

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6878

PELIGROS GEOLÓGICOS EN TRES SECTORES DEL DISTRITO DE AYNA: MIRAFLORES, PARAÍSO Y AGROINDUSTRIAL

Región Ayacucho
Provincia La Mar
Distrito Ayna / San Francisco



ABRIL
2019

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS	3
1.2 OBJETIVOS	3
2. ASPECTOS GENERALES	5
2.1. Ubicación y accesibilidad	5
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
3.1. Pendiente del terreno.....	6
3.2. Unidades geomorfológicas.....	7
3.2.1. Montañas en rocas sedimentarias.....	7
3.2.2. Vertiente coluvio deluvial.....	7
3.2.3. Terraza aluvial	7
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	28
4.1. Formación Ananea	28
4.2. Formación La Merced.....	28
4.3. Depósitos aluviales	28
4.4. Depósitos coluvio-deluvial.....	28
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	29
5.1 OBSERVACIONES DE CAMPO.....	29
6. METODOS DE PROSPECCION GEOFÍSICA APLICADOS	28
6.8 PROCESAMIENTO Y RESULTADOS GEOFÍSICOS DE TOMOGRAFIA ELECTRICA	36
6.9 PERFILES GEOFÍSICOS.....	37
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44

PELIGROS GEOLÓGICOS EN TRES SECTORES DEL DISTRITO DE AYNA: MIRAFLORES, PARAÍSO Y AGROINDUSTRIAL (DISTRITO AYNA – PROVINCIA LA MAR – REGION AYACUCHO)

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) a través de la ACT.7: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional. Su alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas, o asociados a actividad volcánica. Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona una evaluación técnica que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como, recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos o la generación de desastres futuros en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres.

La responsable de la Unidad Ejecutora N°118 del Ministerio de Educación, María del Rocio Vesga Gatti mediante Oficio N°036-2019-MINEDU/VMGP/UE.118, así como el gobernador regional de Ayacucho, Carlos Alberto Rúa Carbajal solicitaron a nuestra institución, se efectúe una evaluación técnica de peligros geológicos en el sector Miraflores.

Tomando conocimiento de estos pedidos y de la problemática de los peligros geológicos que representan para la población, La DGAR comisionó a los profesionales Dúlio Gómez Velásquez, Walter Pari Pinto y Mauricio Nuñez Peredo especialistas en gestión de riesgos geológicos, para realizar una evaluación técnica, en el sector mencionado, los cuales se realizaron del 18 al 20 de febrero del año en curso, previa coordinación con representantes del Ministerio de Educación y autoridades locales.

La evaluación técnica, se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por el Ingemmet, la interpretación de imágenes satelitales disponibles, preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos (fotografía y GPS), cartografiado y redacción de informe preliminar

Asimismo se procedió a desarrollar una prospección geofísica, incluyendo en el presente informe un reporte geofísico donde se detalla el procesamiento e interpretación de estudios de Tomografía Eléctrica 2D, Refracción Sísmica y MASW, realizados, para complementar información que permitió caracterizar las características geológicas del substrato rocoso en el área.

Este informe, se pone en consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1 ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

Se pueden mencionar algunos trabajos anteriores efectuados en la zona. entre los principales tenemos:

- a) En el Informe técnico N° 6596 **“Peligros geológicos en el sector de Ayna, San Francisco”**, Nuñez (2012) menciona que el sector es amenazado periódicamente por movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), así como otros peligros geológicos (erosión e inundación fluvial). El factor detonante para los peligros mencionados, están relacionados a las intensas precipitaciones pluviales estacionales que ocurren entre los meses de diciembre a abril. (Figura 1)
- b) En el informe **“Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Ayacucho”** (Vílchez, 2014) determina 31 zonas críticas, de los cuales cinco corresponden a la provincia La Mar. Estas zonas críticas resaltan las áreas o lugares, que luego del análisis de los peligros identificados, la vulnerabilidad a lo que están expuestos (infraestructuras y centros poblados) por estos peligros, se consideran zonas con peligro potencial de generar desastres y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación.
 - Para el caso del sector Ayna, San Francisco, Vilchez señala que esta zona es amenazada periódicamente por los siguientes fenómenos: movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), erosiones e inundaciones fluviales. La deforestación, es un factor importante que ha influenciado en la aceleración de los peligros geológicos de movimientos en masa.
- c) En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa elaborado para la región Ayacucho, (Vílchez, 2015), se determina que el poblado de San Francisco, se ubica en una zona de Alto a Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial. (figura 2-A)
- d) En el mapa de susceptibilidad a inundación y erosión fluvial para la región Ayacucho, (Vílchez, M. 2015), se determina que el poblado de San Francisco, se ubica en una zona de Medio y Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: Inundación y erosión fluvial. (figura 2-B)

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de la presente evaluación técnica es:

- Identificar y tipificar los peligros geológicos por movimientos en masa y geohidrológicos, que afectan tres sectores del distrito de Ayna: Miraflores, Virgen del Carmen y Rosales (obras de infraestructura, terrenos de cultivo y vías de comunicación), así como, las causas de su ocurrencia.
- Establecer los perfiles estratigráficos y espesores de los materiales del substrato rocoso con la prospección geofísica realizada, en función a las velocidades de propagación de ondas y sus características dinámicas, cuyas profundidades de investigación alcanzaron (un espesor que llega de 25.00m a 30.00 m.). Asimismo con los parámetros de Refracción Sísmica y de MASW servirán para la determinación de los parámetros de deformación dinámica de los suelos.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación del riesgo.

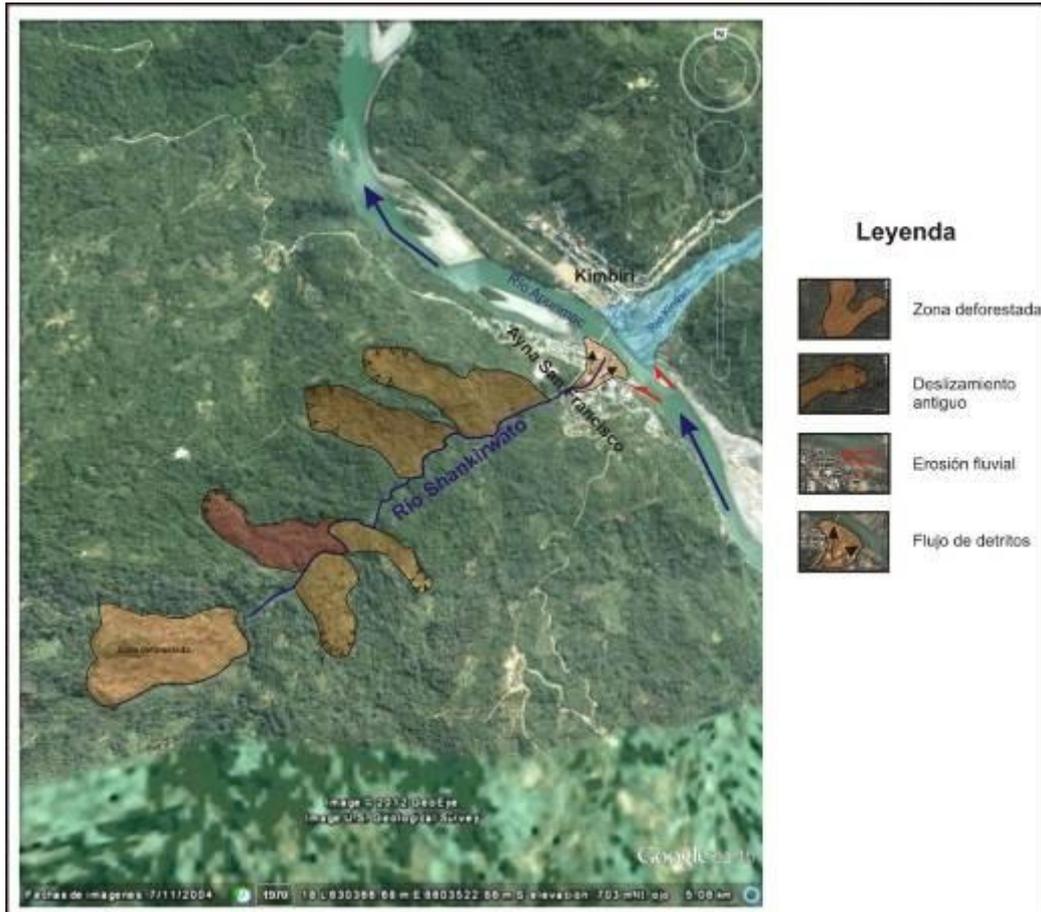


Figura 1. Peligros geológicos que afectan la localidad de San Francisco, distrito Ayna, (Nuñez, 2012).

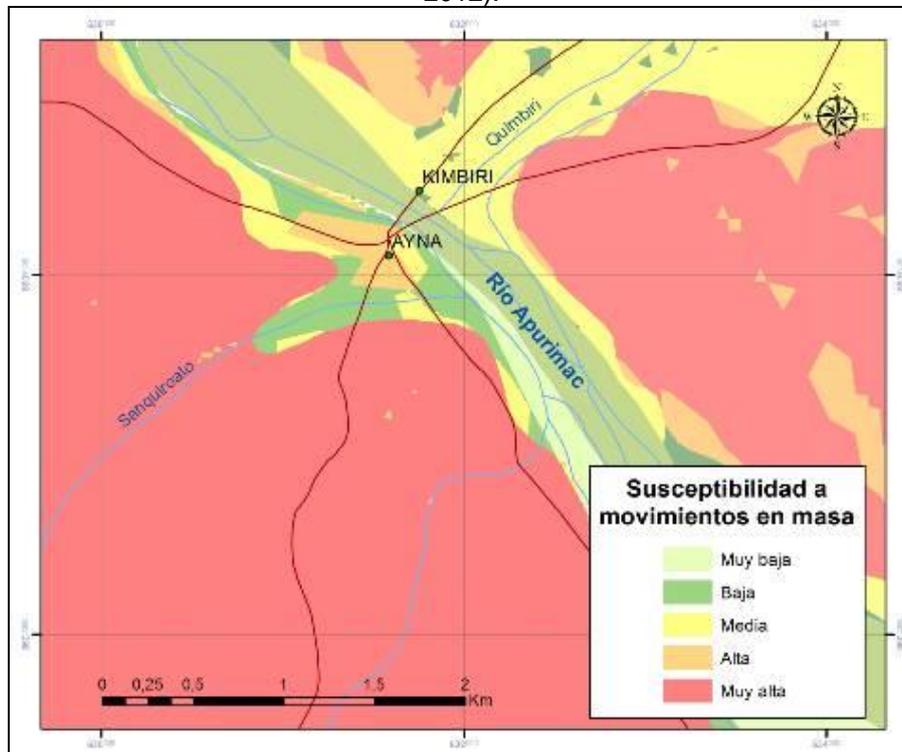


Figura 2-A. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa para la región Ayacucho, que resalta el sector San Francisco, en una zona de Alto y Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial. (tomado de Ingemmet, 2015).

