

Informe Técnico N° A6666

Evaluación de los Peligros Geológicos en Sector Paucarpata

Región Arequipa - Provincia Arequipa - Distrito Paucarpata

Paraje Pueblo Joven Miguel Grau



POR:

ING. NELIDA MANRIQUE LLERENA
ING. MARCO RIVERA PORRAS
ING. LUISA MACEDO FRANCO

DICIEMBRE 2014

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Objetivos	2
1.3.	Metodología de trabajo	2
2.	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA.....	2
2.1.	Ubicación y accesibilidad	2
3.	GEOMORFOLOGÍA.....	4
4.	TIPO DE SUELO	5
5.	GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
5.1.	Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza del Pichu Pichu.....	6
5.2.	Depósitos de avalancha de escombros (DA-pi).....	7
5.3.	Flujos de lava (FL-m2, FL-m4).....	9
5.4.	Depósito de avalancha de escombros (DA-m)	9
5.5.	Depósitos de flujos piroclástico de escoria y flujos de pómez (FPP-m2)	10
5.6.	Secuencias de caídas piroclásticas (CP-m2)	12
5.7.	Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (FPP-m5)	12
5.8.	Depósitos de lahar (LEV m y LH-m)	12
5.9.	Depósitos aluviales (AL)	13
6.	ACTIVIDAD HISTÓRICA Y PRE-HISTÓRICA DEL VOLCÁN MISTI.....	13
7.	PELIGROS GEOLÓGICOS	14
7.1.	Peligros por caídas piroclásticas.....	14
7.2.	Peligros por flujos piroclásticos	14
7.3.	Peligros por lahares o flujos de lodo (huaycos) y desbordes.....	16
8.	BREVE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
9.	CONCLUSIONES.....	19
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	20



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, que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar 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.

En esta oportunidad se ha desarrollado la inspección geológica y la evaluación de riesgos, del predio de 6538.87 m², ubicado en el Pueblo Joven Miguel Grau Mz. 6, Lote 1 Zona B, Paucarpata – Arequipa, a escasos 15 km al sur del volcán Misti.

En este trabajo se muestra las características geológicas de la zona de estudio, asimismo se hace una evaluación sobre el posible impacto de la zona de estudio ligado a una eventual erupción del volcán Misti.

1.1. Antecedentes

El Director Ejecutivo del Programa Generación de Suelo Urbano, Abog. Manuel Balcázar Vásquez, mediante oficio N° 480-2014 vivienda/VMVU-PGSU, de fecha 24 de septiembre, dirigida a la Presidenta del Consejo Directivo del INGEMMET, solicitando la evaluación de riesgos, sobre el predio de 6538.87 m², ubicado en el Pueblo Joven Miguel Grau Mz. 6, Lote 1 Zona B, Paucarpata – Arequipa, inscrito en la Partida P06026944 de los Registros Públicos de Arequipa. Por esta razón, el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a la Ing. Nélide Manrique, Dr. Marco Rivera e Ing. Luisa Macedo especialistas en evaluación de peligros, a realizar una inspección geológica del predio en mención.

El presente informe constituye los resultados de la evaluación técnica realizada, en la cual se describe los probables eventos que puedan generarse en caso de una futura erupción del volcán Misti. El informe se pone a disposición del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

1.2. Objetivos

El presente trabajo tuvo como objetivo:

- Determinar los posibles peligros volcánicos que pudieran afectar el mencionado predio de 6538.87 m², ubicado en el Pueblo Joven Miguel Grau.

1.3. Metodología de trabajo

El estudio y análisis del predio se desarrolló de la siguiente manera:

Gabinete I.- En esta fase se realizó una recopilación de toda la información cartográfica y geológica existente del área de estudio, como mapas topográficos, mapas geológicos, mapas de peligros e imágenes satelitales. Posteriormente se analizó la información obtenida.

Campo.- Se realizó una inspección de campo el 6 de octubre en el predio y alrededores, ubicado en el Pueblo Joven Miguel Grau, Paucarpata – Arequipa. En los trabajos de campo se reconocieron variados depósitos volcánicos relacionados a eventos volcánicos pasados y se evaluaron probables impactos que pudiera generar una eventual erupción del volcán Misti. Todo ello a fin de realizar la estimación del riesgo y evaluación de peligros de la zona en estudio.

Gabinete II.- En esta etapa se realizaron los siguientes trabajos:

- Procesamiento de los datos obtenidos en campo.
- Elaboración de las ilustraciones (mapas y figuras).
- Redacción del informe final.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

2.1. Ubicación y accesibilidad

El predio en mención de 6538.87 m², está ubicado en el Pueblo Joven Miguel Grau Mz. 6, Lote 1, Zona B, perteneciente al distrito de Paucarpata, provincia de Arequipa (*Figura 1*).

