

**REPÚBLICA DEL PERÚ**

**SECTOR ENERGÍA Y MINAS**

**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO**

**INFORME TÉCNICO  
GEOLOGÍA AMBIENTAL**

**PELIGRO GEOLÓGICO EN EL ANEXO DE YACMES**

**(DISTRITO DE TIPAN, PROVINCIA DE CASTILLA,  
REGIÓN AREQUIPA)**

**POR  
MANUEL VILCHEZ MATA**



**LIMA - PERÚ  
SEPTIEMBRE-2008**

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| I. RESUMEN   | 2  |
| II. INTRODUCCIÓN                                       | 3  |
| III. ANTECEDENTES                                      | 3  |
| IV. TRABAJOS ANTERIORES                                | 4  |
| V. UBICACIÓN, ACCESIBILIDAD Y POBLACIÓN                | 4  |
| VI. HIDROGRAFÍA  | 5  |
| VII. GEOMORFOLOGÍA                                     | 6  |
| 7.1 Unidades de erosión                                | 6  |
| 7.2 Unidades de acumulación                            | 6  |
| VIII. GEOLOGÍA   | 7  |
| IX. TERRENOS DE FUNDACIÓN                              | 8  |
| X. PELIGROS GEOLÓGICOS                                 | 8  |
| 10.1 Sector El Morro y El Blanco                       | 9  |
| 10.2 Sector Capellanía                                 | 12 |
| 10.3 Sector EL Sauce y Mulliyoc                        | 14 |
| XI. OTROS PELIGROS IDENTIFICADOS                       | 19 |
| 11.1 Erosión en cárcavas y flujo de detritos (huaycos) | 19 |
| XII. SUSCEPTIBILIDAD                                   | 19 |
| XIII. VULNERABILIDAD                                   | 20 |
| XIV. ALTERNATIVA DE ZONA DE REHUBICACIÓN               | 21 |
| XV. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES                      | 22 |
| XVI. BIBLIOGRAFÍA                                      | 25 |
| XVII. ANEXOS   | 26 |

## **I. RESUMEN**

El anexo de Yacmes, se encuentra ubicado en el distrito de Tipan, provincia de Castilla, región Arequipa, en coordenadas UTM-WGS84, 8258652 N y 766797 E. Se presenta en la zona la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos traslacionales, rotacionales antiguos y activos, derrumbes y flujos de detritos, que comprometen tanto la cobertura de suelo, como el substrato rocoso conformado por la intercalación de areniscas, limolitas y lutitas.

El presente informe contiene la información obtenida en los trabajos de campo realizados en la zona de Yacmes, se describe el deslizamiento activo de El Sauce, que viene produciendo en la actualidad asentamientos, que afectan terrenos de cultivo, viviendas, infraestructuras de riego; y el derrumbe del sector de Uto, ubicado en el pie del deslizamiento, que causó la obstrucción del río Sihuarpo y la formación de un pequeño represamiento, donde existe preocupación entre los pobladores que viven aguas abajo, ante la posibilidad de un desembalse violento, si se acumula gran cantidad de agua.

Este informe contiene también, alternativas de zonas de reubicación y algunas recomendaciones que son necesarios implementar y tener en cuenta ante la eventualidad de un desastre por peligros geológicos.

## **II. INTRODUCCIÓN**

El Gobierno Regional de Arequipa, mediante Oficio N° 410-2008-GRA/ARMA, de fecha 17 de junio del 2008, solicita a la Presidencia del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), realizar una inspección sobre el peligro o amenaza, ante el temor generado en la población, por los deslizamientos ocurridos en el anexo de Yacmes, del distrito de Tipan, se considera que estos deslizamientos además de haber afectado la bocatoma de una canal de riego, podría afectar cultivos y las viviendas ubicadas cerca de su área de influencia.

El INGGEMMET a través de la DGAR, al encontrarse realizando estudios geoambientales en la cuenca del río Colca y con la finalidad de prestar apoyo técnico en temas de riesgo geológico y evaluación geodinámica, designó al Ing. Manuel Vilchez M. y la Bach. Malena Rosado S., para que realicen los trabajos de evaluación.

Se realizaron las coordinaciones con el alcalde del distrito de Tipan, Sr. Hugo Galo Reymer Fernadez, efectuándose los trabajos de campo el día 09 de julio del 2008, donde se contó con la participación del Sr. Pascual Flores Guzmán, regidor de la Municipalidad de Tipan.

Este informe se pone en consideración de la Oficina Regional de Defensa Nacional y Defensa Civil del Gobierno Regional de Arequipa y de la Municipalidad Distrital de Tipan. Se basa en las observaciones de campo realizadas durante la inspección, interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, relatos orales y versiones de los lugareños, así como de la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

## **III. ANTECEDENTES**

En el mes de agosto del 2007, se produjo en el anexo de Yacmes, sector de Uto, un derrumbe que afecto terrenos de cultivo, destruyó caminos peatonales y cubrió la bocatoma de un canal de riego, además represó la quebrada Tumpullo o Sihuarpo, existiendo en la zona el temor que los eventos continúen y que el desembalse violento del represamiento, afecte las viviendas ubicadas aguas abajo.

En el mes de septiembre del 2007, el especialista en infraestructura rural Johnny Castro Patiño, elaboró un informe de inspección del anexo de Yacmes, en donde presenta las siguientes recomendaciones:

- Prohibir el transito de personas por la quebrada de Tumpullo, a la altura del sector de Uto.
- No ejecutar obras en los sectores que están dentro de la zona de deslizamiento. Como por ejemplo el reservorio que están planificando construir la junta de usuarios de la comisión de regantes; así mismo la carretera que viene ejecutándose no debería contemplar ningún tramo dentro de esta zona.
- Realizar trabajos de entubado de los canales de riego, de manera que el agua no filtre y actúe como un agente acelerador del proceso de deslizamiento.

- Realizar lo ante posible la limpieza de la quebrada Tumpullo, ya que de no hacerlo representa un gran peligro sobre todo ahora que se aproxima la época de deshielos y precipitaciones, debido a que el agua se represaría en esta zona pudiendo colapsar y ocasionar daños aguas abajo.
- Reubicar a las 24 familias a un lugar más seguro, teniendo en cuenta los peligros de la zona.
- Se sugiere contar con la presencia de especialistas en geodinámica para evaluar la zona de deslizamiento, así como para determinar una zona de reubicación.
- Se sugiere a las instituciones públicas y privadas que tengan como zona de trabajo el anexo de Yacmes, tener en cuenta la zona de deslizamiento antes de planificar y ejecutar obras de infraestructura, de manera que se garanticen las inversiones; tal es el caso de una vivienda construida por el banco de materiales en dicha zona.
- Es necesario implementar un sistema de monitoreo para evaluar el nivel de daños en la infraestructura actual por efecto del deslizamiento; esto con la finalidad de contar con información técnica y que pueda facilitar la reubicación.

#### **IV. TRABAJOS ANTERIORES**

Se cuenta con algunos trabajos de investigación y de carácter técnico, en los cuales existe información muy valiosa, la cual ha sido muy útil para la elaboración del presente informe, entre ellos cabe destacar:

- Informe de inspección zona de deslizamiento en Yacmes – Tipan, trabajo realizado por Castro Patiño, J., en 2007.
- Análisis integral de riesgos de desastres naturales en el distrito de Tipan (Anexos de Chupacra, Tagre y Yacmes) – Proyecto: Gestión de riesgo de desastres naturales con enfoque de seguridad alimentaria, elaborado por el Gobierno Regional de Arequipa, PGRD – COPASA y Cooperación Técnica Alemana (GTZ), (2003).

#### **V. UBICACIÓN, ACCESIBILIDAD Y POBLACIÓN**

El anexo de Yacmes, se encuentra ubicado en el distrito de Tipan, provincia de Castilla (figura 1), región de Arequipa, a una altura de 2110 msnm, en la margen izquierda del río Sihuarpo o Tumpullo, cuyas coordenadas UTM (WGS-84) son:

Norte: 8258652

Este: 766797

El acceso hacia la zona de estudio se realiza por vía terrestre desde Lima, utilizando la carretera Panamericana, Sur hasta Camaná, se continúa con rumbo hacia la ciudad de Arequipa, hasta la altura del desvío que nos lleva hacia el distrito de Corire, se atraviesa los poblados de Aplao, Andamayo y se llega a Tipán, desde donde se accede a la zona

de estudio tomando una trocha carrozable abierta recientemente, de unos 3 km de longitud.

