

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INFORME TÉCNICO N° A6446

**INSPECCIÓN DE PROCESOS GEOLÓGICOS EN TRES  
SECTORES DEL DISTRITO DE ALTO SELVA**  
PROVINCIA AREQUIPA, REGIÓN AREQUIPA



**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

Autor: Dr. Marco Rivera Porras

FEBRERO - 2011

## **CONTENIDO**

<i>1.- INTRODUCCIÓN</i> .....	5
<i>2.- CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA</i> .....	6
<i>3.- GEOMORFOLOGÍA</i> .....	9
<i>4.- ASPECTOS GEOLÓGICO</i> .....	10
<i>5.- PELIGROS GEOLÓGICO</i> .....	12
<i>6.- MEDIDAS CORRECTIVAS</i> .....	29
<i>7.- CONCLUSIONES</i> .....	31
<i>8.- RECOMENDACIONES</i> .....	31
<i>REFERENCIAS</i> .....	32

## **FIGURAS:**

Figura N°1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio.

## **FOTOS:**

Foto N° 1. Los suelos en el Distrito de Alto Selva Alegre son muy poco desarrollados. Aquí una vista de un depósito de flujo piroclástico en la calle Mollendo donde el suelo es casi inexistente.

Foto N° 2 Flujos de lava en bloques en la zona de Javier Heraud

Foto N° 3. Vista de un depósito de flujo piroclástico en la calle Mollendo sobre el cual se han construido viviendas.

Foto N° 4. 4ta cuadra de la calle Ricardo Palma, donde los procesos de erosión y derrumbe han afectado un tramo de 35 m de dicha calle.

Foto N° 5. Imagen Google de la calle Ricardo Palma, entre 3era y 4ta cuadra, donde los procesos de erosión y derrumbe vienen afectando dicha calle y viviendas. Además se presentan dos vistas de las áreas estudiadas.

Foto N° 6. Cuarta cuadra de la calle Ricardo Palma donde los procesos de erosión y derrumbe vienen afectando dicha calle. Es necesario resaltar que anteriormente los pobladores han realizado pircas para estabilizar el talud.

Foto N° 7. Vista de la Calle Ricardo Palma (tramo 2) que viene siendo afectado por problemas de erosión y derrumbes.

Foto N° 8. Vista de la calle Ricardo Palma (tramo 2) donde se aprecia que parte de dicha calle, postes de luz y tubos de agua y desagües vienen siendo afectados por problemas de erosión y derrumbes.

Foto N° 9. Vista de la escarpa de derrumbe en la calle Ricardo Palma (tramo 2), visto desde la Av. Independencia.

Foto N° 10. Imagen Google de la calle Mollendo, entre 2da y 3ra cuadra, donde los procesos de erosión y derrumbe vienen afectando dicha calle y viviendas. Además se presentan dos vistas de las áreas estudiadas.

Foto N°11. Vista de la calle Mollendo (tramo 1), la cual en parte está cubierta con losas de cemento. El derrumbe se produce en el extremo derecho (zona descubierta).

Foto N° 12. Vista del talud inferior de la calle Mollendo (tramo 1) donde se aprecia la escarpa de la zona de derrumbe.

Foto N° 13. Vista de la calle Mollendo (tramo 2), la cual en parte está cubierta con losas de cemento. El derrumbe se produce en la zona descubierta.

Foto N° 14. Vista de la calle Mollendo (tramo 2) afectada por problemas de erosión de ladera y derrumbes

Foto N° 15. La calle Mollendo (Tramo 3) en su borde oriental es afectada por procesos de erosión de laderas y derrumbes.

Foto N° 16. Vista de la calle Mollendo (Tramo 4)

Foto N° 17. Vista del tramo 5 de la calle Mollendo.

Foto N° 18. Imagen Google donde se presentan vistas de los tres sectores de la zona de Javier Heraud (parte alta).

Foto N° 19. Vista de la ladera hacia Villa Unión (zona alta de Javier Heraud).

Foto N° 20. Vista del sector "La Isla" en Villa Unión.

Foto N° 21. Estado de casas ubicadas en la "Isla" (Villa Unión) inundadas con aguas de lluvias recientes.

Foto N° 22. Vista del sector tripartito (sector 3). La flecha señala la dirección de flujos de barro que bajan en época de lluvia.

Foto N° 23. Vista del sector tripartito (sector 3). La flecha señala el inicio del canal de agua, hasta donde desembocan las aguas producto de lluvias.

Foto N° 24.- Al igual que en la calle Mollendo, en otros sectores donde se produce erosión de laderas y derrumbes se puede colocar muros de contención.

Foto N° 25.- En este sector se debe construir un sistema de drenaje, revistiendo el canal existente o diseñando otro canal cerrado o túnel de agua.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus funciones realiza trabajos para identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas, urbanas o rurales, que podrían verse adversamente afectadas por peligros geológicos. Estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines y en reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico y tiene ámbito nacional.

En esta oportunidad se ha desarrollado la inspección geológica de tres zonas: Javier Heraud (parte alta); 2da cuadra de la Calle Ricardo Palma (Asentamiento Humano Independencia, Zona A); y la 2da cuadra de la Calle Mollendo (Asentamiento Humano Gráfico). Todas las tres zonas están localizadas dentro del Distrito de Alto Selva Alegre (Provincia de Arequipa), las cuales son afectadas por procesos de erosión de laderas, derrumbes, flujos de barro y detritos (huaycos) y/o por inundaciones periódicas.