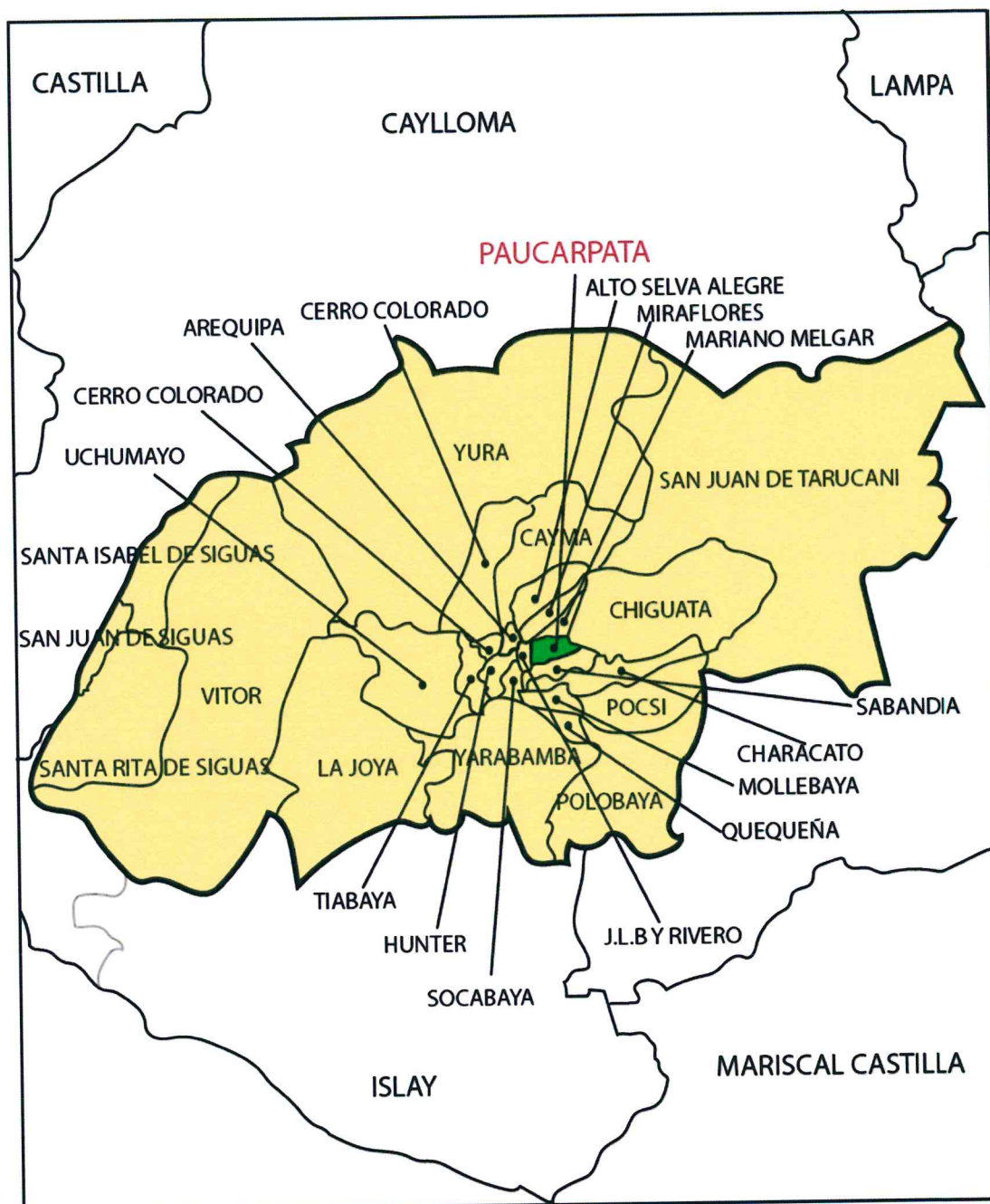


Figura 1: Mapa provincial de Arequipa donde se localiza el predio en mención, distrito de Paucarpata.

Geográficamente se ubica a 15 km del volcán Misti. El área evaluada se encuentra localizada entre las coordenadas UTM-WGS 84 (Figura 2):

8184121 y 8184063 Norte

234478 y 234397 Este

El predio se encuentra a una altura de 2560 m.s.n.m. La zona es accesible desde el centro de la ciudad de Arequipa, a través de la avenida Mariscal Castilla, en un tiempo aproximado de 40 minutos.