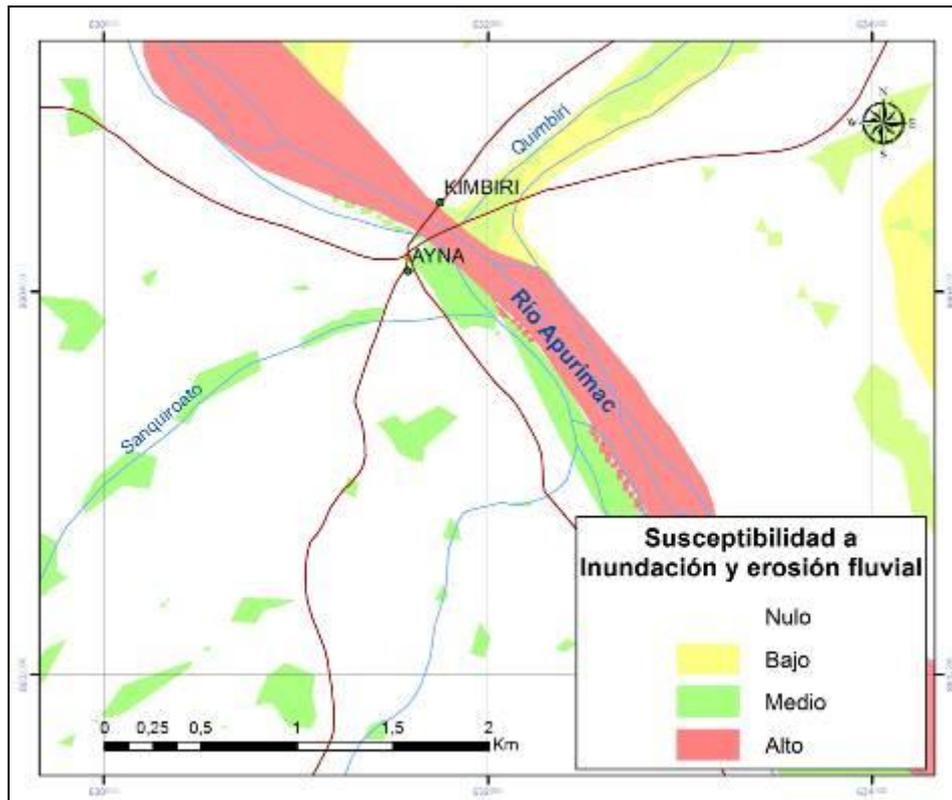


Figura 2-B. Mapa de susceptibilidad a inundación y erosión fluvial para la región Ayacucho, que resalta el poblado San Francisco, ubicado en zona de Medio y Muy Alto grado de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial (Ingemmet, 2015).

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. Ubicación y accesibilidad

La localidad de San Francisco se ubica en la margen izquierda del río Apurímac, en ambas márgenes del río Shankirwato (Figura 3). La capital de distrito cuenta con una población de 9 298 habitantes (INEI 2017), que se dedican a la agricultura

El área evaluada se encuentra comprendida entre las coordenadas UTM 8604131 – 8603720 Norte y 631248 – 632006 Este, y a una altitud de 650 m s.n.m.

El acceso a la zona de estudio:

Tramo		Km	Tipo de vía	Duración (h)
Lima	Ayacucho	567	Asfaltada	8:43
Ayacucho	San Francisco	191	Asfaltada	4:34

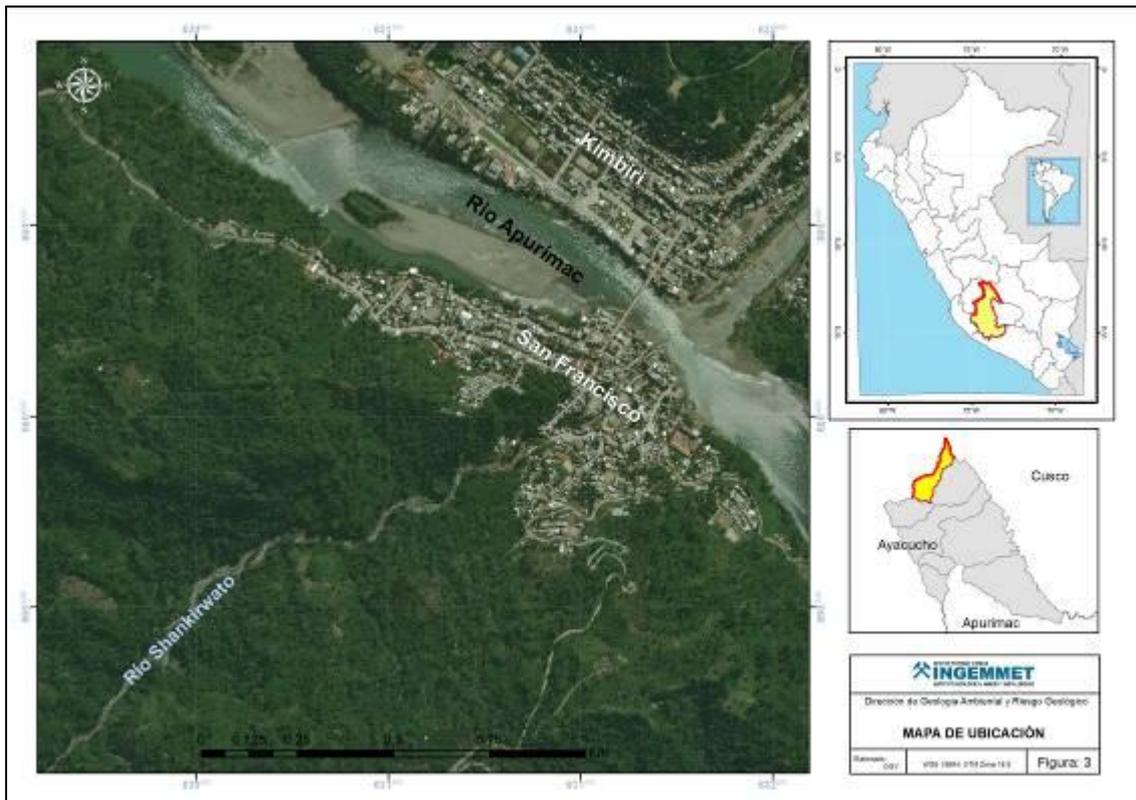


Figura 3. Imagen satelital donde se aprecia la ubicación de la zona de estudio.

2.2 Clima y desarrollo urbano en la zona

La zona presenta clima tropical y húmedo. En la actualidad, Ayna no cuenta con estación hidrometeorológica; sin embargo tomando la estación ubicada en Pichari, la más cercana al área de trabajo (última en funcionar), se cuenta con registros de precipitaciones anuales de 2 184,6 mm (SENAMHI, 2003).

La localidad de Ayna – San Francisco, se encuentra actualmente en proceso de expansión urbana, acciones que se realizan sin planificación, ubicando áreas para ubicación de la población en zonas de peligros geológicos, aumentando su vulnerabilidad. La expansión generada en los últimos años ha permitido que sean ocupados cauces de antiguas quebradas, terrenos muy susceptibles a ser erosionados por la dinámica fluvial; así como en laderas inestables (Nuñez, 2012).

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La zona evaluada está constituida geomorfológicamente por relieves montañosos con laderas en roca sedimentaria, así como colinas y lomadas en roca sedimentarias e intrusivas, relacionados a los procesos de erosión. Asimismo como producto de la acumulación de materiales de origen fluvial, aluvial o gravitacional, se presentan paisajes con vertiente de detritos poligénicos, vertientes coluvio-deluviales y terrazas aluviales. La pendiente de los terrenos es variada, apreciándose desde zonas llanas circundadas por relieves escarpados en sus inmediaciones (figura 04).

3.1. Pendiente del terreno

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de unidades geomorfológicas, además del relieve, es la pendiente de los terrenos. La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en

masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

En la zona de estudio, las laderas de los cerros tienen moderada pendiente, comprendidas entre 25° a 45°. Esto facilita el escurrimiento superficial de los material sueltos dispuestos en las laderas. Asimismo se tienen pendientes menores de los 5°, situadas en la parte baja del río Shankirwato donde se asienta parte del poblado San Francisco.

Por ello es propenso, considerando solo el factor pendiente, que ocurran movimientos en masa en laderas de montañas (deslizamientos) como cauces de quebradas (huaicos), porque facilita el escurrimiento superficial, como el fácil acarreo de material suelto en las laderas como cauces, respectivamente.

En el caso de las inundaciones y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, los terrenos de suave pendiente son propensos a estos eventos.

3.2. Unidades geomorfológicas

3.2.1. Montañas en rocas sedimentarias

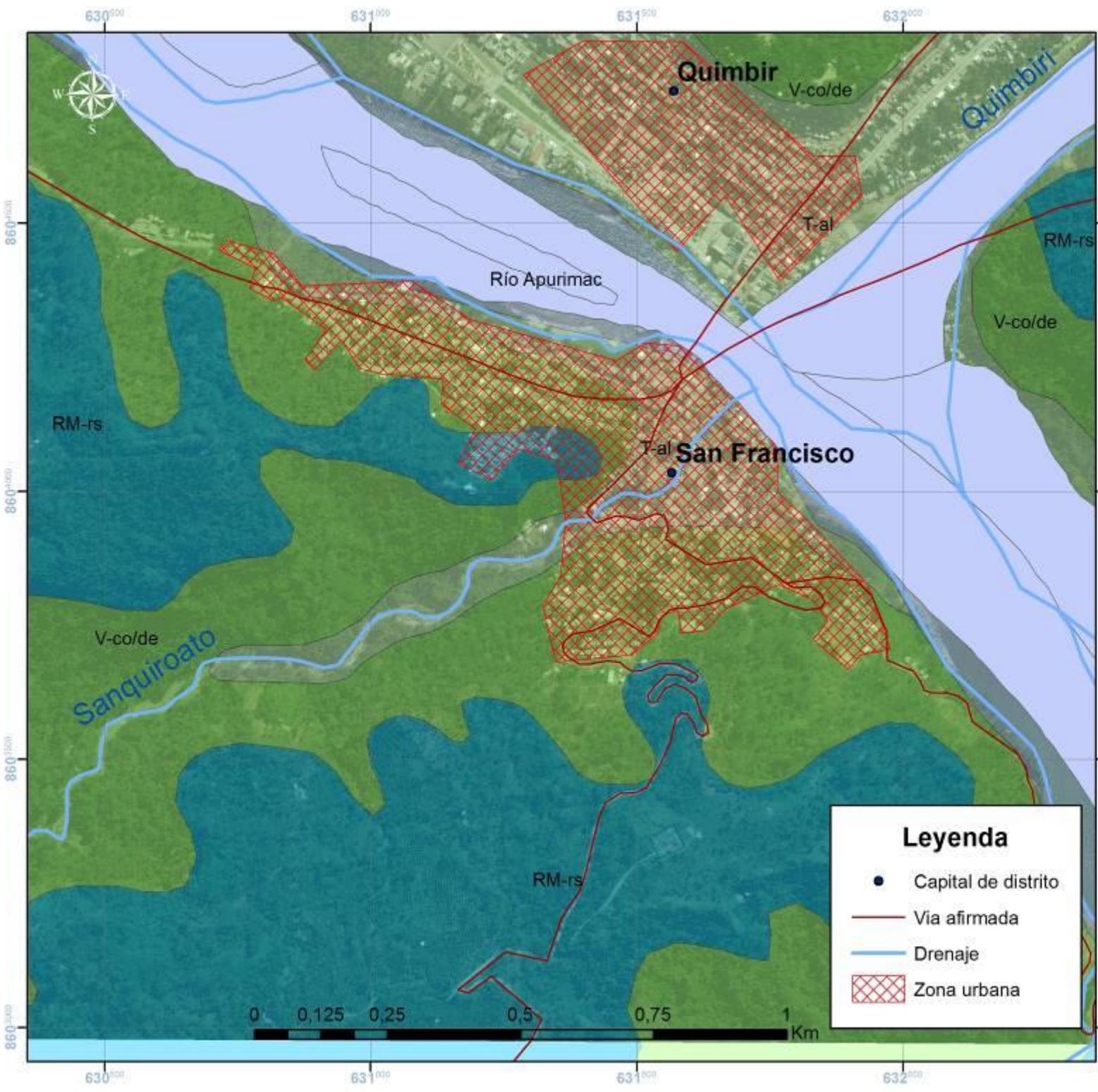
Corresponde a relieves montañosos compuestos por rocas sedimentarias (pizarras y areniscas cuarzosas) con laderas de pendiente media a fuerte (15° a 45°). Se observa en inmediaciones del poblado.

