



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7057**

# **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES ATOJPAMPA, HUAYLLAN Y DOS DE MAYO**

Región Ancash  
Provincia Pomabamba  
Distrito Huayllan



## EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES ATOJPAMPA, HUAYLLAN Y DOS DE MAYO

DEPARTAMENTO ANCASH, PROVINCIA POMABAMBA, DISTRITO HUAYLLAN

### Contenido

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b> .....  | 2  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | 3  |
| 1.1. Antecedentes y trabajos previos.....                               | 3  |
| 1.2. Objetivos .....  | 4  |
| <b>2. ASPECTOS GENERALES</b> .....                                      | 4  |
| 2.1. Ubicación y accesibilidad.....                                     | 4  |
| <b>3. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....                                     | 6  |
| <b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....                                | 8  |
| 4.1. Pendiente del terreno .....  | 9  |
| 4.2. Clasificación de unidades geomorfológicas .....                    | 9  |
| <b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....                                     | 12 |
| 5.1. Conceptos teóricos.....  | 12 |
| 5.1.1. Deslizamiento.....   | 13 |
| 5.1.2 Erosión de Ladera .....   | 13 |
| 5.2 Procesos por movimientos en masa que afectan Centros Poblados ..... | 14 |
| 5.2.1. Sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo .....                 | 14 |
| <b>6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS</b> .....                        | 19 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....   | 23 |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....  | 24 |
| <b>REFERENCIAS</b> .....  | 25 |

## RESUMEN

El distrito Huayllán cuenta con una extensión territorial de 347.9 km<sup>2</sup>, es uno de los cuatro distritos de la provincia de Pomabamba, región Ancash; sierra central del territorio peruano. Por su ubicación geográfica está expuesta a lluvias fuertes estacionales (diciembre a marzo), actividad sísmica; a esto se suma sus condiciones geológicas y geomorfológicas que son susceptibles a la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

Desde el punto de vista geológico la zona de estudio, está conformada por unidades litoestratigráficas de mala calidad, formado suelos de grano fino o alternancia de diferente competencia, como se aprecia en los sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo, prevalecen afloramientos formados por limoarcillitas y areniscas blanquecinas de la Formación Chicama, esta unidad litoestratigráfica es susceptible y favorecen la evolución de los procesos por movimientos en masa.

La geomorfología en el área de estudio, es típico de la zona alto andina, formado por montañas estructurales en roca sedimentaria, con laderas de pendiente muy fuerte, así como relieves que presentan disecciones que llegan a formar las quebradas, también se caracterizan por presentar una superficie ondulada, producto de eventos antiguos que fueron modelando el relieve.

Entre los factores condicionantes que originan la ocurrencia de procesos geológicos por movimientos en masa, se tiene la pendiente del terreno muy fuerte (25°-45°), substrato rocoso de diferente competencia, suelos de remoción antigua de fácil erosión, escasa cobertura vegetal. Y como factores desencadenantes tenemos lluvias intensas y/o extraordinarias; así como, la ocurrencia de movimientos sísmicos.

Los peligros geológicos identificados son deslizamientos y erosión de ladera, que afectaron en diferente intensidad las viviendas situadas en áreas inestables, como también terrenos de cultivo y pastoreo. Se concluye que el área de estudio se encuentra considerado de **peligro geológico muy alto**, en especial en la temporada de lluvias.

El presente informe técnico, cuenta con información geológica y geodinámica que ayudara en la Gestión del Riesgo de Desastres, considerando el mapa de peligros geológicos como una herramienta para la planificación y zonificación de las actividades que se vienen desarrollando en el área de estudio, en pro de su desarrollo sostenible.

Finalmente, se recomienda que las autoridades competentes inicien la reubicación de los habitantes cuyas viviendas han sido afectadas, así como, drenar el agua acumulada en el cuerpo del deslizamiento, fuera del área inestable y realizar un programa de forestación con plantas nativas. Estas propuestas de solución se plantean con la finalidad de minimizar la ocurrencia de los daños que puedan ocasionar los procesos identificados, como también evitar la generación de nuevos eventos que causen daños en las personas e infraestructura.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional. Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidrolimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica.

Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona una evaluación técnica que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como, recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

El alcalde distrital de Huayllan, mediante Oficio N° 153-2019-MDH/A, de fecha 26 setiembre del año 2019 solicitó a nuestra institución una evaluación técnica de peligros geológicos en los sectores de Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a los profesionales Hugo Gómez Velásquez y Edinson Ramos Silva, especialistas en peligros geológicos, para realizar las evaluaciones técnicas, en el distrito previamente mencionados, el cual se realizó el 15 de octubre del año 2019, previa coordinación con autoridades locales.

