

Informe Técnico N° A6718

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN VILLA ECOLÓGICA

Región Arequipa  
Provincia de Arequipa  
Distrito Alto Selva Alegre



POR:

ING. LUISA MACEDO FRANCO

JUNIO 2016

## CONTENIDO

CONTENIDO .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVOS .....	4
4. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....	4
5. GEOMORFOLOGÍA.....	5
a. Planicie de acumulación.....	5
b. Zona de colinas.....	5
c. Zona de abanico aluvial.....	6
6. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	7
a. Depósito de avalancha de escombros .....	7
b. Flujos de lava .....	10
c. Depósito de caída de lapilli de pómez.....	10
d. Depósitos aluviales.....	11
7. ACTIVIDAD HISTÓRICA Y PRE-HISTÓRICA DEL VOLCÁN MISTI .....	11
8. PELIGROS GEOLÓGICOS .....	13
8.1 Peligros por caídas piroclásticas .....	13
8.2 Peligros por flujos piroclásticos .....	14
8.3 Peligros por lahares o flujos de lodo (huaycos) y desbordes.....	15
8.4 Peligros por movimiento en masa u otros .....	16
9. MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI.....	17
10. CONCLUSIONES .....	20
11. RECOMENDACIONES .....	20
12. BIBLIOGRAFÍA.....	21

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro de sus funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología. También evalúa los peligros volcánicos en base a estudios geológicos y análisis especializados, permitiendo identificar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del riesgo (planes de emergencia), son publicados en boletines, y reportes técnicos. Esta labor es desarrollada, principalmente, por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.

El presente informe, se ha elaborado en función a la inspección geológica de campo en las zonas denominadas Asociación Casa Granja Nueva Villa Ecológica, Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica y Asociación Posesionarios de San Luis Gonzaga, ubicados en el distrito de Alto Selva Alegre - Arequipa, a 12 km al suroeste del cráter del volcán Misti.

Cabe mencionar, que el volcán Misti es un volcán activo y considerado como uno de los volcanes más peligrosos del mundo, por su tipo de erupción muy explosiva y porque muy cerca de él habitan más de un millón de habitantes, creciendo aún más el riesgo volcánico, ya que muchas personas pretenden habitar en zonas de alto peligro volcánico, ya sea porque se encuentra muy cerca al cráter o en quebradas que son las vías por donde descendería cualquier producto que emita el volcán Misti en su próxima erupción.

## **2. ANTECEDENTES**

El Sub Gerente de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Alto Selva Alegre, Ing. Henry Pareja Rodríguez, mediante el oficio N° 083-2016-SGGRD-GDU/MDASA, de fecha 03 de Mayo, dirigida a la Presidenta del Consejo Directivo del INGEMMET, solicita realizar una “Inspección Técnica de Campo”, en base a Oficio N° 1075-16-REGARE-DEPSEEST-SECASIE, a solicitud del PNP Efran Carlos Florez Gonzales de la Policía Nacional del Perú, Región Policial de Arequipa, con la finalidad de verificar si existe o no riesgo volcánico, en el lugar donde están ubicadas la Asociación Casa Granja Nueva Villa Ecológica, la Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica y los Posesionarios de San Luis Gonzaga.

Por esta razón, el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Ing. Lionel Fidel Smoll, designó a la Ing. Luisa Macedo, Ing. Jessica Vela y el Bach. Kevin Cueva especialistas en evaluación de peligros, a realizar una inspección geológica de riesgos en los lugares antes mencionados. El presente informe constituye los resultados de la evaluación técnica realizada en campo el día 23 de junio del año en curso.

### 3. OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivo:

- Verificar si existe o no riesgo volcánico, en el lugar donde están ubicadas la Asociación Casa Granja Nueva Villa Ecológica, la Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica y los Posesionarios de San Luis Gonzaga, Distrito de Alto Selva Alegre.

### 4. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

Estos lugares están ubicados en el distrito de Alto Selva Alegre, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. Geográficamente estos lugares se ubican a 12 km al suroeste del volcán Misti, en las coordenadas: (*Figura 1*)

- UTM-WGS 8190566 N y 231604 E
- UTM-WGS 8191000 N y 231520 E
- UTM-WGS 8191073 N y 231129 E
- UTM-WGS 8190480 N y 231689 E

Se encuentran en una altitud promedio de 2670 m.s.n.m. La zona es accesible desde el centro de la ciudad de Arequipa hacia Villa Ecológica en Alto Selva Alegre, en un tiempo aproximado de 40 minutos.



*Figura 1: Imagen Google Earth, donde se muestra la localización del área de estudio.*

## 5. GEOMORFOLOGÍA

Las unidades geomorfológicas identificadas donde se localiza la zona inspeccionada, así como en la periferia son:

### a. Planicie de acumulación

La planicie de acumulación se extiende al pie del flanco sur de los volcanes Misti y Chachani. La planicie posee poca pendiente, entre  $5^\circ$  y  $15^\circ$  de inclinación y está surcada por quebradas que tienen entre 50 a 100 m de profundidad y de 10 a 100 m de ancho. La planicie de acumulación está conformada por secuencias de depósitos volcanoclásticos, sedimentos epiclásticos y flujos de lava, provenientes del volcán Misti.