3.2.2. Vertiente coluvio deluvial

Relieves o laderas compuestas por acumulaciones originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas o movimientos complejos). Se caracterizan por el tipo de material litológico homogéneo por ser depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología usualmente es convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue de del movimiento en masa.

3.2.3. Terraza aluvial

Terrenos llanos relativamente altos por encima del curso actual de los ríos, principalmente de carácter estacionarios. Litológicamente están compuestas por fragmentos heterogéneos en tamaño y litología (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), transportados por la corriente de los ríos Shankirwato, Quimbiri y Apurimac, las cuales conforman superficies planas o terrazas bajas en ambas márgenes. Son consideradas susceptible a inundaciones en periodos de lluvias excepcionales (figura 4)



Unidades Geomorfológicas

- RM-rs Montaña en rocas sedimentarias
- V-co/de Vertiente coluvio - deluvial
- T-al Terraza aluvial
- Cauce de río

Leyenda

- Capital de distrito
- Via afirmada
- Drenaje
- Zona urbana

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Elaborado D. Gomez	WGS 1984, UTM Zona 18 S	Figura: 4
-----------------------	-------------------------	-----------

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Las rocas que afloran en la zona están constituidas por unidades litoestratigráficas que tienen edades del Paleozoico inferior como la Formación Ananea y Cabanillas, (Monge *et al.* 1998), hasta depósitos recientes o Cuaternarios como lo son los depósitos aluviales (figura 5), los cuales se describe a continuación

4.1. Formación Ananea

Está compuesta principalmente por rocas sedimentarias, formada por una gruesa secuencia de pizarras, pizarras limolíticas y areniscas cuarzosas muy subordinadas en capas delgadas (Monge *et al.* 1998). Esta unidad se caracteriza por presentar relieves suaves con buena cobertura vegetal, en muchos casos inestables debido a las pendientes pronunciadas y la constante deforestación que originan deslizamientos.

4.2. Formación La Merced

Esta constituida por una gruesa secuencia de conglomerados polimícticos, bien expuestos en la quebrada Shankirwato. Se trata de una secuencia gruesa y continua de conglomerados polimícticos subredondeados a subangulosos, de regular a mala clasificación, en matriz arenosa, los clastos alcanzan tamaños de hasta 50 cm, y provienen de la erosión de las formaciones paleozoicas (fragmentos de cuarcitas, pizarras, calizas, areniscas en menor proporción), también se observa niveles lenticulares de barras de arena ligeramente consolidadas e inclinada.

Esta unidad presenta un grado de consolidación que varía de semi consolidado en la parte superior ha consolidado hacia la base, son rocas de mala calidad, muy susceptibles a la generación de fenómenos de movimiento en masa, como derrumbes y flujos de detritos.

4.3. Depósitos aluviales

Depósitos constituidos por bloques, guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas, distribuidos en el fondo de los valles o quebradas principales, la mayoría de estos alcanzan el nivel freático. En la zona de estudio los depósitos aluviales, además de ocupar los lechos actuales de los ríos y terrazas bajas, constituyen el cimiento donde se han edificado los poblados; correspondiendo en algunos casos estos depósitos de huacos antiguos.

4.4. Depósitos coluvio-deluvial

Corresponden a depósitos formados por agentes meteóricos, gravedad, viento, lluvia y erosión de suelos, se caracteriza por presentar capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de los cerros con pendiente suave a moderado.

También se tienen bloques rocosos angulosos heterométricos, acumulado al pie del talud escarpado en forma de conos (Tinta, 2010), movilizados por corrientes temporales de agua o lluvias. Ocupan parte de los terrenos de fundación de las viviendas en la localidad de San Francisco.

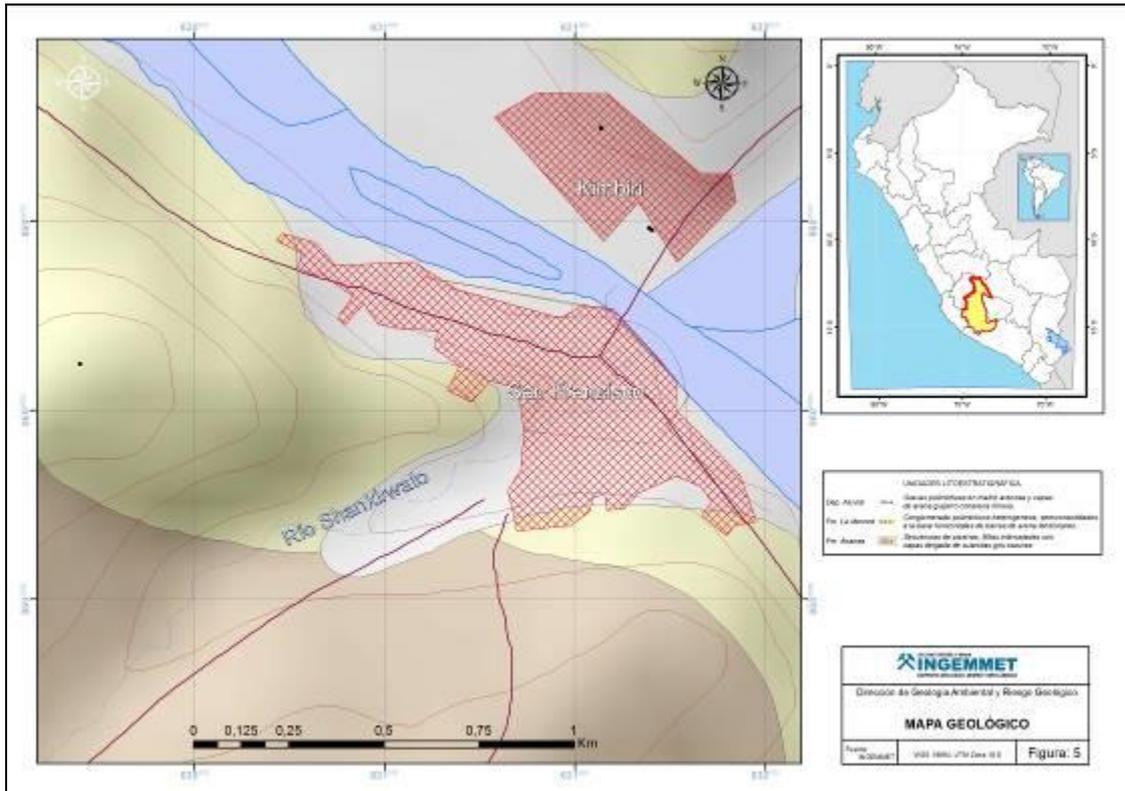


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio. (Tomado de Ingemmet, 1999).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Muchas poblaciones en nuestro país ocupan áreas que pueden ser afectadas por peligros geológicos, como antiguos cauces de quebradas, llanura de inundación, terrazas bajas del valle, laderas inestables, etc.

El poblado de San Francisco se encuentra asentado en parte sobre una antigua terraza formada por el río Shankirwato, que está sujeta a inundación y erosión fluviales. Otro sector de la población se asienta sobre laderas sujetas a movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes.

Según Guzmán *et al*, 2006, el sector Ayna en San Francisco, es considerado como una zona de Alta Susceptibilidad a los movimientos en masa.

Los eventos que vienen afectando los sectores ubicados en zona de ladera, que se generan desde el año 2012 comprometen los sectores de: Agroindustrial Miraflores, Rosales Miraflores, Virgen del Carmen y Miraflores. Se trata de movimientos en masa con velocidad muy lenta, que en periodo de lluvias intensas o lluvias cortas prolongadas se incrementan el movimiento.

5.1 OBSERVACIONES DE CAMPO.

En la inspección técnica realizada el 19 de febrero, se observó que la zona donde se asienta parte del poblado de San Francisco, principalmente las zonas ubicadas en las laderas de los cerros, presentan por sectores agrietamientos forman terreno hondado presentan muchos problemas como agrietamiento y terreno ondulado, hacia la parte superior de la ladera se logra observar escarpes de forma semicircular con saltos verticales que alcanzan hasta 2m. La ladera son condicionados por:

Factores de sitio

- a) Naturaleza de suelo incompetente.
- b) Substrato formado por conglomerados (con grado de consolidación semi-consolidados) y ligeramente meteorizados. De calidad geotécnica mala.
- c) Depósitos de eventos antiguos como derrumbes y deslizamientos susceptibles de remoción.
- d) Pendiente de las laderas, comprendidas entre 25° a 45°, consideradas como laderas inestables, susceptible a la ocurrencia de deslizamientos o derrumbes.
- e) Presenta sectores ojos de agua.
- f) Escasez de vegetación.

Factores antrópicos

- a) Cortes en el pie de la ladera.
- b) La deforestación indiscriminadas de laderas. Debido al crecimiento poblacional, origina la búsqueda de terrenos para desarrolla como zonas de expansión urbana.
- c) Ocupación inadecuada del suelo por el hombre hacia zonas susceptibles (expansión urbana).
- d) Uso inadecuado de las aguas de escorrentía.

El detonante principal las precipitaciones pluviales intensas y/o excepcionales, presentadas entre los meses diciembre a marzo.

A continuación se describe la geodinámica en cada sector evaluado:

5.1.1 Sector Paraíso

Según versión de los moradores, en el año 2012, la superficie del terreno presentaba agrietamientos y forma ondulada, producto de un movimiento muy lento de la ladera en periodo de lluvias intensas.

En este sector, se identifican eventos de movimientos en masa de tipo: deslizamiento, derrumbes y erosión de ladera (ver figura 6).

El deslizamiento presenta las siguientes características:

- escarpe principal 230 m.
- escarpe secundario 80 m
- el cuerpo desplazado tiene una dirección de movimiento norte 20°; agrietamientos de 30 m de longitud con aberturas de hasta 0.10 m.

En la actualidad el evento se clasifica como un deslizamiento reactivado y de riesgo latente; al haberse generado modificaciones en su talud. antrópicas afectaría las viviendas asentadas al pie del talud.

Esto se corrobora con las siguientes observaciones de campo:

- La zona ha sido ocupada por un local para guardar maquinaria, para el cual realizaron cortes de talud, explanación y compactación, modificando la morfología y desestabilizando el talud.
- Presenta muros en mal estado producto del empuje de la masa desplazada, los agrietamientos tienen aberturas entre 2 a 20 cm, muy inclinados. (figura 7)

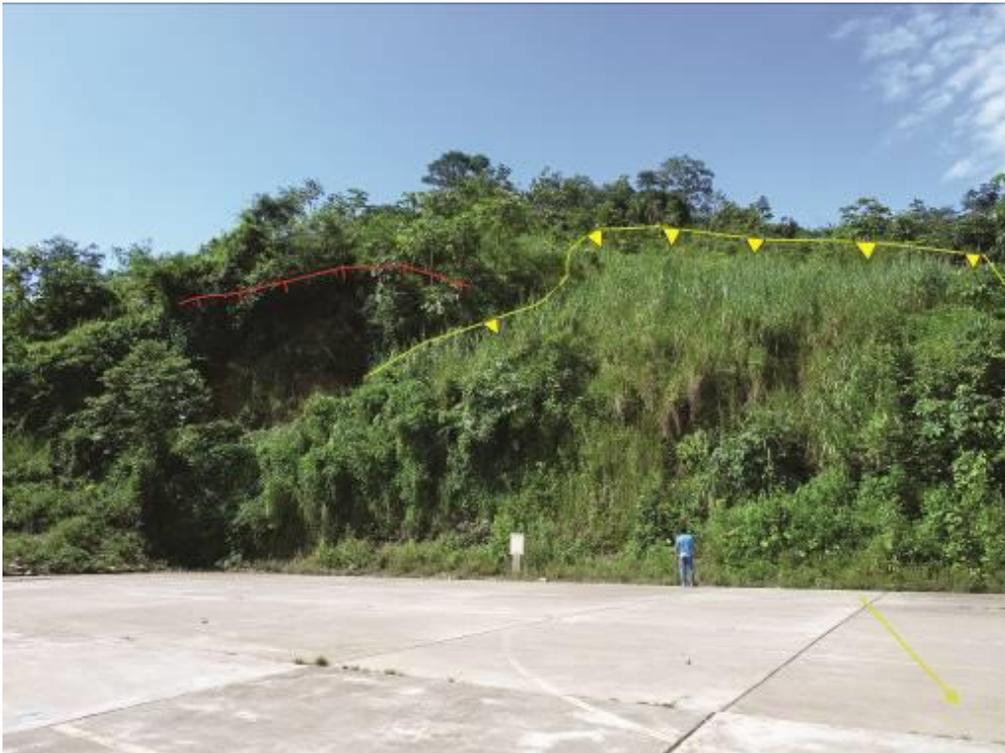


Figura 6. Sector Paraíso. En línea amarilla se puede apreciar el escarpe del deslizamiento; línea roja con un escarpe de derrumbe. Este deslizamiento tiene un ratio de movimiento muy lento y se activa en periodos de lluvias intensas.