Este trabajo presenta la evaluación y análisis de tres áreas afectadas por los procesos anteriormente mencionados, así como conclusiones y recomendaciones para la prevención, mitigación y/o estabilización del lugar.

### **1.1 Antecedentes**

El Secretario Técnico del Comité Distrital de Defensa Civil de Alto Selva Alegre (Provincia de Arequipa), mediante Oficio N°009-2011-STDC-SGSCS/MDASA de fecha 04 de febrero, dirigida al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicita la elaboración de un informe técnico sobre los peligros geológicos que se presentan en tres zonas del distrito de Alto Selva Alegre: Javier Heraud (parte alta); 2da cuadra de la Calle Ricardo Palma (Asentamiento Humano Independencia, Zona A); y la 2da cuadra de la Calle Mollendo (Asentamiento Humano Gráfico).

El Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designa al Dr. Marco Rivera Porras, especialista en riesgo geológico, a realizar trabajos de evaluación el 10 de febrero de 2011.

Para la ejecución de los trabajos de campo, se realizaron coordinaciones con el Ing. Henry Pareja, Secretario Técnico del Comité Distrital de Defensa Civil de Alto Selva Alegre quien nos facilito la logística y nos mostro las zonas afectadas por los procesos anteriormente mencionados.

En el presente informe se detallan los resultados de la evaluación técnica realizada, debidamente ilustrado con fotografías y mapas, donde se describe el origen de los eventos geológicos y sus efectos en la zona. El informe se

pone a consideración de las Autoridades de Prevención y Defensa Civil (INDECI), y del Municipio Distrital de Alto Selva Alegre.

## **1.2 Objetivo del estudio**

El trabajo tuvo como objetivo analizar y evaluar los factores intrínsecos y externos (“detonantes”) que pueden desencadenar peligros geológicos en tres sectores del Distrito de Alto Selva Alegre: Javier Heraud (parte alta); 2da cuadra de la Calle Ricardo Palma (Asentamiento Humano Independencia, Zona A); y la 2da cuadra de la Calle Mollendo (Asentamiento Humano Gráfico).

## **2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA**

### **2.1 Ubicación y accesibilidad**

Las tres zonas de estudio: Javier Heraud (parte alta); 2da cuadra de la Calle Ricardo Palma (Urbanización Independencia, Zona A); y la 2da cuadra de la Calle Mollendo se encuentran dentro del Distrito de Alto Selva Alegre, Provincia Arequipa (Figura N° 1). Geográficamente se ubican al pie del flanco suroeste del volcán Misti. Más específicamente las áreas evaluadas se ubican entre los 2400 y 2600 m.s.n.m. y están comprendidas entre las coordenadas UTM:

Calle Ricardo Palma:        8188736 y 8188547 Norte  
   230132 y 230391 Este

Calle Mollendo:                8186842 y 8186762 Norte  
   230352 y 230582 Este

Sector Javier Heraud:        8188806 y 8188566 Norte  
   232231 y 232622 Este

Estas zonas son accesibles en 30 minutos, desde el centro de la ciudad de Arequipa en dirección noreste (8 km). El Distrito de Alto Selva Alegre es colindante con los distritos de Miraflores y Cayma.