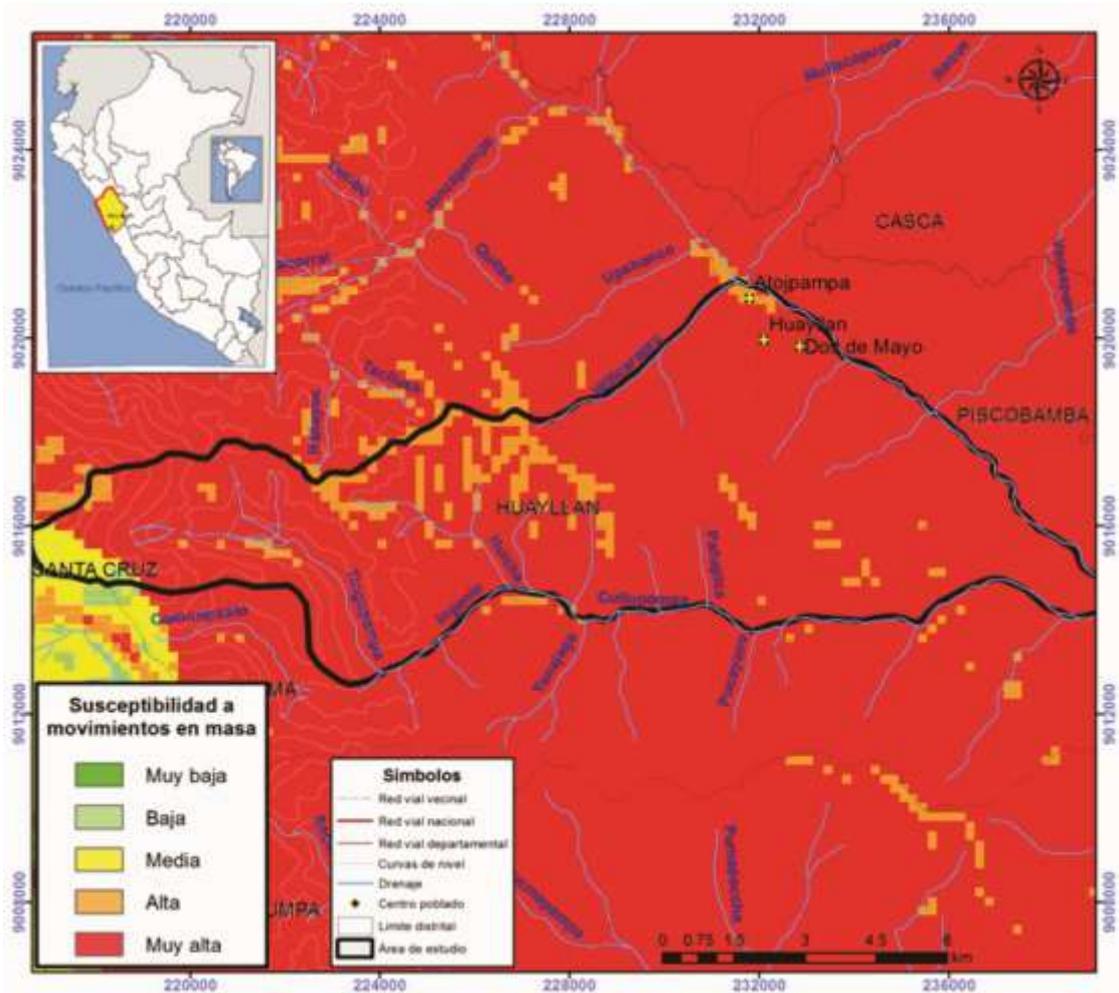
La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anterior realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografía y GPS), cartografiado y redacción de informe preliminar

Este informe, se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, 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.

### 1.1. Antecedentes y trabajos previos

Se pueden mencionar los estudios anterior efectuado en la zona que se menciona a continuación:

- a) Estudio de riesgo geológico de la región Ancash (Ingemmet, 2010), realiza el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que los sectores de Los sectores de Atojpampa, Dos de Mayo y Huayllan, se sitúan en una zona de Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros geológicos de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos (huaico) y erosión de ladera (figura 1).



**Figura 1.** Mapa de susceptibilidad a procesos por movimientos en masa de la región Ancash, se observa que en los poblados Atojpampa, Dos de Mayo, Huayllan y alrededores, se asientan en una zona de Muy Alto grado de susceptibilidad a movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión de ladera. (Ingemmet, 2010).

## 1.2. Objetivos

- Identificar y realizar la cartografía de los procesos por movimientos en masa, que afectaron los poblados del distrito de Huayllan, obras de infraestructura, terrenos de cultivo y vías de comunicación; así como, las causas de su ocurrencia.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación del riesgo.

## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1. Ubicación y accesibilidad

El distrito Huayllan, es uno de los cuatro distritos en que está dividida la provincia de Pomabamba, región Ancash, en el Perú. el distrito tiene una extensión territorial de 347.9 km<sup>2</sup>, cuenta con aproximadamente 2,954 habitantes (INEI-2017)

(ver figura 2), Los sectores motivo de estudio ante procesos por movimientos en masa se encuentran situados:

- Atojpampa, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 231800.00 m E y 9020846.00 m S, a una altura de 2854 m s.n.m.
- Huayllan, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 232108.00 m E y 9019957.00 m S, a una altura de 2975 m s.n.m.
- Dos de Mayo, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 232853.00 m E y 9019823.00 m S, a una altura de 2843 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio ver cuadro 1:

Cuadro 1: Vías de acceso a los sectores evaluados

| Tramo     |           | Km   | Tipo de vía | Duración (h) |
|-----------|-----------|------|-------------|--------------|
| Lima      | Chimbote  | 427  | Asfaltada   | 6:22         |
| Chimbote  | Sihuas    | 256  | Asfaltada   | 5:10         |
| Sihuas    | Pomabamba | 60.6 | Afirmada    | 4:30         |
| Pomabamba | Huayllan  | 14   | Afirmada    | 0:37         |

El distrito de Huayllan presenta un clima típico de la región de la sierra, se extiende entre los 3 000 y 4 000 m s.n.m. Se caracteriza por presentar precipitaciones anuales promedio de 700mm. Y sus temperaturas medios anuales de 12 °C. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas (Senamhi).