Figura 7. Local que era utilizado para guardar maquinaria pesada, donde se aprecian agrietamientos por el empuje de la masa desplazada. Línea amarilla entre cortada se observa asentamiento.

5.1.2 Sector Agroindustrial.

Núñez (2012), hace mención la versión de los lugareños del inicio de un evento originado a partir del año 2010, donde se dieron las primeras manifestaciones de un movimiento en masa: **agrietamientos del terreno, viviendas asentadas**. Este evento de tipo deslizamiento se activa en los periodo lluviosos.

También, describe al deslizamiento como un movimiento de masa lento, con un arranque regular a lo largo de una superficie de falla plana. La meteorización intensa en la roca del substrato, la pendiente y la saturación del terreno, favorecieron la formación del deslizamiento.

Las características que presenta el deslizamiento son las siguientes:

- Ancho de escarpa: 70 m. Cubierta parcialmente por vegetación.
- Salto principal: 5 m.
- Angulo de inclinación de la superficie de falla: 25°
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 65 m
- Longitud horizontal corona a punta: 225 m
- Dirección (azimut) del movimiento: 350°
- Longitud total (inclinada): 235 m
- Área del deslizamiento: 26 400 m²
- Volumen estimado del material que se está desplazando: 132 000 m³
- Agrietamientos del terreno, sin desplazamiento horizontal, el desplazamiento vertical del orden menor a 5 mm
- Avance: Retrogresivo.

Daños y efectos observados:

- Según los pobladores el año 2010 es afectado el cerco perimétrico del lado sureste de la Institución Educativa Secundaria San Francisco, por el desplazamiento del terreno dejando en mal estado 20m de muro (Figura 8).
- El local de una comunidad religiosa, es afectado por movimientos en masa: Piso agrietado; paredes con aberturas de 10 cm de separación. En la actualidad este local es utilizado para realizar su actividad religiosa. (Figuras 9 y 10)
- El sector Agroindustrial, presenta acumulación de agua (bofedal) y un terreno muy saturado en la coordenada 631601 E- 8603720 S, hacia el interior de la corona del deslizamiento reactivado el 2010. Esto es un indicador que la zona es muy inestable, es probable que parte de la masa del deslizamiento se desplace cuesta abajo. Además se apreció que el cuerpo del deslizamiento reactivado presenta pendiente fuerte 25° a 45°, el cual lo hace inestable. (Figura 11)
- Plataforma deportiva ubicada (coordenada 631578 E- 8603848 S), afectada por movimientos en masa, y también por flujos de lodo que ingresan a las viviendas. Las aguas de escorrentía discurren desde la parte alta por las calles pendiente abajo, en su recorrido arrastra todo tipo de material que encuentra. Afecta viviendas que se encuentran en la parte baja dejando no habitables. Al saturar el terreno genera además pérdida de la cohesión en el suelo ocasionando movimiento de la masa inestable. (Figuras 12, 13 y 14)



Figura 8. Cerco perimétrico inclinado en la IES San Francisco, iniciado desde el año 2010



Figura 9. Local de una comunidad religiosa. Se aprecian grietas con abertura de 10cm, en la pared ubicado al sur.



Figura 10. Local de una comunidad religiosa, se observa grietas con abertura de 8cm, en la pared ubicado al norte



Figura 11. Sector agroindustrial. Se observa acumulación de agua y terreno muy saturado.



Figura 12. Plataforma deportiva que también es afectado por movimientos y flujos de lodo



Figura 13. Sector Agroindustrial. Viviendas ubicadas en la parte baja de la ladera afectado por las aguas de escorrentía, generando flujos de lodo.



Figura 14. Estructura de una vivienda en mal estado por el empuje y desestabilización de movimiento en el terreno, también es afectado por flujos de lodo.

5.1.3 Sector Miraflores.

Según el análisis de las versiones de los pobladores, el evento se inicia poco después de diferentes aspectos que a continuación se describen:

- Al paralizarse las obras del proyecto relacionado al saneamiento básico (instalación de agua y desagüe), las calles presentaban zanjas expuestas, debido a las excavaciones realizadas, originando que durante el inicio del periodo de lluvias se formaran aniegos y principalmente saturación del terreno. Esto ocasionó pérdida de cohesión de los suelos y por ende su la estabilidad al presentarse saturados, generando desplazamientos ladera abajo.
- Asimismo, los trabajos de corte de talud al pie de la ladera, realizada para la construcción de un nuevo puente, genera agrietamientos entre 10 a 20m. en el terreno, algunos con salto vertical hasta 0.10 m. (figura 14).
- El sector presenta instalaciones de desagüe en mal estado, que generan la emanación de aguas residuales que se infiltran en el terreno y muchas veces las mismas discurren por la superficie. (figuras 15 y 16)

Entre los daños observados relacionados a este movimiento en masa se tiene:

- Afectación del cerco perimétrico ubicado al lado noreste de la Institución Educativa Inicial N° 425-40 MX-U Miraflores, dejando expuesto el cimiento por el deslizamiento generado en el sector; también se presenta agrietamiento en la superficie de la plataforma deportiva así como aberturas en las paredes del local. (figura 17)

- La infraestructura de la Institución Educativa Primaria Miraflores, presenta agrietamientos en la vereda; el movimiento afectaría el cimientado y la columna, al encontrarse cerca de la zona donde se está generando el deslizamiento, debido al debilitamiento del terreno al pie del talud y por presentarse el terreno saturado (figura 18).
- Las gradas en la calle que da a la puerta principal de la IEP Miraflores, se encuentra en mal estado por el empuje que se genera en ese sector (figura 19); asimismo en algunos tramos de la plataforma vía afirmada se observan asentamientos (figura 20)
- Plataforma deportiva (coordenadas 631490 E-8603703 S), presenta una superficie ondulada (cóncavo-convexa) originada por el empuje de la masa inestable en movimiento ladera abajo; se aprecia además la presencia de drenaje que satura el terreno. Las viviendas que se encuentran cerca han sido afectadas y en algunos casos ya no son habitadas. (figuras 21 y 22)
- En sectores del tramo de carretera afirmada, se observa asentamientos, por presentar suelos saturados.

5.2 Condiciones de estabilidad de la ladera

Las precipitaciones pluviales intensas, que se están presentando actualmente pueden acelerar o detonar los procesos de movimientos en masa en proceso identificados. La saturación del suelo aumenta la desestabilización, pudiendo en algunos casos presentarse movimientos posteriores al período de lluvias, debido a la retención de agua.

El depósito está conformado por bloques subredondeados polimícticos, que llegan a tener un diámetro de hasta 0.10 m

Los derrumbes antiguos tienen coronas comprendidas entre 280m a 100m; no se aprecia fácilmente el escarpe principal por estar cubierto por vegetación, pero la morfología de las laderas permite su identificación.

Por lo tanto, las condiciones de estabilidad en los sectores evaluados es muy precaria; se presentan condiciones geológicas como sustrato de mala calidad propensa a generar nuevos movimientos en masa, pendiente del terreno, sustrato saturado, depósitos de deslizamientos y derrumbes antiguos y actuales fácilmente de ser removidos (figura 15); factores suficientes para que se genere movimiento en masa similares a los generados recientemente.



Figura 14. Sector ubicado al pie de la ladera donde se ejecutan cortes del talud para proteger el estribo de un puente en construcción.



Figura 15. Instalaciones de saneamiento básico en mal estado que contribuyen a saturar el terreno y por ende a generar su inestabilidad.



Figura 16. Tuberías de PVC en mal estado



Figura 17. Cerco perimétrico de la IEI N° 425-40MX-U Miraflores, afectado por el deslizamiento dejando expuesto parte del cemento, en línea roja entrecortada escarpe del deslizamiento.



Figura 18. Infraestructura de la IEP Miraflores, se observa agrietamientos en la vereda. Su evolución afectaría el cemento y las columnas.



Figura 19. Gradas en la calle que da a la puerta principal del IEP en mal estado por el movimiento en masa que se ha producido.



Figura 20. Tramo afirmado de la vía donde se ha producido un asentamiento de la plataforma. (línea amarilla entre cortada)



Figura 21. Plataforma afectado por el desplazamiento y empuje de la masa deslizada, generando un basculamiento.



Figura 22. Viviendas que se encuentra cerca de la zona inestable, que en la actualidad no son habitadas.

6. METODOS DE PROSPECCION GEOFÍSICA APLICADOS

Para el presente estudio se han aplicado los métodos de Sísmica de Refracción, MASW y tomografía Eléctrica con el objetivo de obtener una perfil Geo sísmico y geo-eléctrico detallado que permita identificar los material inconsolidados, semi-consolidados, zonas de filtraciones de agua o con mayor grado de humedad, así como la profundidad del substrato rocoso.

6.1 Ensayos de Refracción Sísmica y MASW

Con el fin de establecer y determinar la estructura de los materiales constituyentes del suelo de fundación en los sectores investigados y en base a lo cual (en función al alcance del método y resolución) se planteen las estructuras necesarias para él proyecto. El método de Refracción Sísmica, sirve como elemento y criterio básico en la elaboración de alcance para diseños de cimentación de estructuras, así como en la proyección de obras de contención, lo cual deben ser verificados y corregidos mediante perforaciones o calicatas.

Los trabajos de campo fueron desarrollados entre los días 18 al 22 de febrero del año 2019, por un especialista en geofísica de la DGAR-INGEMMET con el apoyo de la Municipalidad de San Francisco de Ayna-La Mar y el Gobierno Regional de Ayacucho. Se obtuvieron registros de ondas de llegada de ondas corpóreas (ondas P), así como de ondas de corte (ondas S), cuyos resultados se reportan.

6.2 Trabajo de campo

La ubicación y alineamiento de los perfiles se hizo en estrecha coordinación con el personal de geología de la DGAR.

Durante el levantamiento se definió la dirección de cada uno de los perfiles teniendo en cuenta las variaciones topográficas y laterales, así como accesibilidad, teniendo en cuenta que es una zona poblada; cuyas coordenadas definidas se encuentran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas de los Perfiles Geofísicos de R.S. y MASW.

Perfiles Geofísicos Nro.	Coordenadas				Longitud (m)
	Inicio		Fin		
	Este	Norte	Este	Norte	
LS-01	631465	8603824	631400	8603763	100 m.
LS-02	631371	8603809	631459	8603779	100 m.
LS-03	631592	8603823	631508	8603837	100 m.

Fuente: GPS-GARMIN - INGEMMET .