Otra alternativa de acceso es vía aérea, desde Lima a Arequipa, desde ahí se continúa por vía terrestre hacia la ciudad de Camaná, hasta la altura del desvío a Corire, continuando desde allí por la ruta anteriormente descrita.

El distrito de Tipan cuenta con una población total de 584 habitantes, según información correspondiente al censo del 2005 realizado por INEI; distribuidos en los centros poblados de Tipán, Tagre, Chupacra, Ayatayoc, Paracolca, Yacmes, Patapedro, Abranja, Antapampa y Capiza. El centro poblado o anexo de Yacmes cuenta con 36 viviendas y unas 24 familias se encuentran distribuidas de manera dispersa, dentro de la zona afectada por los movimientos en masa.

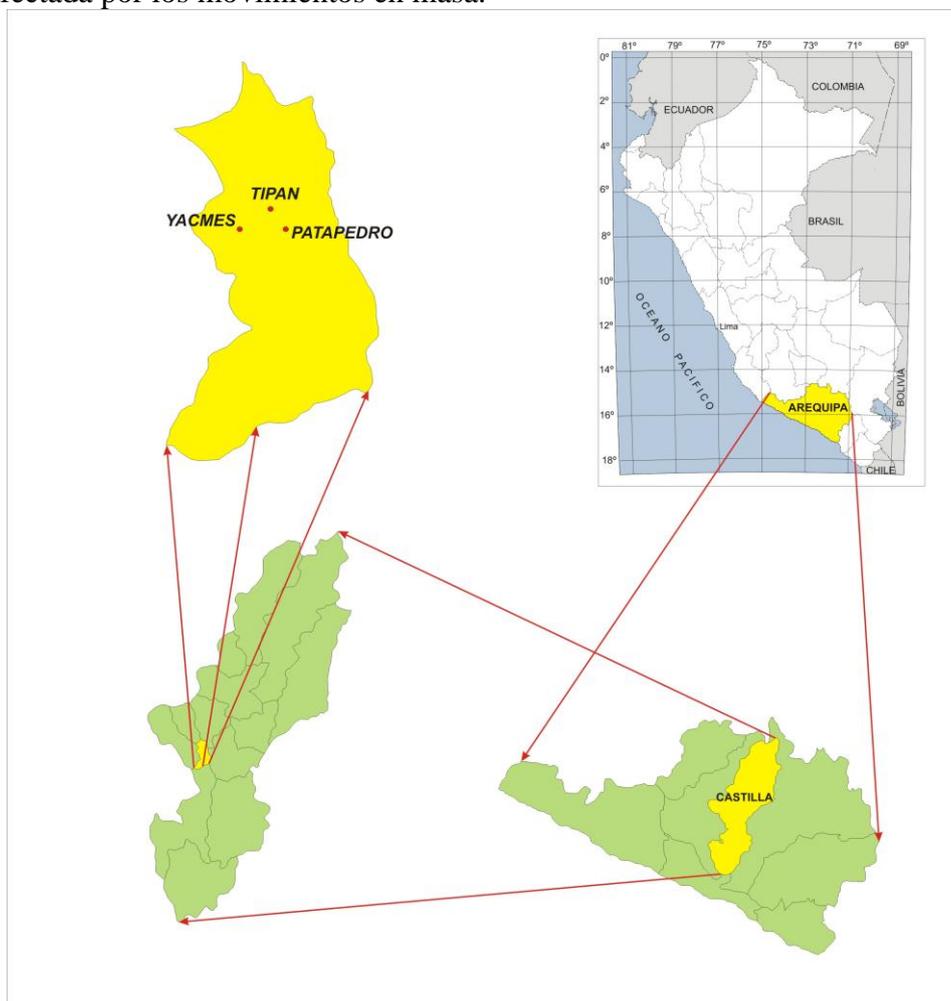


Figura 1: Ubicación del anexo de Yacmes, distrito de Tipan.

## VI. HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica de la zona estudiada, esta conformada por la quebrada Auyau, que cambia de nombre durante su recorrido al de quebrada Quechua. Esta a su vez confluye por la margen izquierda al río Sihuarpo o también conocido como río Tumpullo, formado por la unión de las quebradas Callahuaron, Queruyoc y Tambor; por esta última se producen huaycos. El río Sihuarpo discurre con este nombre hasta su confluencia en el río Llacllajo, que junto con el río Tapaza forma el río Capiza, este a su

vez se junta con el río Colca y adopta el nombre de río Majes, el cual en la parte baja de la cuenca se denomina de río Camaná.

Las aguas que alimentan la red hidrográfica de la zona de Yacmes, puntualmente el río Sihuarp o Tumpullo, provienen de la escorrentía superficial formada por la concentración de agua de precipitación pluvial, las cuales discurren por quebradas y torrenteras estacionales, es decir que solo tienen agua durante periodos de lluvia: Otra fuente de alimentación de agua son los afloramientos de agua subterránea, que aportan todo el año.

Así también, en la quebrada Auyau, tributaria del río Sihuarp, se tienen aportes de agua provenientes de los deshielos del Nevado Coropuna, ya que es posible observar que en el río Tastane, por el cual discurren estas aguas, se ha realizado una especie de derivación hacia la quebrada Auyau, buscando así abastecer de agua al valle, este trabajo fue posiblemente realizado por antiguos pobladores de la zona.

## **VII. GEOMORFOLOGÍA**

El área geomorfológicamente se encuentra en zona de cordillera, específicamente en zonas de ladera de pendiente fuerte a muy fuerte.

Se han identificado las siguientes unidades geomorfológicas:

### ***7.1 Unidades de erosión***

Montañas de fuerte pendiente: Son las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local.

En la zona de trabajo, se puede distinguir montañas que alcanzan los 70° de inclinación en sus laderas, siendo posible encontrar dentro de su configuración, rellanos y hombros, en los cuales las pendientes son de hasta 5°.

En algunos sectores la configuración de las laderas es de tipo estructural, donde las secuencias de rocas sedimentarias que las conforman, se encuentran buzando a favor de la pendiente y a su vez controlan la pendiente de las mismas.

### ***7.2 Unidades de acumulación***

Fondo de valle fluvial: Se consideran dentro de esta unidad los terrenos planos, de ancho variable, ubicados encima del cauce o en la llanura de inundación de un río o quebrada.

El valle principal de la zona estudiada lo conforma el río Sihuarp o Tumpullo, en el cual el ancho del cauce es variable, desde los 65 m aproximadamente, considerando las terrazas del valle, ubicado detrás de la zona de deslizamiento, hasta los 10 y 5 m, en la zona donde se estrecha el cauce del río por efectos del avance del deslizamiento.

El río Sihuarp tiene una pendiente promedio de 5° o 11%, en el tramo de recorrido que pasa por el anexo de Yacmes.

## VIII. GEOLOGÍA

A nivel regional, en la zona de estudio afloran rocas de origen sedimentario y volcánico, emplazadas desde el Mesozoico (Cretáceo) al Cuaternario (Pleistoceno). La base de la secuencia esta conformada por el Grupo Yura, por encima se tiene a las formaciones Murco y Arcuquina, que afloran en el extremo sur del área estudiada, en la parte alta de la secuencia se tiene al Grupo Barroso, con sus afloramientos en sector NO, además de los depósitos resultantes de la acumulación fluvial y coluvial. Se presenta a continuación de manera resumida una descripción de las principales formaciones geológicas:

**8.1 Grupo Yura:** En el área de Tipan y Pampacolca, infrayace concordantemente a las areniscas de la Formación Murco, conformada por una intercalación de areniscas, limolitas, con espesores de capas de 0.10 a 1 m, de edad Titoniano al Neocomiano, de aproximadamente 150 millones de años (Ma).

