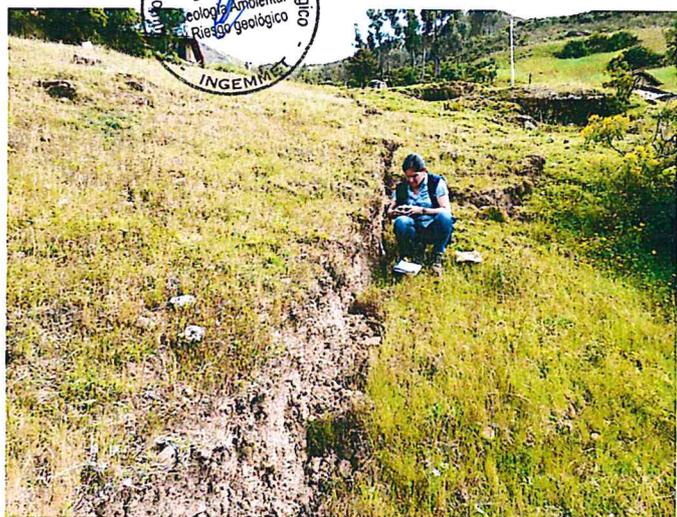


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6982

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE ATAPACHCA Y CARRETERA SAN PEDRO – TINYASH

Región Ancash
Provincia Pomabamba
Distrito Huayllan



NOVIEMBRE
2019

SIÓI 001 TULA NFO JCN ING ET / 19

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR
ATAPACHA Y CARRETERA SAN PEDRO-TINYASH
DISTRITO HUAYLLAN, PROVINCIA POMABAMBA, REGIÓN ANCASH**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	3
3. TRABAJOS PREVIOS	4
4. OBJETIVOS	4
5. ASPECTOS GENERALES	5
5.1 Ubicación y accesibilidad	5
5.2 Condiciones hidrometeorológicas	6
6. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	7
7. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
7.1 Marco conceptual	14
7.2 Características de los peligros geológicos identificados	16
8. FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	30
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE ATAPACHCA Y CARRETERA SAN PEDRO-TINYASH DISTRITO HUAYLLAN, PROVINCIA POMABAMBA, REGIÓN ANCASH

RESUMEN

Las localidades de Atapachca y Tinyash se ubican al noreste de la región Ancash, a 3611 m s.n.m. y 3027 m s.n.m. respectivamente. Políticamente pertenecen a la capital de distrito de Huayllan, provincia Pomabamba, departamento Ancash.

Geomorfológicamente corresponde a laderas de montañas estructurales en rocas sedimentarias. En el sector Atapachca se presentan pendientes medias a muy fuertes que varían de 25° a 60°, generalmente dentro de este rango de inclinación se producen la gran mayoría de los movimientos de ladera; situándose en ellas algunas viviendas del sector; sin embargo, la mayor parte del centro poblado; se concentra en laderas con pendientes bajas de 5° a 15° de inclinación, dando lugar a otros procesos gravitacionales como reptación y hundimientos. Por otra parte, las laderas del sector San Pedro-Tinyash presenta pendientes medias en un rango promedio de 20° a 35° donde se han desarrollado deslizamientos y flujos de detritos.

En la zona de estudio, afloran secuencias de rocas sedimentarias conformados por areniscas y arcillitas de la formación Chimu, Carhuaz y Chicama; cubriendo el substrato rocoso sedimentario, se emplazan depósitos Cuaternarios conformados por suelos arcillo-limosos, limo-arenosos y arcillosos, así como también depósitos residuo-coluviales constituidos por materiales sueltos de arcillas, arenas, limos y gravas, producto de la meteorización y remoción del sustrato rocoso por efectos de la gravedad asociados a movimientos en masa recientes. Las estructuras sedimentarias que conforman las laderas del sector presentan una orientación de sus planos de discontinuidad a favor de la pendiente, esta variable aunada al moderado a intenso grado de meteorización del suelo contribuye a la inestabilidad de las laderas.

Durante la evaluación de campo se evidenciaron deslizamientos antiguos susceptibles a reactivarse, reptación, deslizamientos activos, y flujos recientes que ponen en riesgo a la localidad de Atapachca y a los transeúntes que circulan por la carretera San Pedro-Tinyash.

La actividad agrícola es la principal actividad económica de la localidad de Atapachca evidenciándose la construcción de canales de agua para irrigación de cultivos los cuales se encuentran sin impermeabilizar, contribuyendo a la continua saturación y deformación del terreno, también se observó afloramientos de agua subterránea en forma de puquiales, bofedales y corrientes de agua tanto en el sector de Atapachca como en el sector San Pedro-Tinyash lo cual también favorece la saturación, desestabilización y removilización de suelos de laderas.

El factor desencadenante para la ocurrencia de estos procesos geodinámicos mencionados se les atribuyen a las intensas lluvias que se generaron entre enero a marzo del presente año.

Dadas las condiciones geológicas y geohidrológicas actuales que presentan las laderas de los cerros Pañajirca, Turipampa y Shacapucro se puede concluir que los sectores de Atapachca y San Pedro-Tinyash presentan muy alta susceptibilidad a generar movimientos en masa, por lo que se considera como zona crítica, de **alto peligro** ante precipitaciones pluviales intensas y sismos.

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR ATAPACHCA Y CARRETERA SAN PEDRO-TINYASH DISTRITO HUAYLLAN, PROVINCIA POMABAMBA, REGIÓN ANCASH

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) como ente técnico-científico incorpora dentro de las funciones de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, (DGAR) la asistencia técnica al Gobierno Nacional, Regional y Local en la identificación y caracterización de peligros geológicos; con el objetivo de contribuir en la prevención y reducción del riesgo de desastres en nuestro país.

La Municipalidad Distrital de Huayllan mediante Oficio Múltiple N° 045-2019-MDJA solicita al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación geológica en la localidad de Atapachca y en la carretera que une los sectores San Pedro y Tinyash, situados en el distrito de Huayllan, provincia de Pomabamba, Región Ancash.

En atención a la solicitud, se designó a los ingenieros Doreen Carruyo y Manuel Vilchez para realizar una inspección técnica de la zona. Los trabajos de campo se realizaron los días 22 y 23 de mayo del 2019 y se contó con la presencia del secretario técnico de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Huayllan el Ing. Melanio Martel y pobladores del lugar.

El presente informe se ha realizado en base a las observaciones de campo, imágenes satelitales y testimonios de los pobladores, e incluye información sobre las características geológicas y geomorfológicas, descripción de los peligros geológicos ocurridos, conclusiones y recomendaciones que se ponen a disposición de la Municipalidad Distrital de Quinuabamba, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES

Desde hace varios años se vienen generando reactivaciones de procesos geodinámicos en las laderas de los cerros Pañajirca y Tauripampa, situados en el sector de Atapachca, así como también se vienen presentando en el cerro Shacapucro en el sector de Tinyash los cuales periódicamente afectan a las viviendas y zonas de cultivo de la localidad de Atapachca constituida por 250 viviendas y a los sectores de Tinyash, Runabamba y Yanayacu.

En febrero del presente año, los pobladores de la localidad de Atapachca observaron cables de alta tensión muy tensados, tuberías de agua potable deformadas y un rápido avance en el desarrollo de estos procesos geodinámicos (reptación y deslizamientos) en las laderas del sector Atapachca y Tinyash debido a las intensas precipitaciones pluviales generadas en la zona.

El 22 de febrero del año 2019 mediante Decreto Supremo N° 035-2019-PCM se declaró en emergencia al distrito de Huayllan, provincia de Pomabamba, departamento de Ancash por el plazo de sesenta (60) días calendario, por peligro inminente ante

movimientos en masa durante el periodo de lluvias 2018 -2019, para la ejecución de acciones, inmediatas y necesarias, destinadas a la reducción del alto riesgo existente, así como de respuesta y rehabilitación en caso amerite; (sin embargo a la fecha de la evaluación no se contaba con trabajos previos en Evaluación de Riesgos originados por fenómenos naturales).

3. TRABAJOS PREVIOS

INGEMMET ha realizado trabajos relacionados a geología y peligros geológicos que abarcan la zona de estudio, los cuales son descritos a continuación:

- En el “**Mapa geológico de Pomabamba, Hoja 18-i**”, escala 1:100 000, (Wilson *et al*; 1967), se muestra que la zona de estudio se ubica principalmente sobre afloramientos de las Formaciones Chicama, Chimú y Santa-Carhuaz.
- En el Boletín N° 60, Serie A: “**Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz, y Huari**”, INGEMMET, (Wilson *et al.*, 1995) mencionan que la Formación Chicama está constituida por grosores de lutitas con nódulos ferruginosos y areniscas finas, la Formación Chimú está constituida por afloramientos de cuarcitas, areniscas y arcillitas intercaladas con mantos de carbón, la Formación Santa consiste de calizas y arcillitas calcáreas y la Formación Carhuaz, comprende mantos de areniscas y cuarcitas finas marrones en capas delgadas con abundantes intercalaciones de arcillitas.
- En el Informe técnico “**Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la Región Ancash**” INGEMMET, (Zavala *et al*; 2007) se identificó como zona crítica al paraje Huashapampa- Runabamba- Yaracyacu situado a pocos metros de la localidad de Tinyash, en donde se identificaron deslizamientos reactivados, flujos de tierra, desviación del cauce y embalses, viviendas cercanas vulnerables, y 600 m de carretera afectada entre Pomabamba y Lucma, así como también daños a zona de cultivos y pastizales.
- En el Boletín N°38 de la Serie C: “**Riesgos geológicos en la región Ancash**”, INGEMMET (Zavala, *et. al* 2009), se presenta en el “**Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa**”, escala 1:250 000, que el distrito de Huayllan, provincia de Pomabamba, departamento de Ancash se encuentra ubicado en zona de muy alta susceptibilidad.

4. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- Identificar y caracterizar el tipo de peligros geológicos por movimientos en masa que están afectando al área de estudio.
- Sugerir medidas preventivas y de mitigación en las áreas con mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

5. ASPECTOS GENERALES

5.1 Ubicación y accesibilidad

Las localidades de Atapachca y Tinyash se ubican al noreste de la región Ancash, a 3611 m s.n.m. y 3027 m s.n.m. respectivamente. Políticamente pertenecen a la capital de distrito de Huayllan, provincia Pomabamba, departamento Ancash (figura 1).

Las coordenadas de ubicación correspondiente a la localidad de Atapachca son las siguientes: UTM WGS84, Zona 18L, N: 9015468; E: 232543.

Las coordenadas de ubicación correspondiente a la localidad de Tinyash son las siguientes: UTM WGS84, Zona 18L, N: 9017168; E: 234837.

Para acceder al sector de Atapachca, se toma desde Lima la carretera Panamericana Norte 1N y carretera 16 auxiliar de la Panamericana Norte hasta llegar a Huaraz, desde Huaraz se toma la carretera asfaltada 3N hasta llegar a la ciudad de Carhuaz, donde se realiza un desvío a la carretera asfaltada AN-107- Chacas-San Luis; luego, antes de llegar al distrito de San Luis se toma la carretera afirmada 105 hasta llegar al distrito de Pomabamba; desde allí se toma un primer desvío por la carretera AN-593 que conduce al centro poblado de Huayllan, capital del distrito de Huayllan, pasando luego por sectores de Olivopampa y Huayllancocha hasta llegar a la localidad de Atapachca.

Para llegar al sector de Tinyash se realiza un desvío antes de llegar al centro poblado de Huayllan por la carretera AN-594 que conduce a los centros poblados de Nuñumia-Acobamba- Champis-San Pedro-Tinyash (cuadro 1).

Cuadro 1: Acceso desde Lima a la zona de estudio, el cual se realizó tomando el siguiente itinerario:

Tramo	Longitud	Horas Recorridas	Tipo de Via
Lima - Huaraz	408 km	8 horas	Asfaltada
Huaraz –Provincia de Carhuaz	33.6 Km	1 hora	Carretera asfaltada 3N
Provincia de Carhuaz- San Luis	96.5 km	2 horas y 34 min	Carretera asfaltada AN-107
San Luis- Pomabamba	68.4 km	3horas y 13 min	Carretera afirmada 105
Pomabamba-Huayllan-Atapachca	18.4 km	54 min	Carretera AN-593
TOTAL	624.3	15 horas con 40 min	
Pomabamba- Tinyash	10 km	28 min	Carretera AN-594
TOTAL	616.5 km	15: 15 min	

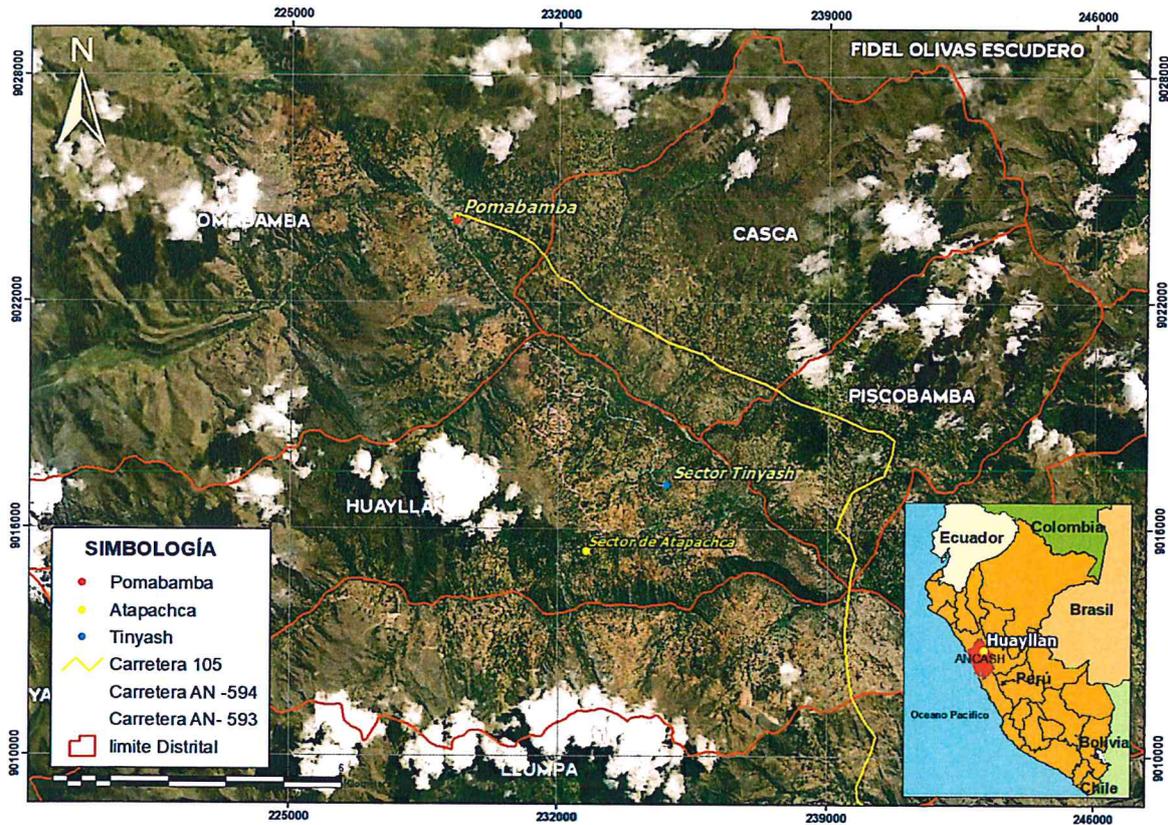


Figura 1. Mapa de ubicación y acceso a la zona de estudio.

5.2 Condiciones hidrometeorológicas

El régimen pluviométrico en la sierra del Perú es estacional, y regularmente se registran lluvias diarias o inter diarias entre los meses de noviembre a abril, con escasas precipitaciones el resto del año. Las lluvias generadas durante los meses de mayor precipitación (enero a marzo) suelen ser de gran intensidad, favoreciendo significativamente la activación de quebradas, deslizamientos y flujos.

El distrito de Huayllán viene siendo afectado anualmente por las precipitaciones pluviales que se generan de enero a marzo; sin embargo, existen años hidrológicos en los que se ha presentado un incremento de lluvias por encima de los parámetros normales, generando reactivaciones y ocurrencia de nuevos eventos geodinámicos en el sector.

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas en la zona de estudio, se tomaron datos referenciales de la estación “**POMABAMBA**”, registrada en la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la cual se encuentra aproximadamente a unos 8 a 9 km al NO de la zona de estudio. Las cifras obtenidas indican que durante el periodo de lluvias 2019 se registró mayor cantidad de precipitaciones en comparación con periodos de lluvias de años anteriores.

Se tiene registrado que el acumulado de precipitación mensual durante el mes de marzo del año 2019 (mes de activación del evento) es de **283.4 mm** siendo mayor que los valores registrados en años anteriores que corresponden a **212.8 mm** para el año 2017 y **215 mm** para el año 2018. Ahora si se toman en cuenta las lluvias acumuladas para el periodo de enero a marzo (periodo de máximas precipitaciones pluviales); se alcanzó un

acumulado de lluvias en el año 2017 de **356 mm**, **512.9 mm** para el año 2018 y **723.6 mm** en el año 2019. Indicando que durante este periodo de lluvias 2019 se generaron lluvias excepcionales, que provocaron la desestabilización de las laderas y la ocurrencia de reactivación de movimientos en masa (cuadro 2).

Cuadro 2. Datos hidrometeorológicos tomados de la estación meteorológica de “POMABAMBA”.

Año 2017												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	152.6	183.8	212.8	135.1	86.8	40.4	5	12.2	35.6	68.5	76	218.3
Año 2018												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	163	134.4	215.5	101.3	55.4	17.2	9.2	19.1	46.6	156.4	154.2	115.3
Año 2019												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	209.5	230.7	283.4	87.8	31.9	15.4	18.7	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: SENAMHI-Dirección de Redes de Observación y datos.

6. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

6.1 Características geológicas

6.1.1 Unidades litoestratigráficas

En la zona de estudio, afloran ampliamente secuencias de rocas sedimentarias. Las laderas del cerro Panajirca y Tauripampa situadas en el sector Atapachca están conformadas en su mayoría por cuarcitas y areniscas correspondientes a la **Formación Chimú**; sobreyaciendo a esta formación se presentan intercalaciones de limoarcillitas rojizas, areniscas y limolitas gris amarillentas y violáceas, también cuarcitas finas marrones de la **Formación Carhuaz** del Cretáceo Inferior. En el sector de Tinyash afloran grosores considerables de arcillitas con nódulos ferruginosos y areniscas finas correspondientes a la **Formación Chicama**. Los afloramientos de rocas correspondientes a estas formaciones se presentan muy fracturadas, con una marcada foliación en sus planos de estratificación, y una moderada a intensa meteorización (figura 2 y 3). Las condiciones geológicas de la zona, aunada a la disposición de los estratos favorecen la ocurrencia de deslizamientos en las laderas del sector.

Cubriendo al substrato rocoso sedimentario, se encuentran depósitos cuaternarios (Holoceno), los cuales se emplazan como depósitos aluviales, y están compuestos por suelos, arcillo-limosos y limo-arenosos. También se evidencian depósitos de ladera (residuos-coluviales o coluvio-deluviales), que son aquellos conformados por materiales sueltos de arcillas, arenas, limos y gravas, producto de la meteorización y remoción del sustrato rocoso por efectos de la gravedad asociados a movimientos en masa recientes (fotografías 1, 2 y 3).