### b. Zona de colinas

Se extiende al norte y este de la ciudad de Arequipa. Las colinas tienen entre 50 y 200 m de altura, mediana pendiente ( $20$  a  $40^\circ$ ) y están surcadas por quebradas poco profundas. Está conformada por depósitos de avalanchas de escombros de los volcanes Misti y Pichu Pichu, así como depósitos de caídas y flujos de lavas. Las colinas cónicas o “Hummocks”, son una morfología típica en depósitos de avalanchas de escombros, las cuales están asociadas a la presencia de megabloques. Algunas de estas colinas están siendo pobladas, especialmente en el sector este y norte de la ciudad de Arequipa. (*Figura 2*).



*Figura 2: Fotografía donde se muestran las colinas o “Hummocks” de las avalanchas de escombros, sobre las cuales están asentadas algunas viviendas.*

### c. Zona de abanico aluvial

La zona de abanico aluvial se extiende entre los 2200 y 2500 msnm, en los tramos finales de las quebradas que bajan del volcán Misti. Es una planicie de poca pendiente ( $\sim 20^\circ$ ), surcada por quebradas que frecuentemente poseen menos de 10 m de profundidad. Se formó debido a sucesivas acumulaciones de lahares y depósitos de caídas y flujos piroclásticos del volcán Misti. En la actualidad gran parte de la ciudad de Arequipa, especialmente el distrito de Alto Selva Alegre, se encuentra asentada sobre dicho abanico aluvial. (Figuras 3 y 4).



*Figura 3. Quebrada San Lázaro tomada desde el cráter del Misti donde muestra el gran abanico aluvial donde se asienta el distrito de Alto Selva Alegre.*



**Figura 4:** Durante la Inspección en la Asociación Casa Granja Nueva Villa Ecológica, donde se puede apreciar la ubicación de viviendas en la zona.

## **6. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Se tienen varios trabajos sobre la geología del volcán Misti, entre ellos: Macedo (1994), Legros (1998); Suni (1999); Navarro (2000); Thouret et al., (2001) y Mariño et al., (2015). Los resultados muestran que el volcán Misti se construyó durante cuatro etapas: “Misti 1” (833000 a 112000 años), “Misti 2” (120000 a 40000 años), “Misti 3” (40000 a 11000 años) y “Misti 4” (menos de 11000 años). Durante estas etapas el volcán presentó erupciones explosivas leves, pero también erupciones violentas que emplazaron variados tipos de depósitos volcánicos.

A continuación se hace una breve descripción de los depósitos encontrados en el área de estudio y en las zonas aledañas a dicha área, descritos desde los más antiguos hasta los más recientes.

### **a. Depósito de avalancha de escombros**

Los depósitos de avalancha de escombros provenientes de un colapso o derrumbe del volcán Pichu Pichu, se encuentran ubicadas por debajo de estos Asentamientos (*Figura 4*). Estos depósitos tienen hasta 30 m de espesor y están constituidos por fragmentos de rocas volcánicas de composición heterogénea, englobados dentro de una matriz limo-arenosa. Los fragmentos se hallan bastante fracturados. Estos depósitos provienen del colapso del flanco sur del volcán Misti, la cual fue posteriormente cubierta por depósitos de caída piroclástica recientes. (*Figura 5*).

