figura N°17.

### 5.2 Factores desencadenantes

Se pueden mencionar:

- a) **Movimientos sísmicos:** Actividad sísmica ocurrida el 01 de diciembre del 2016 en Paratia, Lampa. Ocasionó la caída de rocas provenientes de la ladera del cerro Llallavi en dirección al poblado afectando las viviendas del centro poblado Quillisani. Figura N°17
- b) **Intensas lluvias:** El 2018 en épocas de lluvias registradas durante los meses de diciembre – abril, se reactivó la caída de rocas, afectó la carretera carrozable que conduce al poblado de Parina.



Figura N° 17 Daños en las viviendas, se muestran agrietadas las paredes, techos y pisos, por lo que no pueden ser habitadas.

### 5.3 Condiciones actuales del sector

Actualmente la ladera se encuentra inestable y presenta bloques sueltos, y substrato rocoso se encuentra mediamente fracturado, con las superficies de las fracturas están abiertas, son sectores propensos a caída de rocas. Figura N°18

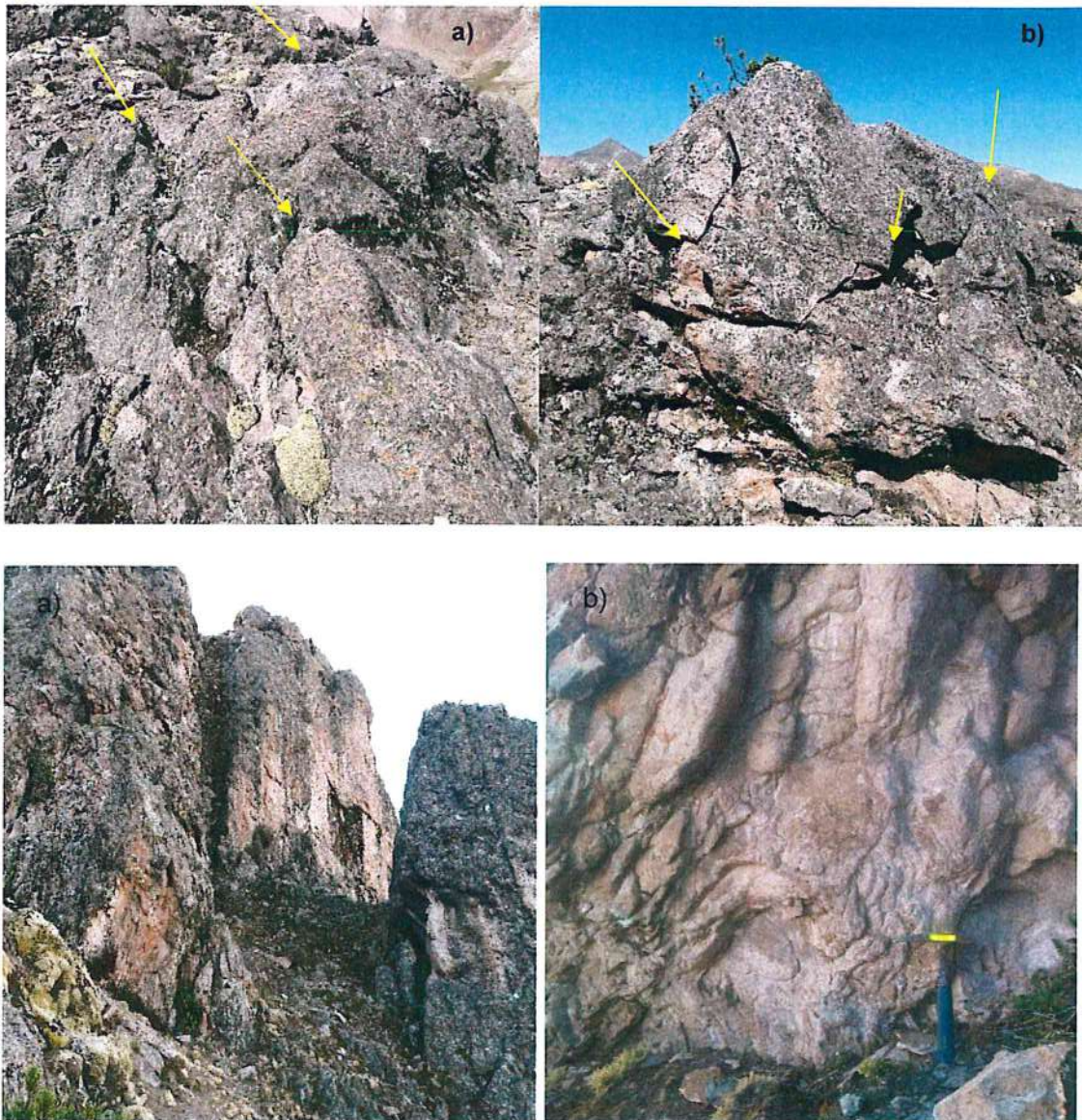


Figura N° 18 Se observa que el macizo rocoso está muy fracturada y meteorizado, en la cima del cerro Llallavi, el macizo rocoso presenta fisuras y agrietamientos, (a y b).

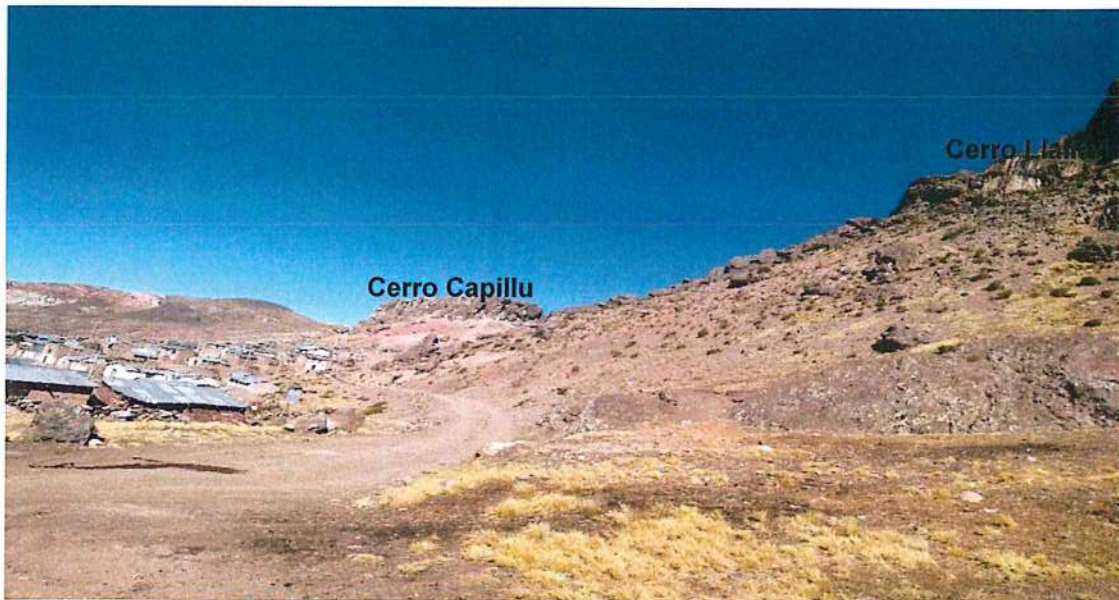


Figura N° 19 En la ladera se observan bloques sueltos que ante un movimiento sísmico pueden ceder y afectar las viviendas que se ubican en el pie de la ladera del cerro Capillu y cerro Llallavi.