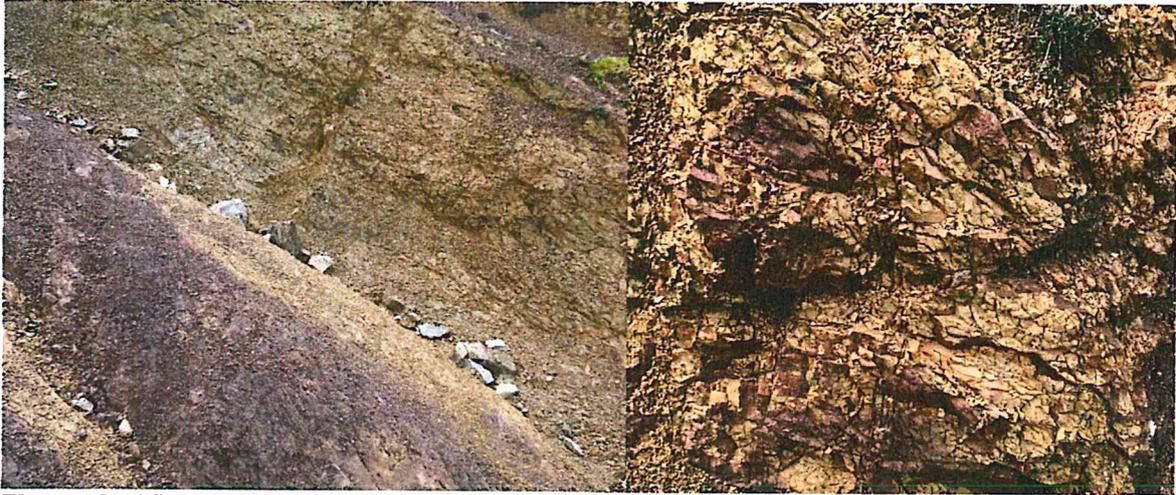


Figura 2. Afloramiento de la Formación Carhuaz donde se visualiza alternancia de limolitas y areniscas de coloración gris amarillentas y violáceas en laderas del cerro Panajirca en el sector Atapachca. A la derecha se muestra del mismo afloramiento en el cerro Pañajirca, donde se observan limolitas muy fracturadas y meteorizadas formando acumulación de material suelto limoso.



Fotografía 1. Se muestran capas de sustrato rocoso alterado y fracturado en el sector de Atapachca el cual presenta estratificación inclinada conformada por areniscas de coloración amarillenta que se alternan con arcillitas grises correspondientes a la Formación Carhuaz.



Fotografía 2. Se muestra que la localidad de Atapachca se encuentra asentada sobre un depósito aluvial conformado por suelos limos arcillosos, los cuales son favorables para que se generen procesos geodinámicos.



Fotografía 3. Se muestra ladera en el sector de Tinayash la cual presenta una intensa meteorización, observándose también mantos de areniscas marrones correspondientes a la Formación Chicama.

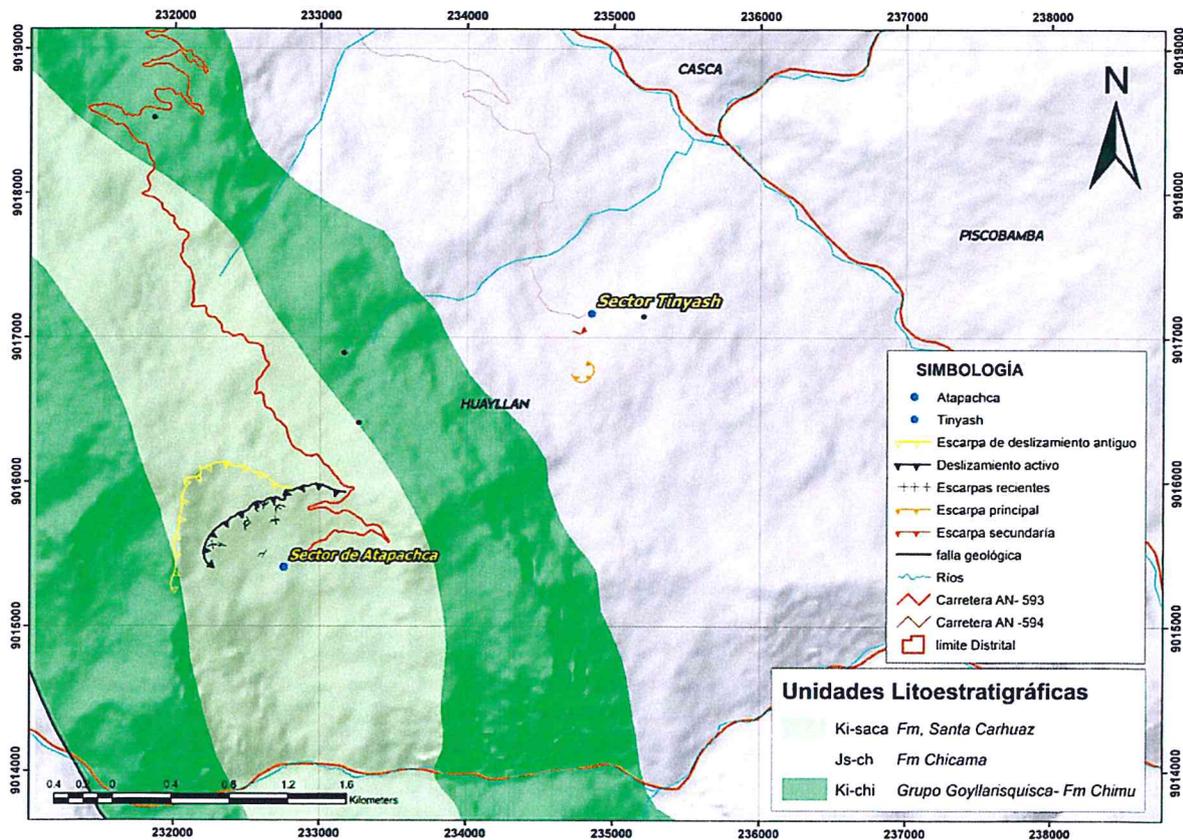


Figura 3. Mapa geológico del Sector de Atapachca y Tinayash (Tomado de Wilson et al; 1995).

6.2 Características geomorfológicas

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos los cuales muchas veces son afectados por factores geológicos, geográficos, bióticos y antrópicos que frecuentemente interrumpen o perturban el normal desarrollo del ciclo. Esta serie de factores cuando se

conjugan y son alterados a consecuencia del cambio climático y acción del hombre, favorecen la inestabilidad geomorfológica produciendo aumento de la pendiente y alteración de las propiedades físicas de los estratos expuestos en las laderas, generando un aumento de la escorrentía y una mayor intensidad de los procesos erosivos, esto hace que las zonas elevadas tiendan a deslizar material suelto, colmatando y afectando zonas deprimidas, así como también pueden limitar el buen desarrollo del suelo y la vegetación, dificultando los procesos de restauración.

6.2.1 Pendiente del terreno: Este parámetro influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor. (Belaústegui, 1999).

Para la zona de estudio se realizó un mapa a escala 1:10 000 con topografía realizada de imágenes de Vertex; imágenes FBS; Alos Palsar obtenidas de EARTH DATA de la NASA, donde se muestran las pendientes en grados (°). Las laderas del cerro Panajirca y Tauripampa situadas en el sector de Atapachca presentan desde pendientes medias, fuertes y muy fuertes con un rango promedio que abarca de 25° a 60° de inclinación, con algunas pequeñas áreas de bajas pendientes de 5° a 15° de inclinación en aquellas zonas donde se asienta gran parte de la localidad de Atapachca. Sin embargo, no toda la población se emplaza en zona de peniplanicie, también existen viviendas ubicadas en pendientes medias a fuertes en un rango de 25° a 35° las cuales son las más susceptibles a sufrir daños en sus estructuras, así como también representan un alto riesgo para los que en ellas habitan (figura 7).

Por otra parte, en el sector de Tinyash presenta un rango promedio de pendientes de 20° a 35°, y en la zona donde se encuentran asentadas las viviendas cercanas a la zona de estudio se muestran pendientes bajas de 5° a 10° aproximadamente (figuras 3, 4, 5 y 6). La clasificación de los rangos de pendientes se usó como fuente la tabla elaborada por Fidel et al., 2006 (cuadro 3).

Cuadro 3: Rangos de pendientes del terreno.

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
< 1	Llano
1 - 5	Inclinado-suave
5 - 15	Moderada
15 - 25	Fuerte
25 - 45	Muy fuerte
> 45	Muy escarpado

Fuente: Fidel et al. (2006)

6.2.2 Unidades Geomorfológicas

A continuación, se detallan y describen las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio:

6.2.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña: Incluye montañas cuya altura y formas se deben al plegamiento de las rocas superficiales de la corteza terrestre y que todavía conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas por procesos denudacionales fluvio-erosionales y glaciares.

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria; estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con el buzamiento de las capas de roca que controlan la pendiente de las laderas; en conjunto conforma un relieve de crestas paralelas separadas por depresiones igualmente paralelas, que se prolongan linealmente siguiendo un rumbo rectilíneo, sinuoso o en zigzag, prácticamente sin ramificaciones laterales. Se encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuestras y espinazos. Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local, así se tienen las siguientes subunidades de montaña diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

Subunidad de Ladera de Montañas Estructurales en rocas sedimentarias (LME-rs):

La localidad de Atapachca se sitúan en las laderas de los cerros Panajirca y Tauripampa, y el sector de San Pedro- Tinyash sobre laderas del cerro Shacapucro, los cuales presentan un sustrato rocoso conformado por planos de estratificación que buzanan en la misma dirección de la pendiente (figuras 4, 5 y 6).

6.2.2.2 Geformas de carácter depositacional o agradacional:

Estas representan por la forma del terreno resultados de la acumulación del material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geformas anteriores.

Unidad de Piedemonte: Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. La unidad de piedemonte identificada es la siguiente:

Subunidad de Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): Son acumulaciones de materiales inconsolidados a ligeramente consolidados relacionados a desprendimientos de material originados por procesos de movimientos en masa antiguos, prehistóricos y recientes en las laderas del sector Atapachca y Tinyash, (figuras 5 y 6).