**8.2 Formación Murco:** Representada por lutitas de diferente coloración, areniscas blancas y amarillentas y limolitas verdes, infrayace concordante a la Formación Arcuquina. Se le atribuye una edad Albiana (112 Ma).

**8.3 Formación Arcuquina:** Conformada por una secuencia de calizas de color gris, en capas de hasta 2 m de espesor, es una secuencia de ambiente marino de poca profundidad. Se le atribuye una edad Albiana (112 Ma).

**8.4 Grupo Barroso –secuencia inferior:** Conformada por lavas andesíticas, dacíticas y basálticas de color gris a negro. Se le atribuye a este Grupo una edad de Plioceno superior – Pleistoceno inferior.

Localmente en el área donde se vienen produciendo los deslizamientos se tienen las siguientes unidades sedimentarias:

**a) Grupo Yura:** Conformada por areniscas de color blanco a crema, de grano medio a grueso, duras, con intercalaciones de limolitas y lutitas, de color gris, en espesores de capas de hasta 0,30 m, blandas. El rumbo de de las capas son variables, los cuales van desde N11° con buzamiento de 34° SO a N128° con buzamiento de 32° SO. Estas rocas se presentan muy fracturadas, en especial las limolitas y lutitas, que pueden encontrarse trituradas.

**b) Depósitos superficiales:**

**b.1 Depósitos coluviales:** Conformado por la acumulación de material, que provienen del movimiento ladera abajo de materiales sueltos, por efectos de la gravedad (derrumbes, deslizamientos). Constituido por material generalmente grueso, heterométricos, mezclados con material fino de limo, arenas y arcillas como matriz.

**b.2 Depósitos aluviales:** Se considera dentro de este grupo a los materiales que conforman las terrazas de ríos y quebradas, que en muchos de los casos es difícil de representar gráficamente en los mapas por efectos de escala.

Los depósitos de terrazas pueden presentar cierto grado de consolidación y están sujetos a procesos de erosión fluvial, conformados por mezclas de bolos, gravas, arenas y limos, con formas redondeadas a subredondeadas, dependiendo de las distancias que han sido transportadas.

**b.3 Depósitos fluviales:** Se considera dentro de esta clase, al material que es constantemente movilizadado por las aguas de los ríos, conformado por bolos, arenas, gravas y limos, que no presentan consolidación.

## IX. TERRENOS DE FUNDACIÓN

Los suelos presentes en la zona estudiada, son de tipo areno – limoso, con algo de arcilla y grava, de coloración crema a marrón claro en seco (foto 1), con espesores que no superan los 40 cm en algunos sectores, sobre los cuales se soporta y desarrollan las actividades agrícolas y se construyen las viviendas del anexo de Yacmes.

Estos suelos son el producto de la meteorización insitu de las areniscas y limolitas, en algunos casos, son resultado también de acumulaciones de suelo, en la parte inferior o falda de laderas de menor pendiente, producto del desgarre total de la cobertura de suelo, por presentar las capas de rocas sedimentaria buzamientos de mas de 30°, a favor de la pendiente, estos desgarres dejan la roca descubierta.



Foto 1: Cobertura de suelos sobre las rocas sedimentaria, de unos 40 cm de espesor, también se observa la inclinación y dirección de las rocas sedimentarias.

## X. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros reconocidos en el área de estudio corresponden a los de tipo movimientos en masa (peligros geológicos); históricamente la zona, al parecer ha sido afectada por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos (huaycos), evidenciado por las cicatrices y la configuración topográfica dejada por estos eventos.

Durante los trabajos de campo, fue posible identificar movimientos del terreno en los sectores inspeccionados, encontrándose deslizamientos de tipo rotacional, traslacional, derrumbes, procesos de reptación de suelos y huaycos (figura 2).

Estos movimientos en masa se han producido por factores intrínsecos (como puede ser la geometría del terreno, el tipo de suelos, el drenaje superficial y subterráneo, la cobertura vegetal del terreno), combinados con factores extrínsecos (construcción de viviendas, carreteras, canales, tala de árboles, etc.).

A continuación se presenta una descripción de los movimientos en masa identificados en diferentes sectores del anexo de Yacmes, para poder tener una visión mas clara de lo que viene ocurriendo en la zona.

### ***10.1 SECTOR EL MORRO Y EL BLANCO***

Se ubica en el extremo noreste del anexo de Yacmes, margen izquierda del río Tumpullo, en la ladera sureste del cerro Mauca Chupacra, en coordenadas UTM-WGS84, 8259215 N y 767220 E, los peligros geológicos identificados en esta zona son de tipo deslizamientos traslacionales, rotacionales, derrumbes, reptación de suelos y flujos de detritos (huaycos) (Mapa 1).

#### **10.1.1 Deslizamientos**

a) Deslizamientos Traslacionales: Este tipo de proceso ha sido identificado en la margen izquierda de la quebrada La Florida, así como en la cabecera de la misma, puede ser calificado como de edad inactivo-joven (McCalpin, 1984), reactivado (WT/WLI, 1993; en Santacana, 2001), con una velocidad de movimiento extremadamente lenta (Cruden y Varnes, 1996).

El deslizamiento ubicado en la margen izquierda de la quebrada La Florida, se produce en el contacto roca – suelo, pudiendo comprometer también el substrato rocoso fracturado de areniscas limolitas y lutitas del Grupo Yura, el espesor del suelo es en promedio de unos 0,50 m, la dimensiones del deslizamiento antiguo son de 1 000 m de longitud horizontal del pie a la corona, 350 m de alto, escarpa de forma irregular continua, con un ancho de 150 m y un salto principal de unos 10 m aproximadamente. Este deslizamiento presenta una reactivación en su cuerpo, el cual ha producido el asentamiento del terreno y es posible observar la escarpa de uno 500 m de longitud, con un salto principal de 7 m. Dentro del material que vendría a ser el cuerpo del deslizamiento se desarrollan actividades agrícolas y se asientan unas ocho viviendas aproximadamente (Foto 2).

El deslizamiento ubicado en las cabeceras de la quebrada La Florida (Foto 3), al igual que el anterior, tiene su plano de deslizamiento en el contacto roca, suelos, este también se considera un movimiento inactivo-joven, reactivado, el cual a producido el desgarre de la cobertura de suelo en la ladera, las dimensiones aproximadas son de unos 450 m de ancho de escarpa, 275 m de alto y un salto de 15 m en la zona reactivada.

b) Deslizamiento rotacional: Identificado por medio de la observación de imágenes satelitales y fotos aéreas, este evento se ubica en la margen derecha de la quebrada La Florida, escarpa de forma irregular discontinua, con un ancho de escarpa de 110 m y un salto de unos 5 m, de igual manera también produjo el asentamiento de suelos hacia la quebrada.

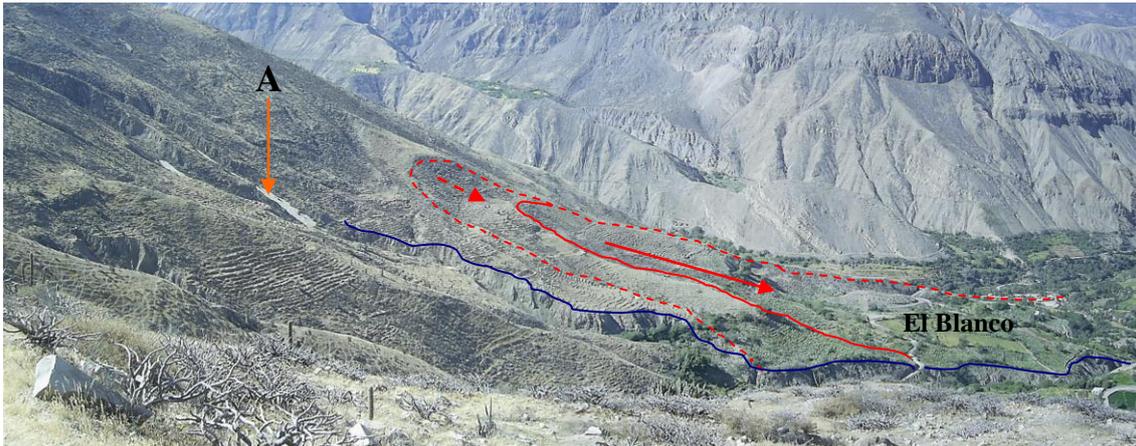


Foto 2: Vista donde se puede apreciar el deslizamiento traslacional en el sector El Blanco, las escarpas (antigua, señalada con una línea color rojo, punteada y la reactivación en línea roja continua), la flecha que indica la dirección de movimiento. Se observa también el desgarrar de suelo en el contacto roca-suelo (A) y los derrumbes en la margen izquierda de la quebrada La Florida (línea azul).