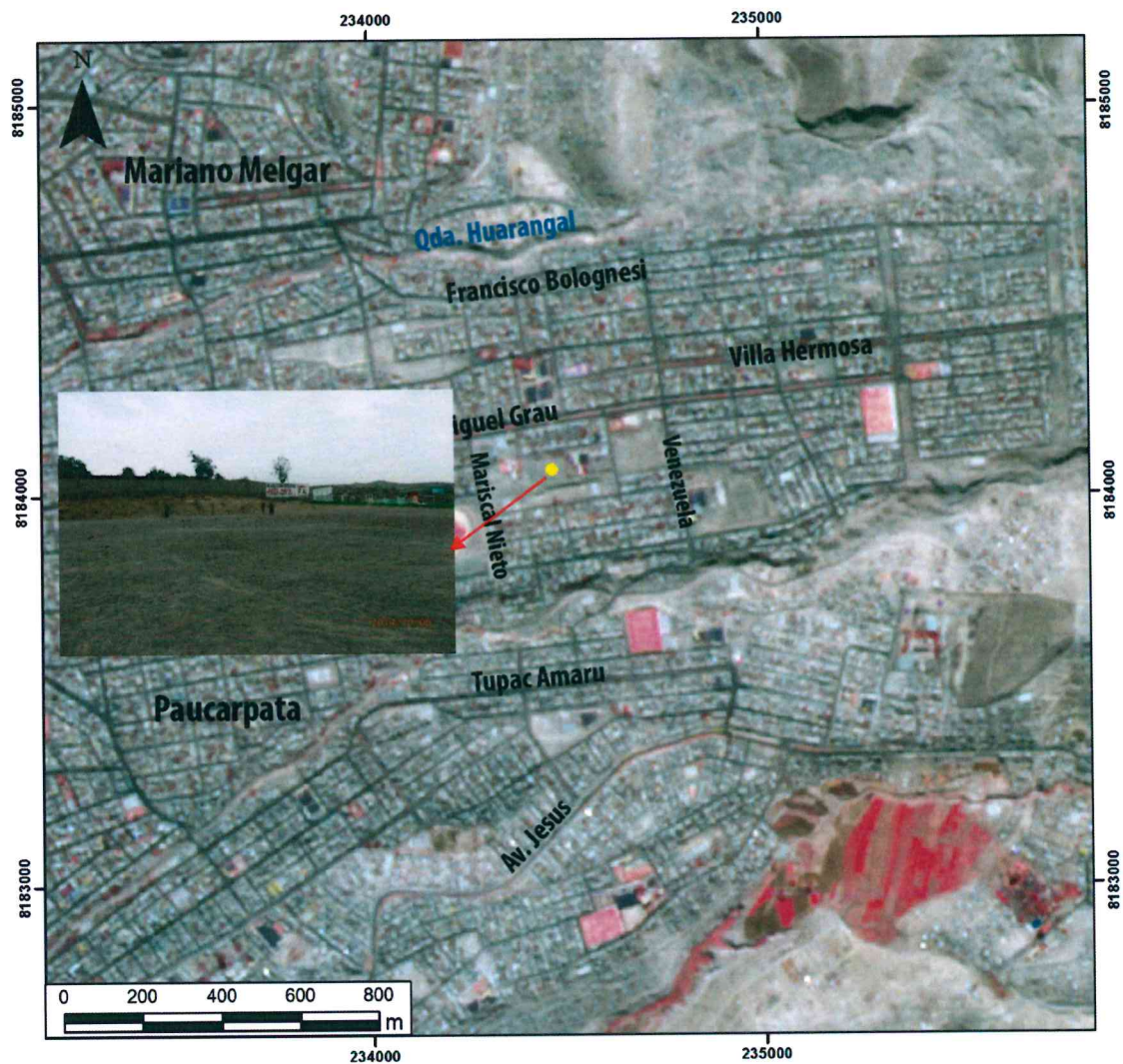


Figura 2: Mapa de ubicación de la zona de estudio, visualizado en una imagen satelital Rapideye.

3. GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente, el predio se encuentra localizado sobre una extensa explanada (Figura 3) que corresponde a un abanico aluvial, el cual se extiende entre los 2200 y 2600 m.s.n.m. Esta explanada de muy poca pendiente ($\sim 5^\circ$) está surcada por dos quebradas: la del norte es la quebrada Huarangal, que proviene del volcán Misti y otra

quebrada sin nombre, localizada al sur, que corresponde a una quebrada de corto recorrido y que no proviene del Misti. Estas quebradas se localizan a 320 m y 530 m del predio, respectivamente. La quebrada del norte tiene entre 10 a 15 m de ancho y entre 15 y 20 m de profundidad. Mientras que la del sur tiene 15 m de profundidad y hasta de 20 m de ancho. El abanico aluvial se formó debido a sucesivas acumulaciones de flujos de barro (lahares), depósitos de caídas y flujos piroclásticos principalmente generados por el volcán Misti durante el Holoceno y la época histórica (Mariño et al., 2015).