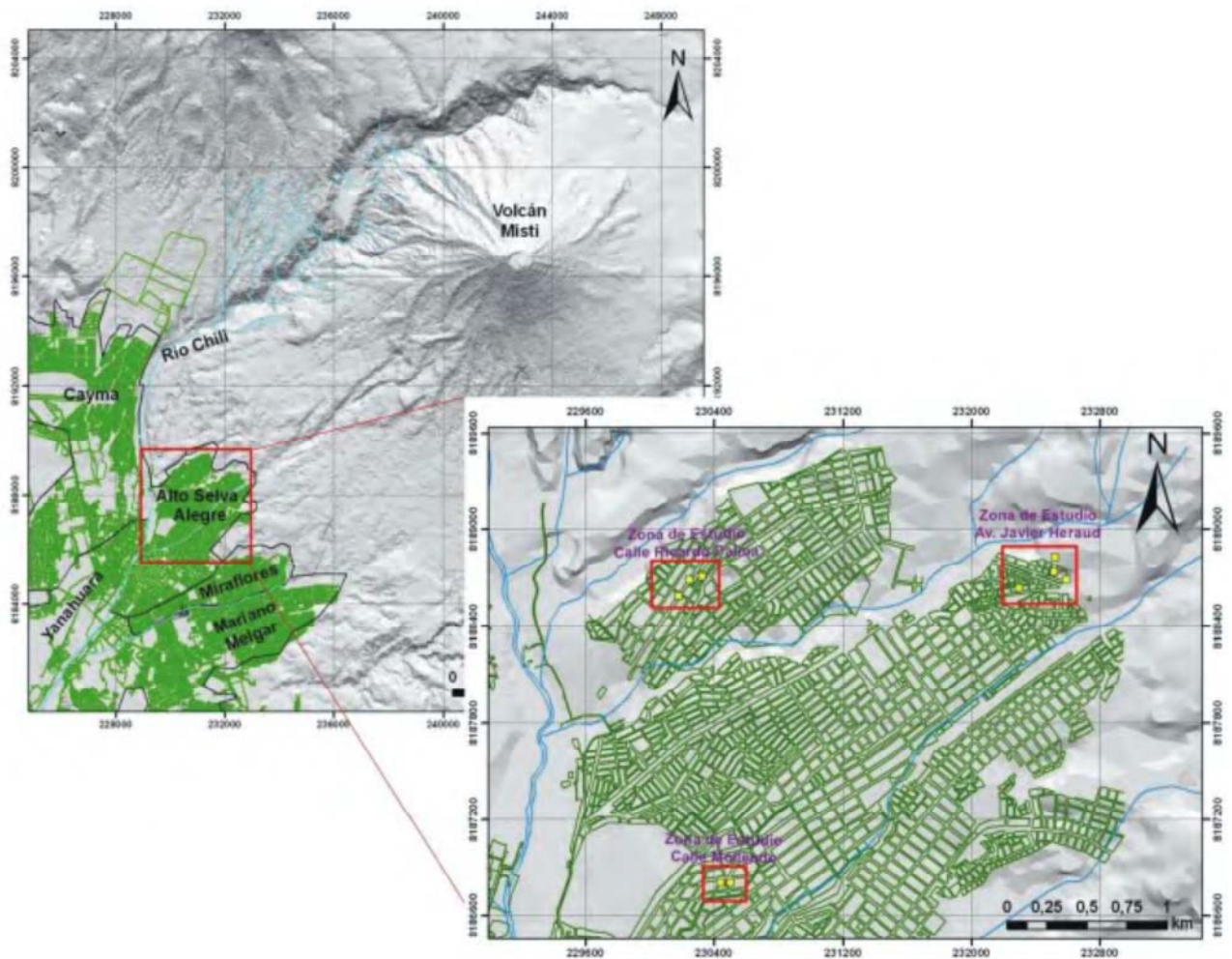


Figura N°1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio.

## 2.2 Aspectos Socio-Económicos

Gran parte del Distrito de Alto Selva Alegre, está en pleno proceso de expansión urbana sin control, ni planificación, ubicándose sobre áreas propensas a sufrir peligros geológicos, como son cauces de antiguas quebradas y laderas de cerros cuyos terrenos son muy frágiles de ser erosionadas por las aguas de lluvias. Asimismo en épocas de lluvias, eventualmente discurren por las quebradas flujos de barro y huaycos.

Un alto porcentaje de la población se dedicada principalmente al comercio. En estas zonas, las viviendas son de material noble (cemento y ladrillo), la mayoría de dos pisos. Algunas viviendas están construidas con material rustico (sillar). Todos cuentan con los servicios básicos de luz, agua potable, desagüe y teléfono.

### 2.3 Clima

La zona presenta un clima seco durante la mayor parte del año (abril a diciembre) y periódicamente lluvioso (enero a marzo). Próxima al área de estudio se ubica la estación meteorológica del SENAMHI, denominada Estación Pampilla (16° 24' 12" S; 71° 31' 6" W; 2400 msnm.). En el Cuadro N°1 se tienen los datos de precipitaciones y de temperaturas registradas por esta estación:

Cuadro N°1: Rangos de pluviosidad y temperatura

<b>Precipitación</b>	<b>Rango de pluviosidad (mm)</b>
Estación de Verano (Enero a Marzo)	0.3 – 3.15
Demás meses del año (Abril a Noviembre)	<1
<b>Temperatura</b>	
Estación de Verano (Enero a Marzo)	9 – 24
Demás meses del año (Abril a Noviembre)	6 – 20

(Fuente SENAMHI-2011).

En determinados años, como en 1999 y en 2011, se produjeron precipitaciones excepcionales sobre la ciudad de Arequipa, que desencadenaron flujos de barro o huaycos que descendieron por las quebradas del flanco suroeste del Misti e inundaron las partes bajas de varios distritos. En febrero de 2011 se registraron lluvias de hasta 25 mm en un solo día (09 de febrero).

### 2.4 Características del suelo

El suelo en el distrito de Alto Selva Alegre es poco desarrollado y por ende poco potente. Este suelo está conformado por delgados depósitos residuales constituido por gravas y bloques, en una matriz limosa, inconsolidados y de fácil erosión (Foto N°1). En algunos sectores no se distinguen suelos, aflorando solamente rocas o depósitos volcánicos: flujos piroclásticos, lavas y lahares. Es importante mencionar la existencia de desmontes, que cubren los suelos en algunos sectores.





*Foto N°1. Los suelos en el Distrito de Alto Selva Alegre son muy poco desarrollados. Aquí una vista de un depósito de flujo piroclástico en la calle Mollendo donde el suelo es casi inexistente.*

### **3. GEOMORFOLOGÍA**

Las zonas de estudio, en el contexto regional se localizan en la zona de transición entre la Cordillera Occidental de los Andes y la cuenca de Arequipa. Específicamente sobre laderas de colinas, cuyas altitudes disminuyen progresivamente hacia el suroeste, desde los flancos del Misti (menos de 4500 msnm.), hasta en la cuenca tectónica de Arequipa (localizado a aproximadamente 2400 msnm.). Su relieve es poco accidentado, consecuencia de la depositación de productos del Misti y por acción de los numerosos cursos de agua que sobre él discurren.

