



XVIII Congreso Peruano de Geología

MONITOREO GEODÉSICO (EDM) Y ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO QUE AFECTA LA SEGURIDAD FÍSICA DEL DISTRITO DE LARI-VALLE DEL COLCA, PROVINCIA CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA.

Mariana Vivanco ¹, Juan Gómez².

¹ Instituto Geofísico del Perú, Perú (mvivanco@igp.gob.pe)

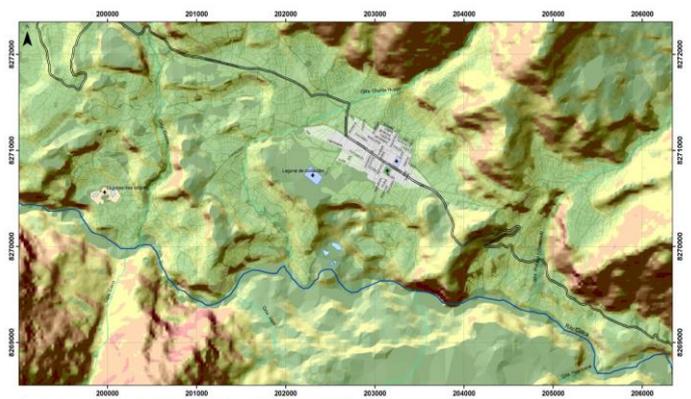
² Instituto Geofísico del Perú, Perú (juan.gomez@igp.gob.pe)

1. Resumen

Los Movimientos en Masa (MM) en el Perú, en particular los deslizamientos o reactivación de los mismos son muy recurrentes en el tiempo debido a la condición fisiográfica y tipo de suelo que presenta el terreno sumado a ello el factor climatológico, sísmico y antrópico, la ocurrencia de estos generan el cambio de la morfología del terreno donde se desarrollan; muchos de los centros poblados se asientan sobre zonas susceptibles a la ocurrencia de estos, como es el caso de la localidad de Lari ubicada en la provincia de Caylloma, región Arequipa; las áreas agrícolas de la ciudad en mención vienen siendo afectadas hace más de 50 años por la reactivación de deslizamientos antiguos, dejando los terrenos no aptos para desarrollar esta actividad, de igual forma se evidencian características de reactivación de los mismos generados cerca al casco urbano.

Se instaló un red de monitoreo con el objetivo de estimar tasas y dirección del desplazamiento mediante el método de Medición Electrónica de Distancias por sus siglas en inglés EDM, al igual que se realizaron investigaciones geotécnicas para determinar las propiedades físicas de los suelos que compone el terreno inestable y potencialmente a fallar a través del análisis de estabilidad en el deslizamiento de Lari y delimitar el actual plano de falla que genera los desplazamientos del terreno y zonas susceptibles a estos, se utilizó el método geofísico de Tomografía Eléctrica 2D a fin de conocer la profundidad del nivel freático y determinar si es el factor detonante que acelera el proceso de ocurrencia o reactivación de los deslizamientos.

Del procesamiento de los métodos descritos líneas arriba, se determina que el deslizamiento de Lari, en el extremo noroeste no muestra desplazamientos por lo tanto se le denomina estable, mientras que la parte suroeste presenta movimiento ($< 20\text{cm}$) donde el F.S (factor de seguridad) es menor a la unidad, vale decir, presenta inestabilidad y la capacidad portante (c_p) de los suelos en este sector es baja (1.00 kg/cm^2) y de composición fina, mientras que, en los extremos noroeste y suroeste la c_p es alta ($> 3.00\text{ kg/cm}^2$), el nivel freático se encuentra a 20 y 10 m y el suelo presenta resistividades menores a 20 ohm.m. La información en conjunto servirá para delimitar zonas potencialmente susceptibles a la reactivación de los deslizamientos en Lari que a su vez contribuirán con las acciones de ordenamiento territorial y gestión de riesgos de desastres.



Ubicación del área de estudio.