Figura 4. Se muestra ángulos de inclinación de las pendientes que conforman las laderas correspondientes al cerro Panajirca y Tauripampa en el sector Atapachca.



Figura 5. Se muestra ángulos de inclinación de laderas de montañas estructurales donde se encuentran asentadas parte de la localidad de Atapachca.



Figura 6. Se muestra las unidades geomorfológicas identificadas en la zona y los ángulos de inclinación de las pendientes que conforman el sector Tinyash.

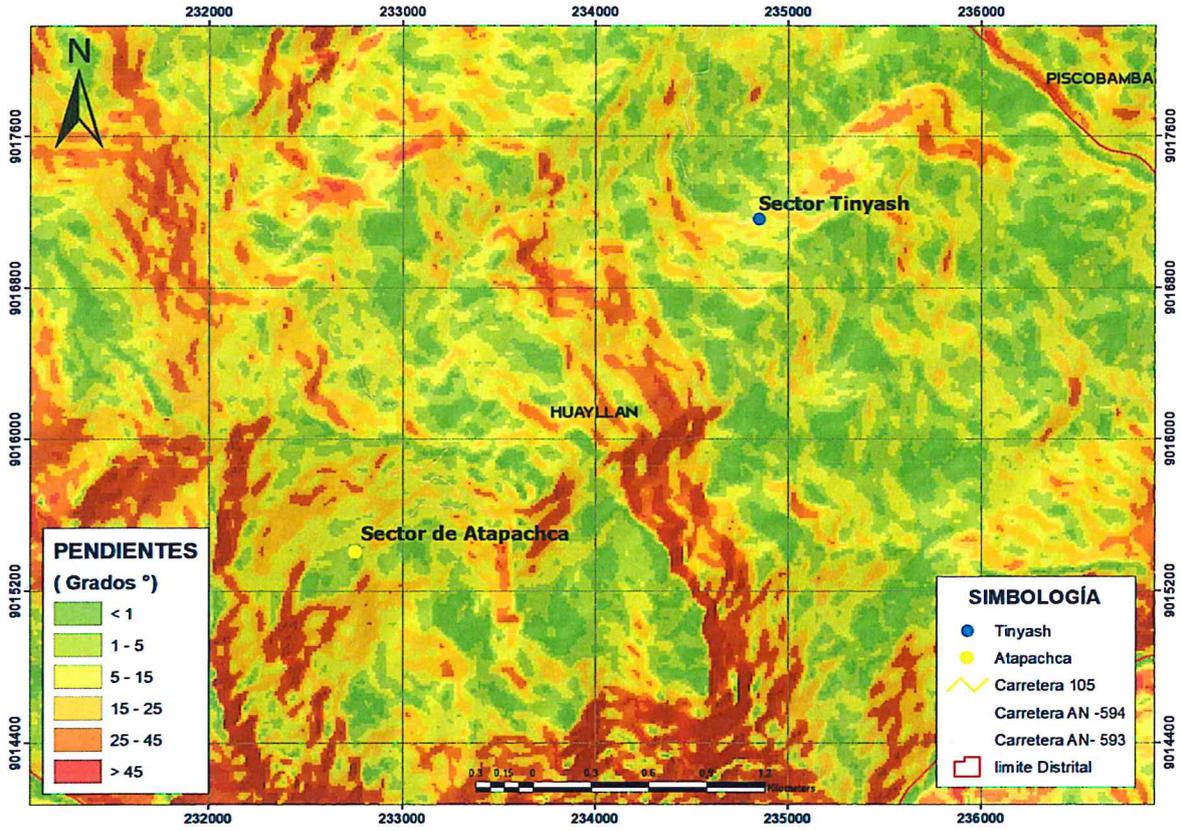


Figura 7. Mapa de pendientes del terreno en la zona de estudio.

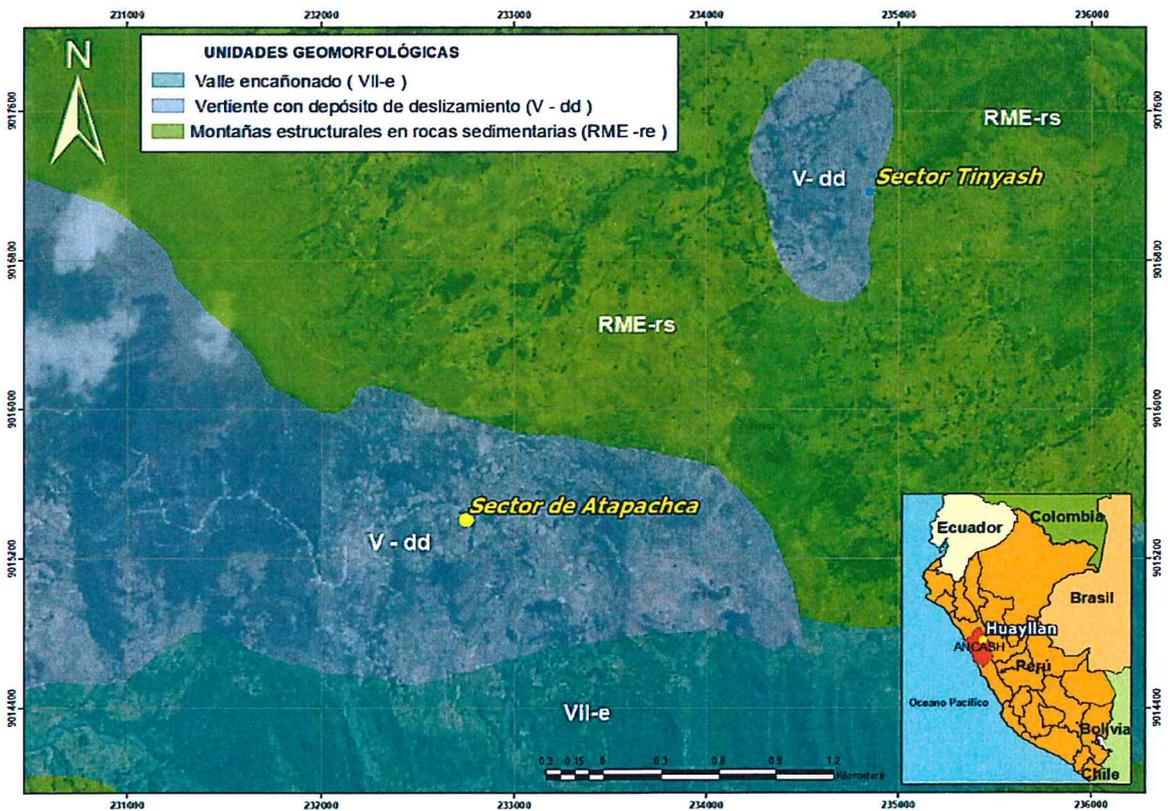


Figura 8. Mapa de unidades geomorfológico de la zona de estudio.

7. PELIGROS GEOLÓGICOS

En esta sección, se detalla un marco conceptual en el cual se explican algunos conceptos básicos relacionados a los peligros identificados en la zona de estudio y seguidamente se describen las características del evento geodinámico identificado.

7.1 MARCO CONCEPTUAL

7.1.1 Movimiento en Masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras, o combinación de ellas por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

- **Deslizamientos:** Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona, en donde ocurre una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Cruden & Varnes, 1996; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002). En el sistema de Varnes (1978). Se clasifican a los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio se evidencian deslizamientos de tipo rotacional.

- Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)

Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe (Cruden y Varnes, 1996) (figura 9).

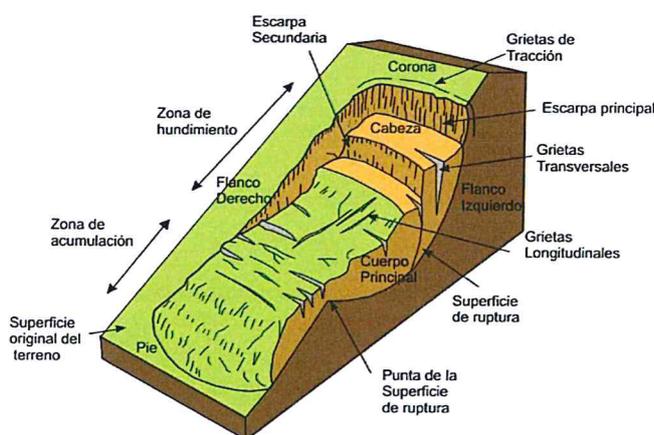


Figura 9. Deslizamiento típico rotacional (Modificado de: Cruden & Varnes, 1996).

- **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 un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978) (figura 10). Se distingue los deslizamientos por flujo de arcilla en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento (Hung et al., 2001).

Según Hungr & Evans (2004) (tomado de PMA: GCA, 2007) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado). El flujo que se generó en las laderas del cerro Josamazanga-Huamancruz corresponde a un flujo no canalizado tan como se muestra en la figura 10 b.

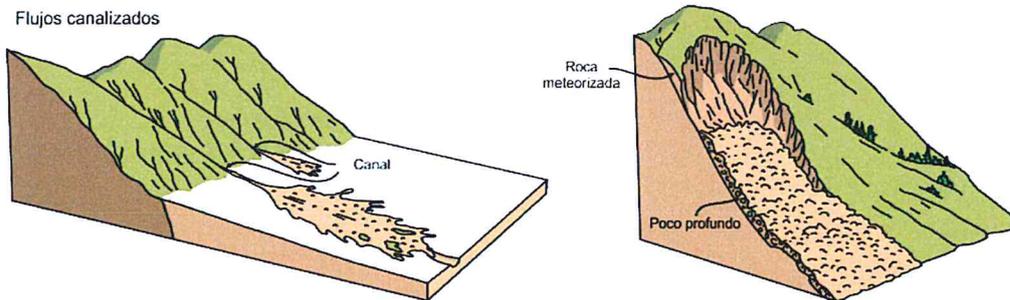
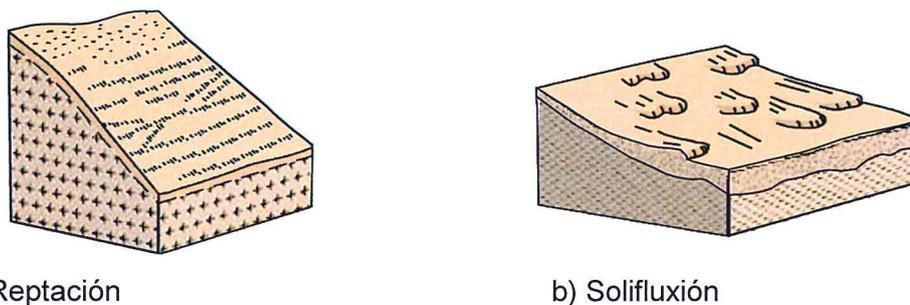


Figura 10 (a) y (b). Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

- **Reptación:** La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (figura 11).