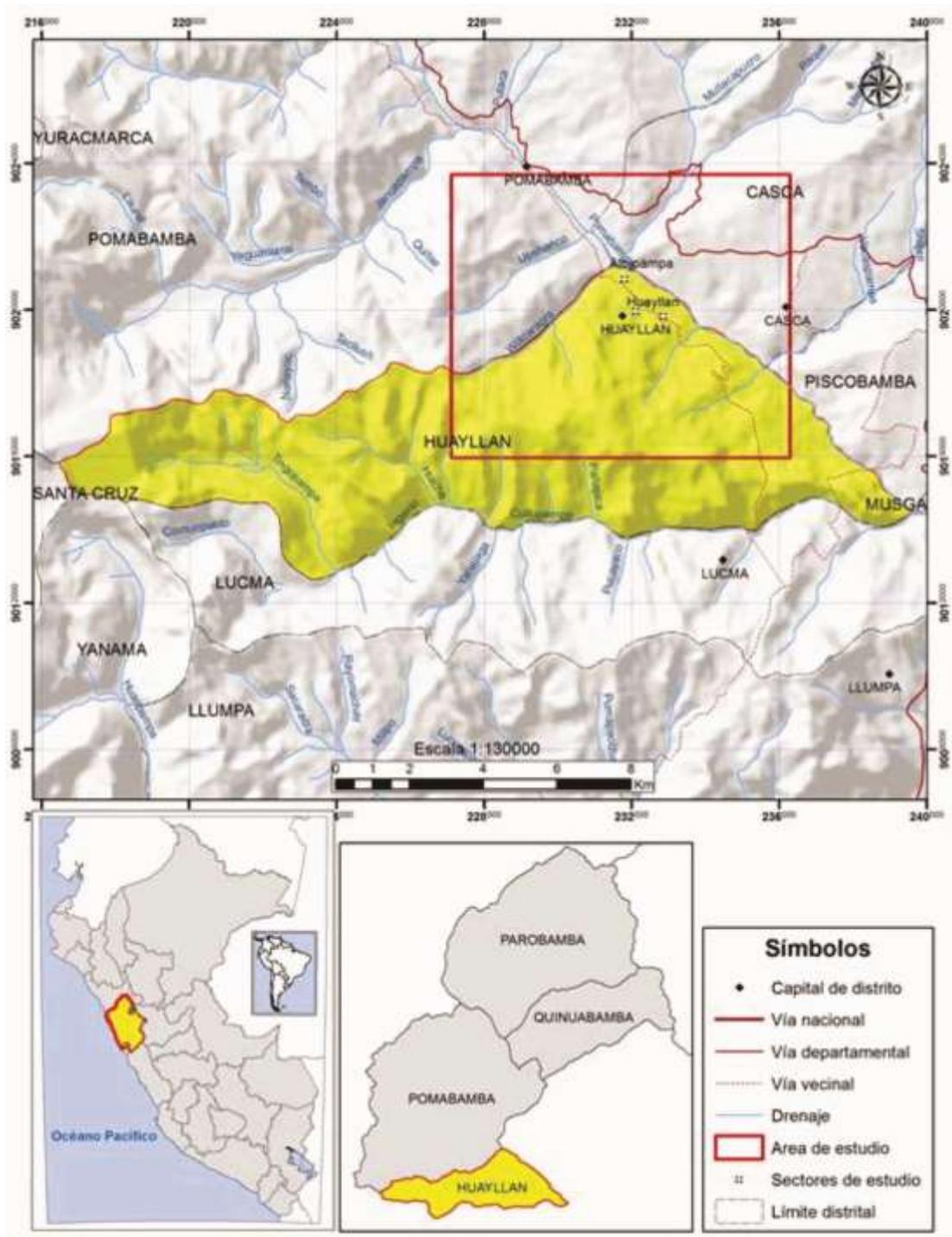


Figura 2. Mapa de ubicación de los sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo y alrededores.

### 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En los sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo, afloran ampliamente secuencias de rocas sedimentarias. En el sector destacan las limoarcillitas y areniscas blanquecinas de la Formación Chicama del Jurásico superior, sobreyaciendo a estas

rocas aparecen areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, y hacia el núcleo del sinclinal una intercalación de lutitas, calizas y areniscas de la Formación Santa – Carhuaz (Figura 3). Estas unidades litoestratigráficas son cubiertos por depósitos cuaternarios como: **Aluviales** formado por fragmentos rocosos heterométricos (arenas, gravas, bloques, etc.) transportados por las corrientes de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles depositados en forma de terrazas o playas; **Fluviales**, formado por depósitos de gravas redondeadas acumuladas en el fondo de los cauces de los ríos principales; **Coluviales**, formado por bloques rocosos angulosos heterométricos, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos, los bloques más gruesos se depositan en la base y los de tamaño menores disminuye gradualmente hacia el ápice; y **Proluviales**, compuesto por fragmento rocoso heterométricos (gravas, bloques, etc.) con relleno limo arenoso –arcilloso depositados en el fondo del valle tributario y conos deyectivos en la confluencia de los ríos.

Los sectores afectados en el distrito de Huayllan, ocurren con frecuencia en unidades litoestratigráficas de mala calidad formado por suelos de grano fino o alternancia de diferente competencia, como se aprecia en los sector evaluados se ubican sobre unidades formados por limoarcillitas y areniscas de la Formación Chicama (Fotografía 1), así mismo esta unidad está cubierto por depósitos cuaternarios como depósitos coluviales, donde han sido formados por derrumbes y deslizamientos o erosión y el material, estas unidades litoestratigráficas son susceptibles a procesos por movimientos en masa.



**Fotografía 1.** Se observa en la coordenada UTM 206598 E – 9048897 S, el afloramiento de roca sedimentaria formado por limoarcillitas de la Formación Chicama

