

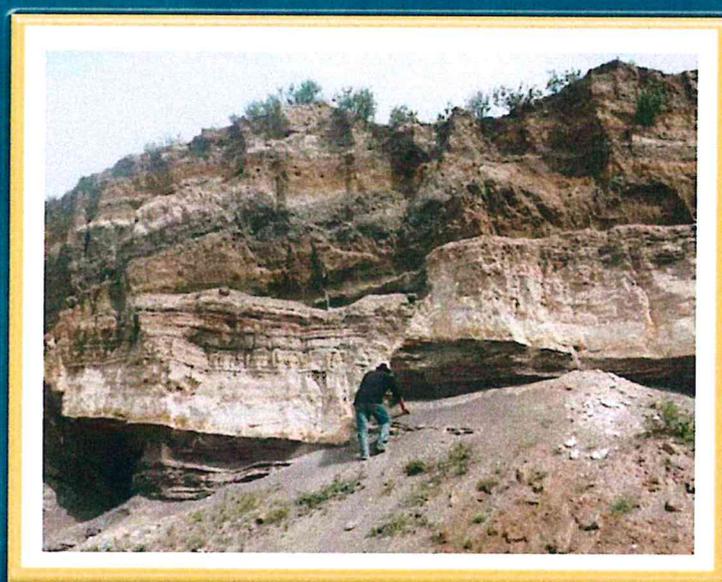
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6897

INFORME SOBRE LA EXISTENCIA DE FALLAS GEOLÓGICAS ACTIVAS EN EL DISTRITO DE SELVA ALEGRE, PROVINCIA Y REGIÓN DE AREQUIPA



Región Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito Selva Alegre



JUNIO
2019

Contenido

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1. Falla geológica	3
2.2. Falla geológica activa.....	3
3. UBICACIÓN ASOCIACIÓN AMPLIACIÓN VILLA ECOLÓGICA.....	4
4. CONTEXTO GEOLÓGICO Y ASPECTOS GEOTÉCNICOS	5
4.1. Flujos De Lava Andesítica (FL-Ba-inf).....	6
4.2. Ignimbritas del Neógeno y Cuaternario (IG-a).....	6
4.3. Flujos Piroclásticos de Bloques y Ceniza (FPB-m3-1).....	6
4.4. Caídas Piroclásticas Holocénica (CP-m4-1)	7
5. NEOTECTÓNICA EN LA REGIÓN AREQUIPA.....	7
5.1. FALLA AYO-LLUTA-AREQUIPA	8
5.2. ESTUDIOS GEOFISICOS	9
a) Perfil Chiguata.....	10
b) Perfil Yura	11
6. CONCLUSIONES	14
7. RECOMENDACIONES	15
REFERENCIAS	16

INFORME SOBRE LA EXISTENCIA DE FALLAS GEOLOGICAS ACTIVAS EN EL DISTRITO DE SELVA ALEGRE, PROVINCIA Y REGIÓN DE AREQUIPA

RESUMEN

El INGEMMET dentro de sus principales funciones, considera el apoyo a las instituciones gubernamentales, con la finalidad de dar a conocer zonas susceptibles a peligros geológicos, tal es el caso de la identificación de fallas geológicas activas, que son fuente de sismos superficiales. En tal sentido y atendiendo el oficio N 446-2019-COFOPRI/OZARE, es que se prepara el presente informe técnico.

En la región Arequipa, así como en otras regiones del país, se han reconocido fallas geológicas activas capaces de generar sismos de hasta 7Mw. Una de estas es la falla Ayo-Lluta-Arequipa, la cual se extiende a lo largo de 150 km con dirección NO-SE desde el Coropuna hasta el Pichu Pichu, cruzando el flanco pacífico de la cordillera Occidental. Los estudios geológicos regionales realizados en la zona, apoyados con herramientas como la geofísica, nos permitió identificar una falla geológica, adyacente a la ciudad de Arequipa.

En consecuencia, cerca de la ASOCIACION AMPLIACION VILLA ECOLOGICA (área consultada por COFOPRI), ubicada en el distrito de Selva Alegre, provincia y departamento de Arequipa, existe una falla geológica, que debe ser estudiada a detalle, en base a estudios específicos (e.g. geotécnicos), con la finalidad de calcular la respuesta de sitio, ante una posible reactivación de la falla Ayo-Lluta-Arequipa. En base a los estudios de detalle, a realizar los gobiernos locales y regionales, se puede establecer normas técnicas para la construcción de infraestructura.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica a gobiernos nacionales, regionales y locales, así como instituciones estatales; su alcance consiste en contribuir con las entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de los peligros geológicos en sus territorios, con la finalidad de proporcionar una opinión técnica sobre la problemática, además de proponer medidas de prevención y mitigación ante la ocurrencia de desastres naturales.

El Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI), solicita mediante Oficio N 446-2019-COFOPRI/OZARE, información concerniente a la existencia de una posible falla geológica que podría afectar al predio denominado ASOCIACION AMPLIACION VILLA ECOLOGICA ubicado en el distrito de Selva Alegre, provincia y departamento de Arequipa.

El INGEMMET, a través de sus especialistas de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), analizaron la información remitida por COFOPRI y emiten el presente informe técnico para los fines pertinentes.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Falla geológica

Es una superficie de discontinuidad sobre la cual ha ocurrido en desplazamiento de cizalla (Keary, 1993). Además, es definido como una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura (Bates y Jackson, 1980).

2.2. Falla geológica activa

Es una falla que registra antecedentes históricos o sismológicos de actividad y que tiene una expectativa en un intervalo de tiempo futuro que afecta el desarrollo de la sociedad (Slemmons, 1977; Wallace, 1986).