Foto 3: Escarpa de deslizamiento traslacional, en la cabecera de la quebrada La Florida, la flecha indica la dirección de movimiento.

### 10.1.2 Derrumbes

Se presentan a lo largo de ambos márgenes de las quebradas El Potrero y La Florida (Foto 4), las cuales aportan material suelto a sus cauces, formando conos de talud, compuestos por mezclas de material fino, gravas, cantos y bloques, susceptibles de ser acarreados a manera de huaycos.

De todos estos eventos identificados, se tiene que destacar el derrumbe ubicado en la margen izquierda de la quebrada La Florida, específicamente debajo del sector El Morro, que tiene unas dimensiones de 330 m de ancho y 100 m de alto. Presenta un gran depósito coluvial, conformado por los materiales caídos (arenas, cantos, gravas y bloques) que provienen de las areniscas, limolitas y lutitas muy fracturadas del Grupo Yura, Este proceso se considera activo, con perspectivas de seguir desarrollándose de forma retrogresiva.



Foto 4: Vista donde se aprecia los derrumbes en la margen izquierda de la quebrada La Florida (A) y la escarpa del deslizamiento reactivado del sector de El Blanco (B).

### 10.2.3 Flujos de detritos (huaycos)

Estos eventos se pueden presentar de manera excepcional por el cauce de la quebrada La Florida, puesto que solo se necesita abundantes precipitaciones pluviales, que concentren flujos de agua por la quebrada, sobresaturen los materiales provenientes de los derrumbe y deslizamientos anteriormente descritos, y se movilicen ladera abajo, pudiendo alcanzar y continuar su recorrido por el cauce del río Tumpullo o producir pequeños represamientos.

### 10.2.4 Reptación de suelos

Este tipo de proceso ha sido identificado en lado suroeste de El Morro, en el cual se observan pequeñas escarpas, con saltos, que han dejado el terreno irregular y removido (foto 5), evidenciando el movimiento existente, comprometiendo pastizales. Esta controlado por la presencia de humedad en el suelo, la pendiente de las laderas y la orientación de las rocas sedimentarias a favor de la pendiente.



Foto 5: Vista de la zona afectada por procesos de reptación de suelos (A).

## 10.2 SECTOR CAPELLANÍA

Ubicado en el extremo noreste del anexo de Yacmes, margen izquierda del río Tumpullo, en la ladera sureste del cerro Mauca Chupacra, con coordenadas UTM-WGS84, 8258870 N y 766780 E. Los peligros geológicos identificados en esta zona son de tipo deslizamientos traslacionales, rotacionales y derrumbes (Mapa 1).

### 10.2.1 Deslizamientos

a) Deslizamiento Traslacional: Este proceso ha sido identificado en las laderas del sector de Capellanía, se estima de edad inactivo-joven (McCalpin, 1984), reactivado (WT/WLI, 1993; en Santacana, 2001), con una velocidad de movimiento extremadamente lenta (Cruden y Varnes, 1996).

El deslizamiento antiguo, presenta hasta tres escarpas de antiguas reactivaciones ocurridas. La escarpa es de forma irregular discontinua, sus dimensiones son de 700 m de longitud horizontal del pie a la corona, 400 m de alto y 350 m de ancho promedio; el salto es difícil de diferenciar por la erosión sufrida en la ladera (Fotos 6 y 8). El deslizamiento se ve favorecido por la inclinación de las capas de roca sedimentaria a favor de la pendiente, con un buzamiento o inclinación de  $32^\circ$  (Foto 7).

Este deslizamiento, ha sufrido reactivaciones en su cuerpo como deslizamientos traslacionales y rotacionales de menor dimensión, en donde actualmente se vienen produciendo asentamientos del terreno.

Se debe mencionar que dentro del cuerpo de este deslizamiento, se encuentran localizadas actualmente unas 13 viviendas.



Foto 6: Escarpa de deslizamiento en laderas superiores de Capellanía.



Foto 7: Orientación y buzamiento de las capas a favor de la pendiente de la ladera, también es posible ver el estado fracturado de las areniscas y las limolitas trituradas.

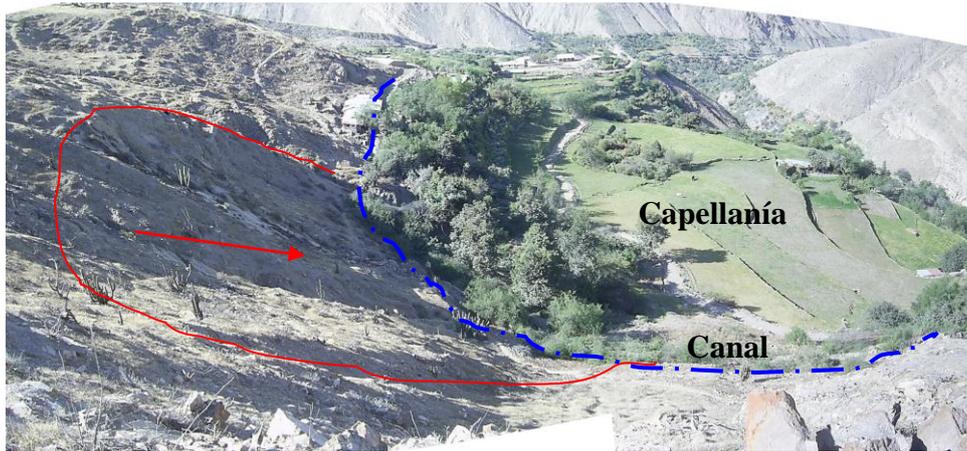


Foto 8: Escarpa de deslizamiento en Capellanía, reactivación ubicada por encima del canal principal de Yacmes.

b) Deslizamiento rotacional: Este evento ha sido identificado en el pie del deslizamiento traslacional, presentándose como una reactivación, que actualmente viene produciendo asentamientos, tanto de suelo, como de roca fracturada, afectando terrenos de cultivo (Foto 9).

Se considera que el deslizamiento de una gran masa de suelo de este sector, puede producir el represamiento del cauce del río Tumpullo.



Foto 9: Asentamientos de terreno producidos por deslizamiento de tipo rotacional (A).

### 10.2.2 Derrumbes

Se presentan como otra manifestación de las reactivaciones sufridas en el cuerpo del deslizamiento del sector de Capellanía. Comprometen tanto la cobertura de suelo, como el substrato rocoso, conformado por la intercalación de areniscas, lutitas y limolitas, que se encuentran muy fracturadas.

La caída de material forma un cono de talus, conformado por una mezcla caótica de bloques, cantos, gravas y finos (arena, limo), el cual desvía el cauce del río Tumpullo, hacia su margen derecha.

Este derrumbe produce la pérdida de terrenos de cultivo, así como, podría ocasionar el represamiento de río Tumpullo. Muy cerca de la zona de arranque, se encuentra

ubicadas unas cinco viviendas, las cuales pueden ser afectadas con el avance retrogresivo del derrumbe.

### **10.3 SECTOR EL SAUCE Y MULLIYOC**

Ubicado también en el extremo noreste del anexo de Yacmes, margen izquierda del río Sihuarpo o Tumpullo, en la ladera sureste del cerro Mauca Chupacra, en coordenadas UTM-WGS84, 8258652 N y 766797 E. Los peligros geológicos identificados en este sector son de tipo deslizamientos traslacionales, derrumbes y flujos de detritos (Mapa 1).