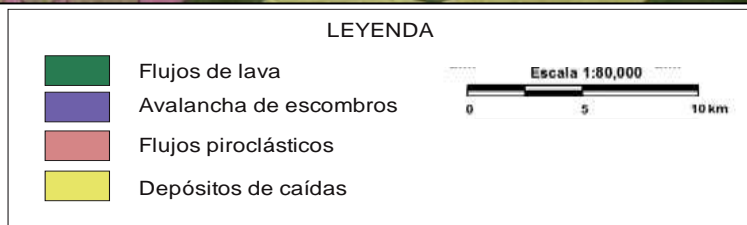
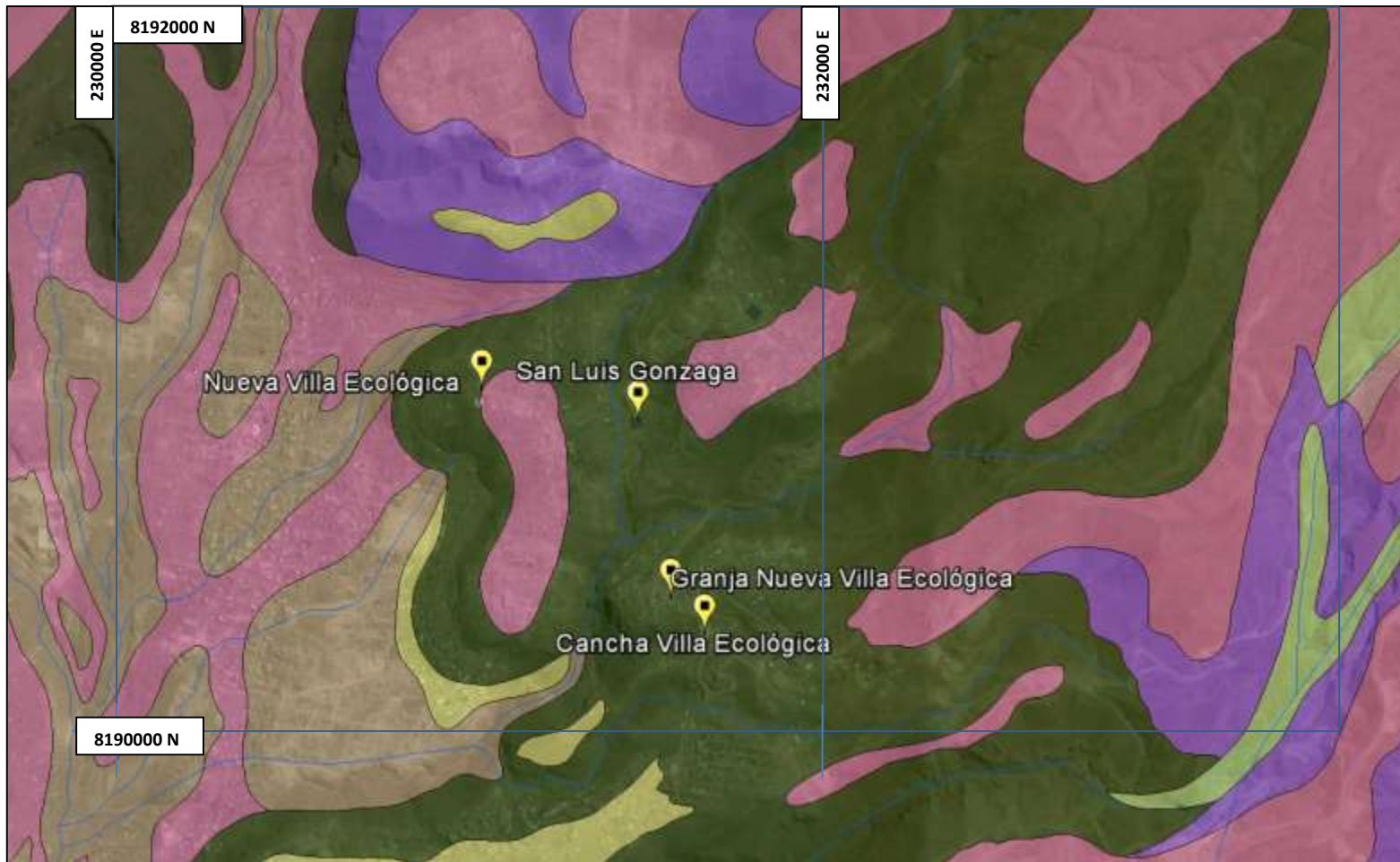
Los tamaños varían desde bloques centimétricos a más de 3 m diámetro. Este depósito en el casco urbano de Arequipa se encuentra sobre la ignimbrita “Aeropuerto” o *sillar de*

*Arequipa*, que tiene 1.65 millones de años (Paquereau et al., 2006). Estos se originaron debido a un colapso sectorial del volcán Pichu Pichu ocurrido hace aproximadamente 1 Ma (Legros et al., 2000). (*Figura 6*).



**Figura 5:** Depósitos de avalancha del escombros sobre la cual están asentadas las viviendas de Villa Ecológica del distrito de Alto Selva Alegre.





*Figura 6: Mapa geológico de la zona de estudio y sus alrededores.*

## **b. Flujos de lava**

Al Norte del área de estudio en el distrito de Alto Selva Alegre, se distinguen hasta dos secuencias de flujos de lava, emplazado durante la etapa “Misti 1”. La mayoría provenientes del volcán Misti. Los flujos de lava de tipo FL-m2 (*Figura 7*), están localizados entre 720 y 2000 m de distancia de la zona de estudio. Dichas lavas son de composición andesítica de textura porfírica y de color gris. Estos alcanzan hasta 150 m de espesor. Los flujos de lava han sido datados entre 112 000 y 90 000 años, antes del presente por Thouret et al. (2001).



*Figura 7: Depósitos de flujos de lava andesítica visible al NE del área de estudio.*

## **c. Depósito de caída de lapilli de pómez**

Algunos lugares donde están ubicadas la Asociación Casa Granja Nueva Villa Ecológica, la Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica y los Posesionarios de San Luis Gonzaga se encuentran sobre el depósito de caída de lapilli de pómez del volcán Misti. Este depósito sobreyace a los flujos de lavas en bloques del Misti y al depósito de avalancha de escombros del volcán Misti. El depósito de caída de pómez posee granulometría fina y se caracteriza por presentar una concentración de líticos en la parte media e inferior del depósito. La pómez es de color amarillenta y tiene diámetros de hasta 1 cm.

#### **d. Depósitos aluviales**

Los depósitos aluviales se encuentran aflorando en quebradas localizadas en ambos márgenes de los mencionados lugares. Son depósitos de algunos decímetros a algunos metros de espesor. Están conformados por bloques subredondeados a redondeados (cantos rodados), de composición heterogénea e incluidos dentro de una matriz de arena y limo, poco o no consolidado. (*Figura 8*)



*Figura 8: Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica.*

### **7. ACTIVIDAD HISTÓRICA Y PRE-HISTÓRICA DEL VOLCÁN MISTI**

Hace aproximadamente 2000 años antes del presente, el volcán Misti produjo una gran erupción explosiva, la cual emplazó cerca de 1.4 km<sup>3</sup> en volumen de cenizas y pómez (depósitos de caída) y cerca de 0.01 km<sup>3</sup> de depósitos de flujos piroclásticos (Harpel et al., 2011). Los depósitos de caída de ceniza y pómez alcanzaron hasta 12 cm de espesor en áreas aledañas al volcán. Estos se hallan ampliamente distribuidos al pie del volcán Misti, sobre el cual se han asentado algunas viviendas de la ciudad de Arequipa. Por su parte, los flujos piroclásticos alcanzan hasta 10 m de espesor y los lahares 3 m de espesor, en quebradas como San Lázaro y Huarangal.