6.3. Método de Ensayo

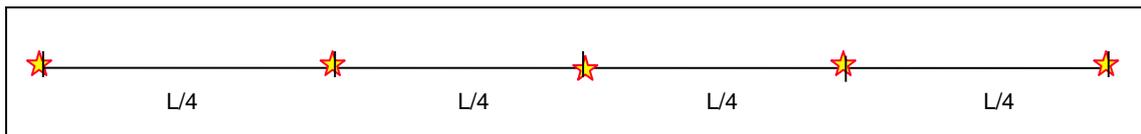
El ensayo de refracción sísmica, consistió en la medición de los tiempos de viaje de las Ondas P y Ondas S, generadas por un golpe de impacto producido por una comba; los impactos fueron localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo.

La energía fue detectada, amplificada y registrada de tal manera que pueda determinarse su tiempo de arribo en cada punto. El inicio de la grabación fue dado a partir de un dispositivo o SWITCH que nos da el tiempo cero para evaluar el tiempo de recorrido.

Estos datos tiempo y distancia, usado para cada caso especial, una variación del Punto de Disparo (o aplicación de la energía), nos permite evaluar las velocidades de propagación de ondas P, a través de los diferentes suelos cuya estructura, geometría, continuidad son objetivo del estudio. Se utilizó el método de "Delete Time" para análisis de los resultados.

Todas las formas de análisis manejan criterios que utilizan la suposición de la Ley de Snell en cuanto a la reflexión y refracción de las ondas P. De los espesores y las velocidades de propagación de ondas P obtenidas, las características geotécnicas pueden ser correlacionadas a la compacidad y densidad.

Se utilizó la Estación Portátil de Prospección Sísmica GEODE GEOMETRICS con 24 canales de registro, cables con espaciamiento de 4 m, y 3 m para los MASW; geófonos magnéticos y una computadora para almacenar los registros. La distribución de los puntos para cada línea de Refracción Sísmica el disparo / Impacto, se realizó de la siguiente manera.



Distribución de los puntos en las líneas de refracción sísmica.

Para cada línea de MASW, se utilizó perfil contra perfil (dos tiros de ida y dos de vuelta) con espaciamientos de 3 m y para los triggers, 7.5 y 15 m de distancia al primer y último geófono.

6.4. Procesamiento

Para realizar el procesamiento e interpretación de los perfiles sísmicos se usó como ayuda el grupo de programas de Refracción Sísmica de PickWin y PlotRefra. El primero permite realizar las lecturas de los sismogramas, mientras que el segundo produce un modelo de profundidad desde el archivo de datos de entrada preparado por el programa anteriormente descrito. Asimismo, el programa calcula las velocidades de los estratos mediante técnicas de mínimos cuadrados, luego usa el método de tiempo de retardo para estimar las profundidades; ajusta las profundidades de cada estrato por efecto de la superficie topográfica. Este proceso se hace en forma iterativa hasta encontrar el modelo que se ajuste a la geología del terreno investigado.

6.5. Instrumentos y Procedimientos de levantamiento

El equipo utilizado para realizar el trabajo de Prospección Sísmica GEODE, es un sismógrafo de última generación que posee un sistema de adquisición de datos que es almacenada y procesada por una computadora; este equipo tiene las siguientes características técnicas: (figura 24)



Figura 24 Instrumentos utilizados

Modelo	GEODE
Nº de Canales	24
Resistencia de Salida	> 600 ohmios
Rango de Frecuencia	10 - 400 Hz
Filtro de Frecuencias	10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400, 500, 1000 Hz.
Ganancia	De par 24 o 36 db.
Intervalo de Muestra	0.02, 0.3125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 16 ms.
Tiempo de Retardo de Registro	0-999 ms. en pasos de 1 ms.
Tiempo de Pre arranque	90% duración general
Sistema de Mando	Computadora IBM AT-80386sx
Tensión de Alimentación	12 V
Potencia de Consumo	26 W

6.6. Interpretación y Resultados de los Perfiles sísmicos obtenidos

La evaluación de la refracción sísmica ha consistido en graficar líneas de la superficie basándose en la topografía superficial, indicando los puntos de localización de geófonos y los puntos de impacto. Para cada una de las líneas sísmicas se han establecido perfiles sísmicos con valores de velocidad de propagación de ondas longitudinales (ondas P), y ondas Transversales o de corte (ondas S), basándose en las dromocrónicas calculadas de los tiempos de llegada de las ondas. Para tipificar los estratos de las ondas S se utilizó la clasificación de los perfiles de suelos (EMS) de la Norma Sismoresistente E-030. MTC/SENCICO (2003).

Para este estudio se evaluaron 3 sectores se ejecutaron las líneas sísmicas : LS-1, LS-2 y LS-3 acompañado de los ensayos MASW: MASW 01, MASW02 y MASW 03 con los cuales se generó los tres perfiles sísmicos infiriéndose 3 estratos de las ondas P y ondas S. de cada sector, de donde se puede deducir lo siguiente:

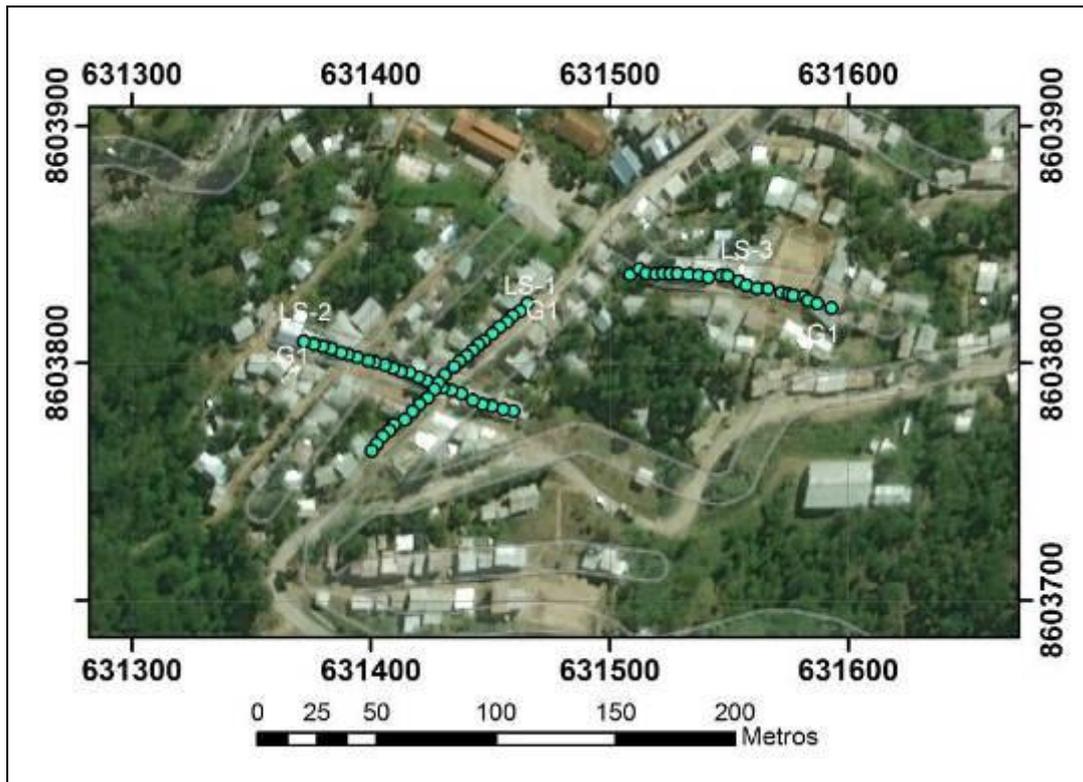
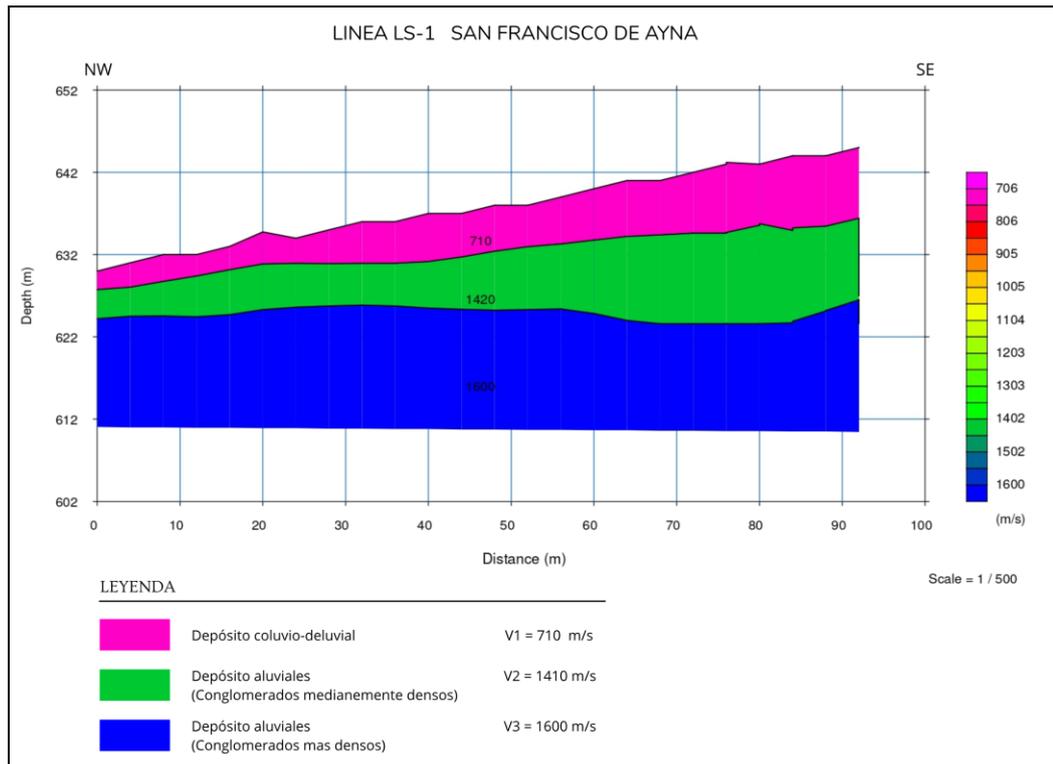
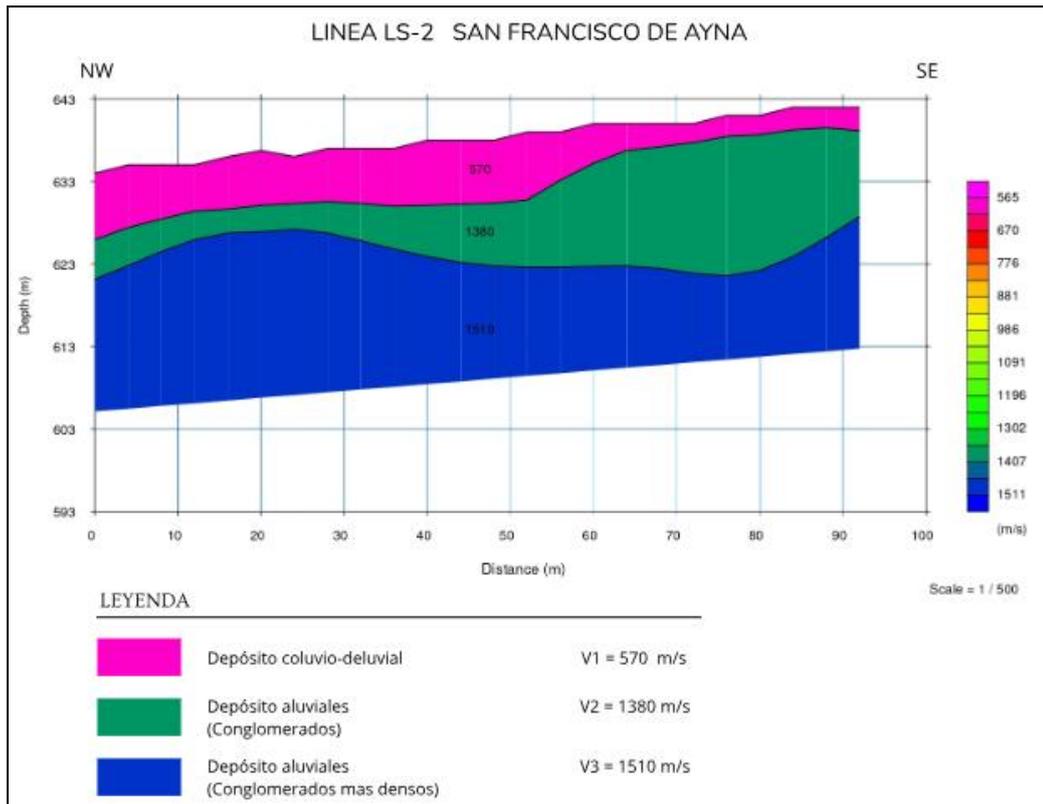