3. UBICACIÓN ASOCIACIÓN AMPLIACIÓN VILLA ECOLÓGICA

La zona de consulta denominada: ASOCIACION AMPLIACION VILLA ECOLOGICA, está ubicada en el distrito de selva alegre provincia y departamento de Arequipa. En relación al emplazamiento de esta área, coincide con el trazo de falla que cruza la ciudad Arequipa, falla Ayo-Lluta-Arequipa (figura 1).

El segmento que atravesaría el área en evaluación está definido como una posible falla activa inversa (Benavente et al. 2017)., no hay estudios específicos sobre este segmento dada la actividad antrópica, que en este tipo de casos, altera las evidencias superficiales de la actividad tectónica.

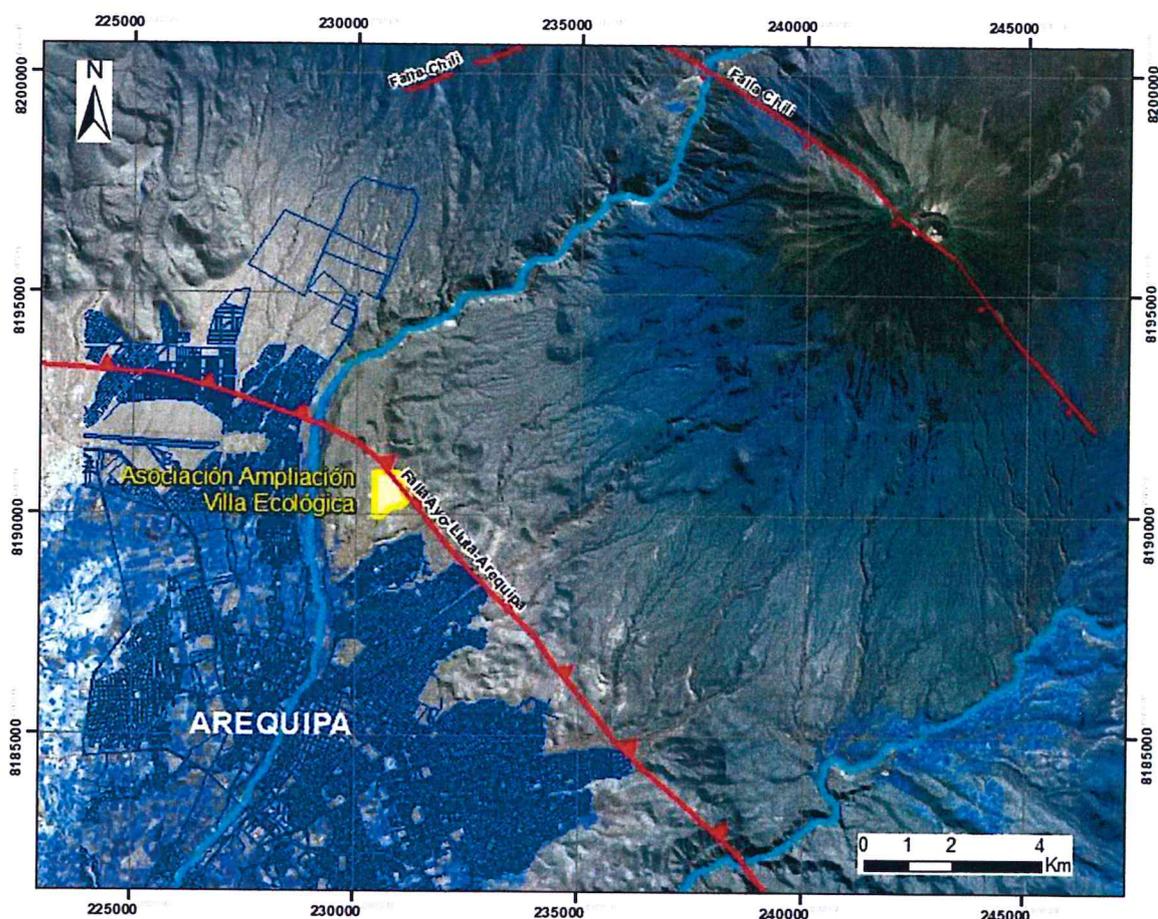


Figura 9. Ubicación de la Asociación Ampliación Villa Ecológica (polígono amarillo) y la falla Ayo-Lluta-Arequipa (Línea Roja).

4. CONTEXTO GEOLÓGICO Y ASPECTOS GEOTÉCNICOS

Según los mapas geológicos del INGEMMET (Figura 2), en la zona de estudio se tiene registros principalmente, de rocas de origen volcánico del Cenozoico las cuales se resumen a continuación.