Las características fisiográficas de medio ambiente indudablemente se relacionan con la litología del terreno, características naturales del suelo, la pendiente del terreno, y los factores geodinámicos que han actuado sobre ellas. En estas zonas las viviendas se han construido sobre laderas y cauces de las quebradas. Las zonas de estudio son casi colindantes entre si y están íntegramente habitadas. En estas zonas se distinguen las siguientes geofomas:

#### **3.1 COLINAS ALTAS:**

Corresponden a formaciones rocosas (flujos de lavas) y/o depósitos volcánicos (lahares) localizados al extremo oriental del área de estudio (sector de Javier Heraud), justo al pie del flanco oeste del Misti. Estas colinas se ven principalmente afectadas por procesos geodinámicos como derrumbes y erosión de laderas.

### **3.2 LADERAS DE PENDIENTE SUAVE**

Corresponden a las laderas de moderada pendiente (20 a 40° de inclinación), constituidos por depósitos volcánicos (flujos piroclásticos y lahares) y depósitos coluviales, formados por deposición de material de erosión de laderas y acarreo, transportadas por las aguas que descienden del flanco suroeste del Misti.

### **3.3 CAUCES DE QUEBRADAS**

Corresponden a antiguos cauces de quebradas o torrenteras que descienden del flanco suroeste del Misti. Estos cauces tienen entre 12 a 40 m de ancho. Por ejemplo, La calle Alianza paralela a la calle Mollendo (sector de estudio) es un antiguo cauce de quebrada o torrentera, donde se han asentado viviendas de hasta tres pisos y de material noble.

## **4. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

Según la geología de Arequipa elaborado por Thouret et al. (2001) y por Rivera (2010), en el área de estudio se distinguen las siguientes unidades:

### **4.1 SUBSTRATO ROCOSO**

**4.1.1 FLUJOS DE LAVA:** Al extremo oriental de la zona de estudio, específicamente en el sector de Javier Heraud, se observan secuencias de flujos de lava de composición andesítica, dispuestos en capas que miden entre 20 a 40 m de espesor. Estas lavas en parte están cubiertas con autobrechas y depósitos coluviales (Fotos N° 2). Por su fracturamiento y meteorización este material es muy susceptible a la formación de derrumbes.

**4.1.2 DEPÓSITOS DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS:** En la parte central del Distrito de Alto Selva Alegre, específicamente en los sectores de la Calle Ricardo Palma (Pueblo Joven Independencia), A. H. Gráficos y otros se distinguen niveles de flujos piroclásticos de pómez y cenizas de 8 a 12 m de espesor (Fotos N° 3). Estos depósitos son poco cohesivos o fácilmente deleznable. Estos depósitos cubren los flujos de lavas descritos anteriormente y a la vez están cubiertos en parte por flujos de barro (lahares) y por material de relleno de más de 2 m de espesor. Estos depósitos forman taludes bastante inclinados de 60° a 80° de inclinación (Fotos N° 3).



*Foto N°2 Flujos de lava en bloques en la zona de Javier Heraud*



*Foto N° 3. Vista de un depósito de flujo piroclástico en la calle Mollendo sobre el cual se han construido viviendas.*

**4.1.3 DEPÓSITOS SUPERFICIALES:** Los depósitos inconsolidados que cubren al sustrato rocoso, se exponen en las laderas, y en los cauces de antiguas quebradas. Los cortes expuestos en las laderas permiten diferenciar estos depósitos, cuyo origen se debe a las acumulaciones de depósitos gravitacionales (coluviales) en los que se incluyen los depósitos de derrumbes, y depósitos de remoción posterior (coluvios). Estos depósitos están constituidos por grava, arena y limos, más o menos porosas y bien drenadas.

## **5. PELIGROS GEOLÓGICOS**

A continuación detallaremos los peligros geológicos identificados en cada zona de estudio:

### **5.1 CALLE RICARDO PALMA, 3ERA Y 4TA CUADRA (ASENTAMIENTO HUMANO INDEPENDENCIA)**

En esta calle existen dos tramos o áreas afectadas:

- 1) El primer tramo está localizado al extremo occidental, en la cuarta cuadra de la calle Ricardo Palma. Este tramo tiene 45 m, y en la parte superior del talud habitan 10 familias (47 personas) en 12 viviendas. Las viviendas son de material noble, principalmente ladrillo y concreto; y pocas viviendas son rústicas construidas de sillar. Estas viviendas tienen entre 40 y 50 años de antigüedad. Por otro lado, al pie del talud o bajo la calle Ricardo Palma, se identificaron 6 viviendas de las cuales 2 se encuentran deshabitadas, según lo afirmado por los vecinos. En las viviendas habitan familias de 4 y 8 personas. Dichas viviendas fueron construidas a partir del año 1985, estando asentadas sobre material de relleno.



*Foto N°4. 4ta cuadra de la calle Ricardo Palma, donde los procesos de erosión y derrumbe han afectado un tramo de 35 m de dicha calle.*

En esta zona, las rocas del substrato corresponden a flujos piroclásticos de pómez y cenizas de 10 a 12 m de altura, de mala calidad, de resistencia blanda (5 - 25 Mpa), fácilmente deleznable, cubiertos por material de relleno de más de 4 m de espesor, siendo estos últimos, materiales de mala calidad geotécnica. Este depósito forma un talud de 60° a 80° de inclinación. Esta zona presenta problemas de erosión de ladera y derrumbes del talud afectando viviendas cercanas a esta (Foto N°4), los cuales están poniendo en descubierto las tuberías de desagüe, buzones o pozas de desagüe, y afectando las calles. Esta erosión se ha dado desde hace varios años atrás (según versiones de los pobladores) como producto principalmente de lluvias y de roturas de desagües (por el relleno mal compactado); ocasionando derrumbes de rocas y de material suelto, desde luego afectando 4 a 5 viviendas localizadas al pie del talud. Si el proceso se magnificara representaría un riesgo para las seis familias (en 6 viviendas) que viven al pie de la ladera.