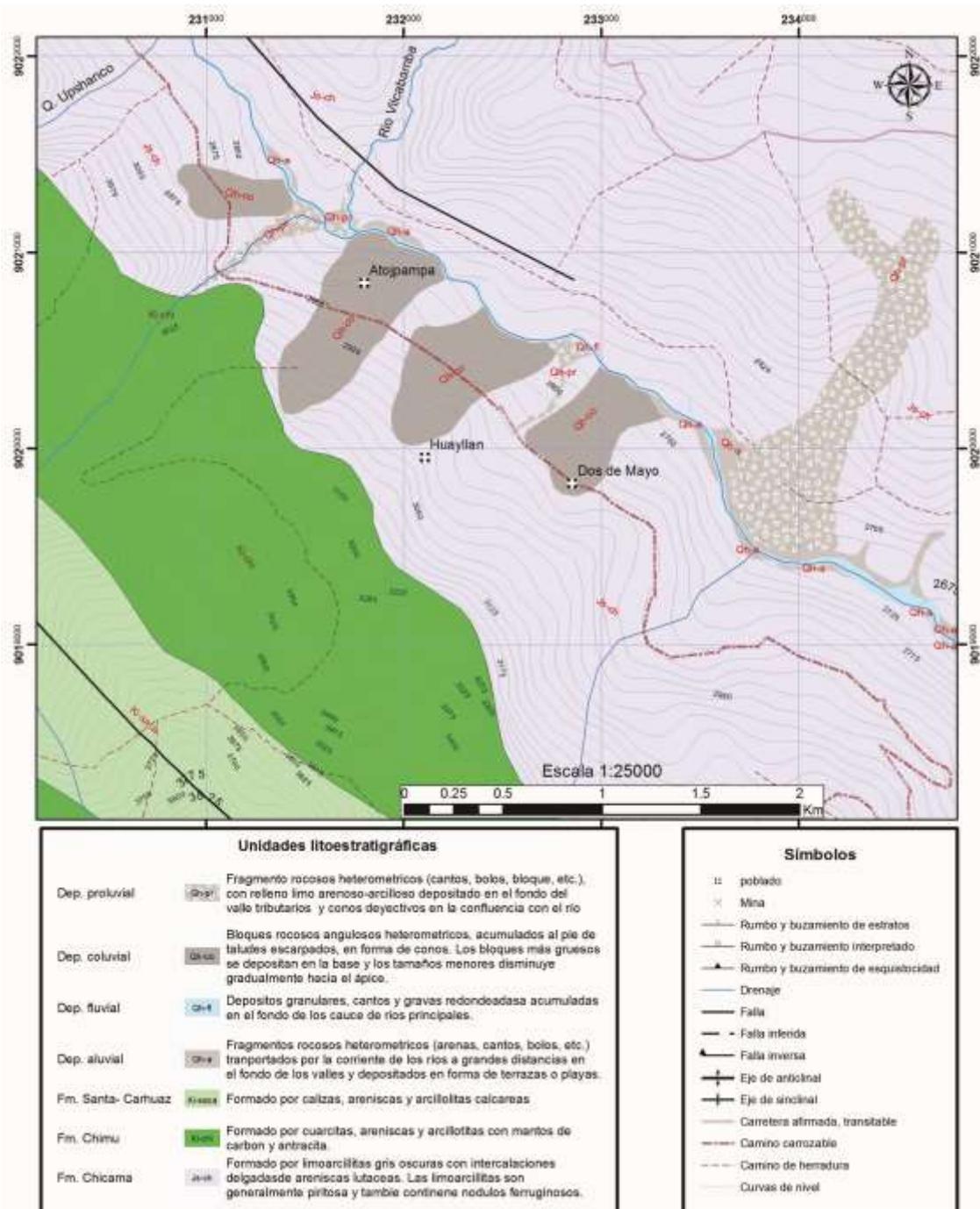


Figura 3. Mapa de unidades litoestratigráficas del área de estudio (tomado de Ingemmet, 1995)

#### 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En el contexto regional los sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo, se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Blanca, ladera del cerro Pañajirca, el área presenta relieve accidentado de fuertes contrastes topográficos.

El área ocupa parte de ladera de montaña estructural en roca sedimentaria, de pendiente alta (25° a 45°), limitada por el cerro Pañajirca 3900 m s.n.m. al suroeste y

el río Pomabamba 2900 msnm al noreste. Sector que se caracteriza por tener una superficie ondulada, producto de movimientos en masa. (Fotografía 2).



**Fotografía 2.** Vista tomada con dirección noroeste, se observa ladera de montaña que se caracteriza por tener una superficie ondulada, producto de movimientos en masa.

#### **4.1. Pendiente del terreno**

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

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

En la zona de estudio, las laderas de los cerros tienen pendiente muy fuerte entre 25° a 45° y en los fondos de valles es suave 1° a 5°. Esto facilita el escurrimiento superficial de los materiales sueltos dispuestos en las laderas, que luego pasan a depositarse en los fondos de valle. Los poblados ocupan laderas donde ocurrieron eventos antiguos que son terrenos fértiles para la agricultura.

Por lo mencionado, el factor pendiente interviene en la generación de movimientos en masa en laderas de montañas (deslizamientos, derrumbes y caída de rocas), originando material suelto que se vierte al cauce de la quebrada, que es de fácil acarreo, pudiendo originar huaicos en épocas de lluvias.

#### **4.2. Clasificación de unidades geomorfológicas**

Las geoformas son unidades independientes que conforman un relieve, están compuestas por materiales que brindan información de su dinámica de formación, presentan características morfoestructurales tales como: forma, altura, pendientes, drenaje, vegetación, color, textura, etc., que las diferencian una de otras (Figura 4).

#### **4.2.1. Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional:**

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, ocupan el del área total de la región. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

##### **Unidad de Montaña**

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de la base local, se conocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento y de glaciación).

En el contexto general se encuentran conformados por alineamientos alargados, consolidados por rocas de tipo sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión.

##### **Sub unidad de Montañas estructural en rocas sedimentarias**

Corresponde a relieves montañosos estructural compuestos por rocas sedimentarias (limoarcillitas y areniscas blanquecinas de la Formación Chicama) con laderas de pendiente muy fuerte (25° a 45°). Se observa que los sectores evaluados (Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo), se ubican sobre esta sub unidad que es susceptible a la ocurrencia de procesos por movimientos en masa.

#### **4.2.2. Unidades geomorfológicas de carácter deposicional o agradacional**

Formas originadas por procesos geomorfológicos constructivos, a través de la depositación y acumulación de materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados. En el área de estudio se identificó la unidad de planicie.

##### **Unidad de Piedemonte**

Esta unidad se conforma una serie de abanicos de deyección, se ubican a lo largo de todos los ríos que abandonan la vertiente de la Cordillera hacia la llanura amazónica, formando extensos y amplios abanicos aluviales; los más antiguos se localizan a una altura aproximada de 500 m s.n.m., forman niveles escalonados de mesas ligeramente inclinadas hacia el este, con superficies moderadamente disectadas a redondeadas bastante homogéneas y de baja pendiente. Los más recientes son bastante planos a ligeramente ondulados; van perdiendo altura hasta desaparecer confundidos con los relieves de la llanura aluvial.