Posteriormente, durante la época histórica, el Misti ha presentado por lo menos tres erupciones explosivas de baja magnitud. Según Chávez (1992) la última erupción se

registró a mediados del Siglo XV, la cual tuvo una magnitud baja a moderada (Índice de Explosividad Volcánica - IEV 2). Las cenizas emitidas en esta erupción alcanzaron hasta 6 000 000 m<sup>3</sup> de volumen y poseen espesores de hasta 6 cm en la ciudad de Arequipa.

El Misti es considerado como un volcán activo por la presencia de fumarolas al interior del cráter y la leve actividad sísmica, los cuales son monitoreados por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), dentro de las disciplinas que desarrolla son monitoreo sísmico, geodésico, geoquímico y evaluación de peligros volcánicos. Por otro lado, se asesora permanentemente a las autoridades con la finalidad de ejecutar planes para la gestión del riesgo de desastres.

Como habíamos mencionado anteriormente, el volcán Misti es un volcán activo, considerado como uno de los volcanes más peligrosos del mundo, por su tipo de erupción muy explosiva y porque muy cerca de él, habitan más de un millón de habitantes, aumentando aún más el riesgo volcánico, ya que muchas personas pretenden habitar en estas zonas de alto peligro volcánico. (Cerca al cráter o en quebradas que descienden del volcán). (Figura 9)



**Figura 9.** Vista panorámica del volcán Misti y la ciudad de Arequipa, donde se evidencia el crecimiento poblacional hacia el volcán Misti (zona de alto peligro volcánico).

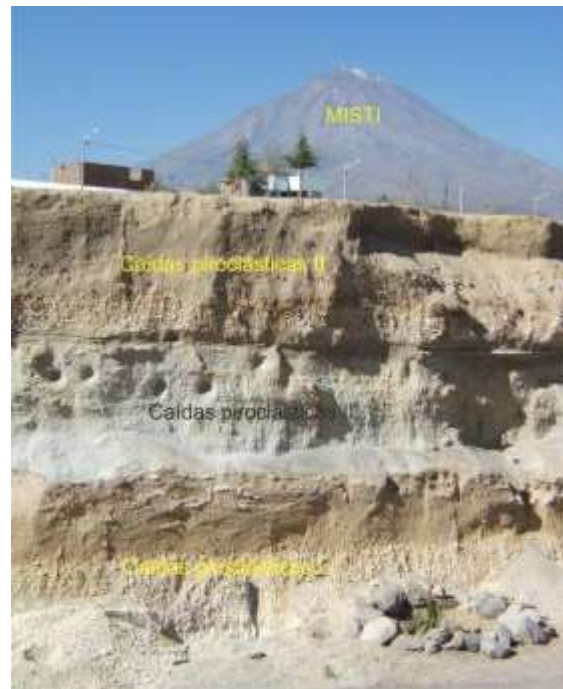
## 8. PELIGROS VOLCÁNICOS

El volcán Misti durante su evolución, ha presentado diferente tipo de actividad volcánica y por consiguiente diferentes tipos de productos, los cuales tienen diferentes comportamientos y áreas de afectación. A continuación se hace una breve descripción de los tipos de peligros que puede presentar el volcán y afectar Arequipa, y desde luego el área de estudio.

### a. Peligros por caídas piroclásticas

Caídas o lluvias de ceniza, lapilli de pómez y/o bloques de pómez fueron generados por el Misti durante erupciones explosivas de tipo vulcaniana (moderada magnitud), sub-pliniana y pliniana (de gran magnitud), registrados a lo largo de su historia eruptiva. Estudios geológicos sobre el grado de recurrencia de las erupciones, efectuados por Deleite et al., (2004) y Thouret et al., (2001) muestran que una erupción de magnitud baja (erupción vulcaniana como la erupción del volcán Ubinas), puede ocurrir entre 500 a 1500 años y una erupción explosiva de magnitud moderada a alta (erupción pliniana del Misti, como ocurrida hace 2000 años antes del presente) cada 2 a 4 mil años.

Por ejemplo, la erupción de hace 2000 años, emplazó una capa de caída de lapilli de pómez de 20 cm de espesor en la zona del Pueblo Joven Miguel Grau, distrito de Paucarpata (Harpel et al., 2011). Asimismo, la erupción de hace 500 años del volcán Misti depositó entre 2 a 3 cm de espesor en dicha zona. En el futuro, cualquier tipo de erupción explosiva, que genere caídas de ceniza y/o pómez podría afectar la zona en estudio provocando males respiratorios, estomacales y afecciones a la vista de los pobladores. La caída de cenizas por más pequeña que esta sea, afectaría grandemente las actividades económicas y sociales de la población. (Figura 10).