Resumiendo, los problemas en este tramo están en parte relacionados a la presencia de materiales de relleno, los cuales no reúnen las condiciones geotécnicas necesarias como material de cimentación.



Foto N°5. Imagen Google de la calle Ricardo Palma, entre 3era y 4ta cuadra, donde los procesos de erosión y derrumbe vienen afectando dicha calle y viviendas. Además se presentan dos vistas de las áreas estudiadas.



*Foto N° 6. Cuarta cuadra de la calle Ricardo Palma donde los procesos de erosión y derrumbe vienen afectando dicha calle. Es necesario resaltar que anteriormente los pobladores han realizado pircas para estabilizar el talud.*

- 2) El segundo tramo (cuarta cuadra de Ricardo Palma – Pasaje Misti), entre la tercera y cuarta cuadra de la calle Ricardo Palma (Zona A), existen seis viviendas de material noble, de ladrillo y cemento, más una vivienda construida de material de Sillar (Foto N° 5). En general, las viviendas son de un piso, aunque es posible encontrar una de dos pisos. En dichas viviendas habitan cerca de 7 familias (aproximadamente 28 personas). Mientras que al pie del talud, es decir, bajo la calle Ricardo Palma existen 10 viviendas en donde viven cerca de 13 familias. En total, en este segundo tramo 2 habitan 21 familias en 16 viviendas.

Por otro lado, en esta área también el sustrato está conformado por depósitos de flujo piroclástico, de color rosáceo, de 12 a 15 m de altura, de mala calidad, de resistencia blanda (5 - 25 Mpa), fácilmente deleznable. Este depósito se encuentra cubierto por material de desmonte (relleno) de 2 a 3 m de espesor.

En el talud de este sector también se vienen produciendo erosión de ladera y derrumbes debido a la mala calidad del suelo de cimentación (rellenos) y a las lluvias periódicas y excepcionales que ocurren en la zona (enero a marzo), Fotos N° 7 y 8. De continuar dichos procesos pueden afectar postes de luz, tuberías de agua y desagüe, 10 viviendas localizadas sobre y al pie del talud (Foto N° 9). También los sismos pueden acelerar los derrumbes que afectarían principalmente viviendas.



*Foto N° 7. Vista de la Calle Ricardo Palma (tramo 2) que viene siendo afectado por problemas de erosión y derrumbes.*



*Foto N° 8. Vista de la calle Ricardo Palma (tramo 2) donde se aprecia que parte de dicha calle, postes de luz y tubos de agua y desagües vienen siendo afectados por problemas de erosión y derrumbes.*





Foto N° 9. Vista de la escarpa de derrumbe en la calle Ricardo Palma (tramo 2), visto desde la Av. Independencia.

## 5.2. 2DA Y 3RA CUADRA DE LA CALLE MOLLENDO (ASENTAMIENTO HUMANO GRÁFICO)

Entre las cuadras 2 y 3 de la calle Mollendo se identifican **5 tramos** con problemas de erosión de laderas y derrumbe (Foto N° 10). Estos tramos tienen entre 10 a 35 m de longitud. La calle tiene un ancho de 4 a 5 m, con una ligera pendiente de 5° hacia el SW, y en el extremo opuesto tiene una vereda de 1 m de ancho. Gran parte de la calle Mollendo está recubierta por losas de cemento, y otras están libres de losas. En estos últimos es donde se producen procesos de erosión de laderas y derrumbes que afectan viviendas, tramos de la calle, postes de luz y tuberías de agua y desagüe.

Las viviendas de los cinco tramos han sido construidas en su gran mayoría con ladrillo y cemento.

En esta zona el sustrato está constituido de un depósito de flujo piroclástico de pómez y cenizas de 8 a 10 m de espesor, que contiene alto porcentaje de fragmentos lítico lávicos. Dicho depósito está cubierto por material de desmonte de 1 m de espesor. Este material es suelto e inconsolidado (de mala calidad, de resistencia blanda: 5 - 25 Mpa), y en consecuencia son fácilmente deleznable. El talud es casi vertical presenta surcos producto de la lluvia. Al pie del talud presenta un depósito de coluvios con una potencia de más de 2 m de espesor.



Foto N° 10. Imagen Google de la calle Mollendo, entre 2da y 3ra cuadra, donde los procesos de erosión y derrumbe vienen afectando dicha calle y viviendas. Además se presentan dos vistas de las áreas estudiadas.

A continuación se detallan las características y problemas encontrados en estos tramos:

**Tramo 1:** Cuadra 3 de la calle Mollendo

Sobre la calle Mollendo existen 3 viviendas, en las que viven 3 familias (aproximadamente 13 personas). Mientras que al pie del talud o de la calle Mollendo, se identificaron 3 viviendas en las que viven 8 familias (aproximadamente 32 personas). Por lo tanto, en el tramo 1 se han identificado 8 viviendas en las cuales habitan cerca de 17 familias. Dichas viviendas tienen por lo menos 30 años de antigüedad, según versiones de sus habitantes. El material sobre el cual están asentadas dichas viviendas son secuencias de flujo pómez y ceniza, material poco cohesivo que está totalmente descubierto. La calle Mollendo está en parte recubierta con losas de cemento y en otras partes está totalmente descubierta (Foto N° 11).