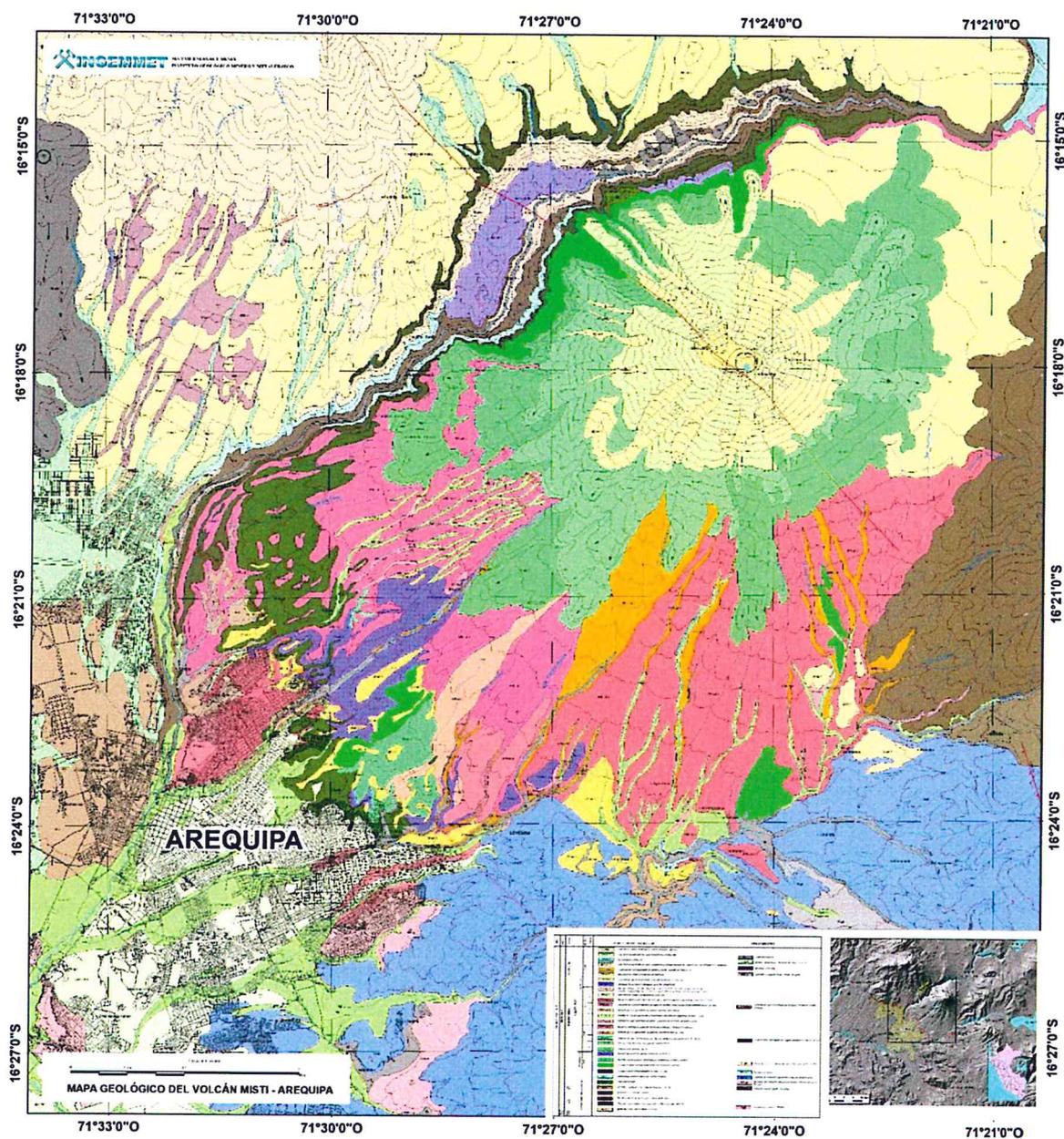


Figura 2. Mapa geológico del volcán Misti a escala 1:25 000 (Mariño, et al., 2016).

4.1. Flujos De Lava Andesítica (FL-Ba-inf)

Estas lavas afloran entre 10 y 14 km al SO del Misti, en los sectores de Villa Ecológica, Alto Selva Alegre y Miraflores (figura 2). Se trata de flujos de lava de color gris verdoso, con pasta afanítica y pocos fenocristales de plagioclasa, anfíbol y piroxenos. Los flujos de lava poseen espesores que varían entre 25 y 50 m; se hallan ligeramente silicificadas e infra-yacen a los depósitos de avalanchas de escombros del volcán Misti (Mariño et al., 2014). Han sido datados en 6 Ma (Rivera, 2010) y por lo tanto corresponden a la unidad Barroso Inferior (FL-Ba-inf).

Desde el punto de vista geotécnico podemos mencionar que este tipo de depósitos están clasificadas como rocas duras y este tipo de características permiten sugerir que la velocidad aproximada de onda de corte es mayor a 1500 m/s (Kanli et al., 2006).

4.2. Ignimbritas del Neógeno y Cuaternario (IG-a)

Según Paquereau et al. (2006), se han identificado 4 secuencias ignimbríticas (figura 2), emplazadas entre el Mioceno y Pleistoceno. En el área de evaluación se encuentra la ignimbrita "Aeropuerto de Arequipa", esta posee espesores que varían entre 5 a 100 m. Tiene dos facies: una inferior de color blanco grisáceo, bastante consolidada y una superior de color rosado que se presenta no consolidada. Los depósitos no son soldados. Ha sido datada en 1.65 Ma y su composición es dacítica a riolítica (Paquereau et al., 2006).

Desde el punto de vista geotécnico podemos mencionar que estos depósitos estarían clasificados como rocas y permiten sugerir que la velocidad aproximada de onda de corte esta entre 760 y 1500 m/s (Kanli et al., 2006).

4.3. Flujos Piroclásticos de Bloques y Ceniza (FPB-m3-1)

Este depósito se emplazó entre los 30 y 24 ka (Thouret et al., 2001) y está constituido por una secuencia piroclástica andesítica y dacítica bastante voluminosa, conformada por depósitos de flujos de bloques y ceniza, producto del colapso de domos, los cuales se encuentran intercalados con limitados depósitos de caída de pómez y ceniza (Mariño et al., 2014).

Desde el punto de vista geotécnico podemos mencionar que estos depósitos se clasificarían como suelo muy denso o roca suave, lo que permiten sugerir que la velocidad aproximada de onda de corte esta entre 360 y 800 m/s (Kanli et al., 2006).

4.4. Caídas Piroclásticas Holocénica (CP-m4-1)

Son depósitos de oleada piroclástica datados por Thouret et al. (2001) en 4750 ± 40 años. Este depósito sobre-yace a un depósito de flujo piroclástico de pómez y ceniza de color blanco-rojizo, no consolidado, emplazado entre 11 y 10 ka (Mariño et al., 2014).