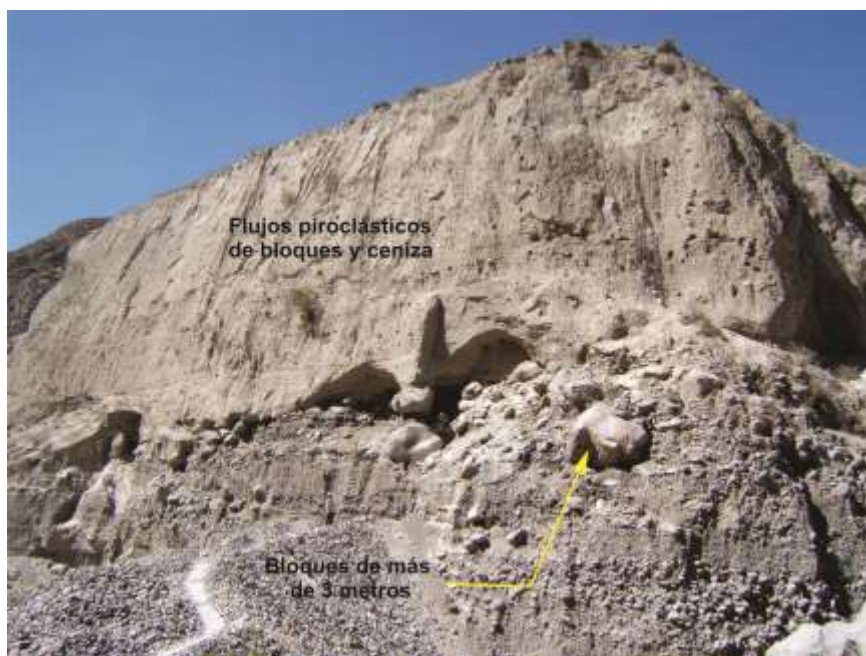
**Figura 10.** Fotografía que muestra los depósitos de caídas correspondientes a grandes erupciones del volcán Misti.

## b. Peligros por flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos corresponden a una mezcla de ceniza, pómez, gases y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán a grandes velocidades (decenas a centenas de metros por segundo) y poseen temperaturas de 400°C a más de 1200°C (Tilling, 1989). Eventualmente, si estos flujos piroclásticos se produjeran, estos se encausarían preferentemente por las quebradas que drenan del volcán Misti en dirección a la ciudad de Arequipa, entre ellas San Lázaro, Huarangal, Pastores, Agua Salada, entre otras, destruyendo y calcinando todo lo que encuentren a su paso. Este tipo de comportamiento ya ha ocurrido varias veces hace más de 2000 años, lo cual ha sido corroborado en los diferentes estudios realizados anteriormente (Thouret et al., 2001; Harpel et al., 2012). Algunos depósitos de flujos piroclásticos fueron datados hace 39 mil años, entre 13 y 14 mil años, 11 mil años, y hace 2050 años, antes del presente.

Se pueden considerar dos escenarios eruptivos para la ocurrencia de flujos piroclásticos del volcán Misti, uno de magnitud moderada con IEV 3-4, en el cual los flujos piroclásticos pueden alcanzar hasta 10 km de distancia del volcán y el segundo escenario considera una erupción explosiva mayor, con un IEV mayor de 4, es decir un escenario de gran magnitud, donde los flujos piroclásticos pueden llegar a alcanzar fácilmente hasta los 16 km de distancia desde el cráter.

La zona de estudio se encuentra localizada a 12 km del volcán Misti (*Figura 11*), en caso de una erupción de magnitud baja a moderada, los lugares estudiados no se verían afectados por flujos piroclásticos, sin embargo, la ocurrencia de una erupción de gran magnitud (IEV mayor de 4) podría generar graves daños en la población e infraestructura localizada en inmediaciones de la zona de estudio.



*Figura 11. Fotografía que muestra flujos piroclásticos emitidos por el volcán, con bloques de más de 3 m.*

### c. Peligros por lahares o flujos de lodo (huaycos) y desbordes

Los flujos de lodo son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizadas por el agua. En caso de la ocurrencia de lluvias intensas durante erupciones, e incluso en periodos no eruptivos, pueden generarse lahares o flujos de lodo que podrían descender preferentemente por las quebradas o torrenteras, como San Lázaro, Huarangal, Pastores, Agua Salada, Honda, entre otras, que drenan por el flanco sur del volcán Misti, ya que existe un importante volumen de depósitos de cenizas sueltas y material aluvial en los cauces de las quebradas y en los flancos del volcán Misti. Asimismo, cabe mencionar que en los lechos de dichas quebradas se observa gran cantidad de desechos de basura. Algunas viviendas se encuentran localizadas dentro de las quebradas, por lo cual la zona de estudio se vería muy afectadas por flujos de lodo o lahares. (Figura 12),

Como se puede apreciar en la Figura 10, la ubicación de estas asociaciones se encuentra rodeada por dos quebradas, lo que condiciona a ser una zona de alto peligro, a pesar de encontrarse coloreada en naranja como zona de moderado peligro.



*Figura 12: Fotografía que muestra la zona de lahares, en la cual se pueden apreciar viviendas situadas en la misma quebrada.*

#### **d. Peligros por movimiento en masa u otros**

Corresponden a deslizamientos, flujos de detritos, derrumbes, etc. En cuanto a la ocurrencia de estos tipos de peligros en la zona evaluada, se debe mencionar que por lo observado en el terreno y por la geomorfología presentada, es poco probable que se produzcan eventos de este tipo. Sin embargo, no se puede dejar de mencionar que se han distinguido procesos de erosión de laderas de tipo surcos y cárcavas, con anchos máximos de 3 m y profundidades de 1-1,5 m, lo que evidencia que en la zona se producen de manera recurrente precipitaciones pluviales intensas que pueden generar problemas de anegamientos en las estructuras que se construyan en este punto. Por lo cual se debe tomar las previsiones del caso, como la construcción de drenes y defensas rivereñas.