### **Subunidad de Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial**

Subunidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles.

Los depósitos coluviales se encuentran conformados por bloques rocosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conoides. Los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión, conforman taludes de reposo poco estables. Los principales agentes formadores son el intemperismo, la gravedad, movimientos sísmicos, derrumbes y vuelcos.

Los depósitos deluviales caracterizados por estar conformados por capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de los cerros, con taludes suaves a moderados; estos depósitos han sido removidos por la escorrentía formada por precipitaciones pluviales, la cual no se encuentra encauzada o ha sido transportada por torrentes de corto recorrido. Los principales agentes formadores son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento y la reptación de suelos.

### **Subunidad de Vertiente o piedemonte aluvio torrencial**

Son conoides o abanicos de baja pendiente hacia el valle ( $5^{\circ}$  -  $15^{\circ}$ ), formados por acumulaciones de material acarreado por huaicos, flujos de lodo en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas, que se activan excepcionalmente o con la presencia del fenómeno de El Niño, que es cuando acarrear y depositan material

## **Unidad de planicie**

Constituyen depósitos convexos residuales acarreados y depositados en vertientes o laderas bajas y medias, engloba orígenes variados asociado a la gravedad, aguas superficiales, etc. y la pendiente como una condición determinante para su movilidad y acumulación de los materiales sueltos. Corresponden al tiempo geológico del cuaternario.

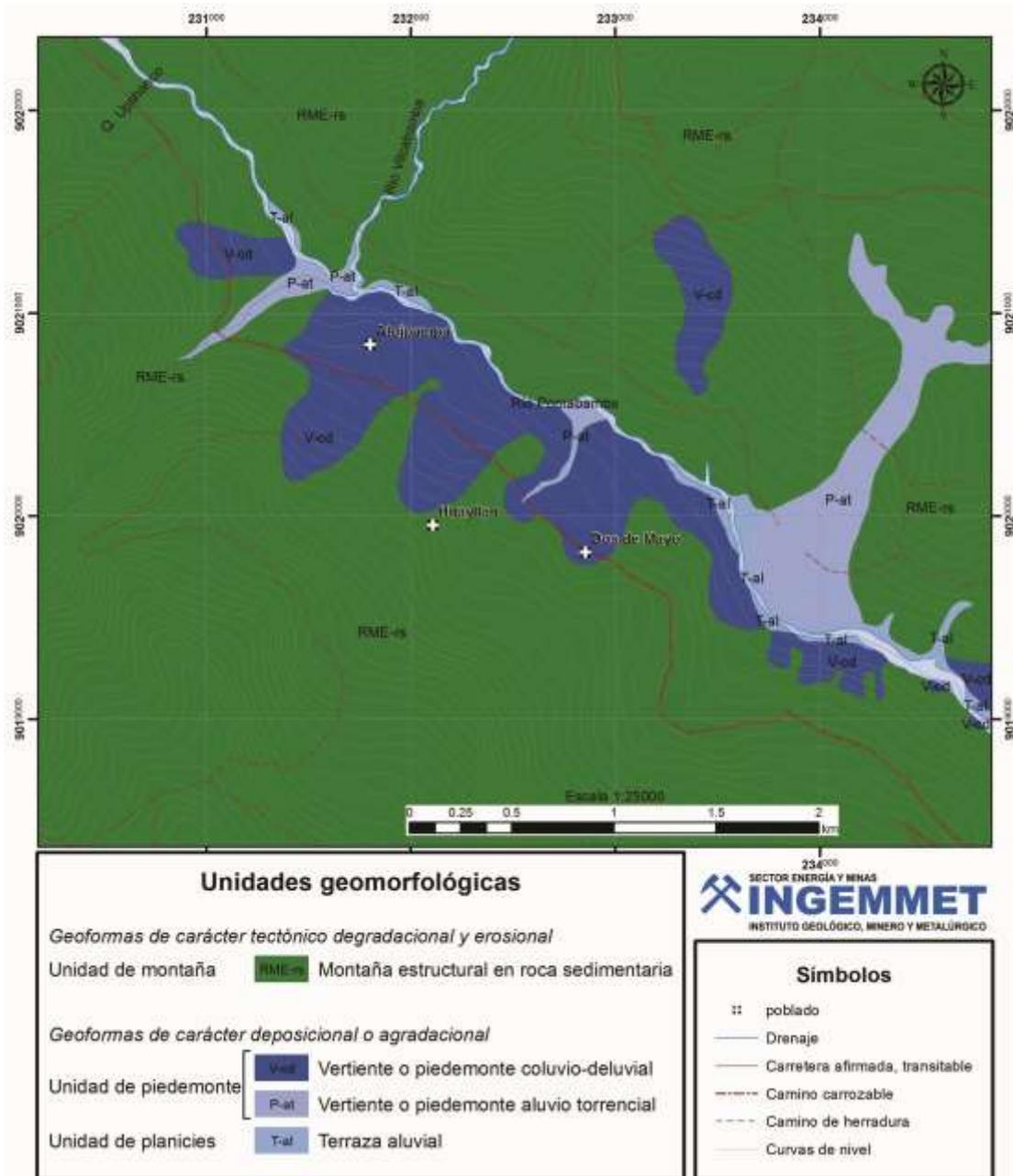
### **Subunidad de Terraza aluvial**

Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, con altura relativamente marcada.

La altura a la que se encuentran estas terrazas representa niveles antiguos de sedimentación fluvial, donde las terrazas más antiguas están a mayor altura.

Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bolos, cantos, gravas con matriz de arenas y limos) que corresponden principalmente a rocas polimicticos. Estos materiales

fueron acarreados y depositados por el caudal de los ríos principales y sus afluentes.