2. Introducción

La ocurrencia de Movimientos en Masa (MM), en particular los deslizamientos afectan sectores de sembríos y áreas urbanas y/o en algunos casos ambas, ocasionando daños severos. Estos desplazamientos de tierra tienen su origen en factores condicionantes (litología, pendiente, presencia de agua subterránea, suelos blandos) y detonantes o desencadenantes (sismos, precipitaciones excepcionales y la actividad antrópica)

El 40 % del territorio peruano aproximadamente es afectado por este tipo de eventos geodinámicos siendo más frecuentes los deslizamientos, estos cuales causan pérdidas económicas importantes en los poblados donde se suscitan afectando también la infraestructura física de los mismos (carreteras, viviendas, sembríos, entre otros). La evaluación y caracterización de los deslizamientos se realiza predominantemente de forma cualitativa y no cuantitativa, esta última hace mención a la determinación de la dirección del desplazamiento y la velocidad con la que se desarrolla (geodinámica del evento), teniendo estos datos es posible categorizar el MM en activo o inactivo tomando en cuenta que el proceso que acelera la reactivación de los mismos depende de los factores que influyan como es el caso de: infiltración de aguas por deficiente práctica de riego, actividad sísmica, elevación del nivel freático, entre otros.

El distrito de Lari ubicado en el Valle del río Colca, es afectado por la reactivación de un deslizamiento que ha ocasionado la pérdida de terrenos utilizados para la agricultura (principal actividad económica del distrito) ubicados en las terrazas en forma de andenes, el 90% de éstos se ubican en zonas de deslizamientos por consiguiente en áreas inestables. Se han registrado desplazamientos de tierra recurrentes desde el año 1966 (García, 1966) y, 1983 (Yanqui) que se han dado a conocer mediante diversas publicaciones técnico científicas

La presente investigación desarrolla el monitoreo geodésico EDM instalado sobre el deslizamiento de Lari este se basa en una red de puntos fijos ubicados en zonas estables e inestables (deslizamiento) en el distrito de Lari (figura 1), esto permitió estimar tasas de movimiento y dirección de los deslizamientos, para delimitar zonas más vulnerables a este evento.

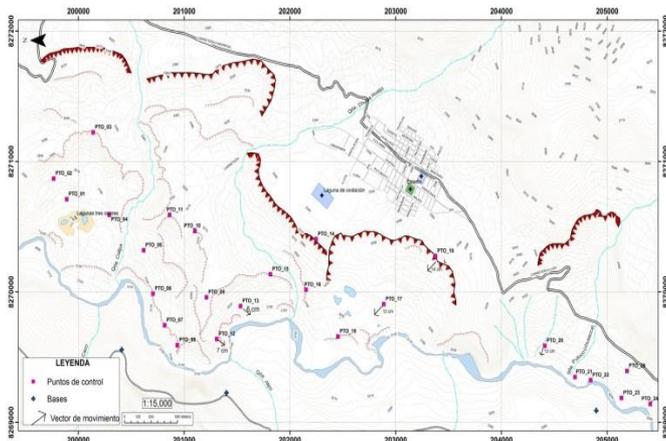


Figura 01: Red de monitoreo EDM instalado en el deslizamiento en el distrito de Lari y vectores de desplazamiento.

3. Metodología

Monitoreo geodésico: para realizar la medición electrónica de distancia se usa un instrumento llamado EDM, este envía y recibe un láser que permite conocer la distancia luego de analizar las propiedades de la señal reflejada. Cuando se combina esta información con ángulos y coordenadas en tres dimensiones (x, y, z) se puede obtener la ubicación espacial en un punto. Para realizar este tipo de trabajo se utilizan las estaciones totales, porque poseen más precisión e integran más información y tienen mayor radio de alcance. Es importante mencionar que cuando se utilizan prismas la información es más precisa. Este método se utiliza para analizar deformaciones en largos periodos de tiempo, mensual, anual; para tener buenos resultados se recomienda la instalación de 20 a más puntos de control según sea el área del estudio (SafeLand, 2012).