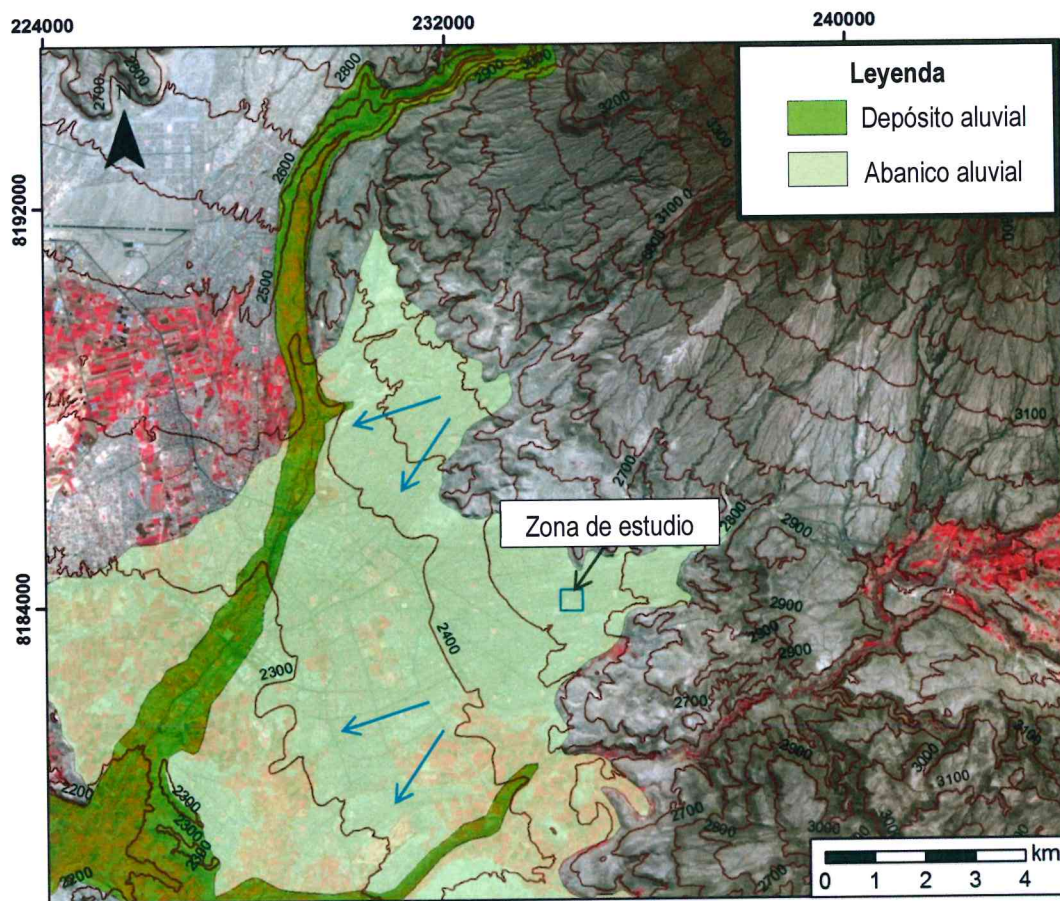


Figura 3: Imagen de Google Earth con curvas de nivel cada 100 m, donde se observa que el predio está localizado sobre una explanada de poca pendiente.

4. TIPO DE SUELO

El área de estudio presenta un suelo muy pobre en materia orgánica, y de pocos centímetros de espesor. Este suelo areno-limoso, es poco consolidado, y por consiguiente fácilmente erosionable. Este suelo recubre depósitos de flujos piroclásticos de escorias, pómez y bloques densos, englobados en una matriz de ceniza fina a media.

5. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Varios investigadores han realizado estudios sobre la geología del volcán Misti, entre ellos: Legros (1998); Suni (1999); Navarro (2000); Thouret et al., (2001) y Mariño et al., (2015). Los resultados del estudio 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 violentas que emplazaron variados depósitos volcánicos, como los flujos piroclásticos que se observan en la zona de estudio, emplazados durante la etapa “Misti 2”.

A continuación se hace una breve descripción de los depósitos encontrados en el área de estudio, descritos desde los más antiguos hasta los más recientes.

5.1. Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza del Pichu Pichu

A 800 m al Este del predio se distinguen depósitos de flujos piroclásticos de bloques y ceniza, poco consolidados, de más de 60 m de espesor. Estos depósitos infrayacen a los depósitos de avalancha de escombros del volcán Pichu Pichu (*Figuras 4 y 6*), descritos más adelante. Por su ubicación y posición estratigráfica, estos depósitos piroclásticos han sido asociados al volcán Pichu Pichu (Mariño et al., 2015).



Figura 4: Vista de colinas correspondientes al depósito de avalancha de escombros del volcán Pichu Pichu, que cubren depósitos de flujo piroclástico de bloques y ceniza del Pichu Pichu (Mariño et al., 2015).

5.2. Depósitos de avalancha de escombros (DA-pi)

Los depósitos de avalancha de escombros provenientes de un colapso o derrumbe del volcán Pichu Pichu, afloran a 1 km al sureste de la zona de estudio (*Figura 5 y 6*). 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. El depósito es suelto de coloración amarillenta, rojiza y gris. Los fragmentos líticos son angulosos a subangulosos, en su mayoría bastante alterados e hidrotermalizados. 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 5: Depósitos de avalancha del volcán Pichu Pichu, a 2.2 km al sureste del área de estudio, sobre los cuales se asientan viviendas del distrito de Paucarpata.