Desde el punto de vista geotécnico podemos mencionar que estos depósitos se clasificarían como suelo rígido, lo que permiten sugerir que la velocidad aproximada de onda de corte esta entre 180 y 360 m/s (Kanli et al., 2006).

5. NEOTECTÓNICA EN LA REGIÓN AREQUIPA

La región Arequipa se encuentra en la margen occidental del Altiplano, en esta zona son conocidos los eventos sísmicos de magnitud elevada ($M_w 8$) asociados con el proceso de subducción desarrollado a lo largo de toda la margen pacífica. El antearco de los Andes presenta una pendiente elevada, tiene una profundidad máxima de -8000 m en la zona de subducción y alcanza alturas máximas en los picos volcánicos cuaternarios de la Cordillera Occidental (Misti. altura: "5800 m), esto en menos de 250 km de distancia. La mayoría de las cadenas de montañas altas alrededor del mundo, al menos parte del alzamiento o de su gradiente topográfica, están asociadas a tectónica activa y esfuerzos compresionales (Benavente et al., 2017).

Con esta premisa, el INGEMMET ha venido realizando trabajos en este tipo de estructuras geológicas desde el año 2009, siendo una de sus funciones estudiar el peligro sísmico que podrían generar estas fallas. Es así que el año 2017 el INGEMMET publicó el boletín Nro. 64 de la Serie C, denominada: "Neotectónica, Evolución del Relieve y Peligro Sísmico en la Región Arequipa" en donde se realiza la identificación y caracterización de las fallas activas en la región Arequipa, cuyo producto final es el Mapa Neotectónico de la Región Arequipa (Anexo1). En este Mapa se pone en evidencia la existencia de más de 81 fallas activas y cuaternarias.

Entre las fallas más importantes tenemos: Morro Camaná, Calaveritas, Tambillo y Chorrillos ubicadas en zona de la Cordillera de la Costa; el sistema de fallas Iquipí, Pampa de Vaca, Torán, La Joya, Cerro Los Castillos, Corire y Aliso, ubicadas en las Pampas Costeras; el sistema de fallas Atiquipa-Caraveli-Sicera-Lluta-Vítor, ubicadas en la Zona de Piedemonte y que delimita el cambio topográfico entre las Pampas Costeras y la Cordillera Occidental; la zona de fallas Chuquibamba, Ayo-Lluta-Arequipa y Sondor-Paucaray, ubicadas en la Cordillera Occidental; la zona de fallas del Valle del Colca son las estructuras más representativas del Arco Volcánico Cuaternario y, finalmente, en el Altiplano se evidenciaron entre las más importantes las fallas Caylloma, Sibayo, Angostura-Condorama y Chalhuanca. Estas estructuras presentan direcciones preferenciales NO-SE y E-O. (Benavente et al., 2017). De estas, la falla Ayo-Lluta-Arequipa es la que cruza la ciudad de Arequipa, afectando el área de evaluación del presente informe.

5.1. FALLA AYO-LLUTA-AREQUIPA

La importancia de estudiar esta falla radica en que, hacia el sureste del trazo de la falla se encuentra la ciudad de Arequipa, la cual es altamente vulnerable en caso se reactive ese segmento de la estructura.

Esta falla se extiende a lo largo de 150 km con dirección NO-SE desde el Coropuna hasta el Pichu-Pichu, cruzando el flanco pacífico de la Cordillera Occidental (Anexo 1), se observan segmentos con evidencias de actividad tectónica reciente en el flanco suroeste de los volcanes Chachani, Misti y Pichu-Pichu; afirmación determinada a partir de estudios geológicos, morfológicos, estructurales y geofísicos (figura 3). Las evidencias superficiales de la existencia de la falla son muy claras a ambos lados de la ciudad, en donde, la actividad antrópica propia de la ciudad de Arequipa, no ha permitido encontrar evidencias claras de la alineación de la falla. Se han realizado estudios Geológicos y Geofísicos para determinar las características de esta falla.

Trabajos de geología superficial en la zona de Yura y al sur de esta (Ispampa) han permitido distinguir cambios abruptos en una superficie volcánica posteriores a 2.9 Ma (según datación de Vatín-Perignon et al., 1996), los que fueron corroborados al realizar perfiles topográficos utilizando GPS cinemático. Es posible determinar dos escarpes de fallas sub-paralelos en esta zona, sector donde las rocas y depósitos recientes se encuentran fragmentados, plegados y fracturados. El estilo de deformación sugiere movimientos inversos y normales. Finalmente, la compilación y análisis de información sismológica (Instituto Geofísico del Perú) muestra una concentración de sismos en el área de Yura, lo que sugiere que esta actividad estaría vinculada a la Falla Arequipa; por consiguiente, la Falla Arequipa es activa (Benavente et al., 2017).

El flanco sur del volcán Chachani, en las quebradas Las Pascanas, Nivera, Honda y Corralón, identificamos depósitos de avalanchas afectados por fallas inversas con buzamiento hacia el noreste. Al realizar el corte entre Chiguata y Yumina se identificó una estructura paralela a la quebrada del río Andamayo, con dirección N 40° y buzamiento hacia el SE, que presenta un desplazamiento de 10 m. Parte de estos depósitos son cubiertos por depósitos de caída volcánicos, donde las dataciones tanto por Ar-Ar o por radiocarbono 14 señalan edades entre el Pleistoceno superior a Holoceno (Thouret et al., 2001). En general, estos depósitos volcánicos provienen del volcán Misti y rellenan paleovalles.