*Foto N°11. Vista de la calle Mollendo (tramo 1), la cual en parte está cubierta con losas de cemento. El derrumbe se produce en el extremo derecho (zona descubierta).*



*Foto N° 12. Vista del talud inferior de la calle Mollendo (tramo 1) donde se aprecia la escarpa de la zona de derrumbe.*

En este tramo, se vienen produciendo procesos de erosión de laderas y derrumbes que afectan viviendas cercanas al talud, tramo de la calle y tuberías de desagüe (Foto N° 12).

### **Tramo 2**

Sobre la calle Mollendo se observan 4 viviendas de material noble (cemento y ladrillo) donde viven 5 familias (aproximadamente 20 personas). Bajo el talud de dicha calle existen 3 viviendas: dos de ellas de cemento y ladrillo, y una de ellas de sillar, en las cuales viven aproximadamente 12 familias (48 personas). En total en el tramo 2, hay 7 viviendas en las cuales habitan cerca de 17 familias (aproximadamente 68 personas). Las viviendas son y tienen más de 30 años de construcción, según versión de sus habitantes.



*Foto N°13. Vista de la calle Mollendo (tramo 2), la cual en parte está cubierta con losas de cemento. El derrumbe se produce en la zona descubierta*



*Foto N°14. Vista de la calle Mollendo (tramo 2) afectada por problemas de erosión de ladera y derrumbes*

En este tramo se vienen produciendo procesos de erosión de laderas y derrumbes que afectan seriamente viviendas, tramo de la calle y tuberías de agua y desagüe, sobre todo en épocas de lluvia (Fotos N° 13 y 14).

### **Tramo 3: Entre la calle Mollendo y calle España**

En este tramo, sobre la calle Mollendo se observa una vivienda donde habitan 2 familias (8 personas). Mientras al pie del talud existen 2 viviendas en las que habitan 3 familias (aproximadamente 12 personas). Dichas viviendas tienen por lo menos 30 años de antigüedad, según versiones de sus habitantes.



*Foto N°15. La calle Mollendo (Tramo 3) en su borde oriental es afectada por procesos de erosión de laderas y derrumbes.*

En este tramo se distinguen los mismos procesos de erosión de laderas y derrumbes que afectan viviendas (sobre todo en épocas de lluvia) y un tramo de la calle Mollendo.

### **Tramo 4**

En este tramo se observan 3 viviendas sobre la calle Mollendo, en las cuales habitan 7 familias (aproximadamente 28 personas). Mientras que al pie del talud o bajo la calle Mollendo se ubican 3 viviendas en las cuales habitan cerca de 8 familias (aproximadamente 32 personas).



*Foto N°16. Vista de la calle Mollendo (Tramo 4)*

En este tramo se distinguen los mismos procesos de erosión de laderas y derrumbes que afectan viviendas (sobre todo en épocas de lluvia) y un sector de la calle Mollendo.

#### **Tramo 5: Cuadra 4**

En este tramo, en la parte superior del talud está la calle Mollendo, en cuyo extremo se observan dos viviendas en las cuales viven 3 familias en cada una (aproximadamente 20 personas), que tienen una antigüedad de más de 50 a 60 años. En la parte inferior del talud se observan tres viviendas de más de 40 años de antigüedad donde viven seis familias. En total en este tramo 5, se identificaron 5 viviendas en las cuales habitan cerca de 12 familias. En esta zona el talud es casi vertical y mide de 6 a 8 m de altura.

Un tramo de la cuadra 4 fue reducido a aproximadamente 2 m de ancho, debido a la fuerte erosión y derrumbe que viene ocurriendo en la zona. Este tramo no cuenta con losetas de cemento (Foto N° 17).



*Foto N°17. Vista del tramo 5 de la calle Mollendo.*

Frecuentemente, cuando llueve, el material erosionado es arrastrado hacia las partes bajas donde se existen casas de cemento y ladrillo. De continuar el proceso puede erosionar toda la plataforma de la calle Mollendo pudiendo afectar tanto las casas situadas en la parte superior e inferior del talud.

En la zona también las tuberías de agua y desagüe que pasan por debajo de la calle Mollendo son afectadas, cuyas aguas drenan a las viviendas que están al pie del talud.

### **5.3 ZONA JAVIER HERAUD, PARTE ALTA EN EL LÍMITE CON VILLA UNIÓN**

En esta zona se distinguen tres sectores sujetos a distintos procesos de movimientos en masa.