MAPA GEOLÓGICO DE PAUCARPATA

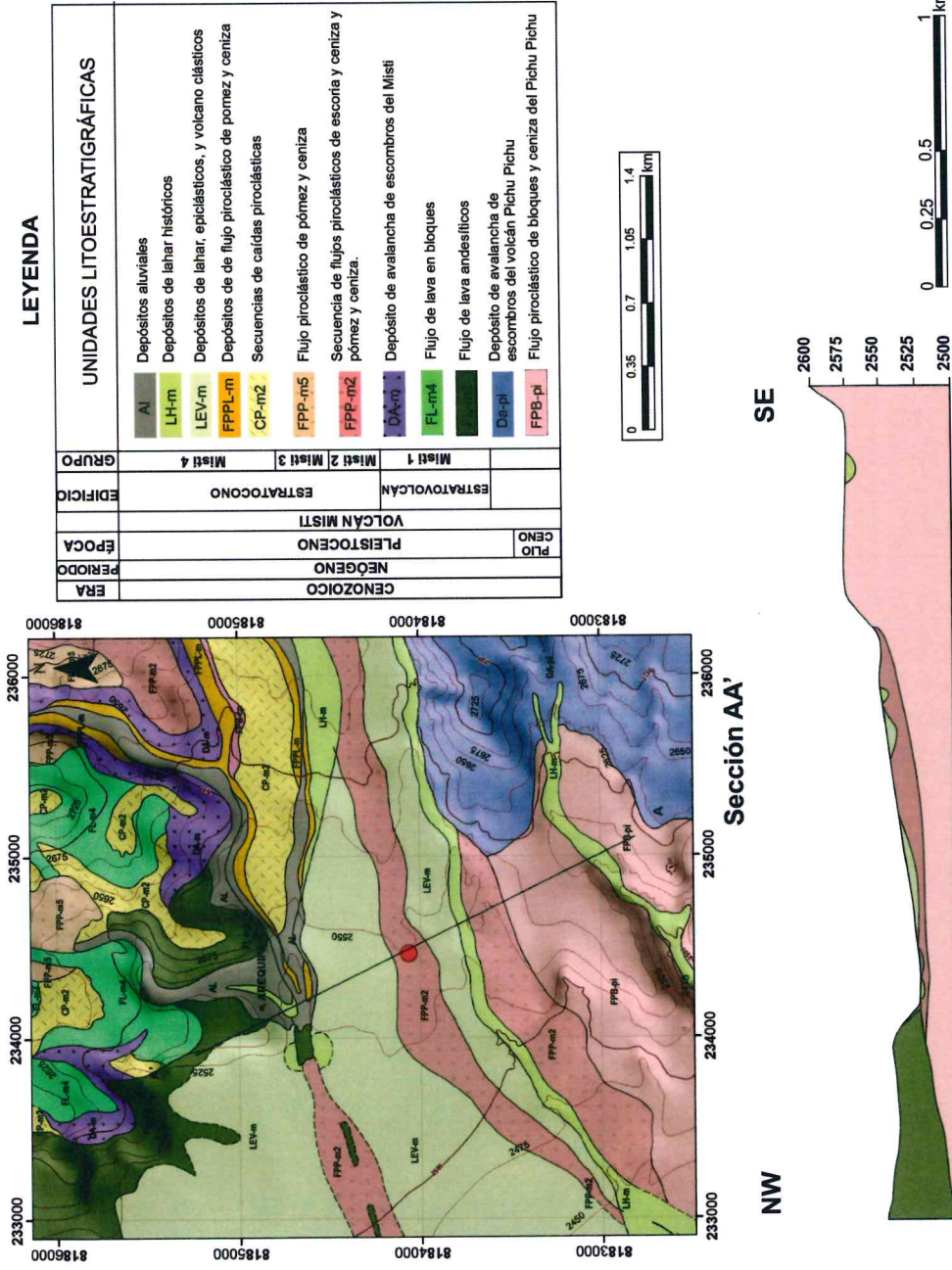


Figura 6: Mapa Geológico de la zona de estudio y de los alrededores.

5.3. Flujos de lava (FL-m2, FL-m4)

Al Norte del área de estudio en el distrito de Mariano Melgar, se distinguen hasta tres 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 6 y 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: Secuencias de flujos de lava andesíticas (FL-m2) visibles al norte del área de estudio, en el sector de Paucarpata.

5.4. Depósito de avalancha de escombros (DA-m)

Un depósito de avalancha de escombros asignado al volcán Misti aflora entre 1 y 2 km al Norte del área de estudio (*Figura 6 y 8*). El depósito tiene un espesor promedio de 60 m y cubre un área aproximada de 40 km². El depósito está constituido por fragmentos de roca volcánica de composición heterogénea, de tamaño métrico, incluido dentro de una matriz areno-limosa. Los fragmentos se hallan bastante fracturados. Estos depósitos de avalanchas de escombros se encuentran sobreyaciendo a flujos de lavas del periodo “Misti 1”, antes descritos. Estos depósitos provienen del colapso de una parte del volcán Misti, la cual fue posteriormente cubierta por los flujos de lava más recientes.



Figura 8: Depósito de avalanchas de escombros del Misti, localizados al Norte del predio, en el distrito de Paucarpata.

5.5. Depósitos de flujos piroclástico de escoria y flujos de pómez (FPP-m2)

En el área de estudio aflora una secuencia de flujos piroclásticos, constituido en la base por un depósito de flujo de escoria y en el tope por un depósito de flujos de pómez y ceniza (*Figura 6 y 9*). Ambos depósitos presentan espesores variables. El depósito de flujos de escoria tiene entre 2 a 3 m de espesor. Este depósito es color beige, masivo y no consolidado. Está constituido de fragmentos de escoria de composición andesítica que pueden llegar a medir hasta 15 cm de diámetro y están englobados dentro de una matriz de ceniza. En el depósito también se han identificado bloques densos de lava de color gris, que tienen tamaños centimétricos a decimétricos. Los depósitos de flujos de escoria son generados durante erupciones explosivas, relativamente moderadas, de tipo estrombolianas o vulcanianas; debido al colapso de una columna eruptiva de pocos kilómetros de altura. Asimismo son típicos de magmas intermedios a básicos.

Al depósito de flujo de escoria le sobreyace un delgado depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (*Figura 10 y 11*), que tiene entre 20 y 40 cm de espesor. Es de color beige, masivo y heterométrico, cuya matriz está constituida por ceniza. Las pómez miden entre 5 y 10 cm de diámetro, son subangulosas a subredondeadas. Estas están compuestas por fenocristales de plagioclasa y anfíbol, englobados en una matriz muy vesiculada.