En el deslizamiento de Lari, se instalaron 25 puntos de control (foto 01) ubicados en zonas inestables y potencialmente inestables y cuatro bases fijas en zonas estables (foto 02) ubicadas frente de al poblado de Lari (margen izquierda del río Colca), desde estas se tomaron las medidas de los puntos con una estación total Nikon modelo Nivo 3.C con precisión angular de 3", resolución 1s, la toma de datos se realizó en un periodo de tres años (2013, 2014 y 2015).

El procesamiento de los datos se basa en el principio de determinar los cambios de distancias, alturas, ángulos o las coordenadas relativas de los puntos de control (monumentos) distribuidos en la zona de estudio (Abidin & Col, 2004). Para analizar los desplazamientos horizontales $\delta E-N$, se calculó un vector resultante con las componentes δE y δN (Sdao y col., 2005) de cada punto monitoreado, con lo anteriormente hallado se determinó para cada punto de control la tasa de movimiento. Foto 2: Facie de matriz y mixta, en esta última se observan megaclastos (líneas punteadas amarillas) que presentan estructura en rompecabezas.



Foto 01: Punto de control instalado en zonas potencialmente inestables en Lari.



Foto 02: Base de medición y estación total con que se realizaron las mediciones EDM

3.1 Investigaciones Geotécnicas

En Lari se realizaron 10 calicatas (foto 03) distribuidas en sectores estables e inestables, de las cuales se extrajeron 2 muestras de suelos a las que se les realizó ensayos de mecánica de suelos. Estos datos se emplearon para realizar el análisis de estabilidad de taludes con la utilización del software Slide 6.0 para obtener el factor de seguridad (F.S), se analizaron 3 laderas ubicadas en extremo noroeste (inicio), zona suroeste (medio) y extremo suroeste (final)



Foto 03: Calicata realizada en el distrito de Lari, con 2.80 m de profundidad, el perfil detalla que está conformado por suelos finos tipo limos, arcillas y arenas con presencia de clastos sub redondeados de pequeño diámetro aproximadamente de 0.3 '' y no se observó presencia de nivel freático.

3.2 Geofísica Aplicada

Se realizó el método geofísico de tomografía Eléctrica 2D (TE), esta permite determinar las variaciones de

resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos (IGP, 2016), con la finalidad de determinar la profundidad del nivel freático del poblado en mención. En Lari se realizaron 17 líneas de TE distribuidas de forma equidistante en la zona de estudio, la toma de datos se realizó con el Equipo de Resistividad/IP Syscal Pro marca Iris Instruments, la longitud de las líneas varía de 290 m a 100 m (figura 02)

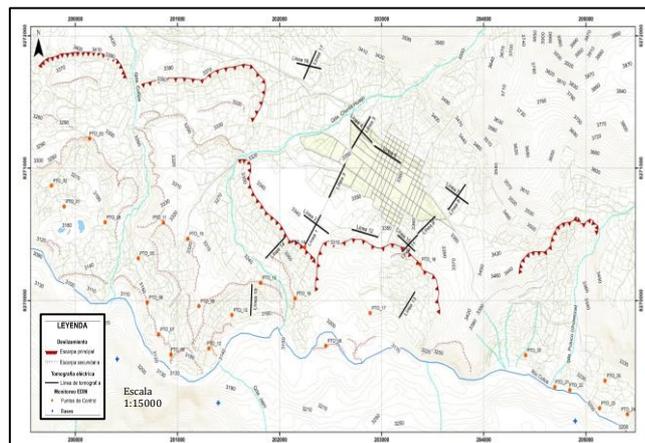


Figura 02: Ubicación de Líneas de Tomografía Eléctrica realizadas en el poblado de Lari