Un ejemplo de esta interestratificación es la ubicada en el sector de Chiguata, donde ignimbritas de 43 000 años (Thouret et al., 2001) represan el río Chiguata, lo cual genera una laguna. Evidencia de esto son los depósitos finos-lacustres de 100 m de espesor, aproximadamente. Estos depósitos son buenos marcadores sobre la actividad de la falla debido a que se encuentran deformados con desplazamientos de tipo normal (figura 3). En la última reactivación, la falla se desplazó 1.8 m afectando el tope de la secuencia constituida por diatomitas (figura 4). Asimismo, a lo largo de toda la secuencia lacustre, identificamos sismitas, correlacionables a lo largo de toda la cuenca, lo que indica la actividad sísmica elevada del sector.

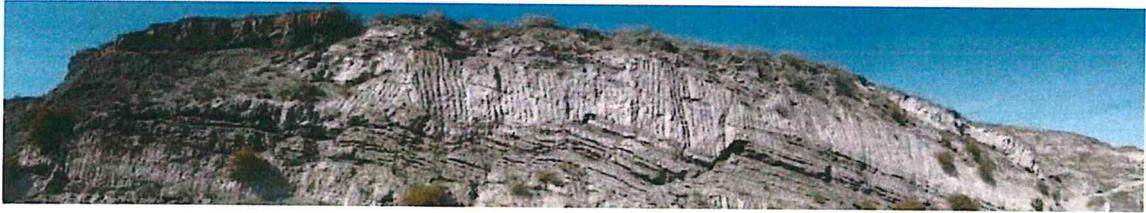


Figura 3. Fotografía panorámica que muestra las fallas normales en la secuencia lacustre, en el sector de Chiguata, vista hacia es Sur (tomado de Benavente et al. 2017)



Figura 4. Sección que muestra la falla normal que afecta las diatomitas del paleolago en el sector cerro Alto de Jesús-La Calera ubicado al norte de Chiguata. Vista hacia el sur. (Tomado de Benavente et al. 2017)

5.2. ESTUDIOS GEOFISICOS

En el trabajo de Benavente et al. (2017) Los estudios de tomografía eléctrica muestran claramente los planos de falla, en total se realizaron dos secciones transversales en las zonas de Chiguata y Yura.

a) Perfil Chiguata

La sección transversal a la Falla en la zona de Chiguata, consiste en un perfil eléctrico de componente Dipolo-Dipolo (Figura 5), el resultado muestra una profundidad máxima de modelado de 120 m. A lo largo de los 1080 m se puede observar una cobertura de resistividades bajas a moderadas a excepción del tramo comprendido entre los 620 a 720 m, y entre los 40 m a 80 m de profundidad las resistividades son bajas y elevadas.

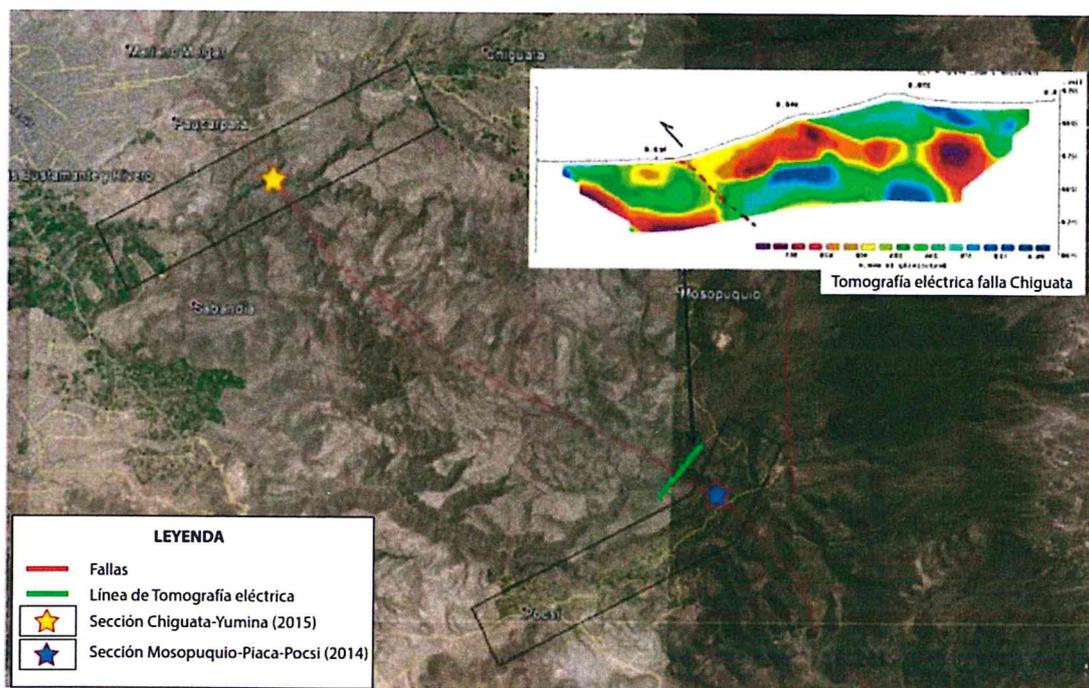


Figura 5. Ubicación de la falla, obsérvese las flechas rojas que indican el trazo de la falla. En estrella amarilla el predio de la SBN en consulta (tomado de Benavente et al. 2017).