Gran parte de las viviendas de las zonas de la Asociación Casa Granja Nueva Villa Ecológica, la Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica y los Posesionarios de San Luis Gonzaga se hallan construidas en zonas de ladera y sobre un suelo poco consolidado, por lo cual pueden verse afectadas durante la ocurrencia de sismos de gran intensidad, que son comunes en la región Arequipa. (*Figura 13*).



***Figura 13:*** *Cancha en la Asociación de Vivienda Nueva Villa Ecológica, construida en la misma quebrada.*



## **9. MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI**

El mapa de peligros del volcán Misti, es un documento cartográfico que muestra el grado de peligrosidad volcánica de las áreas adyacentes a un determinado volcán. La intención de dichos mapas es representar las zonas susceptibles de ser afectas por uno o varios fenómenos volcánicos en caso de una erupción de determinadas características, definidos previamente como escenarios generadores de peligros.

Este mapa ha sido elaborado tanto para el uso de la comunidad volcanológica, geológica así como también para autoridades y población en general que no tienen formación geológica, con la finalidad de ser utilizado en el ordenamiento territorial, uso del suelo, planificación del desarrollo de la ciudad de Arequipa, planes de contingencia, gestión de una probable crisis volcánica. (*Figura 14*).

### **9.1. ZONIFICACIÓN DE PELIGROS**

El mapa de peligros del volcán Misti está conformado por un mapa principal, a escala 1/50000, en el cual se muestra los peligros de manera compilada. Asimismo se tienen en la parte inferior tres mapas adicionales, dos de ellos muestran las zonas que pueden ser afectadas por caídas o lluvias de cenizas y pómez, y un mapa regional, donde se indican las cuencas que pueden ser afectadas por flujos de lodo o lahares.

Para delimitar las zonas de peligro se tuvo en cuenta, datos geológicos, modelamientos por computadora (caso de flujos de barro, lahares y flujos piroclásticos), cálculos de líneas de energía para determinar distancias hasta donde pueden alcanzar futuros flujos piroclásticos y avalanchas de escombros, basados en ejemplos de otras erupciones ocurridas en el mundo, entre otros aspectos. A continuación se presenta una pequeña descripción del mapa principal.

#### **a. Zona de alto peligro (Rojo)**

Corresponde a la zona de color rojo localizado en la parte central del mapa. Esta zona puede ser severamente afectada por lluvias de cenizas y piedra pómez, flujos y oleadas piroclásticas, flujos de lodo, avalanchas de escombros y/o flujos de lava generados durante una erupción del Misti. Debido a su cercanía al volcán y sus características geomorfológicas, es la zona de mayor peligro. Cualquier tipo de erupción la puede afectar, inclusive las de baja magnitud, como la ocurrida en el Siglo XV que tuvo un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) de 1 a 2, y que se estima que pueden suceder entre cada 500 a 1500 años.

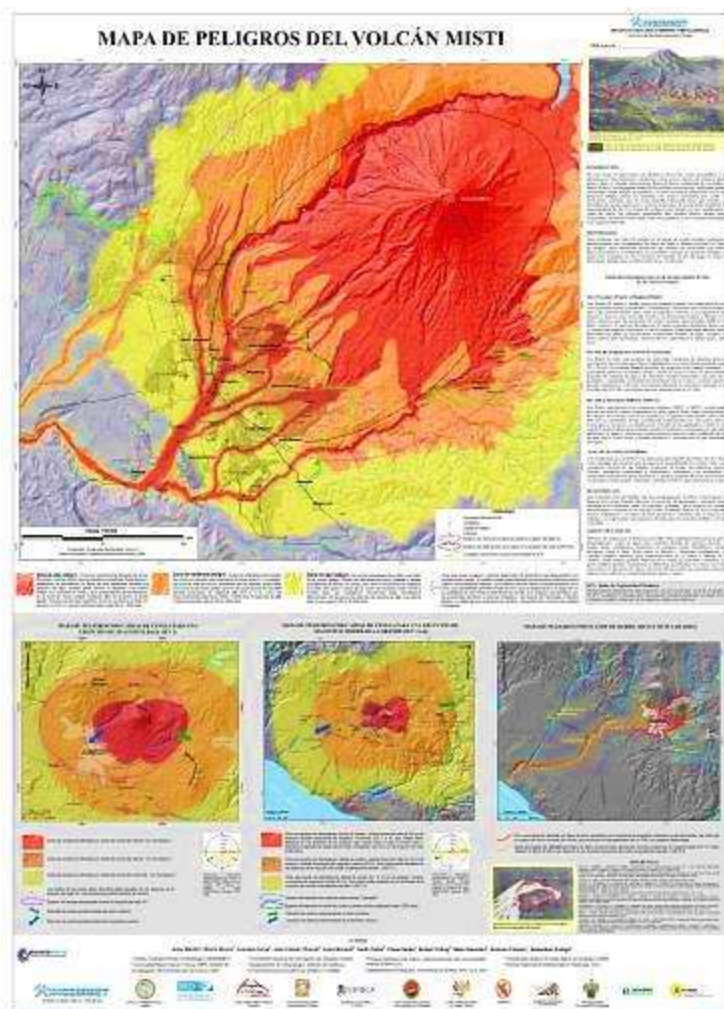
#### **b. Zonas de moderado peligro (Naranja)**