4. Resultados y discusión

Los resultados del procesamiento del EDM, muestran que el sector suroeste (parte media del deslizamiento) muestra desplazamiento que corresponde a 14cm y 12cm en los puntos 19 y 17 respectivamente en dirección suroeste, en la zona noroeste se han registrado movimientos menores a los anteriores los cuales son de 6cm y 7cm que pertenecen a los puntos 12 y 13 respectivamente; mientras que el restante de puntos no muestran deformaciones por lo tanto se les categoriza como "estables" con excepción del punto 12, que muestra un desplazamiento de 12 cm producto de la acumulación del material descendente de la quebrada Putuco. Del análisis geotécnico aplicado a los suelos estables e inestables, muestra que en los puntos donde se registró desplazamiento son suelos finos y de baja capacidad portante (1.00 a 1.73 kg/cm²) y los resultados de la TE muestran que el nivel freático se encuentra a una profundidad de 20 y 10m; mientras que los otros son suelos granulares y de alta capacidad portante (> a 3 kg/cm²). Del análisis de estabilidad aplicado a las laderas se determinó que el F.S para la zona de suelos con baja capacidad portante (zona suroeste medio) es menor a la unidad (0.74) categorizado como inestable, el realizado en el extremo noroeste el F.S es mayor a la unidad, la misma condición presentan en el extremo suroeste, estos están conformados por suelos de alta capacidad portante y categorizados como estables. En el análisis de TE, se determinó que el nivel freático en el poblado de Lari se encuentra entre los 20 y 10 m de profundidad, valores que corresponden a las líneas 10, 11, 13 y 15 respectivamente y coincide con los desplazamientos obtenidos con el EDM

5. Conclusión

- De la aplicación del monitoreo geodésico en el deslizamiento de Lari, se obtuvo que el desplazamiento máximo del 2013 al 2015 fue de 14 cm, seguido de 12 cm, 7 cm y 6cm originados en el sector suroeste (parte media del deslizamiento) considerada como inestable, este rango de medidas pueden cambiar en el tiempo pues dependen mucho del factores tanto naturales (precipitaciones, infiltraciones, sismos) como antrópicos (mal sistema de riego) que aceleren el proceso de ocurrencia.
- Los suelos de baja capacidad portante y grano fino son potencialmente susceptibles a reactivar movimientos en masa y del análisis de estabilidad de taludes, se determinó que la zona más inestable es la ladera ubicada en el sector suroeste (parte media del deslizamiento).
- Del análisis de las TE, se determinó que el nivel freático (nf) en el poblado de Lari se encuentra entre los 20 y 10m de profundidad en el lado suroeste que corresponde a la parte media del deslizamiento, mientras que la parte noroeste, sureste y noreste el nf se encuentra a mayor profundidad.
- Del monitoreo geodésico y análisis de estabilidad de taludes se puede inferir que se está generando un plano de falla donde se encuentran los desplazamientos (disminución de la resistencia del material) que potencialmente podrían generar un deslizamiento o reactivación del mismo.
- De la identificación de los sectores desplazados se puede delimitar las zonas como potencialmente susceptibles a la ocurrencia de los deslizamientos y de esta forma evitar una futura pérdida económica para los pobladores de Lari.
- Se recomienda continuar con la medición de puntos hasta establecer una constante de desplazamiento y proponer las medidas de mitigación pertinentes para atenuar los daños físicos que causan los movimientos en masa.

-Zárate, B., (2011). Monitoreo de los movimientos de ladera en el sector de San Pedro de Vilcabamba mediante procesamiento de GPS, Universidad Técnica Particular de Loja, MASKANA, Vol. 2, No.2

- IGP (2016). Estudio de Tomografía Eléctrica en el distrito de Lari, Provincia de Caylloma, Arequipa. Unidad de Ingeniería-SCTS.

6. Referencias

- Safeland (2012). Living with landslide risk in Europe: assessment, effects of global change, and risk management strategies. Deliverable 4.1, review of techniques for landslide characterization, rapid mapping and longterm monitoring, 1(1):0-401
- Suárez, J. (2009) Deslizamientos. Análisis geotécnico, 1:36.
- Vásquez, A. (2013) Investigación de deslizamientos a través de Métodos Geofísicos y Técnicas Monitoreo, Universidad de Cuenca.
- Sdao, F., Pascale, P. Rutugliano, (2005). Geomorphological features and monitoring of a large and complex landslide near Aviglianourban área (South Italy). Adv. Geosci., 2, 97-101.