**Figura 4.** Cartografía de unidades geomorfológicas de los sectores Atojpampa, Huayllán, Dos de Mayo y sus alrededores

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

### 5.1. Conceptos teóricos

El termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación, son, lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto de otros, como algunos deslizamientos

pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999<sup>a</sup>, en Glade y Crozier, 2005).

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos, entre ellos se consideran la construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de carreteras, explotación de canteras. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona

### 5.1.1. Deslizamiento

Es un movimiento ladera bajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de un delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), clasifica los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y o en cuña. Sin embargo, las superficie de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que la de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablara de deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988). (Figura 5)

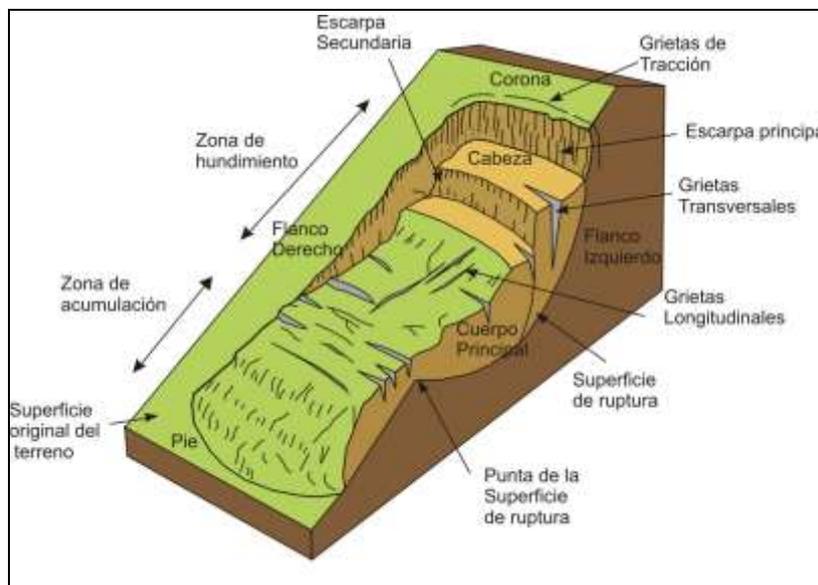
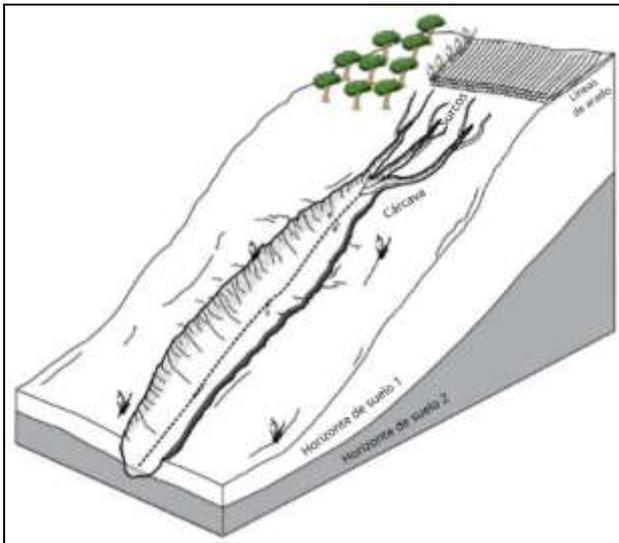


Figura 5. Esquema de Deslizamiento rotacional (PMA: GCA, 2007).

### 5.1.2 Erosión de Ladera

Las cárcavas (Figura 6) son pequeños valles de paredes verticales y cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía et al., 2008), además de la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.



**Figura 6.** Esquema de cárcavas formadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011)

## 5.2 Procesos por movimientos en masa que afectan Centros Poblados

Los centros poblados afectados por procesos por movimientos en masa, pertenecen a la jurisdicción del distrito de Huayllan, provincia Pomabamba, departamentos Ancash, a continuación se describe los procesos geológicos sus condicionantes y el detonante:

### 5.2.1. Sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo

El sector Pasacancha, se ubica en la coordenada UTM WGS84 Zona 18 Sur: 206710E, 9048974S, a una altura de 3706 m s.n.m, viene siendo afectado por procesos por movimientos en masa de tipo deslizamiento y reptación de suelos, en la superficie se observa registro de eventos antiguos, que por los agentes erosivos, estos son poco notorios, como también estos son aprovechados por los pobladores como terrenos de cultivo,

Según la interpretación utilizando imágenes Google Earth pro, se ha logrado identificar y realizar la cartografía de eventos antiguos y recientes, ocasionados por los últimos movimientos sísmicos, como se muestra en la figura 13.

Con la visita de campo realizado el día 16 de octubre, se ha corroborado que el sector presenta eventos antiguos que actualmente estos se reactivan a manera de derrumbes o presentando grietas en la superficie como también en la plataforma de la carretera. Estos eventos son condicionados por aspectos geológicos y geomorfológicos y como detonante principal las lluvias intensas y/o excepcionales y sismos.

A continuación se describe las características de los eventos:

La reactivación del deslizamiento en el **sector Huayllan**, presenta un escarpe principal de 570 m, con salto vertical que varía 0.10 a 0.50, apertura de hasta 0.20m, el movimiento es muy lento con una dirección norte 36°, en el cuerpo desplazado se observa grietas transversales con longitudes que varían de 1 m hasta 5m, apertura de 5cm hasta de 20cm. Además en el cuerpo desplazado se identificó surgencias de agua que llegan a formar lagunas en las coordenadas UTM: 9020276 E – 232037 N;

232117 E – 9020616 N y 232217 E – 9020589 N, con el que no indica que el substrato con alto grado de humedad.

El deslizamiento del sector **Dos de Mayo**, presenta un escarpe principal con una longitud 300m con salto vertical hasta 20cm, la velocidad del cuerpo en movimiento es muy lento con una dirección norte 48°, en el cuerpo desplazado presenta grietas transversales con longitudes que varían de 5m hasta de 20m con apertura hasta de 20cm.