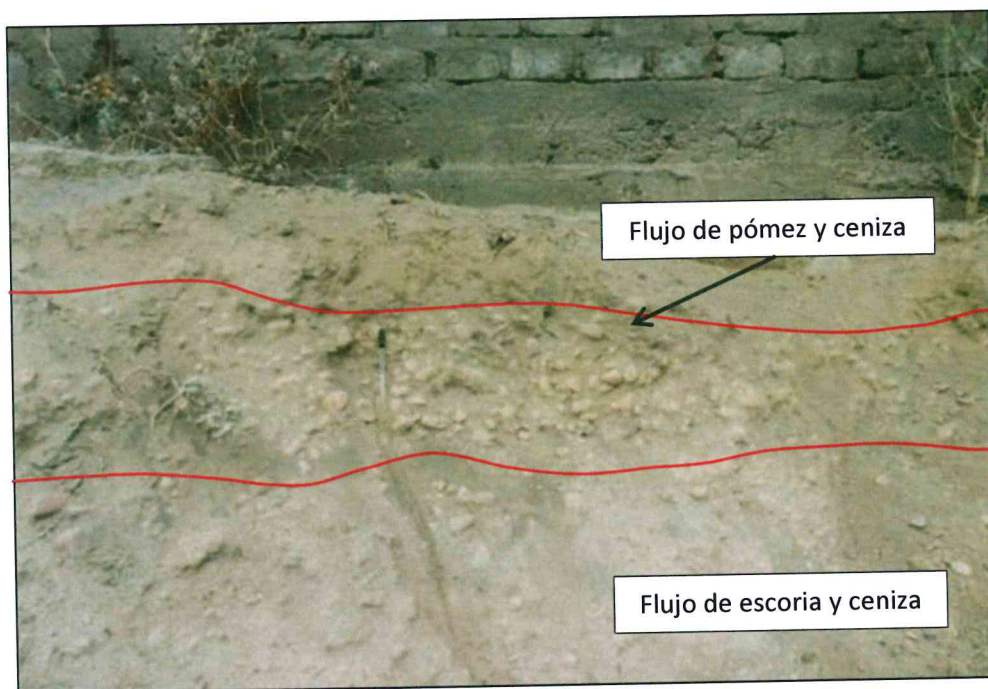


Figura 9: Depósito de flujos piroclásticos de pómez y ceniza que sobreyacen al flujo piroclástico de escorias.

Esta misma secuencia se observa entre 350 y 180 m hacia el Sur y Oeste del área de estudio. El depósito localizado al Oeste (*Figura 12*) presenta mayores espesores, que pueden alcanzar hasta 15 m. Según los estudios realizados probablemente este depósito se emplazó entre 50 000 y 43 000 años antes del presente, según Thouret et al. (2001).



Figura 10: Depósito de flujos piroclásticos de pómez y ceniza que sobreyacen al flujo piroclástico de escorias.

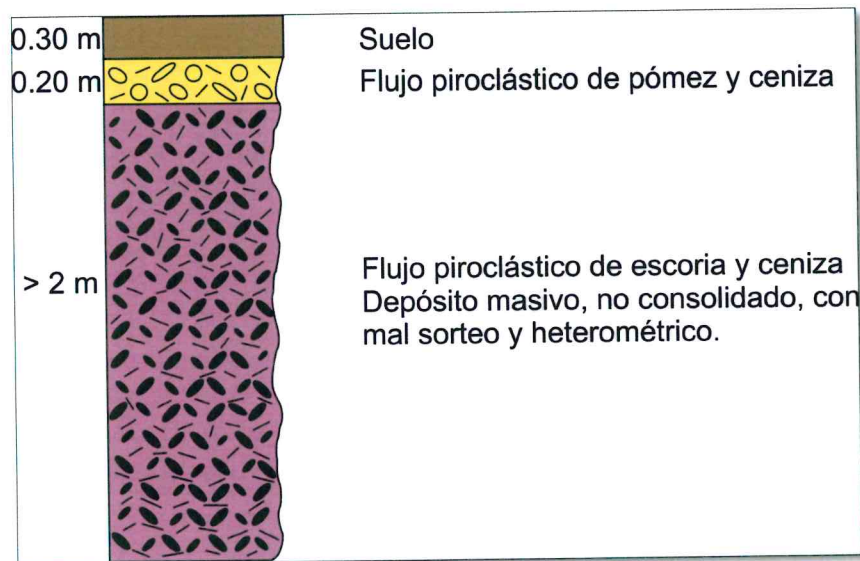


Figura 11: Columna estratigráfica donde se distinguen los depósitos de flujos piroclásticos de escoria y ceniza, y flujo piroclástico de pómez y ceniza, localizado a 180 m del área de estudio.

5.6. Secuencias de caídas piroclásticas (CP-m2)

Secuencias de caídas piroclásticas son observadas tanto al Noreste (a 600 m) y Noroeste (a 1 km) de la zona de estudio, es decir afloran en la quebrada Huarangal y en el distrito de Mariano Melgar. Estos depósitos sobreyacen las secuencias de flujos de lava (Fl-m2 y Flm4) y el depósito de avalancha de escombros del Misti (*Figura 5*), y son producto de erupciones explosivas.

5.7. Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza (FPP-m5)

El depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza está localizado a 1.5 km al Norte del área de estudio. Esta secuencia piroclástica yacen sobre los flujos de lava (Fl-m4). Este depósito piroclástico es de composición dacítica y también fue emitido durante una erupción explosiva (*Figura 5*).