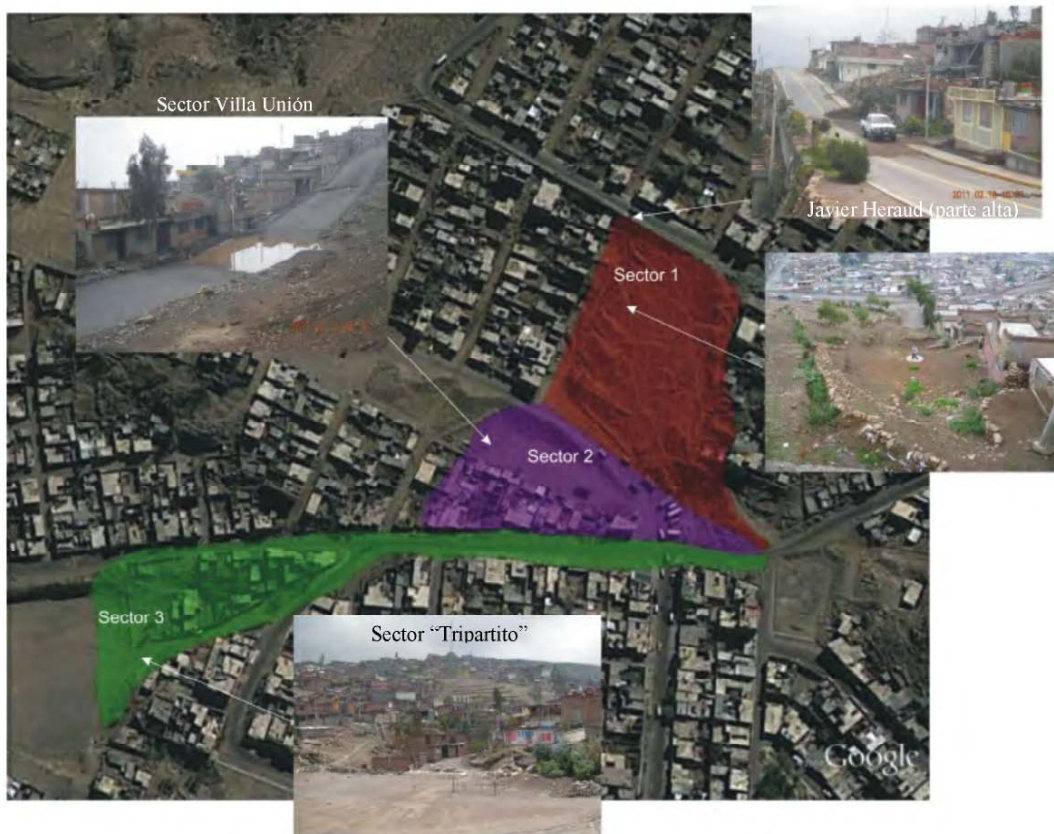


Foto N°18. Imagen Google donde se presentan vistas de los tres sectores de la zona de Javier Heraud (parte alta)

### **Sector 1: Parte alta de Javier Heraud**

Comprende una zona de ladera de 30° a 40° de inclinación. Esta ladera tiene aproximadamente 80 m de altura y está compuesto por material coluvial y por material de desmonte o inconsolidados, por tanto fácilmente deleznable (Foto N°19). Estos depósitos cubren flujos de lava andesíticos. En los extremos noroeste y sureste de esta ladera se han asentado viviendas, construidas con ladrillos y cemento (Foto N°19). En el extremo noroeste se identificaron 10 viviendas en general de 1 piso, como máximo 2 pisos, en las que viven aproximadamente 12 familias (cerca de 48 personas). Las casas que se encuentran al pie de la ladera están construidas de ladrillo y concreto.



*Foto N°19. Vista de la ladera hacia Villa Unión (zona alta de Javier Heraud).*

Por medio de la ladera cruza un canal artesanal de agua de 1 m de ancho y 50 cm de profundidad. En épocas de lluvias, el canal se rebalsa y las aguas afectan a las viviendas situadas laderas abajo (Foto N°19).

### **Sector 2: Villa Unión (“La Isla”)**

Este sector comprende parte de Villa Unión (paraje “La Isla”) donde existen 45 viviendas en las que habitan cerca de 60 familias (aproximadamente 240 personas). Estas viviendas están ubicadas entre la Av. Emancipación y la Av. Javier Heraud. En este tramo las viviendas son de cemento y ladrillos (Foto N°20).

La Av. Javier Heraud y la Av. Emancipación presentan problemas de inundación de agua debido al agua de escorrentía que desciende por la ladera, dañando el pavimento de las pistas y afectando aproximadamente 30 viviendas (Foto N°21).



*Foto N°20. Vista del sector “La Isla” en Villa Unión.*



*Foto N°21. Estado de casas ubicadas en la “Isla” (Villa Unión) inundadas con aguas de lluvias recientes.*

### **Sector 3: “Tripartito” (Villa Unión)**

El sector 3 comprende el sector “Tripartito” (Villa Unión), Fotos N° 22 y 23. En este sector se identificaron 18 viviendas construidas principalmente de “sillar” y material noble (ladrillo y cemento). En estas viviendas habitan cerca de 24 familias, es decir aproximadamente 96 personas.



*Foto N°22. Vista del sector tripartito (sector 3). La flecha señala la dirección de flujos de barro que bajan en época de lluvia*



*Foto N°23. Vista del sector tripartito (sector 3). La flecha señala el inicio del canal de agua, hasta donde desembocan las aguas producto de lluvias*

Los tres sectores descritos anteriormente son afectados por el agua que baja a través de un canal artesanal de Javier Heraud (parte alta) hasta Villa Unión. También, entre enero a marzo las fuertes lluvias generan escorrentías que producen erosión en el Sector 1 (parte alta de Javier Heraud) e inundan las

partes bajas en el sector Villa Unión ("La Isla"), para posteriormente llegar a desembocar en el sector Tripartito (estadio).