#### **10.3.1 Deslizamientos**

a) Deslizamiento de Yacmes “El Sauce”: dentro de este evento se encuentran los sectores de El Sauce y Mulliyoc, en este último se evidencia la concentración de construcciones comunales del anexo de Yacmes, (local comunal, escuela, campo deportivo y algunas viviendas). Se considera este proceso de edad activo (McCalpin, 1984), con estado de actividad, también activo (WT/WLI, 1993; en Santacana, 2001), con una velocidad de movimiento extremadamente lenta (Cruden y Varnes, 1996).

Este deslizamiento presenta dos escarpas sucesivas, su forma es alargada, con un ancho máximo de 260 m en el cuerpo del deslizamiento, 380 m de alto, 890 m de longitud horizontal y 970 m de longitud del pie a la corona. La escarpa principal tiene forma irregular-continua, con un ancho de 100 m y 170 m de longitud.

La escarpa secundaria presenta un salto de unos 20 m; dentro del cuerpo se observan agrietamientos transversales de > 10 m de longitud, con aberturas de hasta 10 cm, donde se forman terracetas o “pisadas de vaca”. El asentamiento del terreno es evidente en la parte superior del deslizamiento, ubicado por encima del poblado del sector de Mulliyoc y Sauce (Fotos 10 y 11). El deslizamiento tiene en total un volumen de 5 578 425 m<sup>3</sup> de material.



Foto 10: Vista de la escarpa del deslizamiento de El Sauce, los saltos, formación de grietas en el cuerpo y la dirección del movimiento.

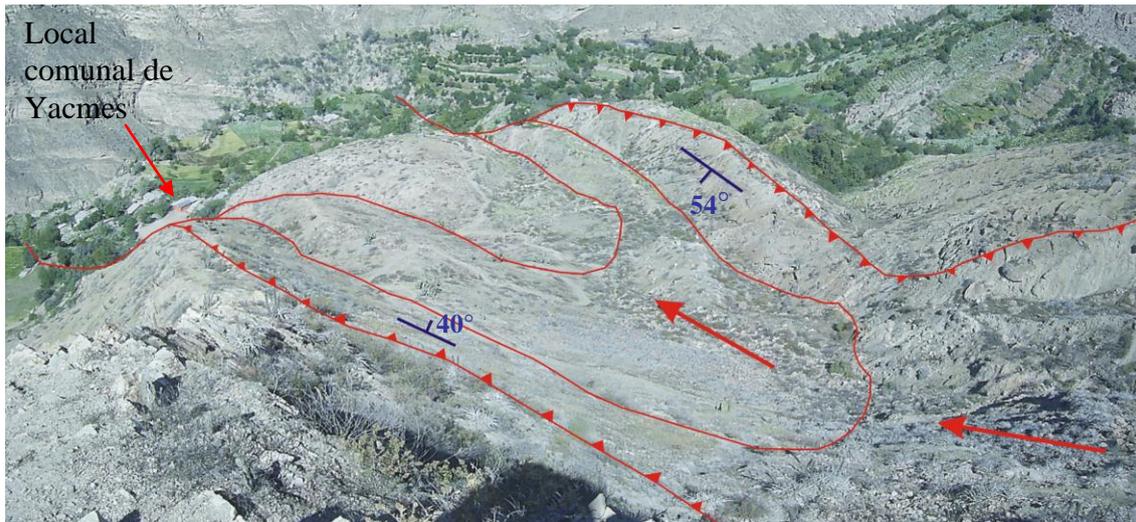


Foto 11: Vista ladera abajo del deslizamiento de El Sauce, donde se observa los extremos laterales de la escarpa y la dirección del movimiento de la masa deslizada.

Los trabajos de campo nos han permitido identificar las siguientes familias principales de Juntas (Tabla 1):

**Tabla 1: Principales familias de juntas.**

| Dirección de buzamiento | Buzamiento | Tipo                              |
|-------------------------|------------|-----------------------------------|
| 1) 55°                  | 64°        | Fractura                          |
| 2) 75°                  | 46°        | Fractura                          |
| 3) 215°                 | 40°        | Fractura                          |
| 4) 235°                 | 23°        | Fractura                          |
| 5) 130°                 | 32°        | Capa sedimentaria del grupo Yura. |

Al ser analizadas las condiciones geométricas y cinemáticas en los estereogramas (Figura 2), en forma conjunta con la dirección de buzamiento de la ladera de 131° y buzamiento de 33°, podemos interpretar lo siguiente:

- Se forman tres cuñas entre las familias 1-3, 2-3 y 2-4, de las cuales, la que tiene más probabilidad de producir una caída, es la cuña formada por las familias 2-3, lo que dependerá del ángulo de fricción interna de la masa deslizante.
- La familia 5, forma una falla planar, por estar buzando a favor y en menor ángulo, que la pendiente de la ladera.

Se puede concluir de este análisis, que el “Deslizamiento El Sauce”, es de tipo traslacional, con un marcado control estructural, donde la masa deslizada, se mueve por el efecto conjugado de las fallas en cuña y planar, ocasionando asentamientos grandes de terreno, así como la formación de grietas en su extremo derecho (Foto 12), las cuales alcanzan 1 m de abertura y donde no es posible medir el fondo. Esta inestabilidad en la ladera, se ve favorecida también por la litología del substrato, conformada por secuencias de areniscas, intercaladas con limolitas y lutitas muy fracturadas y deleznales, donde se puede asumir que el plano de falla esta pasando por un estrato de limolitas, por ser esta una zona de debilidad (Figura 3).

El terreno por encima del sector de Mulliyoc se presenta muy removido. Se evidencian estos movimientos y el empuje de terreno, en los daños sufridos por el canal de principal de Yacmes, el cual se encuentra canalizado con tubos de PVC y concreto, donde los muros de concreto del canal se presentan inclinados hacia afuera (Foto 13).

Las viviendas ubicadas dentro de esta zona, presentan grietas de tipo tensional, en paredes y pisos que alcanzan hasta 1 cm de abertura, como ocurre en el local comunal de Yacmes (Fotos 14). Otras evidencias observadas de la actividad del deslizamiento, es la grieta encontrada por encima de la escarpa principal del deslizamiento (Foto 15), que tiene unos 70 m de longitud, con una abertura de 0,10 m, la cual actualmente se encuentra cubierta con gravas y suelo. Por otro lado el derrumbe ocurrido en el talud superior de la carretera que da acceso a Yacmes, específicamente en la punta de carretera, que produjo la caída de bloques de arenisca de hasta 1 m de longitud; este evento puede haberse producido por efecto de la desestabilización de la ladera con el corte realizado y el empuje de la masa que se desliza.

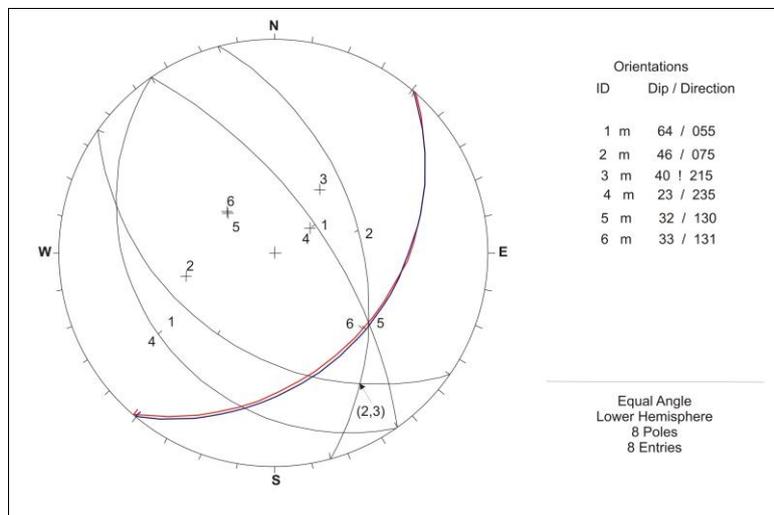


Figura 2: Estereograma donde se muestra la formación de fallas por cuña y planar, entre las principales familias de juntas.