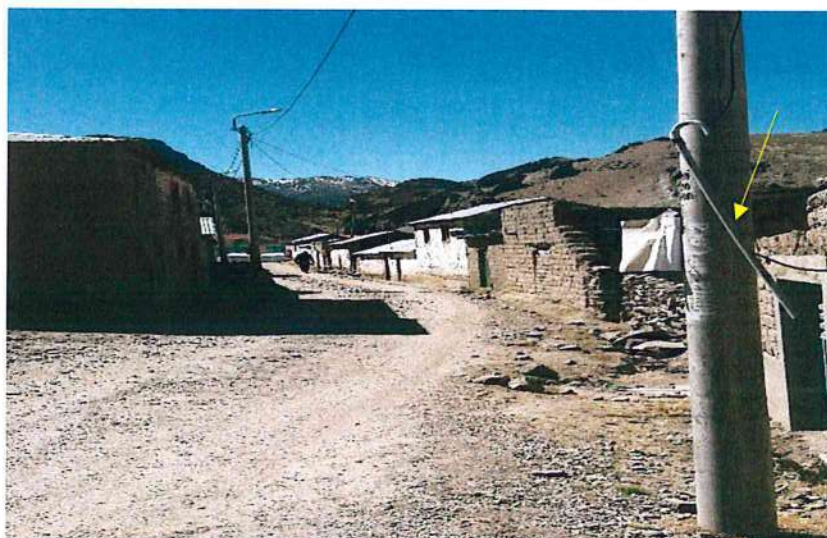
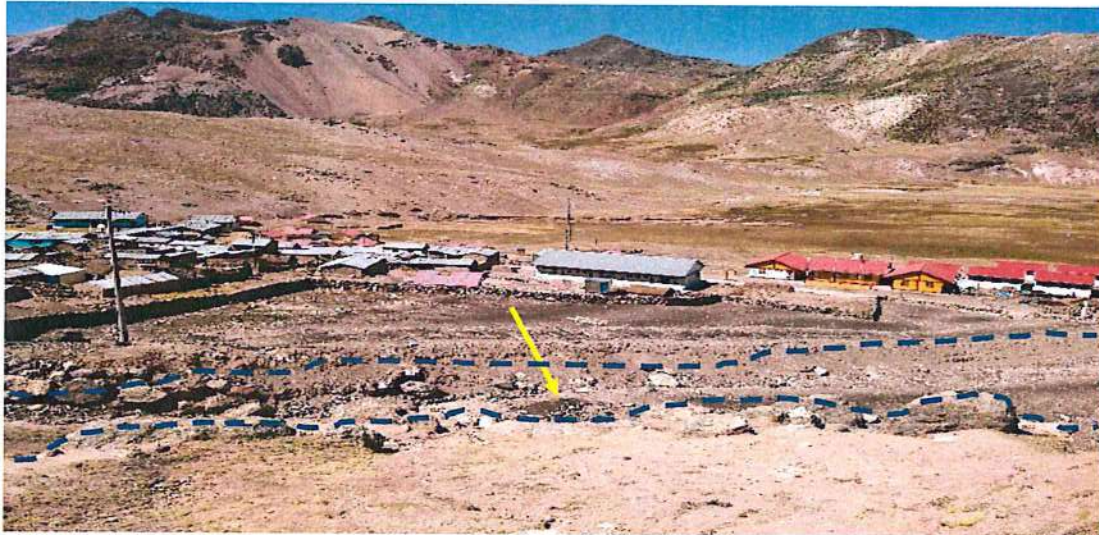


Figura N° 20 Se observa las viviendas que fueron afectadas en su mayoría por el movimiento sísmico, se muestra la conexión de luz del poste hacia la vivienda afectada (flecha amarilla).



*Figura N° 21 Se muestra la quebrada Capillo Mayo, defensa ribereña (líneas discontinuas de azul) hecho por los pobladores para evacuar las aguas que baja por esta quebrada.*

#### **5.4 Evaluación de la zona de reubicación.**

El terreno propuesto por la población del centro poblado Quillisani no es apta para su reubicación, se encuentra en las siguientes coordenadas UTM. 310601E, 8296740N.

El área se encuentra ubicado sobre depósitos coluvial. constituido por gravas angulosos, subangulosos, limos, arcillas, producto de una antigua caída de rocas.

El área se encuentra circundada por afloramientos de roca muy fracturada correspondiente a la Formación Tacaza.

Geomorfológicamente la zona constituye laderas con pendiente de 25° a 46°, en las laderas y quebradas se encuentran material suelto susceptibles a ser removido.