Figura 25 Ubicación de las líneas sísmicas

1) Sector de la Línea LS-01: Se localizan transversal a la línea LS-2 (G14 y G15) y en el G16 con G17 de la LS-1 con rumbo de NW a SE (carretera a Santa Rosa), el primer estrato está conformado por un material coluvio deluviales inconsolidado, con velocidad de ondas compresionales que en el orden de los $V1 = 710$ m/s y velocidades de ondas S de $V1 = 336$ m/s (suelo intermedio rígido); la variación en las velocidades se debe a la presencia de bolonería y humedad del material esta primera capa tiene espesores de entre $E = 2,00$ m a $E = 8,00$ m; subyaciendo a este estrato identificamos a material aluvial que corresponden a los conglomerados medianamente denso, con velocidades de ondas compresionales del orden de los $V2 = 1410$ m/s y ondas "S" transversales de $V2 = 468$ m/s, con un espesores de entre $E = 3,00$ m a $E = 12,00$ m, esta capa se engrosa más hacia el sector sureste; continuando finalmente el material de Depósitos Aluviales conglomerados muy densos con ondas compresionales de $V3 = 1590$ m/s y Velocidades de ondas S de $V3 = 684$ m/s.



2) Sector de la Línea LS-02: Sector de la Línea LS-02: Se localizan transversal a la línea LS-1 (G16 y G17) y en el G14 con G15 de la LS-2 con rumbo de NW a SE (carretera a Santa Rosa), el primer estrato está conformado por un material coluvio-deluviales inconsolidado, con velocidad de ondas compresionales que en el orden de los $V1 = 570$ m/s; ondas S de $V1 = 255$ m/s (suelo cohesivo); la variación en las velocidades se debe a la presencia de bolonería y humedad del material esta primera capa tiene espesores de entre $E = 2,00$ m a $E = 8,00$ m; subyaciendo a este estrato identificamos a material aluvial que corresponden a los conglomerados medianamente denso, con velocidades de ondas compresionales del orden de los $V2 = 1380$ m/s, ondas S de $V2 = 498$ m/s (suelo intermedio rígido); con un espesores de entre $E = 3,00$ m a $E = 17,00$ m, esta capa se engrosa más hacia el sector suroeste; subyace por debajo el material de Depósitos Aluviales conglomerados con ondas compresionales de $V3 = 1510$ m/s y velocidades de ondas S de $V3 = 736$ m/s. (Material aluvial muy denso).



3) Sector de la Línea LS-03: Se localizan en la parte baja cerca al colegio Miraflores, con rumbo de NW a SE, el primer estrato está conformado por un material coluvio-deluviales inconsolidado, con velocidad de ondas compresionales que en el orden de los $V_1 = 5300$ m/s; con velocidades de ondas S de $V_1 = 385$ m/s (suelo intermedio rígido); la variación en las velocidades se debe a la presencia de humedad del material esta primera capa tiene espesores de entre $E = 3,00$ m a $E = 7,00$ m; subyaciendo a este estrato identificamos a material aluvial que corresponden a los conglomerados medianamente denso, con velocidades de ondas compresionales del orden de los $V_2 = 1240$ m/s y velocidades de ondas S de $V_2 = 400$ m/s (suelo intermedio rígido);, con un espesores de entre $E = 3,00$ m a $E = 12,00$ m, esta capa se engrosa en el sector central; subyace por debajo el material de Depósitos Aluviales conglomerados medianamene cohesivos - densos debido a su velocidad con ondas compresionales de $V_3 = 1330$ m/s y velocidades de ondas S de $V_3 = 420$ m/s (suelo intermedio -medianamente cohesivo).

El cuadro 2 resume los resultados obtenidos en cada una de las líneas.

Cuadro 2
 Resultado de los Ensayos de Refracción Sísmica y MASW.

LÍNEA	ESTRATO	Vp (m/s)	Vs (m/s)	TIPO DE SUELO
Línea LS-01	1	710	336	Depósito coluvio/deluviales inconsolidado
	2	1410	468	Depósito aluviales medianamente densos
	3	1590	684	Depósito Aluviales conglomerados muy densos
Línea LS-02	1	570	255	Depósito coluvio/deluviales inconsolidado
	2	1380	498	Depósito Aluviales medianamente densos
	3	1510	736	Depósito Aluviales conglomerados muy densos
Línea LS-03	1	530	385	Depósito coluvio/deluviales inconsolidado
	2	1240	400	Depósito Aluviales medianamente densos
	3	1330	420	Depósito Aluviales conglomerados medianamente cohesivos.

6.7. RESULTADOS DE MASW-LS-1,LS-2 y LS-3

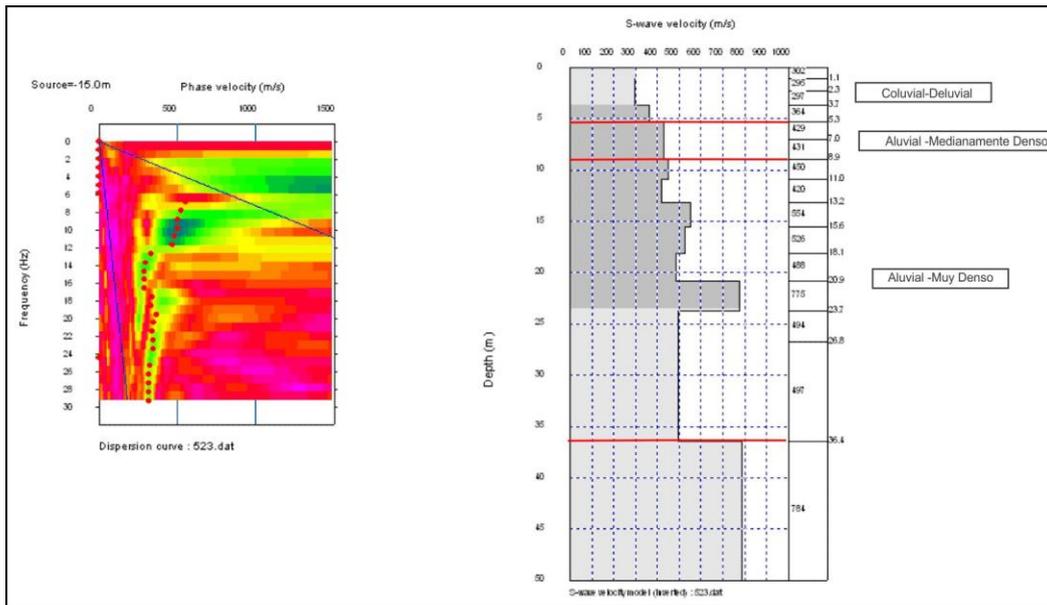
Se llevaron a cabo investigaciones de prospección geofísica, empleando el Método de Análisis de Ondas Superficiales MASW : con el objeto de determinar las velocidades de ondas "S" en función de la profundidad para cada una de las tres líneas de la zona en estudio.

Estas investigaciones están orientadas a conocer las características físicas de los materiales en profundidad. Se ejecutaron un total de 03 líneas sísmicas de prospección sísmica en las líneas de Refracción sísmica con 3 m de separación y con tiros de 7.5 m a 15 m del primer y último geófono.

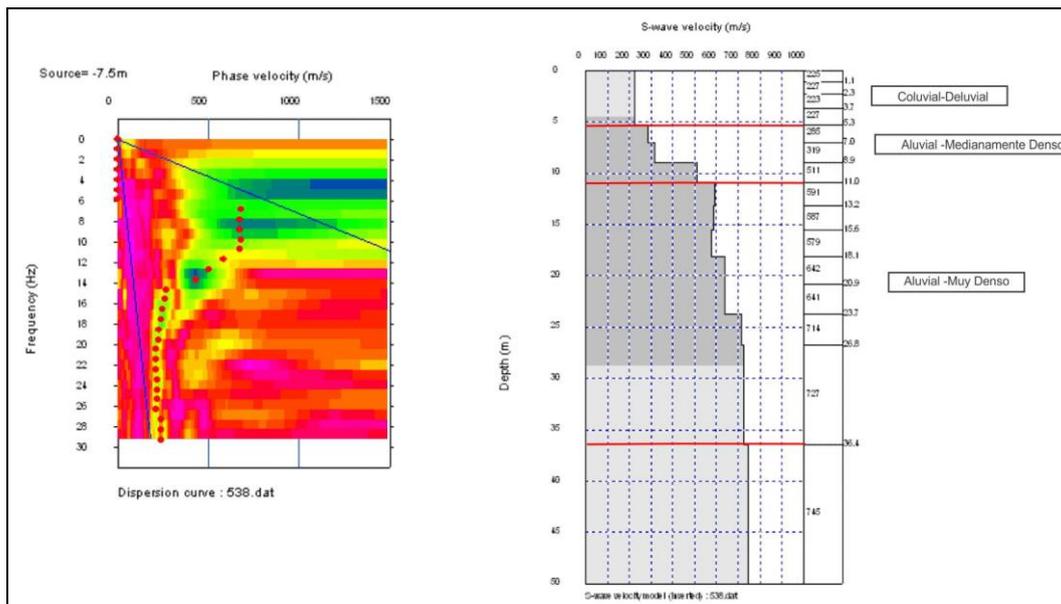
6.7.1. Resultados del Ensayo de Refracción Sísmica - Método MASW

A continuación se presenta un resumen de los resultados de velocidad de propagación de ondas de corte -ondas S; el número de estratos identificados.

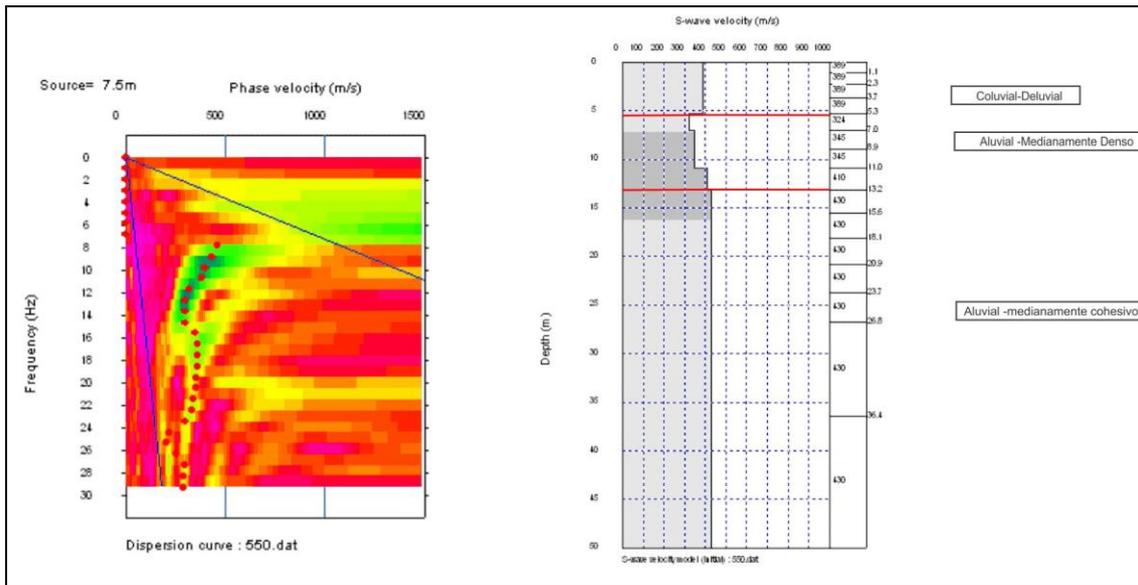
Ls1-MASW-AYNA



L-2-MASW-AYNA



L-3-MASW-AYNA



6.8 PROCESAMIENTO Y RESULTADOS GEOFÍSICOS DE TOMOGRAFIA ELECTRICA

La información obtenida en campo, registrada y guardada en la memoria interna del equipo, fue procesada por software especializados de inversión de Resistividades – Tomografía Eléctrica, RES2INV. Geotomo Software, (2003) Posteriormente estos son llevados a secciones de tomografía eléctrica para su interpretación final.