Este último sector, ubicado en la parte baja de la ladera, al parecer es la parte terminal de una quebrada, donde se distinguen antiguos depósitos de flujos de barro o lahares, capas delgadas de depósitos aluviales, cubiertos por material de desmonte. La potencia de este conjunto de depósitos es de 4 a 6 m de altura.

Las causas que afectan el sector de Javier Heraud son:

- Laderas conformadas por depósitos coluviales inconsolidados (deleznables).
- Taludes de fuerte pendiente.
- Ausencia de un sistema de drenaje que permita evacuar las aguas de lluvia.
- Mala ubicación de la viviendas: al borde y al pie del talud; y en cauce de quebradas
- El factor desencadenante son las lluvias intensas periódicas y/o excepcionales.

## **6. MEDIDAS CORRECTIVAS**

### **6.1 PARA LA ZONA DONDE SE PRODUCEN PROCESOS DE EROSIÓN DE LADERA Y DERRUMBES: CALLES RICARDO PALMA Y MOLLENDO:**

- En los sectores más críticos, construir muros de contención de concreto a lo largo de las escarpas o en los extremos de las calles donde se producen los derrumbes (Foto N° 24), con la finalidad de suprimir o impedir la erosión y derrumbe de los taludes. También se puede complementar con mallas y vegetación.
- Realizar la forestación de los taludes, con la finalidad de evitar la aceleración de los movimientos en masa (derrumbes) que generan materiales sueltos.

### **6.2 PARA LA ZONA DE LADERA (JAVIER HERAUD) DONDE SE PRODUCEN PROCESOS DE EROSIÓN E INUNDACIÓN:**

- Construir de un sistema de alcantarillado (que involucre cunetas, canales, etc.), en la zona que es afectada por las escorrentías que fluyen y corren por las zonas de pendientes altas (Foto N° 25). Esto servirá para evitar inundaciones y palear el proceso de erosión de quebradas. Hace falta la construcción de un canal de agua desde la parte alta de Javier Heraud hasta Villa Unión (sector tripartito).
- Reforestar la zona de ladera con vegetación.

- Después del periodo lluvioso realizar limpieza de los canales con la finalidad de evitar la colmatación de ellos.



*Foto N°24.- Al igual que en la calle Mollendo, en otros sectores donde se produce erosión de laderas y derrumbes se puede colocar muros de contención.*



*Foto N°25.- En este sector se debe construir un sistema de drenaje, revistiendo el canal existente o diseñando otro canal cerrado o tunel de agua.*

## **7. CONCLUSIONES**

1. Las rocas sobre las cuales se hallan asentadas las calles Ricardo Palma y Mollendo están compuestas por depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas poco cohesivas, de mala calidad, resistencia blanda (5 - 25 Mpa), por tanto de fácil erosión.
2. En las calles Ricardo Palma y Mollendo, el tipo de roca volcánica poco cohesiva, la fuerte pendiente del terreno, las aguas de lluvia y eventualmente la ruptura de desagües genera erosión de laderas y derrumbes, cuyos productos caen en las viviendas localizadas al pie del talud.
3. En el Asentamiento Humano Independencia (calle Ricardo Palma), los problemas están también relacionados a la presencia de materiales de relleno, los cuales no reúnen las condiciones geotécnicas necesarias como material de cimentación.
4. En las condiciones actuales, las zonas de erosión y derrumbe (taludes de las calles Ricardo Palma y Mollendo) podrían ser considerado un peligro latente para las viviendas, un tramo de la calle, tuberías de agua y desagüe, y postes de luz, ya que en la siguiente temporada de lluvias va continuar el proceso.
5. En el sector de Javier Heraud (parte alta), las lluvias generan flujos de barro o huaycos que afectan seriamente varias viviendas y los pavimentos de las calles localizadas al pie del talud donde se localiza el sector de Villa Unión ("La Isla" y Tripartito).
6. Las viviendas más afectadas son las que se localizan en el borde y pie de los taludes; así como en pleno cauce de quebradas.
7. Las tres zonas son consideradas como de Alta Susceptibilidad a los Movimientos en Masa (derrumbes, huaycos y erosión de laderas) por presentar condiciones que propician estos fenómenos, tal como rocas volcánicas de mala calidad, pendiente elevada del terreno y precipitaciones pluviales intensas.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Para evitar que siga inundándose la zona Villa Unión ("La Isla"), así como para evitar la ocurrencia de flujos de barro en Javier Heraud es necesario construir canales de agua de concreto apropiadas para evacuar las aguas producto de lluvias.
2. En las calles Ricardo Palma y Mollendo construir muros de contención para evitar que se continúe produciendo derrumbes y erosión de laderas. También se pueden proteger los taludes con malla tendida y vegetación.
3. Realizar un programa de forestación de los taludes de las áreas afectadas con la finalidad disminuir los procesos de erosión de laderas o derrumbe.

## **REFERENCIAS**

Rivera, M., (2010). Genèse et évolution de magmas andésitiques a ryodacitiques récents des volcans Misti et Ubinas (sud du Pérou). Tesis Doctoral (PhD), Universidad Blaise Pascal (Francia), 407 p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2011). Datos de temperatura y precipitación de los últimos seis años. [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

Thouret, J.-C., Finizola, A., Fornari, M., Suni, J., Legeley-Padovani, A., Frechen, M., (2001). Geology of El Misti volcano nearby the city of Arequipa, Peru. Geological Society of America Bulletin 113 (12): 1593–1610.