Para la ocurrencia de peligros geológicos en el área de estudio, está condicionado aspectos geológicos, geomorfológicos y antrópicos.

Factores de sitio

- a) El sector presenta montañas estructurales en roca sedimentaria con laderas de pendiente del terreno muy fuerte (25° a 45°). consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- b) Alternancia de rocas de diferente competencia (duros y blandos).
- c) Substrato muy meteorizado, susceptible a procesos por movimientos en masa.
- d) Suelos residuales poco saturados por sectores
- e) Cobertura vegetal regular, con sectores deforestados para ser utilizados como terreno de pastoreo.

Entorno geográfico.

- a) Precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales.
- b) Infiltración de aguas subterráneas.
- c) Sismos.

Factores antrópicos

- a) Excavación o corte de talud para la construcción de tramos de carretera.
- b) Ocupación inadecuada del suelo por el hombre hacia zonas susceptibles.
- c) Mal uso de sistema de riego como canal de regadío sin revestir, que atraviesa la zona inestable.
- d) No cuenta con sistema de drenaje pluvial.

Afecta:

La reactivación de los eventos antiguos que se presenta a manera de grietas en la superficie, afectan viviendas, tramo de carretera afirmada. (figura 7 y 8)



**Figura 7.** En las imágenes (a, b y c) se observa el escarpe principal que llega alcanzar una longitud de 570m de forma alargada discontinua



**Fotografía 3.** En las coordenadas UTM. 9020276 N - 232037 E, se observa surgencia de agua producto de la filtración de aguas subterránea



**Fotografía 4.** En las coordenadas UTM. 232117 E – 9020616 N, se observa surgencia de agua producto de la filtración de aguas subterránea



**Figura 8.** En las imágenes se observa grietas en la superficie con una longitud que varía de 10 m a 20 m



**Figura 9.** En las imágenes (A, B, C y D) se observa grietas en las paredes, cerco y piso en la vivienda ubicada en la corona del deslizamiento



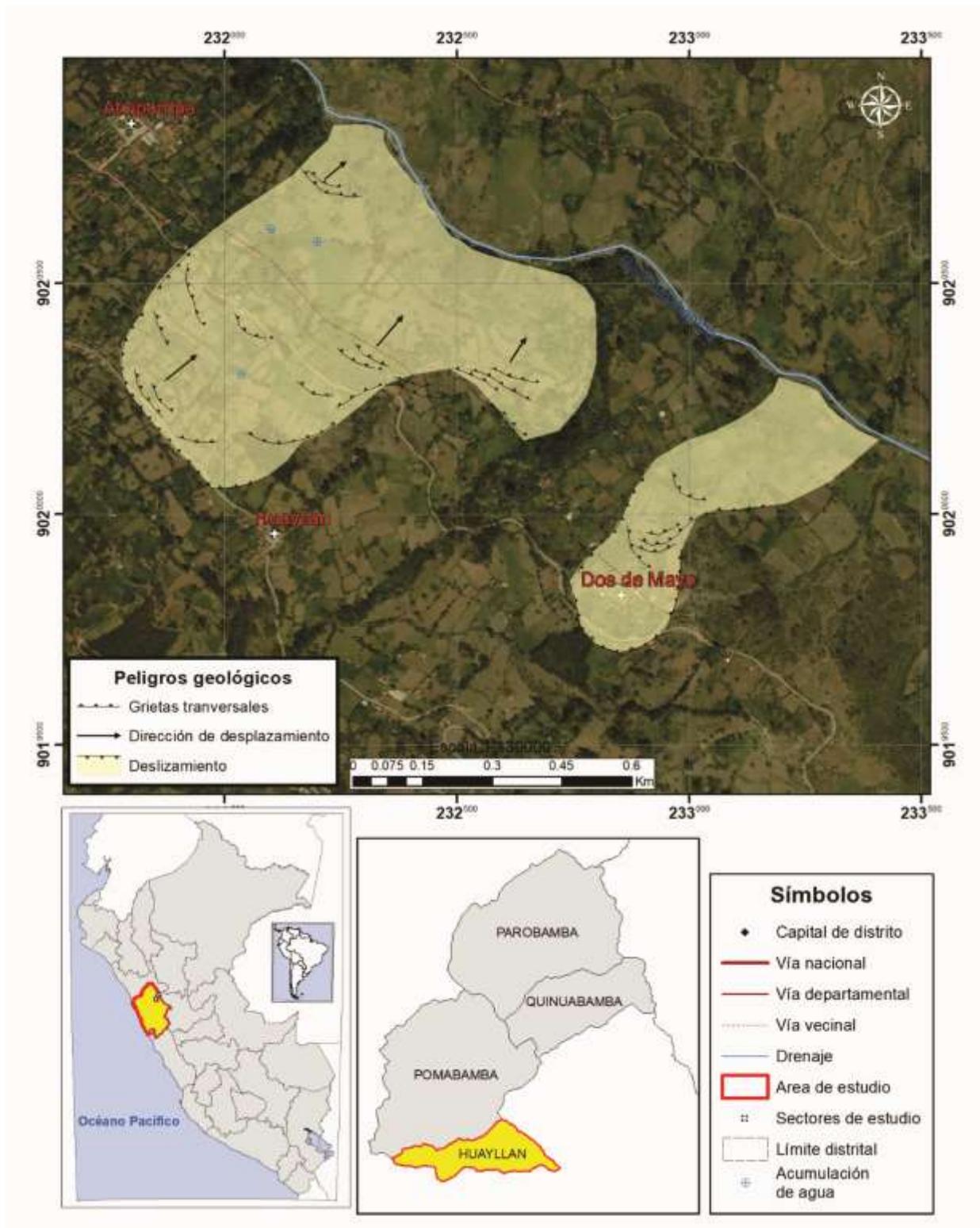
**Figura 10.** Vivienda ubicada en la coordenada UTM: 232606 E - 9020296 N presenta grietas en las paredes y piso (A, B y D), también se observa grieta en el talud superior donde se ubica la vivienda (C).