Las variaciones de resistividad que se encuentra casi a lo largo de todo el perfil con profundidades diferentes, corresponden a un material de flujos de barro compactos con mayor contenido de fragmentos rocosos. Las resistividades moderadas están relacionadas al material de flujos de barro inconsolidado, mientras aquellas que tienen valores de resistividad bajas están relacionadas al material permeable en estado húmedo y/o a la presencia de elementos conductivos de carácter volcánico. Las resistividades altas corresponden a material compacto de flujos de barro y su discontinuidad corresponde o están limitadas por fallas, que perfectamente son correlacionadas con los escarpes de fallas observados en superficie (Figura 6), donde se aprecian depósitos inconsolidados, flujos de barro desplazados casi verticalmente. Se puede observar que las fallas tienen una inclinación hacia el noreste y con un ángulo aproximado de 70°.

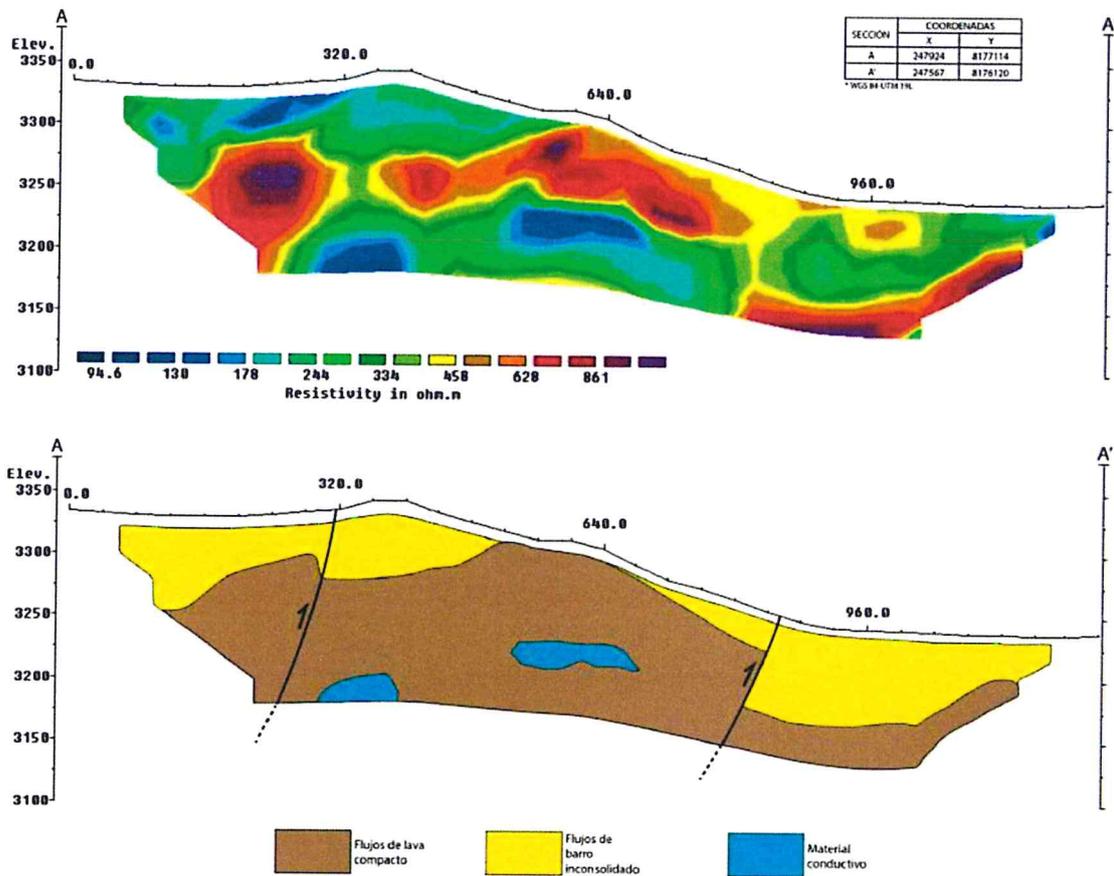


Figura 6. Muestra una variación lateral de la resistividad. A lo largo de los 1080 m se puede observar una cobertura de resistividades bajas a moderadas a excepción del tramo comprendido entre los 620 a 720 m, y entre los 40 m a 80 m de profundidad las resistividades son bajas y elevadas. La parte inferior muestra la interpretación geológica-estructural (tomado de Benavente et al. 2017).

b) Perfil Yura

En esta zona hicieron una sección transversal a la Falla Pascana-Yura de rumbo NE-SO, utilizando la componente Dipolo-Dipolo (D-D). La longitud total de la sección de 1520 m se cubrió separando los electrodos cada 20 m (Figura 7).