Dentro de este movimiento se incluyen la *solifluxión* y la *gelifluxión*, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

La reptación y la solifluxión son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.



(a) Reptación

(b) Solifluxión

Figura 11 (a) y (b) Esquemas de reptación y solifluxión, según Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS

De acuerdo a declaraciones de pobladores, desde hace algunos años se vienen generando movimientos en masa en los sectores de Atapachca y Tinyash, evidenciándose a finales de febrero del presente año nuevos indicios de estos movimientos de ladera, tales como inclinación y tensado de cables de alumbrado público en la carretera de la localidad Atapachca, y nuevos sistemas de agrietamientos en ambos sectores; los cuales han sido desencadenados por las intensas precipitaciones pluviales. Sin embargo, es importante mencionar que los pobladores de ambas localidades se dedican a actividades agrícolas, lo cual conlleva a la construcción de canales de tierra sin revestimiento destinados para el riego de los cultivos (fotografía 9 y figura 27), contribuyendo a la infiltración y saturación del terreno, que condicionan y magnifican el desarrollo de estos movimientos en masa.

Durante los trabajos de campo, se observaron que los actuales procesos geodinámicos que afectan a los referidos sectores corresponden a deslizamientos recientes y reptación, los cuales se han venido desarrollando dentro de un deslizamiento antiguo; estos eventos tienen lugar en las laderas de los cerros Pañajirca y Tauripampa, situados en la localidad de Atapachca así como también se presentan en el cerro Shacapucro en el sector de San Pedro- Tinyash, afectando principalmente la cubierta detrítica superficial (depósitos coluvio – deluviales) constituida por arenas, arcillas y gravas de areniscas y arcillitas. Estos depósitos corresponden a los materiales producidos por el antiguo deslizamiento; y contienen material removido (areniscas, arcillas, gravas, cantos y bloques con clastos angulosos a medianamente angulosos), triturados y alterados de las rocas pre – existentes.

7.2.1 Eventos geodinámicos en el sector Atapachca:

Para un mejor entendimiento y descripción de los eventos geodinámicos identificados se han dividido las zonas afectadas en tres sectores, los cuales se detallan a continuación: (ver mapa geodinámico; figura 21)

Sector 1: Corresponde a las laderas del cerro Tauripampa, aproximadamente a 238 metros al sur de la carretera principal de Atapachca. En esta zona se identificó el escarpe de un deslizamiento reciente tipo rotacional, el cual se sitúa a una altura de 3718 m s.n.m, con una longitud de forma irregular y discontinua de aproximadamente 38 m y un salto vertical de 1.30 m (fotografía 4) Dentro del cuerpo del deslizamiento se evidenció reptación, pequeños escarpes secundarios recientes de aproximadamente 50 cm de altura y agrietamientos de 8 a 9 cm de abertura, (fotografías 5, 6 y figura 12). Las viviendas de esta zona se presentan de forma aisladas en las laderas exponiéndose al daño que pueden generar los eventos geodinámicos mencionados, de manera contigua a estas laderas se evidencia un deslizamiento antiguo con presencia de escarpes secundarios recientes que puede afectar a las viviendas que se sitúan ladera abajo (figura 16).

Sector 2: Corresponde a las laderas del cerro Pañajirca colindante a las laderas del sector 1, se sitúa a 3579 m s.n.m. aproximadamente a 191 m de las primeras viviendas del sector de Atapachca, en esta zona se evidencia la corona de un deslizamiento antiguo con una longitud aproximada de 157 m, dentro del cual se ha generado un escarpe reciente de aproximadamente 28 m de longitud y un salto vertical de 60 cm, la distancia desde el inicio del escape hasta el pie del deslizamiento es de aproximadamente 33 m (figuras 14, 15 y 16).



Fotografía 4 Escarpe de deslizamiento de rotacional reciente de aproximadamente 1.30 m de salto vertical en las laderas del sector Atapachca.



Fotografía 5. Escarpes secundarios recientes de aproximadamente 50 cm de salto vertical, en las laderas de sector Atapachca.



Figura 12. Se muestra agrietamientos de aproximadamente de 8 a 9 cm de abertura en las laderas del sector de Atapachca.



Figura 13. Se muestra dentro de un deslizamiento antiguo procesos de reptación y pequeños escarpes secundarios recientes los cuales comprometen a las viviendas de la localidad de Atapachca.

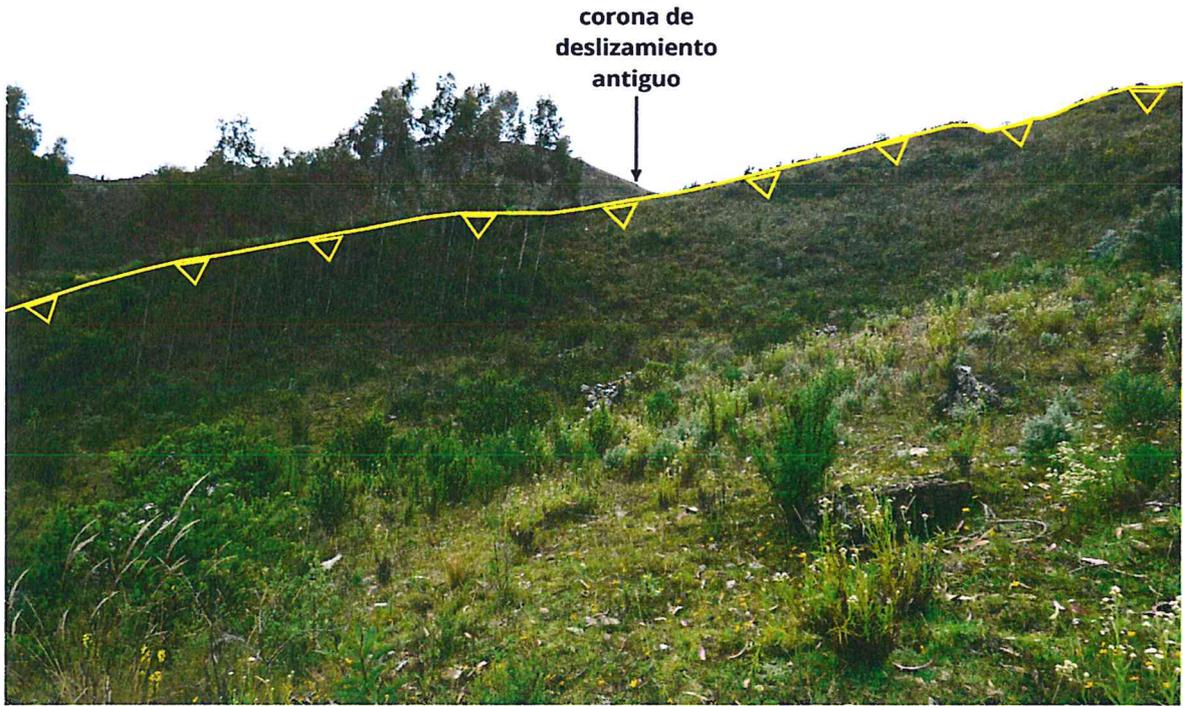


Figura 14. Escarpe de deslizamiento antiguo generado en la ladera del cerro Pañajirca.



Figura 15. Escarpe de deslizamiento reciente generado dentro de un deslizamiento antiguo.



Fotografía 6. Escarpe de deslizamiento de rotacional reciente de 60 cm de salto vertical.