La zona de reubicación es cruzada por una quebrada, que entre los meses de diciembre a marzo, por el aumento de lluvia se incrementa el caudal.

Según información dada por los pobladores, esta zona en época de lluvia se satura por el agua que proviene de las quebradas. Entonces esto afectaría al terreno propuesto para la reubicación.





Figura N° 22 Terreno propuesto por el centro poblado de Quillisani.

## 6 OBRAS DE MITIGACIÓN

- Tratamiento de taludes con escalonamiento: Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca - indeseables en todos los casos y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Figura.N°23.

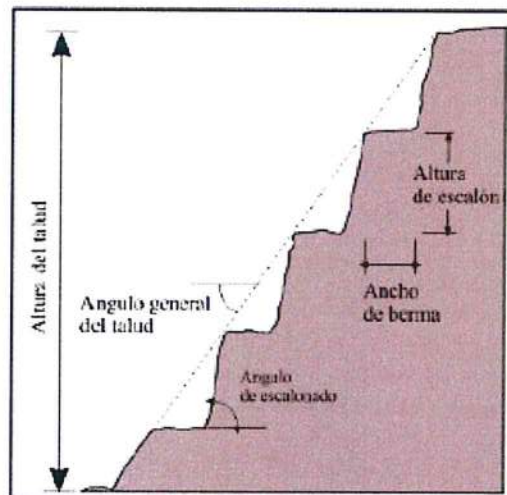


Figura N° 23 Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de INGEMMET, 2000).

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a las vías.

- **Pernos:** los pernos son elementos estructurales generalmente constituidos por varillas de acero colocadas dentro de una perforación. Lo cual se inyecta posteriormente con cemento para unir las varillas al macizo de la roca. Lo que ocurre es un esfuerzo del macizo de roca por intermedio de la varilla. En esta forma se puede evitar los caídos de roca y en ocasiones, los deslizamientos e macizos de roca fracturada con discontinuidades muy espaciadas. El diseño de los pernos generalmente es empírico basado en un análisis de las discontinuidades en el macizo y de la estabilidad de los bloques. La parte más importante del diseño es determinar la localización, ángulo de inclinación y longitud de cada perno.
- El detalle común de las tecnologías de pernos es que minimizan la relajación o desprendimiento de los bloques de roca (hoeck, 1983). Una vez los bloques se sueltan, es muy difícil recobrar la estabilidad completa del macizo, por eso es muy útil que se realice la colocación de anclajes previamente a una excavación (wyllie y Norris, 1996).