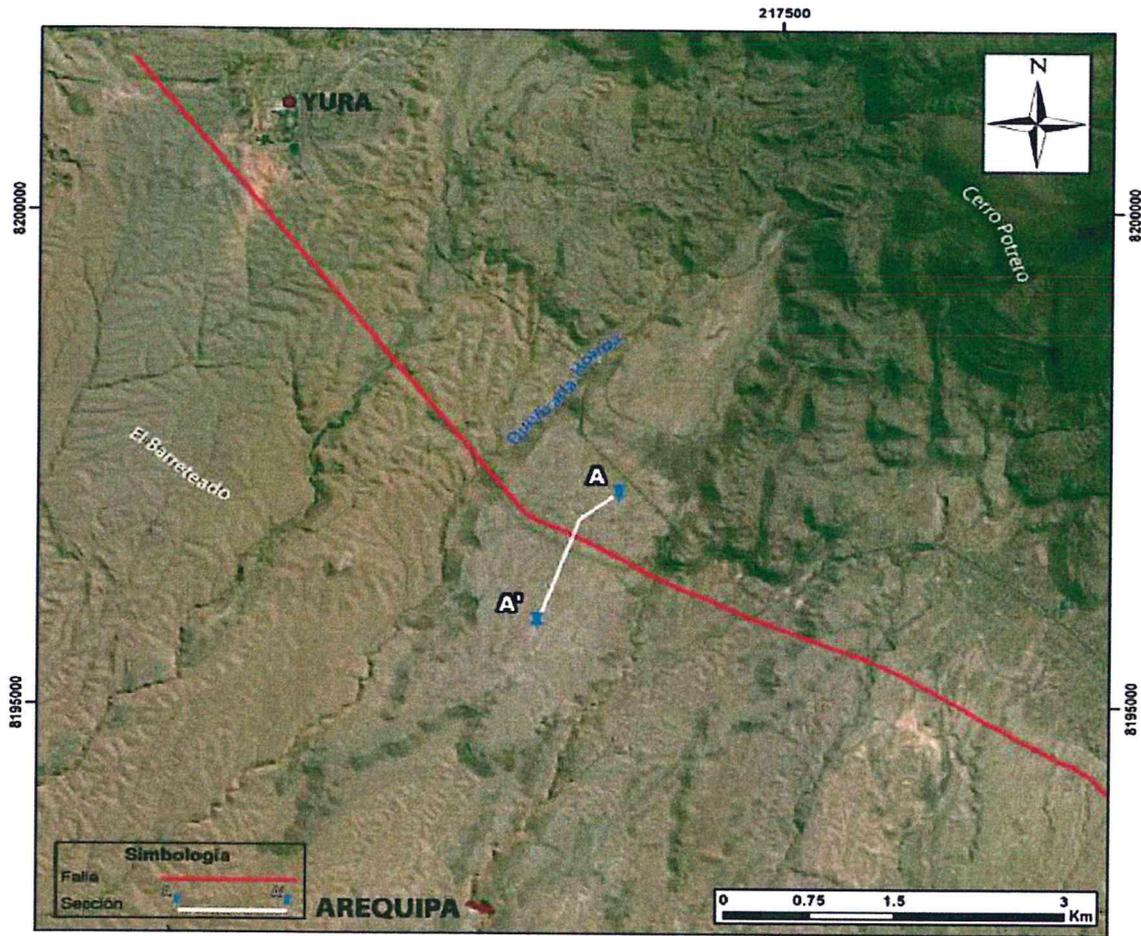


Figura 7. Ubicación del perfil geofísico. La flecha roja indica la dirección hacia Arequipa. (tomado de Benavente et al. 2017).

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 120 m. La Figura 7 muestra una variación lateral de la resistividad. A lo largo de los 1520 m se puede observar una cobertura de resistividades bajas a moderadas, y entre los 40 m a 60 m de profundidad las resistividades son elevadas y en forma discontinua. La resistividad más elevada se encuentra entre los sectores de 450 m a 520 m y entre 540 m a 690 m. Las resistividades bajas a moderadas están relacionadas al material con inclusión de elementos conductivos y/o a cierto grado de humedad, mientras aquellas resistividades altas corresponden a rocas pliocénicas tobáceas en estado seco y su discontinuidad corresponde o está limitado por fallas, que son correlacionadas con los escarpes de fallas observados en superficie (Figura 8), donde se aprecian depósitos inconsolidados volcánicos desplazados casi verticalmente. Se puede observar que las fallas tienen una inclinación hacia el suroeste y hacia el noreste con un ángulo aproximado de 70° y 80°, respectivamente (tomado de Benavente et al. 2017).

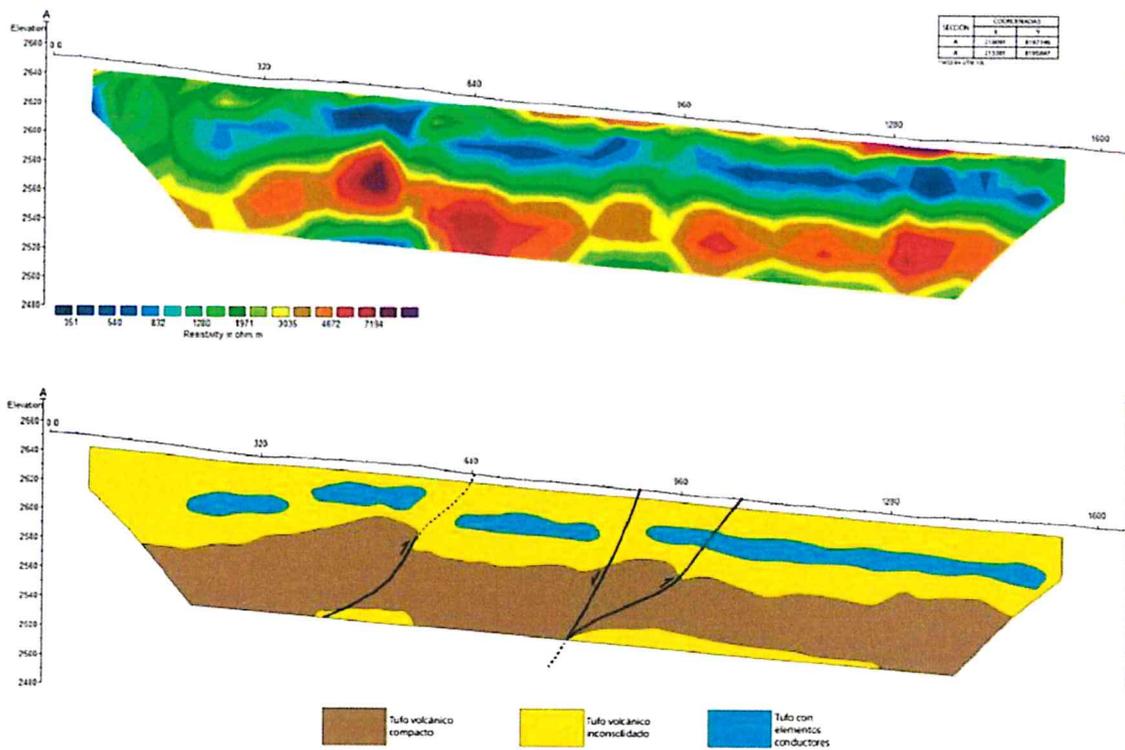


Figura 8. Falla Yura, configuración Dipolo-Dipolo. Arriba: Perfil de tomografía eléctrica donde se observan resistividades altas discontinuas o con aparente variación lateral y por debajo de los 60 m de profundidad. Abajo: Interpretación del perfil geofísico con la información geológica de superficie, podemos ver que las discontinuidades de la toba volcánica compacta (altas resistividades) están controladas por fallas que afectan cobertura reciente. (tomado de Benavente et al. 2017).