Es la zona de color naranja, la cual puede ser afectada prácticamente por todos los peligros que alcanzarían la zona anterior, a excepción de flujos de lavas que por su viscosidad alta difícilmente llegarían a esta distancia. Esta zona es de menor peligro que la roja y sólo

puede ser afectada durante erupciones de magnitud grande (IEV 3 - 5), como las erupciones producidas hace 2000 y 11000 años. Erupciones de esta magnitud suceden cada 2000 a 10 000 años. Hay que resaltar que gran parte de la ciudad de Arequipa está ubicada en esta área. Por otro lado, hay que considerar que si bien es cierto que las explosiones de gran magnitud ocurren cada dos mil años, justamente hace más de dos mil años no ocurre en el volcán Misti, por lo que es recomendable prepararnos para la atención de una erupción mayor, como se realiza para el caso de sismos.

### c. Zonas de bajo peligro (Amarillo)

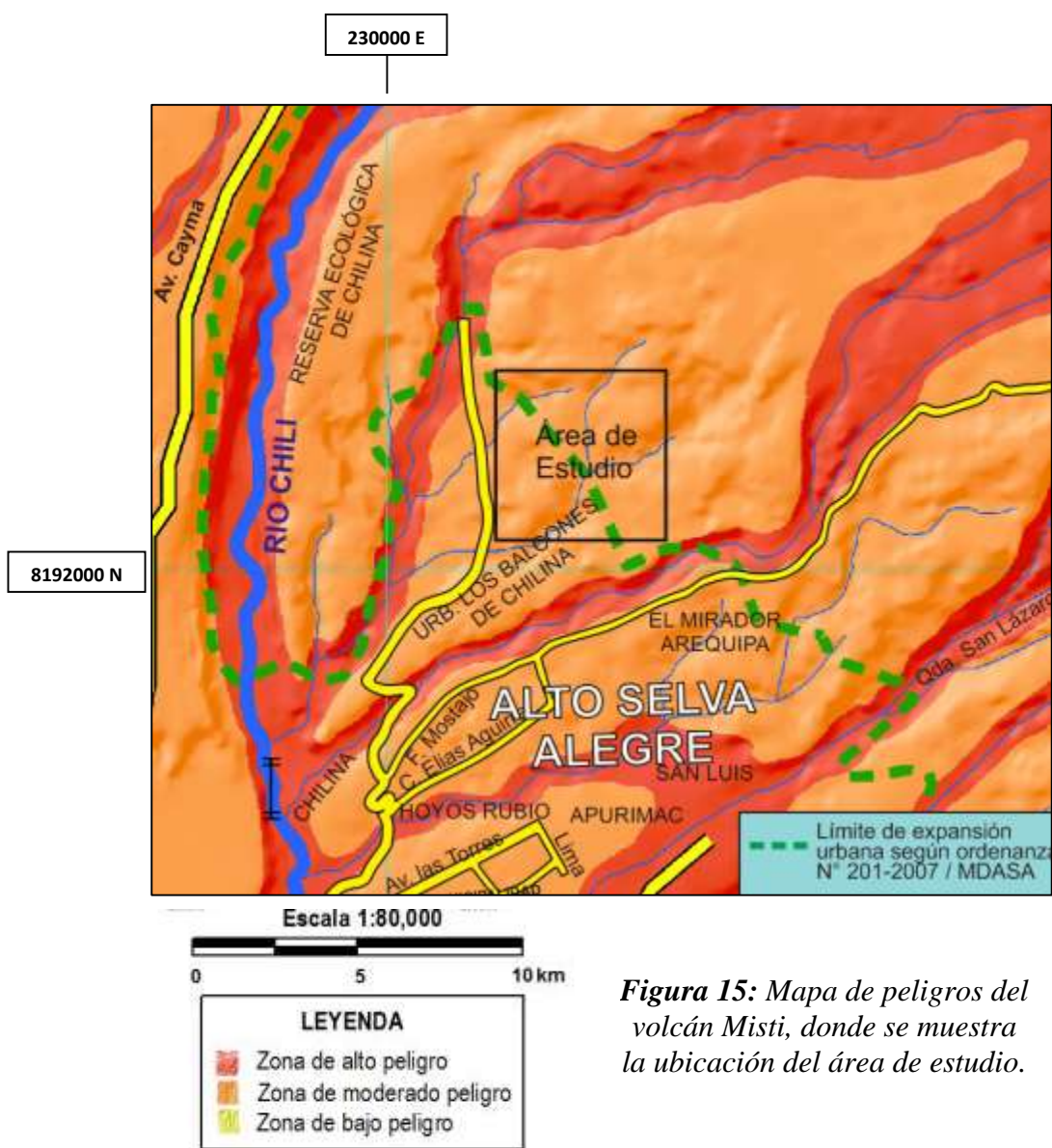
Es la zona de color amarillo, la cual está más alejada del volcán y por tanto la de menor peligro. Puede ser afectada por flujos, oleadas y caídas piroclásticas de pómez y/o ceniza, pero sólo en erupciones de magnitud muy grande (IEV > 5), como las ocurridas hace 13 600 y 33 000 años, que emplazaron voluminosos flujos piroclásticos (ignimbritas). La frecuencia de este tipo de eventos es baja y se estima en que ocurren cada 10 000 a 20 000 años, por lo que resulta siendo una de las zonas cercanas al Misti menos peligrosas, pero hay que considerar que a pesar de ocurrir una erupción de menos magnitud, esta zona sería afectada por caídas de ceniza.