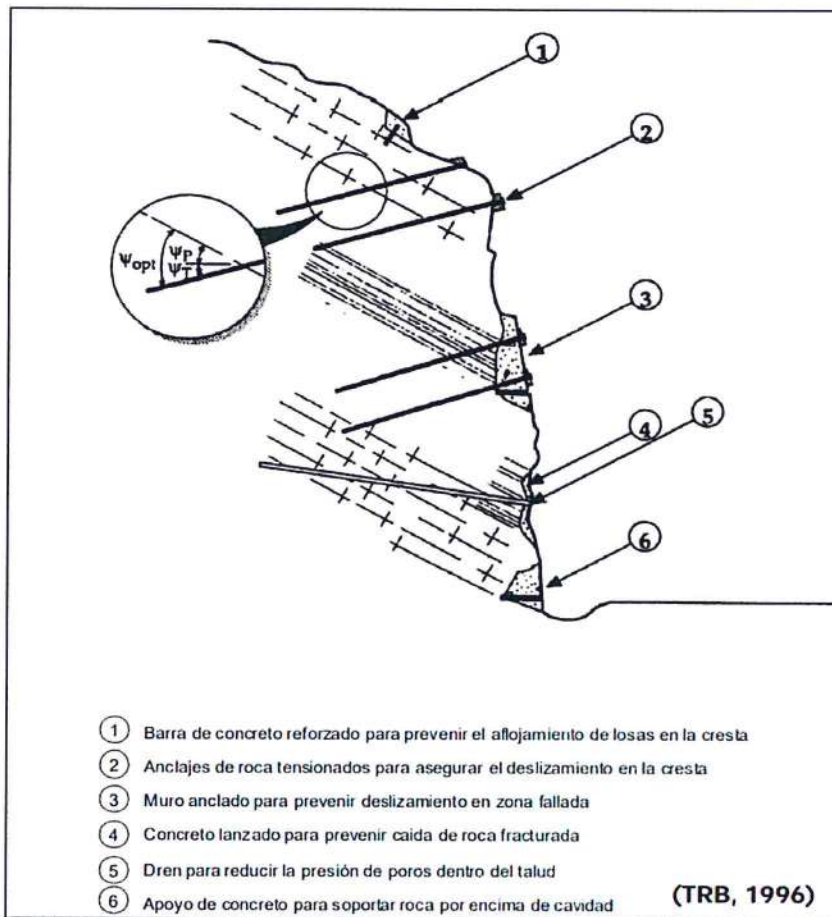


Figura N° 24 Métodos de refuerzo para taludes de roca.

**Drenaje y sub Drenaje:** Al mejorar las condiciones de drenaje o sub drenaje se incrementan las condiciones de estabilidad, las obras de drenaje, generalmente son más

económicos que las estructuras de contención y en la mayoría de los casos el drenaje y el subdrenaje se requiere para complementar el efecto de las obras de refuerzo estructural del macizo.

- El drenaje superficial: el drenaje adecuado de la superficie del talud disminuye la infiltración del agua de escorrentía y permite controlar los procesos de erosión.
- Entre los métodos de drenaje superficial se encuentran los siguientes.
- Drenar las depresiones donde se acumula agua, arriba de la cabeza del talud.
- Reconformar la superficie del talud y del área arriba de la cabeza para facilitar el flujo de la escorrentía.
- Sellar o cubrir las aberturas de las discontinuidades y/o las áreas permeables utilizando concreto, asfalto, lechado o plásticos para impedir la infiltración de agua.
- Desviar las aguas de escorrentía utilizando zanjas revestidas, lavaderos, alcantarillas y box coulverts, graderías, etc.
- Revegetación.
- Impermeabilización de las superficies expuestas

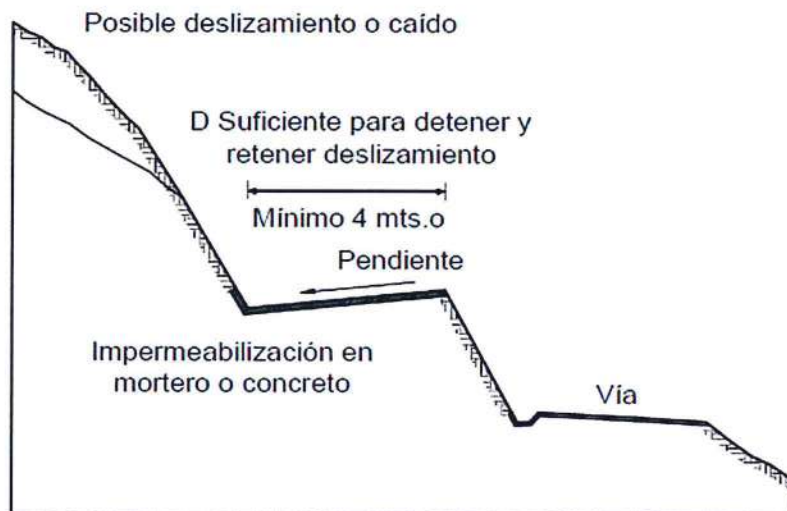


Figura N° 25 Bermas para detener caídos o derrumbes de roca o suelo.