La información obtenida, como las características físicas de las depósitos, fue correlacionada con la formación geológica en este caso la Formación La Merced .

Los datos obtenidos en campo se registraron con el equipo Syscal pro Switch 48 in situ, con control de calidad de datos de campo, para su posterior procesamiento e interpretación en gabinete.

Línea	Denominación	Coordenadas UTM			
		Punto Inicio		Punto Final	
		Norte	Este	Norte	Este
LT-1	Quebrada del Huayco	8603909	631413	8603727	631324
LT-2	Adyacente a Colegio	8603887	631513	8603719	631368
LT-3	Perfil transversal	8603745	631553	8603822	631344

Cuadro 3. Resumen de la ubicación de las líneas geofísicas Tomografía Eléctrica realizadas en la zona de estudio.

La siguiente interpretación está basada en la totalidad de la base de datos tomada durante el trabajo de campo, para las líneas LT-1 , LT-2 y LT-3 de tomografía Eléctrica. Asimismo, se muestran tres láminas de la resistividad y la interpretación respectiva.(figura 26)

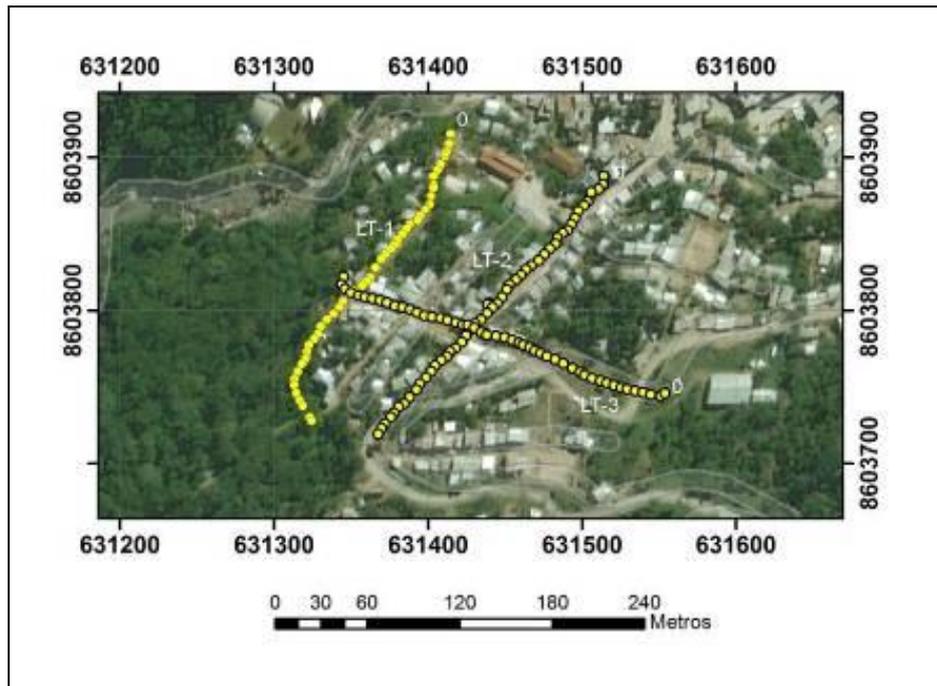


Figura 26. Ubicación de las líneas de Tomografía eléctrica

6.9 PERFILES GEOFÍSICOS

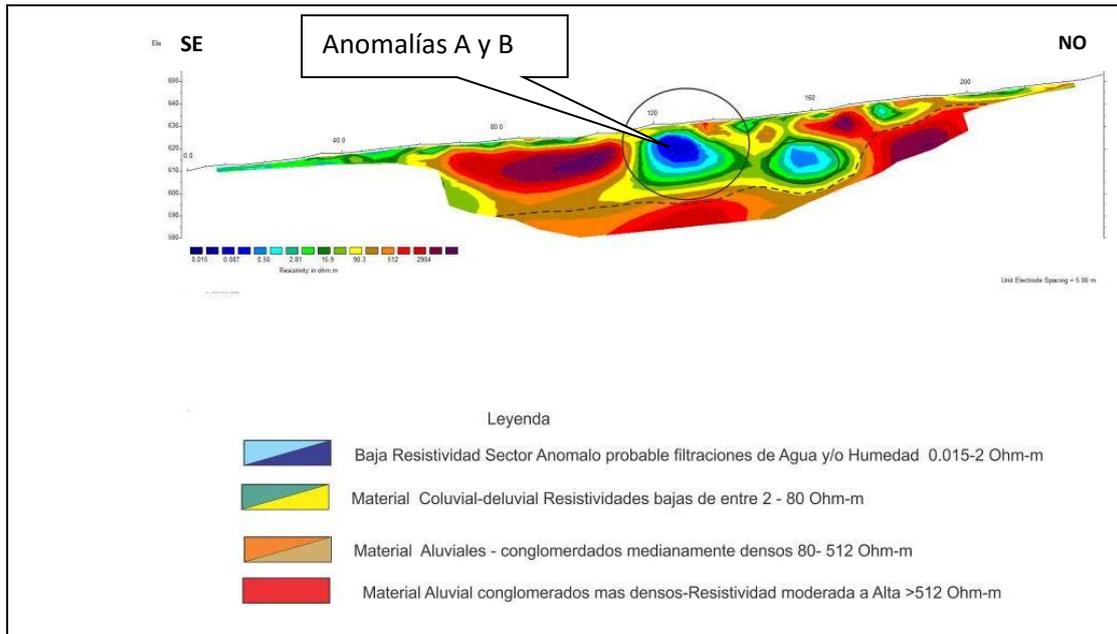
El estudio geofísico consistió en obtener la sección geo-eléctrica con el fin de elaborar una imagen espacial de la distribución 2D de resistividad eléctrica con la profundidad. Este parámetro físico, está determinado por factores tales como la naturaleza de los sedimentos, el contenido de elementos conductivos, alteración, humedad, etc. En consecuencia, a partir de sus valores es posible deducir parámetros importantes que permiten entender la naturaleza del subsuelo.

a) PERFIL DE TOMOGRAFIA ELECTRICA LT-1:

LÍNEA LT-01.- Rumbo NE-SO, ubicada a un costado del colegio desde la parte de la quebrada/construcción de puente hacia la parte alta. Se determinó zonas de baja, moderada y alta resistividad.(Figura 25).

- Muy Baja Resistividad (Capa celeste): Valores de entre $\rho_a=0,15$ Ohm-m a $\rho_a=2$ Ohm-m, representan zonas húmedas o con filtraciones de agua (anomalía A), se presentan entre 115 m a 135 m; la anomalía B, de menor dimensión, se ubica entre 155 m a 167 m.
- Baja a Moderada Resistividad (Capa amarilla con verde): Valores de entre $\rho_a=2$ Ohm-m a $\rho_a=80$ Ohm-m, corresponden al material superficial coluvial-deluvial en estado húmedo por aguas meteóricas, tienen espesores variables de entre 3 a 25m muy probable al inicio de la línea y entre 115 a 135 m.
- Moderada a Alta Resistividad (Capa naranja con marrón claro): Valores de entre $\rho_a=80$ Ohmio-m a $\rho_a=512$ Ohmio corresponden a una zona de material aluvial/conglomerado más denso.
- Alta Resistividad (Color rojo): Valores máximos de resistividad $> \rho_a=512$ Ohm-m, corresponden a la zona de material más denso está relacionada a la presencia de un conglomerados más compactos. (ver **LÍNEA LT-01**).

Línea LT-01 – San Francisco de Ayna



Cuadro 4: Resistividades de la Línea de Tomografía Eléctrica LT-1

Resistividad (ρ_a) Ohmio-m	Observaciones
0,15 a 2	Muy Baja resistividad, corresponde a Zonas húmedas y/o con filtraciones de agua.
2 a 80	Corresponden a un material coluvial/deluvial- Resistividad baja a moderada..
80 a 512	Corresponden a una zona de material Aluvial/ conglomerados polimícticos medianamente densos- de moderada a Alta resistividad.
512	Alta Resistividad corresponde a la zona de conglomerados más densos.

b) PERFIL DE TOMOGRAFIA ELECTRICA LT-2

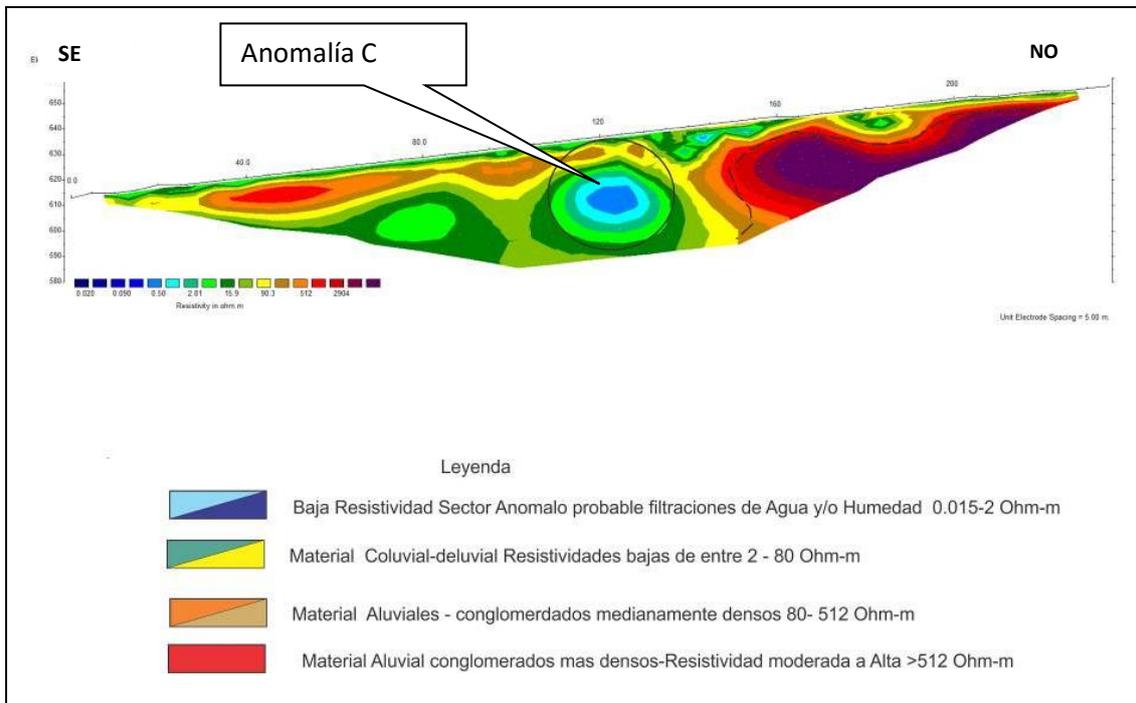
LINEA LT-02.- Rumbo NE-SO. Se ubica a un costado del colegio desde la parte baja por una de las calles y es casi paralela a la línea LT-1 y se dirige hacia la parte alta, se ha determinado zonas de muy baja, moderada y alta resistividad.