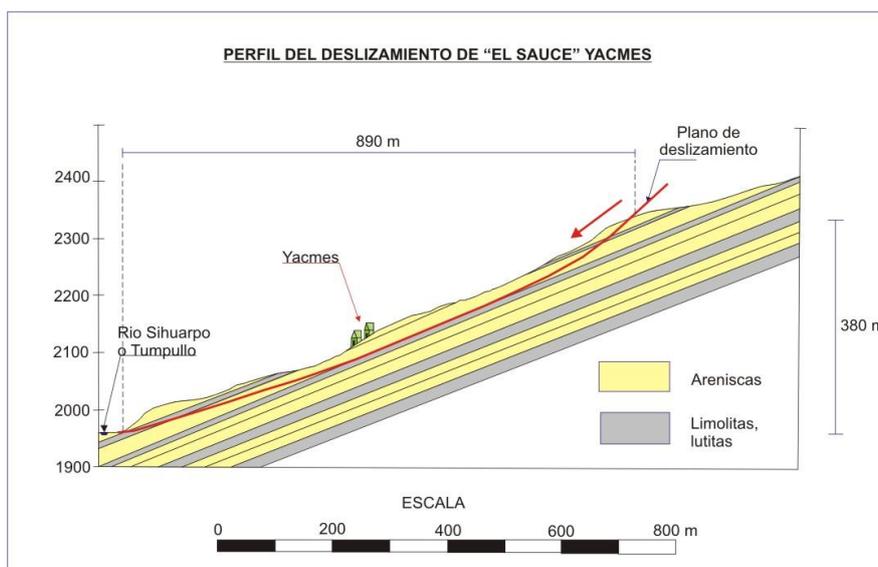


Figura 3: Perfil del deslizamiento de Yacmes "El Sauce", donde se infiere el plano de deslizamiento.

El avance del deslizamiento, puede ser evidenciado también en el río Sihuarpo, donde su cauce se estrecha y es desviado hacia su margen derecha formando un codo.



Foto 12: Grieta abierta en extremo derecho del deslizamiento de El Sauce.



Foto 13: Empuje en muro de concreto, ubicado encima de canal principal de Yacmes, el canal se encuentra entubado y cubierto.



Foto 14: Grietas abiertas en paredes de local comunal de Yacmes.



Foto 15: Grieta ubicada por encima de la escara principal del deslizamiento de Yacmes.

b) Deslizamiento antiguo: Ubicado al costado derecho del Deslizamiento El Sauce, produjo el asentamiento de terrenos, tiene forma alargada, escarpa circular de 80 m de ancho, y un salto que puede estimarse de unos 8 m aproximadamente, este evento se considera inactivo, donde se pueden producir reactivaciones.

### 10.3.2 Derrumbes

Ubicados al pie del deslizamiento de El Sauce, sector de Uto. Compromete el substrato rocoso fracturado, conformado por la intercalación de areniscas, limolitas y lutitas, del Grupo Yura.

La zona de arranque del derrumbe tiene 350 m de longitud y es de forma irregular-continua, con una altura máxima de 150 m, el evento se considera activo, con

manifestaciones que se vienen dando desde el año 2000, según información de los pobladores de la zona (Fotos 16 y 17).

Este evento presenta un avance retrogresivo, ya que paulatinamente ha venido afectando los caminos de herradura que cruzaban este sector. El primer derrumbe grande ocurrió el año 2000 y afectó el primer camino de herradura, el segundo evento se produjo el 19 de agosto del 2007 y afectó el segundo camino de herradura. Estos dos eventos han podido ser identificados en las imágenes satelitales.

Además de la destrucción de caminos de herradura, este derrumbe ha afectado cultivos y viviendas, algunas de las cuales se encuentran hoy deshabitadas, así mismo, se encuentran otras asentadas cerca del borde de la zona de arranque del derrumbe.

El primer derrumbe formo un cono de talus, conformado por la mezcla de bloques, gravas, arenas y limos, que desvió el cauce del río Sihuarpo hacia su margen derecha, el segundo evento, con un volumen de material caído de 15 928 m<sup>3</sup>, produjo un represamiento pequeño en el cauce del río Sihuarpo, el cual tapó y destruyó la bocatoma del canal de riego de Patapedro. Este represamiento de la quebrada preocupa a los pobladores ubicados aguas abajo de la zona del derrumbe, por el peligro que puede significar la formación de una laguna y el posterior desembalse violento de esta, en periodos de lluvia (Foto 18).

Estos derrumbes son resultado del empuje ladera abajo que existe en el cuerpo del Deslizamiento El Sauce, la presencia de rocas de diferente competencia y su grado de fracturamiento, la existencia de aguas subterráneas y la infiltración de agua al subsuelo desde canales o infraestructura de riego en mal estado que sobresaturan el terreno (Foto 19).



Foto 16: Vista aguas abajo del derrumbe y del material caído al cauce del río Sihuarpo.



Foto 17: Vista aguas arriba del derrumbe de Yacmes.



Foto 18: Material del segundo derrumbe, que originó un pequeño represamiento en el cauce del río Sihuarpó.



Foto 19: Reservorio de agua en mal estado, donde existen fugas de agua que se infiltran en el terreno.

### 10.3.3 Flujo de detritos (huaycos)

Los trabajos de campo, nos han permitido observar que en las cabeceras de la quebrada Mulliyoc, por encima del deslizamiento de El Sauce, se viene produciendo una profundización y ensanchamiento de la quebrada, por medio de derrumbes en ambos márgenes, estos materiales caídos y sueltos, son susceptibles de ser acarreados como huaycos, en periodos de lluvias excepcionales, los que podrían afectar las viviendas ubicadas aguas abajo de la quebrada, si se producen desbordes.

## XI. OTROS PELIGROS IDENTIFICADOS

### 11.1 EROSIÓN EN CARCAVAS Y FLUJOS DE DETRITOS (HUAYCOS)

Además de los peligros por movimientos en masa que se encuentran dentro de la zona de estudio, se puede mencionar la existencia de procesos de erosión en surcos y cárcavas, en las laderas circundantes, que producen pérdida de terreno, e incluso pueden llegarse a producir flujos de detritos (huaycos) pequeños, que pueden afectar terrenos de cultivo, tramos del canal principal de Yacmes y a los mismos pobladores.

Así mismo se ha observado que por la quebrada Pucapuca, al existir gran cantidad de material suelto en el cauce, producto de los derrumbes que se producen en ambos márgenes de la quebrada, se pueden generar huaycos, que comprometerían el tramo del canal principal de Yacmes que atraviesa la quebrada, pudiéndose incluso, encausarse y discurrir por el cauce del río Sihuarpó.

## XII. SUSCEPTIBILIDAD

Definida como la propensión que tienen los terrenos a que se produzcan movimientos en masa, debido a sus condiciones intrínsecas.

El grado de susceptibilidad a estos peligros está condicionado por:

- La naturaleza litológica de la zona, que presenta una intercalación de rocas de diferente competencia (areniscas, limolitas y lutitas), donde las areniscas duras, no presentan buena resistencia, por la existencia de las lutitas y limolitas, muy débiles, que se meteorizan o alteran rápidamente.
- La pendiente natural de la ladera, de más de 30°.
- La estrecha cobertura de suelo, que alcanza los 0,50 m, la cual descansa sobre el substrato rocoso, que presenta un buzamiento o inclinación de 30°, a favor de la pendiente de ladera, condicionando así su desgarre o desplazamiento total.
- El estado de fracturamiento de la roca, que es mucho más intenso en las limolitas y lutitas, que se presentan trituradas.
- La escasa cobertura vegetal de la ladera, donde la incidencia de la precipitación pluvial, se produce de manera directa contra el suelo, produciendo erosión en cárcavas, además de ello, la infiltración de agua hacia el subsuelo es más fácil.
- Asociado a la precipitación pluvial, la cual se concentra en cauces de quebradas y torrenteras, están sus efectos de erosión fluvial, que desestabilizan sus márgenes, socavándolos, hasta llegar a producir derrumbes y deslizamiento.
- Presencia de agua subterránea, que producen el aumento de la presión de poros dentro de las fracturas, así mismo la intercalación de capas permeables e impermeables, hace que se comporten como acuitardos, y por consiguiente retienen agua subterránea.