## CONCLUSIONES

1. De las laderas de los cerros Llallavi y Capillo colindantes al poblado Quillasani, se generaron caída de rocas, producto del sismo del 01 de diciembre del 2016. Aún las condiciones geológicas son inestables, se puede reactivar por lluvias intensas o movimientos sísmicos.
2. La zona ha presentado caídas de rocas en diversas oportunidades, estos eventos están afectado las viviendas ubicadas en el pie del talud.
3. Los suelos de tipo limo arcillosos, arenoso, no consolidados con características geotécnicas incompetentes, se encuentran saturados.
4. Las viviendas que se encuentran asentadas en la quebrada Hullarapi sobre depósitos coluviales, los daños en las viviendas se deben principalmente porque no fueron diseñadas y construidas tomando un criterio técnico profesional, sumado a la antigüedad de las mismas; características que las hace muy vulnerables frente a sismos.
5. El factor desencadenante para la caída de rocas y afectación a las viviendas, fue la actividad sísmica registrado el año 2016.

## RECOMENDACIONES

- a. Reubicar las viviendas que se encuentran en la Av. Alfonso Ugarte, Jr Miguel Grau, Jr. Dos de Mayo, Jr. Antonio Raimondi, Jr. Pumace, Jr. Condorama, porque en la ladera se presentan bloques sueltos y suspendidos, que pueden ceder ante un movimiento sísmico y/o lluvias intensas.
- b. Considerar la colocación de señales en las vías de acceso y áreas afectadas, advirtiendo la posible caída de rocas
- c. Inmediato desquinche de bloques sueltos que se encuentran adyacentes al noroeste del centro poblado Quillisani. Porque es una zona inestable y esto podría ocasionar daños severos a las viviendas.
- d. Ante la caída de rocas y taludes inestables como medidas de sostenimiento se debe utilizar barreras dinámicas o estáticas en la ladera del cerro Llallavi, para retener los desprendimientos. Labor que deberá ser dirigido y ejecutado por profesionales con conocimiento y experiencia en la materia.
- e. Se deberán realizar charlas informativas y simulacros para que así la población sepa cómo actuar en caso de presentarse un evento sísmico, porque esto va activar la caída de rocas.
- f. En centro poblado debe contar con zonas seguras en caso de un sismo.
- g. Los bloques inestables que se encuentran en la ladera, deberán ser desquinchados, y esta labor debe ser realizada por un especialista con el apoyo de la municipalidad del centro poblado de Quillisani.

## Zona de Reubicación

- a. El sector propuesto para reubicación del centro poblado Quillisani, se encuentra sobre depósito proluvial en medio de dos quebradas estas quebradas se activan en el periodo lluvioso y se generarían inundaciones que afectarían al poblado de Quillisani.
- b. Las laderas de los cerros tienen pendientes comprendidas entre 20° a 35°, los suelos y depósitos que se encuentra encima de ella son susceptibles a ser removidos.
- c. Por las condiciones geológicas y geodinámicas del área propuesta para la reubicación del centro poblado de Quillisani, **no es apta para la reubicación.**

  
.....  
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL  
Director (e)  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cruden, D.M & Varnes, D.J., Landslides Types and Processes in Turner, A.K and Schuster, R.L. Editores (1996). Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 672 p.
- Ingemmet (2001) Dirección de Geología Ambiental Franja N°2 (2001)., Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Boletín N°27, Serie "C": Geodinámica e Ingeniería Geológica; 28, 373 p.
- Indeci, 2016. Movimiento Sísmico en la provincia de Lampa – Puno. Informe de Emergencia N° 871 - 23/12/2016 / COEN - INDECI. 27p.
- Gabino F. & Delgado M. (2016) Informe Técnico A6739; Evaluación geológica Post-Sismo del 01 de diciembre del 2016: Reactivación del segmento Parina Sistema de fallas Ocuvi-Orduña Puno. INGEMMET.
- Sánchez, A & Zapata, A (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Sicuani (29-t), Nuñoa (29u), Macusani (29-v), Limbani (29-x), Sandia (29-y), San Ignacio (29-z), Yauri (30-t), Azángaro (30-v), Putina (30-x), La Rinconada (30-y), Condorama (31-t), Ocuvi (31-u), Juliaca (31-v), Callalli (32-t) y Acora (32-x). Lima: INGEMMET.
- Varnes, J. (1978). Slope movements types and processes. En: SCHUSTER, L. y KRIZEK, J. Ed, Landslides analysis and control. Washington D.C. National Academy Press Transportation Research Board Special Report 176.