5.8. Depósitos de lahar (LEV m y LH-m)

Lahares o flujos de escombros están constituidos por fragmentos de roca de tamaño y composición heterogénea. En el área de estudio se distinguen dos tipos de depósitos de lahares. Los lahares antiguos emplazados sobre los depósitos de flujos piroclásticos

antes mencionados, representados en el mapa geológico como “LEV” y los lahares canalizados en las quebradas, representados como “LH-m”. Los lahares provenientes del Misti se encuentran localizados, especialmente en los ríos Chili y Andamayo, así como en las quebradas que descienden por el volcán Misti. Lahares se encuentran localizados hacia el Sur y Norte del área de estudio (*Figura 13*), con espesores de hasta 3 m. En los cauces de las quebradas se han identificado depósitos hiperconcentrados, depósitos de lahares y depósitos aluviales, emplazados entre el Holoceno superior y la época histórica.

5.9. Depósitos aluviales (AL)

Los depósitos aluviales se encuentran aflorando en ambos márgenes de las quebradas localizadas al Norte de la zona de estudio (*Figura 5*). Son depósitos de algunos decímetros a algunos metros de espesor. Están conformados por bloques subredondeados a redondeados (cantos rodados), incluidos dentro de una matriz de arena y limo, poco o no consolidado.

6. 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^3 en volumen de cenizas y pómez (depósitos de caída) y cerca de 0.01 km^3 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 6000000 m^3 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.

7. PELIGROS GEOLÓGICOS

El volcán Misti durante su evolución ha presentado diferente tipo de actividad 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.

7.1. 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), subpliniana 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.

7.2. 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 800°C (Tilling, 1989). En un futuro cercano es poco probable que el volcán Misti pueda

presentar erupciones explosivas importantes, llámense sub-plinianas y plinianas que puedan generar flujos piroclásticos. Esto debido a que en los últimos 500 años el Misti se limitó solo a presentar erupciones leves a moderadas con Índice de Explosividad Volcánica (IEV) menor de 2. Eventualmente, si estos 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 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 15 km del volcán Misti (*Figura 12*), en caso de una erupción de magnitud baja a moderada, el predio no se vería afectado 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 del predio.



Figura 12: Depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza que sobreyace al flujo piroclástico de escorias.

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

Los flujos de lodo son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizados 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. Los flujos de lodo, incluso de bajo volumen, pueden afectar seriamente las viviendas ubicadas dentro o muy cerca del cauce de la quebrada Huarangal (*Figura 13*). La frecuencia de ocurrencia de este tipo de eventos es alta, cada 100 a 200 años, aproximadamente.

Como se ha descrito anteriormente las quebradas se encuentran localizadas a más de 300 m del predio en mención, por lo cual el predio difícilmente se vería afectado por flujos de lodo o lahares.



Figura 13: Depósito de lahares que yacen en ambas márgenes de la Quebrada Huarangal, localizada a 320 m al norte del predio en estudio.

8. BREVE EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra localizada sobre depósitos de flujos piroclásticos (*Figura 15*) ligados a erupciones pasadas del volcán Misti, específicamente, ocurrida hace aproximadamente 40 000 años antes del presente. Alrededor del predio se encuentran acentuadas numerosas viviendas que poseen servicios básicos como agua, luz y servicios públicos como postas, colegio, comisaría, etc, los cuales se verían afectados eventualmente en el caso ocurriese una erupción explosiva del Misti, principalmente por:

- **Caídas de ceniza o lapilli de pómez**, pueden afectar la salud de la población, aún si la erupción fuese de magnitud baja a moderada IEV 2 (como la que presenta el Ubinas entre 2006-2014, por ejemplo). Tanto la zona de estudio como los alrededores y en general la ciudad de Arequipa se verían seriamente afectadas por las caídas de ceniza (*Figura 14*). Como se ha podido ver, según los estudios geológicos efectuados sobre el Misti, en caso de una reactivación del Misti, el evento más probable a generarse sería una erupción explosiva moderada con caída de ceniza. En tal sentido, la población que habita en Paucarpata y el predio en mención deberán protegerse de las caídas de ceniza. La caída de ceniza inmediatamente no causa la muerte de personas, sin embargo, sería letal en caso de estar permanentemente expuesto a la ceniza.