Dentro de los factores externos que actúan sobre la inestabilidad de la zona se tiene:

- La actividad antrópica (humana), la cual desestabiliza las laderas al modificar sus condiciones originales de equilibrio, por la construcción de carretera por ejemplo, como se ha producido en el anexo de Yacmes, donde en el tramo final de la nueva trocha ya se ha producido un derrumbe que involucra bloques de arenisca de hasta 1 m de longitud, evidenciándose así, la inestabilidad generada.
- Las actividades agrícolas, cuando se riega los cultivos por gravedad, donde se provee a los terrenos, de más agua de la que necesitan.
- La infiltración de agua, desde canales u obras de infraestructura de riego (reservorio) en mal estado.
- Ocupación inadecuada del suelo, al construirse viviendas en zonas donde no se ha previsto una zonificación por peligros geológicos.

### **XIII. VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad son las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto amenazas (EIRD/ONU, 2004), se tiene en la zona vulnerabilidad de tipo:

Vulnerabilidad física: Construcción de viviendas dentro de la zona del deslizamiento activo, donde se ha utilizado material noble y adobe, también se observa dentro de esta zona un tramo del canal principal de riego de Yacmes y la construcción de la carretera de acceso a la zona.

Vulnerabilidad social: La población asentada dentro del deslizamiento activo de “El Sauce” en Yacmes, convive con el peligro de un movimiento de gran magnitud, que los puede afectar, son aproximadamente 20 familias ubicadas dentro de esta zona. Así mismo, la población ubicada aguas abajo del río Sihuarpo, puede ser afectada por flujos que discurren por el cause, como el que podría formar por la rotura de un embalse formado en la zona represada por el derrumbe de Yacmes.

Vulnerabilidad económica: La población asentada dentro de la zona del deslizamiento y su área de influencia tiene como medio de subsistencia las actividades agrícolas que desarrolla en la zona.

Vulnerabilidad cultural: los habitantes de la zona necesitan mejorar su cultura de prevención y organizarse para realizar tareas prevención y atención de emergencias.

#### **XIV. ALTERNATIVA DE ZONA DE REHUBICACIÓN**

En función de la cartografía de movimientos en masa, así como a la evaluación de la seguridad física del anexo de Yacmes, es necesario dar una alternativa para reubicar a la población involucrada en el problema.

En base a lo observado en el campo, como es la presencia y actividad de los diferentes movimientos en masa, muchos de los cuales se encuentran actualmente en un estado inactivo y de latencia media-alta, y podrían reactivarse, así como a la existencia de una reducida área en la zona de Yacmes que no presenta problemas, se puede decir que la zona que podría ser utilizada para una reubicación de los pobladores y viviendas afectadas por el deslizamiento y los derrumbes en Yacmes, es el sector denominado El Morro (Foto 20). Para la determinación final de este sector, se tienen que tener en cuenta estudios mas detallados, como el de suelos, para determinar el tipo de viviendas que se puede construir; se debe de recordar que la zona al ser muy inestable y le sobreponemos una carga pesada, como puede significar una construcción de material noble, se pueden contribuir a magnificar la inestabilidad.

Se debe de tener presente también, la existencia de procesos de reptación de suelos en el costado derecho de El Morro (ver mapa 1), así como de los derrumbes al lado izquierdo (margen derecha de la quebrada La Florida), en donde no se deben de ubicar ningún tipo de vivienda cerca de la zona de arranque del derrumbe.

Finalmente, solo un trabajo mas detallado de la zona propuesta, definirá si esta puede ser utilizada como zona de reubicación.



Foto 20: Vista del sector el Morro.

## **XV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A partir de la información obtenida en los trabajos de campo y de las interpretaciones de gabinete se puede concluir lo siguiente:

- Los terrenos de fundación son de tipo areno-limoso con gravas y arcillas, de coloración marrón clara en seco, su espesor es de aproximadamente 40 cm.
- El substrato rocoso sobre el cual descansan los suelos, está conformado por intercalaciones de areniscas duras, limolitas y lutitas muy fracturadas hasta trituradas, con buzamiento a favor de la pendiente de la ladera.
- En la evaluación por peligros geológicos (movimientos en masa) del anexo de Yacmes, realizado por sectores, se puede resumir:

1) En el sector El Morro y El Blanco, se identificaron deslizamientos de tipo rotacional y traslacional, derrumbes, procesos de reptación de suelos y flujos de detritos. Los deslizamientos son considerados como eventos antiguos-reactivados, donde se pueden seguir produciendo asentamientos de terreno.

2) En el sector Capellanía, se han identificado deslizamientos de tipo traslacional antiguo, con reactivaciones en su cuerpo, a manera de deslizamientos rotacionales y derrumbes, que vienen produciendo actualmente el asentamiento de terreno.

3) En el sector El Sauce y Mulliyoc, se ha identificado en esta zona el evento más importante y el de mayor actividad, se trata de un deslizamiento traslacional, controlado por el tipo de roca, la estratificación de las rocas sedimentarias y las familias de fracturas principales, que produce un fuerte asentamiento de terrenos; el empuje de la masa deslizada ha producido

derrumbes en el pie del deslizamiento, sector de Uto, de los cuales el último evento ha represado la quebrada Sihuarpó.

- En las laderas circundantes a la zona evaluada, se han identificado procesos de erosión de laderas en surcos y cárcavas.
- En las quebradas Pucapuca, Mulliyoc y La Florida, se pueden generar flujos de detrito (huaycos), que pueden comprometer la seguridad física de los tramos del canal principal de Yacmes que los atraviesa, así como a los pobladores.
- En la quebrada Tambor, ubicada en las nacientes del río Sihuarpó, se generan flujos de detritos (huaycos), que pueden alcanzar y discurrir por el cauce principal del río.
- La susceptibilidad a los movimientos en masa en la zona es alta y esta condicionada por la existencia en el substrato de rocas de diferente competencia, el grado de fracturamiento y alteración, el buzamiento o inclinación de las secuencias sedimentarias a favor de la pendiente, la pendiente natural de la ladera, la escasa cobertura vegetal, presencia de agua subterránea y las precipitaciones pluviales.
- La actividad antrópica ha contribuido a desestabilizar la zona, con los cortes hechos en la ladera para la construcción de la carretera de acceso a Yacmes, el riego de terrenos de cultivo, la presencia de infraestructura de riego en mal estado, que produce filtraciones de agua hacia el subsuelo, sobresaturándolo e incrementando la presión de poros, llenado de agua las fracturas, generando fuerzas de empuje en la roca, y por último la ocupación inadecuada de zonas no aptas para vivir.
- Existe peligro inminente por deslizamiento en la zona de Yacmes, específicamente en los sectores de El Sauce, Mulliyoc, Uto y demás sectores que se encuentran dentro de los límites del deslizamiento activo.
- En los sectores de Capellánía, El Morro y El Blanco, el peligro es medio y esta representado por la reactivación de los deslizamientos antiguos, los derrumbes activos y la generación de flujos de detritos.
- La posibilidad de una obstrucción mayor del cauce del río Sihuarpó o Tumpullo es latente, por la actividad manifestada por el deslizamiento de El Sauce, en donde la masa deslizada puede formar un dique natural mayor al formado por los derrumbes del pie del deslizamiento en el sector de Uto.
- La posibilidad de la formación de un represamiento de agua dependerá de la cantidad de agua que discurre por el cauce del río Sihuarpó en periodos de lluvia, de los cuales no se tiene datos pluviométricos; por otro lado la posibilidad de un desembalse violento, del supuesto represamiento, dependerá de la resistencia del dique natural formado.
- Se determinó como posible zona de reubicación el sitio denominado “El Morro”, el cual debe ser objeto de estudios más detallados.