**Figura 11.** La vivienda ubicada en la parte inferior del deslizamiento del sector Dos de Mayo, presenta grietas en las pared (A y B), también se observar grietas con salto vertical de 2m aproximadamente (C)



**Figura 12.** Las imágenes A y B, se observa como es afectado el campo deportivo, así como la vía de acceso al poblado de Dos de Mayo.



**Figura 13.** Se observa la cartografía de peligros geológicos en los sectores de Atojpampa, Huayllán y Dos de Mayo

## 6. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de erosión de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

### 6.1 **PARA DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBE**

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas, medidas para el manejo de estas zonas:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento, entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece la infiltración y saturación del terreno.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

#### **Uso de vegetación**

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

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

#### **Factores que aumentan la estabilidad del talud:**

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

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

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

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

#### **a) Construir zanjas de coronación.**

Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 14).

Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud.

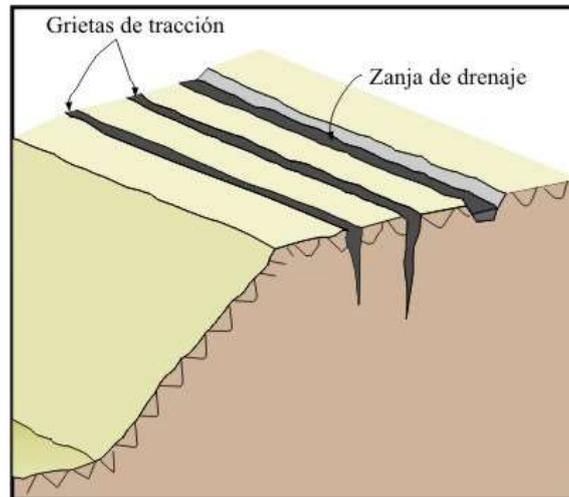


Figura 14. Canales de coronación.(tomado de INGEMMET, 2000)

**b) Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado**

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 15). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua

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

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



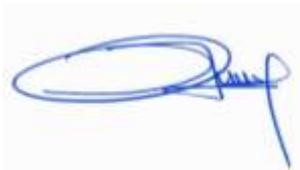
Figura 15. Sistema de drenaje tipo espina de pez.

## CONCLUSIONES

- 1) Los sectores de Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo, presenta un relieve accidentado y agreste que forman montañas en roca sedimentaria, con ladera de pendiente muy fuerte (25° a 45°), de flancos escarpados que forman vertientes coluvio –deluvial y terrazas aluviales en algunos sectores disectadas que forman quebradas profundas se observa vertiente aluvio-torrencial.
- 2) Tenemos afloramientos de limoarcillitas y areniscas de la Formación Chicama, esta unidad litoestratigráfica es considerada de calidad geotécnica mala, genera suelos de grano fino y alternancia de diferente competencia, unidades susceptibles a la ocurrencia de procesos por movimientos en masa
- 3) Los sectores Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo y sus alrededores, se ubica en un área de **susceptibilidad alta** a peligros geológicos como deslizamiento, derrumbes y erosión de ladera.
- 4) La deforestación de las laderas es un factor importante que ha influenciado en la aceleración de los procesos por movimientos en masa. La ocupación inadecuada por el hombre en zonas vulnerables el mal manejo del sistema de riego.
- 5) Los sectores evaluados de Atojpampa, Huayllan y Dos de Mayo, presentan una condición de muy alto peligro, por lo tanto, se considera que las viviendas ubicadas dentro del área inestable, se considera en **PELIGRO MUY ALTO**, que compromete la seguridad física de sus habitantes.
- 6) Los factores desencadenantes para que ocurra estos procesos por movimientos en masa, son lluvias extraordinarias y actividad sísmica.

## RECOMENDACIONES

- 1) En los alrededores de los sectores evaluados se debe realizar un programa integral de forestación, con plantas nativas, evitar la quema indiscriminada de la cobertura vegetal, en laderas inestables.
- 2) Realizar mantenimiento al sistema de andenería, para mejorar la estabilidad del terreno.
- 3) No talar ni quemar árboles para ganar terrenos para la agricultura, ésta mala práctica facilita la generación de deslizamientos, derrumbes y erosión de suelos en la zona evaluada. Más bien se debe incentivar los trabajos de sembrado de taludes.
- 4) Realizar la captación y la derivación de las aguas de manantiales que se encuentran dentro y cerca del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas) ubicadas lejos de las zonas inestables.
- 5) Las autoridades competentes deben **iniciar la reubicación** de las viviendas afectadas.
- 6) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las zonas seguras.
- 7) Implementar un sistema de monitoreo en el área inestable de Huayllan, especialmente en la época de lluvias, para controlar su movimiento. Se puede realizar mediante la colocación de estacas entre la zona donde se produce el movimiento y las zonas estables. En lo posible realizar un monitoreo instrumental. Coordinar para ello con el Gobierno Regional de Ancash



Hugo Dulio Gomez Velásquez

## REFERENCIAS

- Hutchinson J.N. (1988). "Morphology and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology". Fifth International Symposium on landslides, Lausanne, pp. 3-35.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas, 404 Pág.
- Sanchez, A. y Molina, O. (1995) Mapa Geológico del cuadrángulo de Pomabamba. Reinterpretación de mapa geológico de Pomabamba.
- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176, Pág. 9–33.
- Villota, H. (2005) Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Colombia Bogotá. Edit. IGAC. Pág. 184.
- Wilson, J. Reyes, L., y Garayar, J. (1967); Geología de los Cuadrángulos de Mollebamba (17-h), Tayabamba (17-f), Huaylas (18-h), Pomabamba (18-i), Carhuaz (19-h) y Huari (19-i). INGEMMET. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 16. Págs. 112
- Zavala, B. (2010) Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Ancash, Dirección de geología ambiental y riesgo, INGEMMET