- Muy Baja Resistividad (Capa celeste): Valores entre $\rho_a=0,15$ Ohm-m a $\rho_a=2$ Ohm-m, representan zonas húmedas o con filtraciones de agua (anomalía C), se presentan entre 110 m a 130 m y pequeños halos de la anomalías relacionadas a la presencia de agua superficial o humedad de menor dimensión se ubica entre 130 m a 157 m.
- Baja a Moderada Resistividad (Capa amarilla con verde): Valores de $\rho_a=2$ Ohm-m a $\rho_a=80$ Ohm-m, corresponden al material superficial de coluviales y

deluviales en estado húmedo por aguas meteoricas, tienen espesores variables de entre 2 a 12 m se distribuye a lo largo de todo el perfil.

- **Moderada a Alta Resistividad (Capa naranja con marrón claro):** Valores de entre $\rho_a=80$ Ohmio-m a $\rho_a=512$ Ohmio corresponden a una zona de material aluvial/conglomerado más denso. Se ha determinado una estructura lenticular desde el punto 28 m a 120 m con mayor incidencia.
- **Alta Resistividad (Color rojo):** Valores máximos de resistividad $> \rho_a=512$ Ohm-m, corresponden a la zona de material más denso está relacionada a la presencia de un conglomerados más compactos. Se ha determinado una zona de mayor concentración y a poco profundidad desde el punto 140 a hasta el final de la línea en la zona de la quebrada (Huayco).

Línea LT-02 – San Francisco de Ayna



Cuadro 5: Resistividades de la Línea de Tomografía Eléctrica LT-2

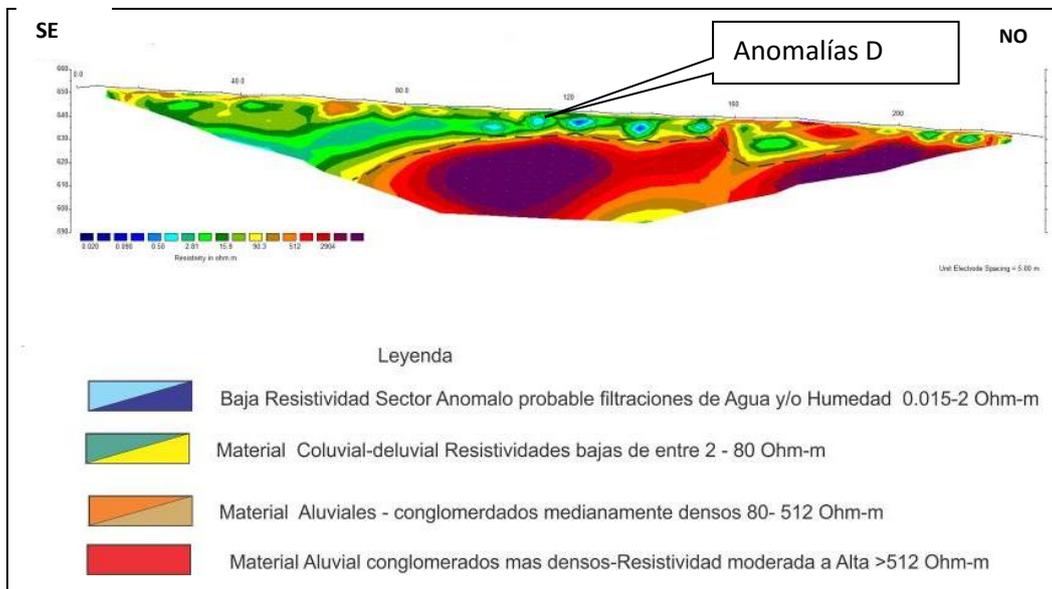
Resistividad (ρ_a) Ohmio-m	Observaciones
0,15 a 2	Muy Baja resistividad, corresponde a Zonas húmedas y/o con filtraciones de agua.
2 a 80	Corresponden a un material coluvio/deluviales- Resistividad baja a moderada.
80 a 512	Corresponden a una zona de material Aluvial/ conglomerados polimícticos medianamente densos- de moderada a Alta resistividad.
>512	Alta Resistividad corresponde a la zona de conglomerados más densos.

c) PERFIL DE TOMOGRAFIA ELECTRICA LT-3

LÍNEA LT-03.- Línea con rumbo SE-NO. Se ubica Transversal a las dos líneas tomográficas LT-1 y LT-2, tiene como punto inicial la parte alta de la carretera de acceso a Santa Rosa y se proyecta por una calle, se ha determinado zonas de baja, moderada, alta y muy alta resistividad.

- Muy Baja Resistividad (Capa celeste): Valores de entre $\rho_a=0,15$ Ohm-m a $\rho_a=2$ Ohm-m, representan zonas húmedas o con filtraciones de agua (anomalía A), se presentan como focos de anomalías pequeños y se localizan entre 100 m a 160 m; se muestran superficiales y con espesores de hasta 10 m.
- Baja a Moderada Resistividad (Capa amarilla con verde): Valores de entre $\rho_a=2$ Ohm-m a $\rho_a=80$ Ohm-m, corresponden al material superficial de coluviales y deluviales en estado húmedo por aguas meteóricas, con espesores variables de entre 3 a 30 m. Esta zona gruesa se localiza entre el punto inicial del perfil hasta los 160 m .
- Moderada a Alta Resistividad (Capa naranja con marrón claro): Con valores de entre $\rho_a=80$ Ohmio-m a $\rho_a=512$ Ohmio corresponden a una zona de material aluvial/conglomerado más denso. Mayormente se localizan entre 75 m hasta el final de la sección y a diferentes profundidades.
- Alta Resistividad (Color rojo): Valores máximos de resistividad $> \rho_a=512$ Ohm-m, corresponden a la zona de material más denso relacionada a la presencia de conglomerados más compactos. Se localizan desde los 80 m hasta el tramo final del perfil y yace mayormente a somera profundidad 2 a 5 m en el sector noroeste y en el punto 80 m se profundiza hasta los 35 m.

Línea LT-03 – San Francisco de Ayna



Cuadro N° 6: Resistividades de la Línea de Tomografía Eléctrica LT-3

Resistividad (ρ_a) Ohmio-m	Observaciones
0,15 a 2	Muy Baja resistividad, corresponde a Zonas húmedas y/o con filtraciones de agua.
2 a 80	Corresponden a un material coluvio/deluviales– Resistividad baja a moderada.
80 a 512	Corresponden a una zona de material Aluvial/ conglomerados polimícticos medianamente densos–de moderada a Alta resistividad.
>512	Alta Resistividad corresponde a la zona de conglomerados más densos.

CONCLUSIONES

- 1) El conglomerado de la Formación La Merced, por ser una unidad no litificada (no consolidada a medianamente consolidada), se comporta como una roca de mala calidad; es por ello, se presentan la mayor cantidad de movimientos en masa, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos.
- 2) La deforestación, es un factor importante que ha influenciado en la aceleración de los peligros geológicos de movimientos en masa. La ocupación inadecuada por el hombre debido al crecimiento poblacional.
- 3) Los movimientos en masa producidos en los sectores Miraflores, Agroindustrial y Paraíso, han afectado:
 - Viviendas, donde el piso y paredes se presentan agrietadas y colapsadas.
 - Instituciones Educativas, Inicial, primaria y secundaria, que muestran pisos y paredes agrietadas, cerco perimétrico inclinados con las bases expuestas, producto del empuje de la masa desplazada
 - Carretera afirmada San Francisco – Santa Rosa, con asentamientos en la plataforma de la carretera por sectores; presenta también falta de mantenimiento en las cunetas.
 - Infraestructura (gradas, vía pavimentada y plataformas deportivas), en mal estado.
 - Las instalaciones de saneamiento básico (buzones, tubos de desagüe) se encuentran en mal estado sin funcionamiento.
- 4) El levantamiento de las líneas de refracción sísmica con intervalos de separación de geófonos entre 3 m permitió determinar, en función a los tiempos de llegada de las ondas sísmicas, un rango de investigación de hasta 30.00 m.
- 5) Con los ensayos MASW se alcanzó una profundidad de investigación de velocidades de ondas de corte “S” de 45 m.
- 6) Los resultados de los parámetros sísmicos de las ondas P y S servirán para obtener los parámetros dinámicos y capacidad de carga del terreno.
- 7) El sector Miraflores se clasifica como: Suelo S2 y S1, suelos intermedios, medianamente rígido a rígido, arena muy densa y/o arcilla compacta respectivamente. Según la caracterización sísmica de suelos de la Norma Sismo resistente E.030 . MTC/SENCICO (2003).
- 8) Los resultados de la Tomografía Eléctrica han determinado zonas de filtraciones de agua y/o de mayor grado de humedad en la línea LT-1 (115 m a 135 m) y la anomalía B de menor dimensión se ubica entre 155 m a 167 m y en la línea LT-2 entre los puntos 110 m a 130 m
- 9) Los sectores Miraflores, Paraíso y Agroindustrial, por estar amenazado periódicamente por movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes), se considera como un área de Peligro Inminente.
- 10) El factor detonante para los peligros mencionados, están relacionadas a las intensas precipitaciones pluviales estacionales que ocurren entre los meses de diciembre a abril. A esto se suma los factores de intervención antrópica realizados por diferentes proyectos en la zona urbana.

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar un programa integral de forestación, con árboles de raíces profundas.
- 2) Implementar un estación meteorológica, con la finalidad de tener datos precisos de las precipitaciones pluviales que detonan los movimientos en masa.
- 3) Debido a que la condición de inestabilidad de la ladera continua, la infraestructura de las instituciones educativas inicial y primaria no deben ser utilizadas mientras no se realice las medidas correctivas, porque ponen en riesgo la vida de los estudiantes.
- 4) Construir canales de coronación para evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo del deslizamiento.
- 5) Drenar las aguas acumuladas, con tuberías de PVC, con la finalidad de evitar la infiltración de agua al subsuelo.
- 6) Implementar un sistema de drenaje para evacuar las aguas de escorrentía superficial y ser derivadas a canales; realizar mantenimiento después de cada periodo de lluvias.
- 7) Realizar limpieza mantenimiento de las cunetas en la carretera, estas deben estar conectadas a canales de derivación.
- 8) Los trabajos de mitigación deben tener participación las diferentes entidades del estado de acuerdo a sus funciones: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura y Riego, asimismo los Gobiernos Distrital , Provincial y Regional.

REFERENCIAS

Monge, R., Valencia, M. y Sánchez, J. (1998). Geología de los cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco. Boletín N° 120 Serie A: Carta Geológica Nacional. (Hojas 25o, 25p y 26o). INGEMMET. Lima.

Nuñez, S. (2012). Peligros geológicos en el sector de Ayna San Francisco, distrito Ayna, provincia La Mar, Departamento Ayacucho. Informe Técnico N° A 6596. 39 p.

Vilchez M. (2014). Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la región Ayacucho, Informe Técnico Geología Ambiental – Ingemmet. Informe Preliminar.

Vilchez, M. & Sosa, N. (2016). Riesgo geológico en la Región Ayacucho. Inédito INGEMMET. Proyecto de Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

GEOTOMO SOFTWARE (2003) "Rapid 2D Resistivity & Inversion using the least Squares Method Wenner, Dipolo-Dipolo, Schlumberger. P.129.

MTC/SENCICO (2003). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación NTE.030.Diseño Sismorresistente. Lima MTC/SENCICO, Perú ,27p. Disponible en Web: www.cismid.uni.edu.pe.