Dentro de las recomendaciones se puede citar las siguientes:

- Implementar un sistema de monitoreo en el deslizamiento de El Sauce en Yacmes, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable, realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informara a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- Los pobladores de Yacmes y Patapedro, deben organizarse y poner en práctica un sistema de alerta temprano, que permita informar rápidamente a los pobladores ubicados aguas abajo del deslizamiento, en caso de producirse un evento de gran magnitud. Este sistema de alerta, puede estar constituido por radios de comunicación, campanas, silbatos, etc., donde los pobladores deben estar muy bien habituados con el significado de su sonido.
- Revisar y mantener en buen estado el canal principal de Yacmes, en el tramo que pasa por el deslizamiento por medio de tubos, procurando corregir y reparar fugas.
- Realizar el mantenimiento constante del reservorio de agua, ubicado dentro del cuerpo del deslizamiento, y así evitar fugas e infiltración de agua en el terreno.
- Evitar o en todo caso reducir al mínimo el riego de los terrenos ubicados dentro de la zona afectada por el deslizamiento.
- Prohibir la construcción de nuevas viviendas dentro de la zona afectada por el deslizamiento y tratar de reubicar los pobladores que se encuentran actualmente viviendo dentro de esta zona.
- Rellenar y taponar la grieta abierta que se encuentra en la ladera superior, por encima de la corona del deslizamiento, así como de las grietas laterales, por considerárselas un peligro constante, tanto para pobladores, como para animales que transitan por la zona.
- Realizar trabajos de reforestación con especies nativas de la zona, en la ladera ubicada por encima del deslizamiento de El Sauce.
- No continuar con la desestabilización de los terrenos, específicamente el que resulta de la realización de cortes en las laderas, para la construcción de carreteras.
- Limpiar el cauce del río Sihuarpo o Tumpullo, actualmente obstruido por el material caído desde los derrumbes del sector de Uto, que permita el libre discurrir del flujo del agua y evitar así la formación de embalses.
- Resulta muy importante tener presente, que la zona designada como posible área de reubicación, tiene que ser objeto de estudios más detallados, como del tipo de

suelo, la presencia de movimientos en masa activos, en sus periferias y laderas superiores, que determinen de manera definitiva, si es o no, verdaderamente apto y seguro para que la población pueda vivir allí.

- Considerar la posibilidad de construir un túnel, que atraviese las rocas de la margen derecha del río Sihuarpó (ver mapa 1), que pueda servir de alcantarilla, para dar paso al flujo de agua del río, en caso se produzca un deslizamiento de gran magnitud, que forme un dique natural y posterior embalse.

## **XVI. BIBLIOGRAFÍA**

CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J. (1996). Landslide types and processes. Landslide investigation and mitigation. Washington, D.C., Transportation Research Board, Especial Report 247.

EIRD/ONU (2004) Vivir con el riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres versión 2004. Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas.

GOBIERNO REGIONAL AREQUIPA; PGRD – COPASA & COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA (2003) Análisis integral de riesgos de desastres naturales en el distrito de Tipan (Anexos de Chupacra, Tagre y Yacmes). Proyecto: "Gestión de riesgo de desastres naturales con enfoque de seguridad alimentaria". Arequipa: Perú.

McCALPIN, J. (1984) *Preliminary age classification of landslides for inventory mapping*. in Proceeding 21 Annual Symposium on Engineering Geology and Soils Engineering. Pochtelo, Idaho.

PATIÑO, J. (2007) Informe de inspección zona de deslizamiento de Yacmes-Tipan. Informe.

SANTACANA, N. (2001) *Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de sistemas de información geográfico. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat*. Tesis Doctoral Universidad Politecnica de Cataluña. Barcelona.

WP/WLI (1993) Multilingual landslide glossary. The Canadian Geotechnical Society. Bitech Publishers Ltd.

## XVII. ANEXOS

A) Tabla 4-4: Edad de los deslizamientos (McCalpin, 1984)

| RASGOS DEL DESLIZAMIENTO             | CLASES DE EDAD  |  |   |   |
|--------------------------------------|---|--|---|---|
|                                      | ACTIVO  | INACTIVO (JOVEN)   | INACTIVO (MADURO)   | INACTIVO (VIEJO)  |
| ESCARPA PRINCIPAL                    | Abrupto, sin vegetación.  | Abrupto, en parte con vegetación.  | Suave, con vegetación.  | Disectado, con vegetación   |
| ESCARPAS LATERALES Y DRENAJE         | Abrupto, sin vegetación, quebradas en el borde.   | Abrupto, en parte con vegetación, pequeños tributarios con quebradas laterales.  | Suave, con vegetación, tributarios sobre el cuerpo hacia el deslizamiento   | Márgenes laterales muy vagos, sin drenaje lateral.  |
| MORFOLOGIA INTERNA Y DRENAJE         | Depresiones sin drenaje, lagunas, topografía con montículos, bloques internos angulares separados por grietas sin vegetación.   | Sin drenaje, depresiones de drenaje, estanques y pantanos, topografía con montículos, grietas internas con vegetación. | Sin depresiones de drenaje, pero suaves, topografía ondulada, red de drenaje anárquico.   | Sin depresiones de drenaje, cicatriz del depósito cortado por canales dendríticos normales. |
| VEGETACIÓN                           | Ausente o esparcido en las escarpas laterales e internas, es común ver árboles volcados.  | Vegetación más joven que el terreno adyacente o de diferente tipo o densidad.  | Vegetación con la misma edad del terreno adyacente, pero puede ser de diferente tipo o densidad.  | Vegetación con la misma edad, tipo o densidad del terreno que lo rodea.                     |
| RELACIONES DEL PIE DEL DESLIZAMIENTO | El eje del drenaje forzado al lado opuesto del valle donde ocurren los deslizamientos activos, represamiento del drenaje, cobertura moderna sobre la llanura aluvial, no modificados por las quebradas. | Lo mismo en cuanto a su actividad, pero, el pie del deslizamiento puede modificarse por el eje de un cauce moderno.    | Cubierto por formaciones modernas, pero cortado por una moderna llanura aluvial de meandros; quebrada no estrecha pero ensanchado por el llano aluvial. | Truncado y recubierto por formaciones modernas o morrenas modernas o terrazas.              |
| EDAD ABSOLUTA                        | Su actividad dentro del tiempo histórico implica menos de aproximadamente 140 años.   | Entre 140 a 5000 años.   | Entre 5 000 a 10 000 años.  | Más antiguo que 10 000 años (a menudo mucho más antiguo).                                   |

## B) Clasificación del estado de la actividad de un deslizamiento, propuesto por WT/WLI (1993).

1. Deslizamiento activo: presenta movimiento en el momento de la observación.
2. Deslizamiento suspenso: ha tenido movimiento en los últimos 12 meses, pero actualmente se encuentra inactivo.

3. Deslizamiento reactivado: es un deslizamiento activo que previamente fue inactivo, son las reactivaciones de un deslizamiento.
4. Deslizamiento inactivo: No ha sufrido movimiento en los últimos 12 meses.

Los deslizamientos inactivos pueden dividirse en los siguientes estados:

5. Deslizamiento latente: es un movimiento inactivo que se puede reactivar por las causas que lo originaron.
6. Deslizamiento antiguo: es un deslizamiento antiguo que no ha sido afectado nuevamente por sus causas originales.
7. Deslizamiento estabilizado: es un deslizamiento activo en cual se han tomado medidas correctoras.
8. Deslizamiento relicto: es un deslizamiento inactivo que se desarrollo bajo condiciones climáticas o geomorfológicas consideradas diferentes de las que prevalecen actualmente.

**C) Tabla 4-5: Escala de velocidad de deslizamiento (Cruden y Varnes, 1996).**

| Clase de velocidad | Descripción           | Velocidad (mm/sec) | Velocidad típica |
|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| 7                  | Extremadamente rápido | $5 \times 10^3$    | 5 m/seg          |
| 6                  | Muy rápido            | $5 \times 10^1$    | 3 m/min          |
| 5                  | Rápido                | $5 \times 10^{-1}$ | 1.8 m/hr         |
| 4                  | Moderado              | $5 \times 10^{-3}$ | 13 m/mes         |
| 3                  | Lento                 | $5 \times 10^{-5}$ | 1.6 m/año        |
| 2                  | Muy lento             | $5 \times 10^{-7}$ | 16 mm/ año       |
| 1                  | Extremadamente lento  |                    |                  |