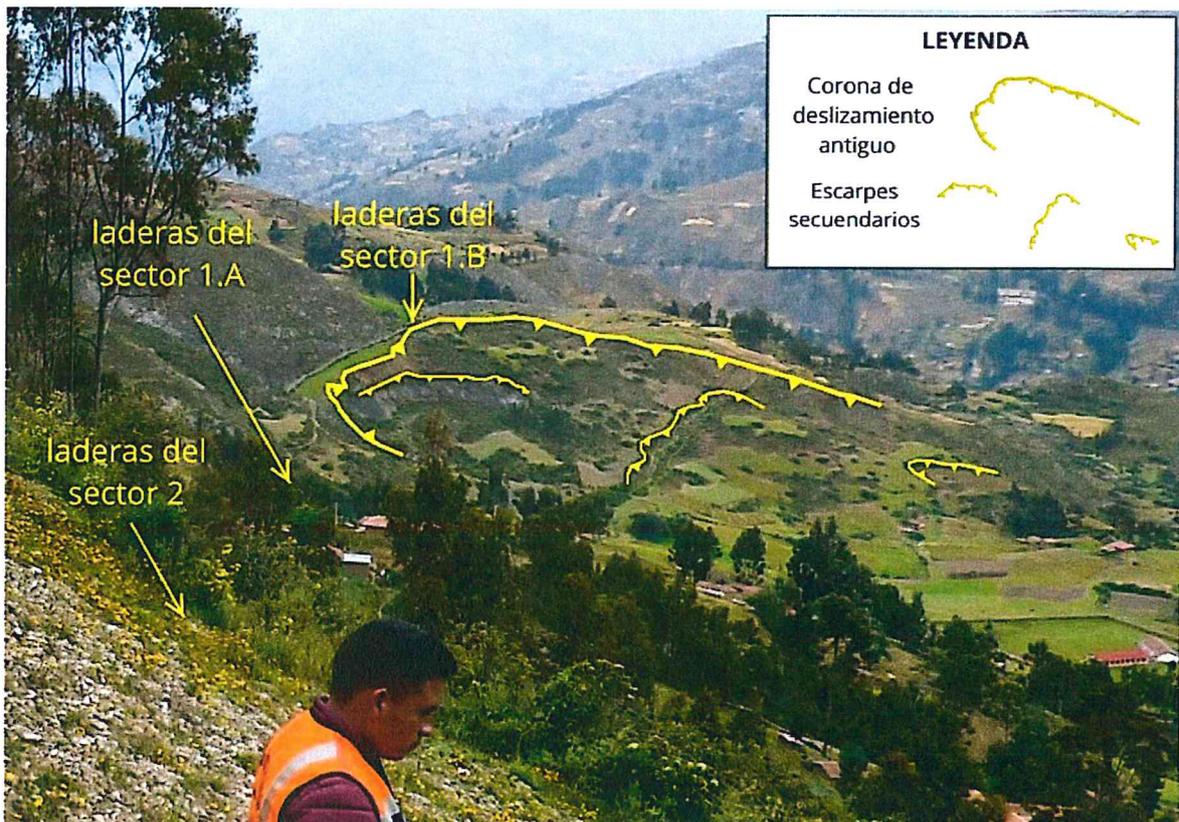


Figura 16. Se muestran laderas del sector 2, las cuales se sitúan aproximadamente a 191 m de las primeras viviendas del sector de Atapachca, y de manera continua se visualizan las laderas del sector 1.A que compromete directamente a las viviendas del sector y laderas del sector 1.B donde se evidencia un deslizamiento antiguo con recientes reactivaciones.

Sector 3: Corresponde a las laderas situadas en el km 15 de la carretera principal de Atapachca, a una altura de 3609 m s.n.m., en esta zona se observó un deslizamiento rotacional activo, el cual, a finales del mes de febrero del presente año desencadenó un flujo de detritos que logró atravesar la carretera principal del sector Atapachca transportándose aproximadamente 40 m ladera abajo logrando alcanzar una zona de viviendas, sin causar daños en sus estructuras. Este deslizamiento es muy susceptible a reactivarse pudiendo presentar un avance progresivo o retrogresivo, que puede llegar a afectar tanto a las viviendas que se emplazan detrás como las que se encuentran delante del deslizamiento. La inestabilidad de la ladera en esta zona puede ser atribuida a la infiltración de agua subterránea que aflora y discurre constantemente por el terreno (figuras 17 y 18 y fotografía 7). Las dimensiones del deslizamiento son las siguientes: longitud aproximada de 12 m, 4 m de salto vertical y un área de 182 m².



Fotografía 7. Vista frontal del deslizamiento-flujo en la carretera principal del sector Atapachca



Figura 17. A) Se muestra afloramiento de agua subterránea discurriendo por la carretera principal de Atapachca. **B)** Se observa el agua discurriendo por las laderas del la localidad de Atapachca.



Figura 18. Se muestra delimitación grafica de eventos geodinámicos antiguos y recientes en los alrededores de la carretera principal de Atapachca.

Sector 4: Corresponde a las laderas del centro poblado de Atapachca; en esta zona se evidencia un escarpe de deslizamiento antiguo, dentro del cual se emplazan las viviendas de esta localidad (figura 19). También se evidenciaron viviendas que se encuentran asentadas al borde del escarpe del deslizamiento, las cuales podrían verse muy afectadas en caso de una nueva reactivación (fotografía 8 y figuras 19 y 20).

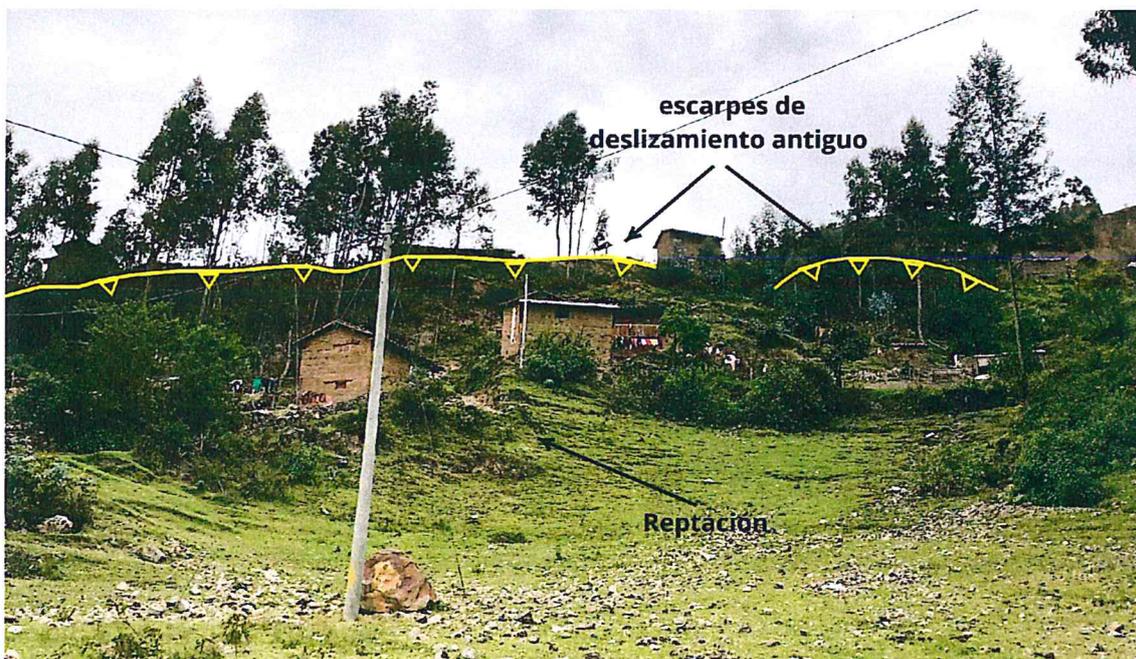


Figura 19. Se muestra delimitación grafica del escarpe de un deslizamiento antiguo en el cual se encuentran asentadas algunas viviendas del sector.

Daños: A la fecha de la evaluación no se habían registrado daños graves de viviendas ni pobladores en el sector de Atapachca; la zona presenta deslizamientos activos los cuales representan una amenaza para la seguridad física de la población de esta localidad, así como también, representan un peligro para sus actividades económicas y productivas.

Las viviendas del sector están construidas de material de adobe con techos en su mayoría de calamina, evidenciándose agrietamientos en paredes y pisos.



Figura 20. A) Se muestra vivienda situada al borde del deslizamiento en la localidad de Atapachca. B) Se evidencian grietas verticales de aproximadamente 3 cm de apertura en pared externa de vivienda.



Fotografía 8. Se muestra la ubicación de viviendas en el borde del escarpe del deslizamiento y proceso de reptación en laderas de la localidad de Atapachca.



Fotografía 9. Se muestra la construcción de canales de agua con fines de irrigación de cultivos, estas zanjás se construyen de forma recurrente en la localidad de Atapachca contribuyendo a la desestabilización de las laderas en el sector.

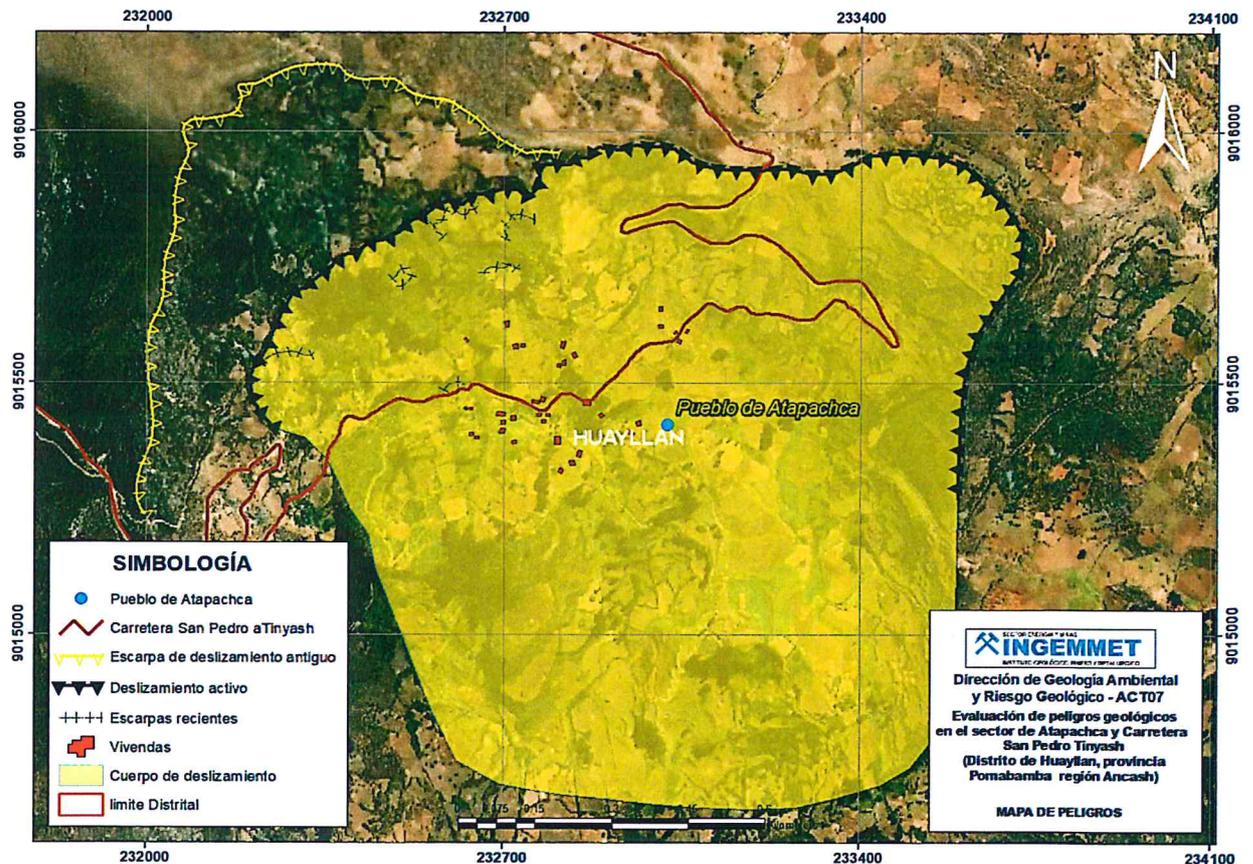


Figura 21. Mapa Geodinámico del sector Atapachca.