6. CONCLUSIONES

- La falla geológica Ayo-Lluta-Arequipa se extiende a lo largo de 150 km con dirección NO-SE desde el Coropuna hasta el Pichu-Pichu, cruzando el flanco pacífico de la Cordillera Occidental, se observan segmentos con evidencias de actividad tectónica reciente en el flanco suroeste de los volcanes Chachani, Misti y Pichu-Pichu; afirmación determinada a partir de estudios geológicos, morfológicos, estructurales y geofísicos.
- Los estudios con métodos geofísicos, en la zona de Chiguata y Yura, muestran la presencia de la falla Ayo-Lluta-Arequipa en subsuelo.
- El emplazamiento de la asociación Ampliación Villa Ecológica se encuentra sobre un segmento de la proyección de la falla Ayo-Lluta-Arequipa, este segmento esta caracterizado como una posible falla geológica activa de tipo inversa.

7. RECOMENDACIONES

- Es necesario que el gobierno local o regional, efectúe estudios específicos (e.g. geofísicos y geotécnicos), con la finalidad de establecer una norma técnica para la correcta construcción de infraestructura.
- Los daños graves usualmente están restringidos a una zona angosta, de hasta 1 km de ancho a lo largo de la falla, aunque rupturas subsidiarias pueden ocurrir hasta 3 o 4 km distantes de la falla principal. Por consiguiente, para la identificación de obras ingenieriles se debe considerar la localización de las fallas geológicas con cada uno de sus segmentos, así mismo debe seguirse los lineamientos establecidos en las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones.
- Para evitar daños en infraestructura es necesario evitar la construcción de estructuras lineales como carreteras, ferrocarriles, puentes, túneles, canales de riego, tuberías, así como también lugares para el tratamiento de residuos sólidos.
- Si bien es cierto que se ha avanzado en la identificación y estudio de la falla Ayo-Lluta-Arequipa, es necesario realizar un estudio detallado sobre el peligro sísmico donde se pueda detallar posibles máximas magnitudes que puede generar la falla.
- Si se van a realizar obras de infraestructura de mediana a gran magnitud en el área de influencia de la falla, se recomienda realizar el análisis sísmico determinístico, que relaciona los eventos sísmicos a fallas activas o potencialmente activas para representar su atenuación en el lugar. De esta manera tendremos el diseño sísmico apropiado.



Ing. CESAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS

- Abrahamson, N.A. & Silva, W.J.** (2007). Summary of the Abrahamson & Silva NGA ground motion relations, *Earthquake Spectra*, 24(1): 67-97.
- Bates, R. L., & Jackson, J. A.** (1980). *Glossary of Geology*. AGI, Falls Church, 751 p.
- Benavente, C, Delgado, G., García, B., Aguirre, E. & Audin, L** (2017) - Neotectónica, evolución del relieve y peligro sísmico en la región Arequipa. *INGEMMEX Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 64,370 p.,1 mapa.
- Kanli, A. I., P. Tildy, Z. Pronay, A. Pinar, and L. Hermann,** (2006). VS30 mapping and soil classification for seismic site effect evaluation in Dinar region, SW Turkey, *Geophysical Journal International*, 165, 223-235.
- Keary, P.** 1993. *The encyclopedia of the solid earth sciences*. Blackwell, Oxford: 713 p. UK
- Mariño, J.; Rivera, M.; Jean-Claude Thouret & Macedo, L.** (2014). *Geología y mapa de peligros del volcán Misti*, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 60,170 p., 2 mapas.
- Paquereau, P.; Thouret, J.-C; Wörner, G. & Fornari, M.** (2006) -Neogene and Quaternary ignimbrites in the area of Arequipa, southern Perú: stratigraphical and petrological correlations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 154(3-4): 251-275.
- Rivera, M.** (2010) - Genèse et évolution des magmas andésitiques a rhyodacitiques récents des volcans Misti et Ubinas (Sud du Pérou). Thèse Docteur, Université Blaise Pascal-Clermont Ferrand II, 407 p.
- Slemmons, D.B.** (1977). State of the art for assessing earthquake hazard, in the US. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Exp. Stn. Vicksburg, MS. Report No 6, Miscellaneous Paper, S-73-1.
- Thouret, J.C.; Finizola, A.; Fornari, M.; Legeley-Padovani, A.; Suni, J. & Frechen, M.** (2001) - Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Perú. *Geological Society of America Bulletin*, 113(12): 1593-1610.
- Vatin-Perignon, N.; Rivano. S.; Vergara, M. & Keller. F.** (1996) -Rare-earth and trace element abundances of the Neogene volcanism of the Farellones Formation and the WE Montenegro-Cerro Manquehue Lineament (Central Chile). En: *International Symposium of Andean*
- Wallace, R.E.** (1986). *Active tectonics: studies in Geophysics*. National Academy of Science. Washington.

ANEXO 1

MAPA NEOTECTONICO DE LA REGION AREQUIPA