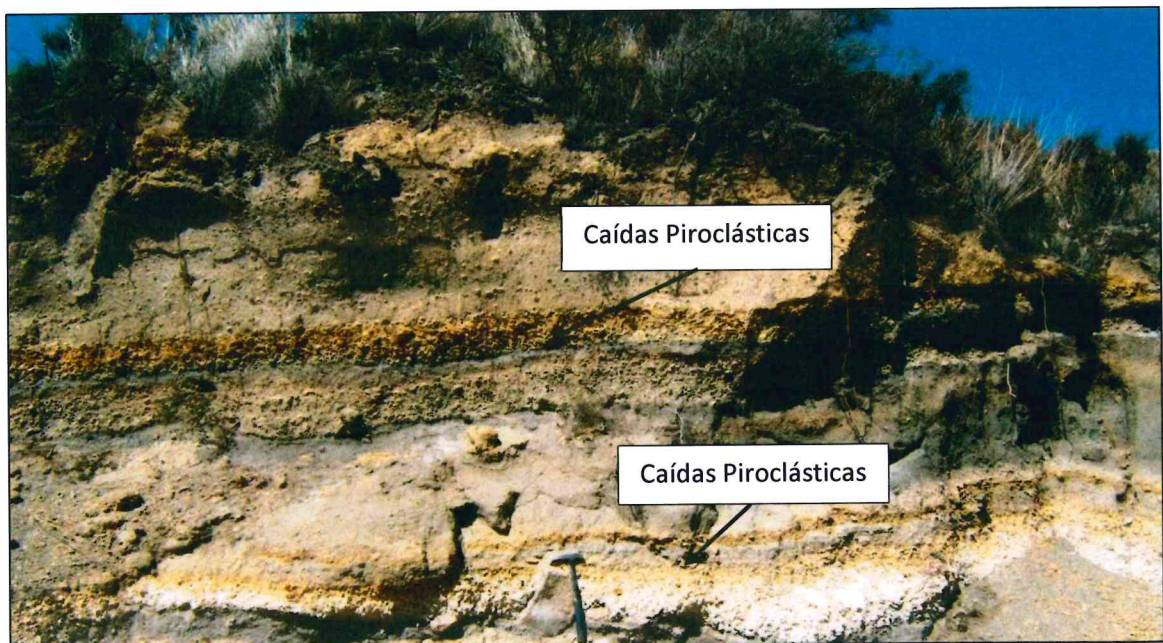


Figura 14: Secuencia de caídas piroclásticas en el sector de cerro Pacheco, distrito de Paucarpata (Mariño et al., 2014).

- **Flujos piroclásticos**, pueden ocurrir en caso de erupciones explosivas de gran magnitud (IEV 3-4), es decir erupciones sub-plinianas o plinianas. Los flujos piroclásticos pueden afectar varios distritos de la ciudad de Arequipa como Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, entre otros, incluido el predio en mención (*Figura 15*), ya que estos distritos se encuentran asentados justo al pie del flanco sur. Sin embargo, según la actividad presentada por el Misti al menos durante los últimos 500 años, se infiere que es muy poco probable que ocurra tal erupción paroxismal, y por ende tales tipos de depósitos.



Figura 15: Vista del predio en mención asentado sobre un depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza.

- **Lahares o flujos de barro** pueden ocurrir incluso en periodos de lluvia intensa, sin erupción del Misti y estos se pueden canalizar por quebradas que drenan del flanco sur del volcán Misti. Es importante recalcar que la zona de estudio difícilmente se vería afecta por flujos de lodo (lahares), ya que el predio se localiza en una zona alta, plana a más de 300 m de distancia de las quebradas.

Sin embargo, sería importante realizar la limpieza de las quebradas o torrenteras que drenan del volcán Misti, para evitar inundaciones en las viviendas cercanas en época de lluvia.

CONCLUSIONES

- El predio de 6538.87 m² materia de estudio está ubicado en el Pueblo Joven Miguel Grau, al pie del flanco sur del volcán Misti, en una zona plana y sobre depósitos volcánicos ligados a erupciones explosivas pasadas del Misti. Estos depósitos se emplazaron hace aproximadamente 40 000 años antes del presente.
- En caso de una reactivación del volcán Misti, este probablemente sería de tipo vulcaniano con IEV 2, caracterizado principalmente por gases y emisiones de cenizas, igual como ha venido presentando los últimos 500 años, antes del presente. En este caso el predio, materia de estudio, se vería afectado principalmente por caídas de ceniza o lapilli de pómez, que si bien es cierto, afecta la salud de las personas e infraestructura, se pueden tomar las medidas necesarias para prevenir y/o mitigar sus efectos.
- Por otro lado, si la erupción del volcán Misti fuese de gran magnitud la zona de estudio podría verse afectado por flujos piroclástico, sin embargo es poco probable que ocurra este evento ya que el Misti durante los últimos 500 años ha presentado algunas erupciones explosivas con emisión de gases y cenizas.

RECOMENDACIONES

El predio en estudio puede ser utilizado como vivienda, pero siempre es necesario tener preparado planes de contingencia en caso de una reactivación del Misti, sobre todo para protegerse de las lluvias o caídas de ceniza.



BIBLIOGRAFÍA

- Chávez, J. (1992) - La erupción del Volcán Misti. Pasado Presente y Futuro: Arequipa, Impresiones Zenit, 158 p.
- Delaite, G., Thouret, J.-C., Sheridan, M.F., Stinton, A., Labazuy, P., Souriot, T. & Van Westen, C. (2005) - Assessment of volcanic hazards of El Misti and in the city of Arequipa, Peru, based on GIS and simulations, with emphasis on lahars: *Zeitschrift für Geomorphology N.F.*, supplement, vol. 140, p. 209–231.
- Harpel, C., De Silva, S. and Salas, G. (2011) – The 2 ka Eruption of Misti Volcano, Southern Peru – The Most Recent Plinian Eruption of Arequipa’s Iconic Volcano. Geological Society of America Special Papers 484; 1-72
- Legros, F. (2001) - Tephra stratigraphy of Misti volcano, Peru. *Journal of South American Earth Science* 14, 15–29.
- Navarro, P. (2000) - Cartografía Geológica, Histórico Eruptiva y Evaluación de las Amenazas volcánicas del Estrato-volcan Misti. Tesis Ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Mariño, J., Rivera, M., Thouret, Jean-Claude Thouret, Macedo L., (2015) – *Geología y Mapa de Peligros del volcán Misti. Boletín en revisión, INGEMMET.*
- Suni, J. (1999) - *Estudio Geológico y Vulcanológico del volcán El 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.