7.2.2 Eventos geodinámicos en la carretera de Tinyash:

Corresponde a las laderas del cerro Shacapucro, la cual se sitúa en dirección Sur y Sureste respecto a la carretera que une los sectores de San Pedro y Tinyash, a una altura de 3648 m s.n.m.; En estas laderas se evidencia un deslizamiento rotacional activo de grandes dimensiones. Debido a las condiciones del suelo se infiere que la reactivación de este evento geodinámico ocurrido en el pasado podría haberse generado durante el mes de enero y febrero del presente año, dando origen a un sistema de fracturas, agrietamientos, derrumbes y flujos que comprometen los sectores cercanos de San Pedro, Tinyash, Runabamba y Yanayacu.

Las dimensiones de la corona del deslizamiento corresponden a 600 m de longitud aproximadamente, 100 m de salto vertical, 500 m de longitud desde la corona hasta la punta del depósito, y se estima que el área afectada es de aproximadamente de 9 hectáreas (figuras 22 y 24). Dentro del deslizamiento se evidencia el desarrollo de una serie de escarpes secundarios con medidas que van desde los 60 cm a 1 m, además de agrietamientos con aberturas de entre 10 cm a 40 cm aproximadamente (figuras 23, 24, 25, 26 y 27 y fotografías 10 y 11).

Durante la evaluación se observó que, en determinados puntos del deslizamiento, la masa deslizada en lugar de hundirse se levantaba lo que es indicativo de resistencia del sustrato rocoso, este levantamiento logro romper la tubería tipo PVC que se utilizaba como colectora de aguas negras y pluviales (figura 26).

La ladera cuenta con un canal de concreto de 2 m de alto y 1.60 de ancho la cual se utilizaba como colectora de aguas pluviales, esta se encuentra inoperativa desde aproximadamente el mes de mayo del año 2017, la posible causa sería obstrucción por falta de mantenimiento.



Figura 22. Se muestra corona de deslizamiento rotacional activo la cual representa el límite de fractura principal, consecutivamente se observa la masa de suelo deslizada e inestable que llega hasta el borde de la carretera San Pedro-Tinyash.

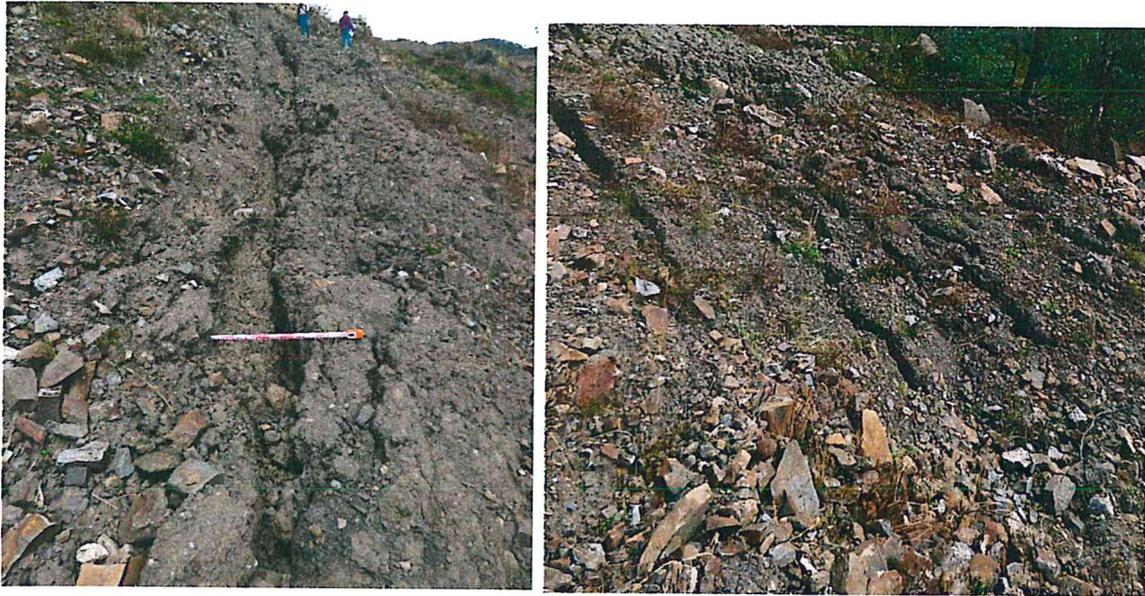


Figura 23. Se muestran agrietamientos de aproximadamente 20 cm de apertura y masa de suelo inestable con presencia de acumulación de flujo de detritos en la ladera baja de la zona evaluada.



Fotografía 10. Se muestra inclinación de árboles indicativo de un proceso de reptación en las laderas del sector San Pedro-Tinyash.



Figura 24. Corona de deslizamiento rotacional activo generada en laderas altas del cerro Shacapucro en el sector San Pedro-Tinyash.



Fotografía 11. Escarpe secundario con un salto de 60 cm.



Figura 25. Escarpes de aproximadamente 120 cm de salto en laderas del cerro Shacapucro.



Figura 26. Se muestran secuencias de escarpes de deslizamiento activo; la generación de movimientos en masa en esta zona ha ocasionado la rotura de la tubería pvc la cual estaba destinada para coleccionar aguas negras y pluviales.



Figura 27. Delimitación gráfica de un deslizamiento activo en la ladera del sector de Runabamba donde se visualiza que las viviendas y zonas agrícolas se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento, por lo que, de continuar el movimiento de ladera podrían verse afectadas.

Daños: A la fecha de la evaluación no se habían registrado daños graves de viviendas ni pobladores en el sector de San Pedro- Tinyash; la zona presenta deslizamientos activos los cuales representan una amenaza para la seguridad física de la población de este sector, así como también representan un peligro para sus actividades económicas y productivas.

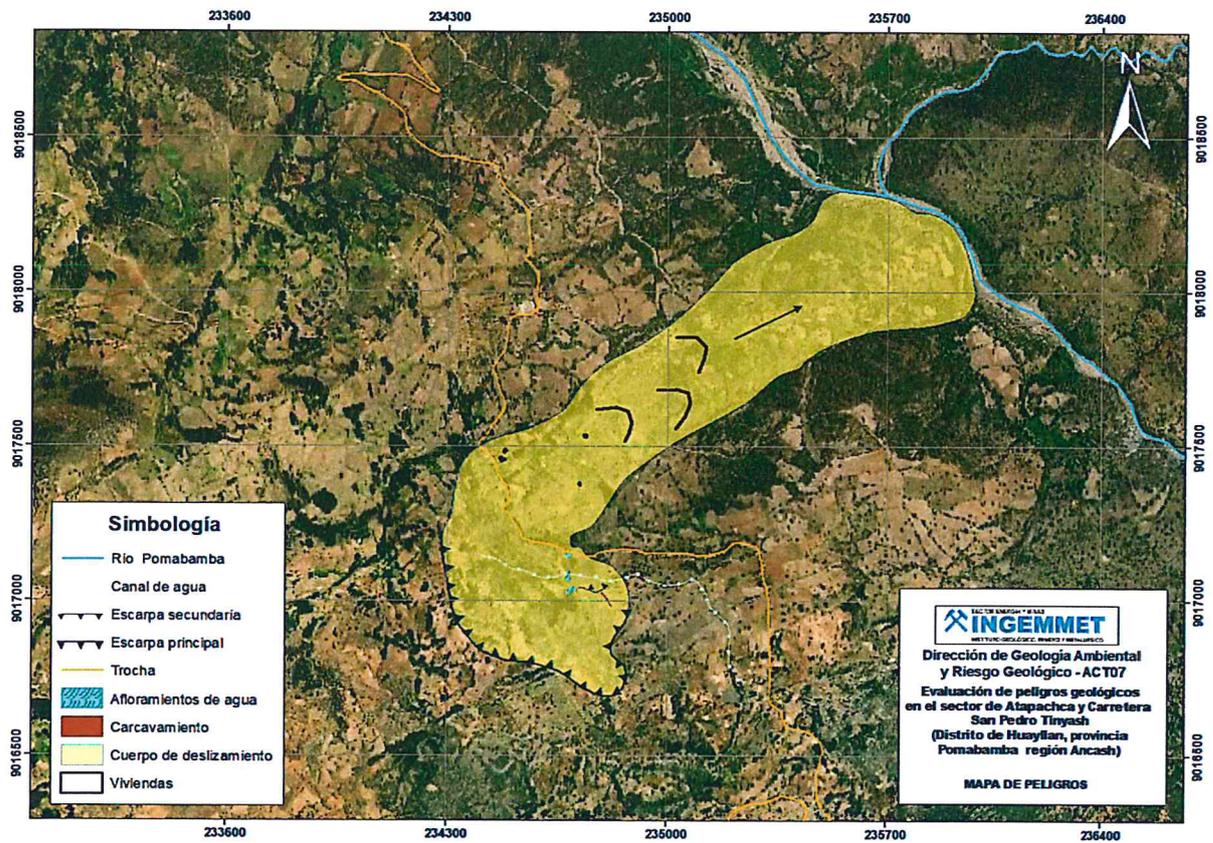


Figura 28. Mapa de peligros del Sector San Pedro- Tinyash.

FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

8.1 Condicionantes

- Laderas de montañas constituidas por estructuras sedimentarias plegadas y deformadas producto de grandes fuerzas compresivas; constituyendo de esta manera zonas de debilidad que forman un sustrato rocoso muy fracturado y con moderada a intensa meteorización; estas características definen a las rocas como no competentes, las cuales ayudan a reducir la resistencia de cizalla y cohesión del suelo situado encima de las rocas; generando zonas potencialmente inestables.
- Capas de abundantes depósitos de material Cuaternario Holocénico removido, con taludes de pendientes medias a fuertes con un rango de 20° a 60
- Las laderas presentan suelos poco cohesivos lo que facilita considerablemente la penetración de agua en grandes cantidades generando un aumento en la presión de poros y una disminución a la resistencia al corte induciendo a la activación de deslizamientos y flujos.
- Existencia de depósitos de movimientos en masa antiguos que, al alterarse las condiciones de estabilidad fueron reactivados.
- Los planos de estratificación de las rocas buzan en la misma dirección de la pendiente lo cual incrementa el movimiento de la masa inestable.
- Evidencia de puquiales, bofedales y quebradas tanto en las laderas del sector Atapachca como en las laderas del cerro Shacapucro situado en la carretera San Pedro-Tinyash, contribuyendo también de esta manera a la infiltración de agua y saturación del terreno.
- La ausencia o escasas de vegetación principalmente de tipo pastos y matorrales brindan poca protección a las laderas de los cerros favoreciendo su inestabilidad.

8.2 Desencadenantes:

- Precipitaciones pluviales intensas entre febrero y marzo del presente año desencadenando la reactivación de antiguos movimientos de ladera en los sectores evaluados.
- Inadecuado manejo del suelo, construyendo canales de agua para irrigación de cultivos sin revestimiento en las laderas del sector de Atapachca lo cual favorece a que las aguas se infiltren y saturen el sub suelo.
- La construcción de carreteras se realiza con prácticas inadecuadas lo cual desencadena procesos erosivos que desestabilizan las laderas.

CONCLUSIONES

1. Geomorfológicamente la zona de estudio corresponde a montañas estructurales en rocas sedimentarias. En las laderas de montañas se evidencian zonas cóncavo-convexas correspondientes a vertientes de deslizamientos antiguos y recientes, siendo estos muy susceptibles a reactivarse nuevamente en los meses de máximas precipitaciones pluviales.
2. Las laderas del cerro Pañajirca y Tauripampa en el sector de Atapachca están constituidas por sustrato rocoso con intensa meteorización, correspondientes a areniscas de la Formación Chimú con intercalaciones de limoarcillitas rojizas y limolitas violáceas de la Formación Carhuaz, mientras que en las laderas del cerro Shacapucro en el sector San Pedro- Tinyash afloran arcillitas y areniscas fracturadas de la Formación Chicama, estos afloramientos poseen características friables muy susceptibles a erosionarse, formando suelos limo-arenosos, limo-arcillosos y arcillosos que forman un terreno inestable.
3. Los eventos geodinámicos que se evidencian en los sectores de Atapachca y Tinyash corresponden a reactivaciones que se han venido desarrollando dentro de cuerpos de deslizamientos antiguos de grandes dimensiones los cuales corresponden a un sistema de fracturas, agrietamientos, derrumbes y flujos que comprometen los sectores cercanos de Atapachca, San Pedro, Tinyash, Runabamba y Yanayacu.
4. Los factores condicionantes identificados en el área de estudio se le atribuyen a la presencia de laderas de montañas con ausencia o escasas de vegetación, con pendientes medias a fuertes y con estratos plegados y fallados buzando a favor de la pendiente, generando un sustrato rocoso muy fracturado que ayuda a reducir la resistencia de cizalla del suelo que sobreyace a las rocas, así como también, la presencia de afloramientos de aguas subterráneas en forma de puquiales, bofedales y quebradas que favorecen la saturación y desestabilización del terreno.
5. Los factores desencadenantes se deben a las intensas lluvias que se generaron entre enero a marzo del presente año los cuales estuvieron por encima de los valores registrados en los años 2017 y 2018; (de acuerdo a los datos obtenidos por la estación Meteorológica cercana "POMABAMBA" del SENAMHI); también se evidenció la construcción de canales de agua para irrigación de cultivos sin impermeabilizar en ambos sectores, lo cual contribuye a la continua saturación y deformación del terreno.
6. Debido a las condiciones geológicas y actual inestabilidad de las laderas en cerro Shacapucro situadas en el sector Tinyash, se considera zona no apta para habitar ni para realizar actividades agrícolas.
7. La falta de un plan de ordenamiento territorial y plan de prevención en gestión de riesgos de desastres hacen cada día más vulnerable a esta localidad.
8. Dadas las condiciones descritas para las laderas de los cerros Pañajirca, Turipampa y Shacapucro se puede concluir que los sectores de Atapachca y San Pedro-Tinyash presentan muy alta susceptibilidad a generar movimientos en masa, por lo que se considera como zona crítica ante precipitaciones pluviales intensas y sismos.

RECOMENDACIONES

1. Construir zanjas de coronación impermeabilizadas por encima del escarpe principal o inicio de rotura de los deslizamientos a fin de evitar el paso del agua procedente de las quebradas y lluvias intensas.
2. Implementar canales colectores impermeabilizados tipo "espina de pescado" para evacuar o conducir las aguas fuera del cuerpo del deslizamiento, así como también construir canales rápidos o en gradería que recolecten y conduzcan las aguas a sitios seguros.
3. Realizar trabajos de forestación en las superficies erosionadas de las laderas de los sectores evaluados con cobertura vegetal (plantación de árboles, arbustos o vegetales nativos de la zona) que cubran el suelo en forma permanente a fin de frenar la velocidad de escurrimiento del agua, incrementar la cohesión del terreno, disminuir los procesos erosivos y prevenir la reactivación de deslizamientos.
4. Se sugiere no construir viviendas ni realizar actividades agrícolas en las laderas del Sector San Pedro-Tinyash- Runabamba y Yanayacu, ya que las condiciones geológicas e hidrogeológicas en esta zona contribuye a la continua desestabilización de las laderas.
5. No se deben construir viviendas en el borde de los escarpes de deslizamientos; aquellas que ya están construidas deben ser desahabitadas ya que podrían ser afectadas en caso de sismo o ante un nuevo escenario de lluvias intensas.
6. No continuar con prácticas agrícolas en laderas inestables ni en aquellas zonas que en el presente informe han sido identificadas con procesos de reptación y deslizamientos, ya que podría generarse una removilización del material y consecutivamente una reactivación que causaría daños mayores a la zona de cultivos, a los agricultores y a la localidad de Atapachca. Las parcelas de cultivo pueden mantenerse en aquellas laderas pocos meteorizadas del sector de Atapachca con pendientes bajas, siempre y cuando se utilicen métodos de riego por goteo o presurizado a fin de evitar la saturación de agua en el terreno.
7. En las zonas donde se presenten agrietamientos se debe realizar el relleno y sellado con arcilla o similares, para evitar la infiltración de agua. Es importante tener en cuenta que las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por periodos importantes de tiempo. Esta actividad debe realizarse por un especialista.
8. Se requiere actuar en la prevención y mitigación ante posibles amenazas geológicas por lo que se sugiere realizar tanto para el sector de Atapachca como el sector de San Pedro-Tinyash un plan de prevención en gestión de riesgos de desastres.
9. Se considera necesario implementar trabajos de monitoreo del deslizamiento en los cerros Pañajirca, Tauripampa en el sector de Atapachca; así como también en el cerro Shacapucro en el sector San Pedro-Tinyash; esto se puede realizar por medio de la instrumentación de la zona deslizada, para poder medir la deformación y desplazamientos en el terreno. La utilidad de la instrumentación es determinar la tasa de movimiento en el deslizamiento, con fines preventivos. Esta instrumentación se puede realizar por medio de la colocación de extensómetros, que constituyen una forma sencilla y económica de monitorear movimientos superficiales al mismo tiempo

que incorpora sistemas de alarma. La viabilidad de su uso debe ser evaluado por un especialista en geotecnia.

10. Realizar trabajos de sensibilización a los pobladores de los sectores evaluados en temas de peligros geológicos y gestión del riesgo de desastres, a fin de crear pobladores resilientes capaces de comprender las causas y efectos de los movimientos en masa, identificar áreas inestables y evitar sus asentamientos en ellas, además de que estén preparados ante la ocurrencia de nuevos eventos que pudieran afectar su seguridad física; todo ello conlleva la ayuda y asesoramiento de expertos en la materia.


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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala-Carcedo, Francisco; Olcina Cantos, Jorge (coords.) (2002). Riesgos naturales. Barcelona: Ariel.
- Belaústegui, S. (1999): Pendientes del terreno y fundamentos del caudal máximo no erosivo. Hoja técnica N° 07. Buenos Aires - Argentina. 4 p.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Fidel, L.; Zavala, B. L.; Nuñez, S. Y Valenzuela, G. (2006) Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 29, 383 p.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M. & Hutchinson, J.N. 2001. Review of the classification of landslides of the flow type. Environmental and Engineering Geoscience VII: 221-238.
- 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.
- Varnes, D.J., 1978: Slope Movement: Types and Proceses. In Scuster & Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washungton, D.C. 234 p.p
- Wilson J; Reyes L; Garayar J (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz, y Huari”, INGEMMET, Boletín N° 60 Serie A.
- Wilson et al; Mapa Geológico de Pomabamba, Hoja 18-i”.
- WWW.SENAMHI.GOB.PE/. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú/Estación meteorológica de Pomabamba.
- Zavala, B; Valderrama, P.; Luque, G. J Barrantes, R. (2007) Zonas críticas por peligros geológicos y Geohidrológicos en la Región Ancash” INGEMMET.
- Zavala,B; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes (2009) - Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C 38: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 280 p.