*Figura N° 14. Mapa de peligros del volcán Misti, la línea en verde señala el límite de expansión urbana hacia el volcán Misti.*

Las zonas que componen Villa Ecológica en Alto Selva Alegre, se encuentran en la zona de moderado peligro (Figura 15), el cual puede ser severamente afectado por caída de ceniza y pómez y en menor medida por flujos u oleadas piroclásticas, y avalanchas de escombros en caso de una erupción del volcán Misti. Flujos piroclásticos y/o avalanchas de escombros pueden alcanzar la zona estudiada en caso que el Misti presente erupciones explosivas violentas de gran magnitud ( $IEV \geq 4$ ).

Durante los últimos 50 años la ciudad de Arequipa, viene presentando un crecimiento acelerado de manera desordenada y sin ninguna planificación. El mapa de peligros muestra que varios sectores de la ciudad de Arequipa se emplazan en zonas de alto y moderado peligro volcánico, generando mayor vulnerabilidad en los distritos de Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata y Chiguata, (Macedo 2012).



**Figura 15:** Mapa de peligros del volcán Misti, donde se muestra la ubicación del área de estudio.

## 10. CONCLUSIONES

- En caso probable de reactivación del volcán Misti, con una erupción explosiva moderada, la ubicación de las Asociaciones Casa Granja Nueva Villa Ecológica, Nueva Villa Ecológica y los Posesionarios de San Luis Gonzaga, se vería afectado principalmente por caídas de ceniza o lapilli de pómez, que afectaría la salud de las **personas** e infraestructura.
- La población que habita en Alto Selva Alegre y la zona estudiada en mención, deberán protegerse de las caídas de ceniza, mediante lentes, mascarillas, etc., así como proteger sus fuentes de agua y sus alimentos.
- En caso de una erupción moderada, con la ocurrencia de lahares o flujos de lodo, esta zona sería fuertemente afectada, ya que se encuentra rodeada de quebradas que son zonas por donde circularía estos flujos poniendo en riesgo la vida de las personas e infraestructura.
- Si la erupción del volcán Misti fuese violenta, (de moderada a gran magnitud), como la ocurrida hace dos mil años, la zona en mención podrían verse afectados no solamente por la caída de cenizas, o lapilli de pómez en mayor volumen, sino también por flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas, flujos de lodo por encontrarse a tan solo 12 km de distancia del cráter.

## 11. RECOMENDACIONES

1. No se recomienda la urbanización y construcción de viviendas en estas zonas, ya que se localizan muy cerca al cráter; el suelo es poco consolidado y además se encuentra rodeado por dos quebradas, por donde descendería los productos emitidos por el volcán Misti; así como flujos de detritos (huaicos) en caso de precipitaciones excepcionales.
2. La población que habita en Alto Selva Alegre y la zona estudiada en mención, deberán protegerse de las caídas de ceniza, mediante lentes, mascarillas, etc., así como proteger sus fuentes de agua y sus alimentos.
3. Las autoridades deben preparar planes de contingencia en caso de una eventual reactivación del volcán Misti, considerando los dos escenarios eruptivos: erupción moderada a leve y moderada a grande.
4. Las autoridades con ayuda de la población deben implementar acciones de mitigación y preparación a la población que habita las zonas de moderado y alto riesgo volcánico, para que sepan que hacer en caso de una reactivación volcánica.
5. La población debe mantenerse informado en base a la información proporcionada por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), sobre la actividad del volcán

Misti, para tomar medidas de prevención y reducir los riesgos.  
<http://ovi.ingemmet.gob.pe/>

- No se recomienda la construcción de viviendas en estas zonas, ya que se encuentra muy cerca al cráter, el suelo es poco consolidado y además se encuentra rodeado por dos quebradas, por donde descendería los productos emitidos por el volcán Misti.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

Harpel, C.J., (2012). The 2 ka Eruption of Misti Volcano, Southern Peru-The Most Recent Plinian Eruption of Arequipa's Iconic Volcano, Southern Peru [Ph.D. thesis]: Corvallis, Oregon State University, 207 p.

Legros, F., (1998). Tephra stratigraphy of Misti volcano, Peru. *Journal of South American Earth Science* 14, 15–29.

Macedo, L., (1994). Peligro Volcánico Potencial del Misti. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. [Tesis de Grado]. 150p.

Macedo, L. (2012). Preparación ante emergencias de origen volcánico: Una guía para la reducción del riesgo volcánico en el Perú. INGEMMET. Boletín N° 49, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica. 129p.

Mariño, J., Rivera, M., Thouret, Jean-Claude Thouret, Macedo L., (2015). Geología y Mapa de Peligros del volcán Misti. INGEMMET.

Navarro, P., (2000). Cartografía Geológica, Histórico Eruptiva y Evaluación de las Amenazas volcánicas del Estrato-volcán Misti. Tesis Ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.

Suni, J., (1999). Estudio Geológico y Vulcanológico del volcán Misti y sus alrededores. Talleres Cuzzi y Cía S.A. (1990) - Historia General de Arequipa. Perú.

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.