

GEODINÁMICA, GEOTÉCNIA Y MONITOREO (EDM) DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL DISTRITO DE LARI-VALLE DEL COLCA-PROVINCIA DE CAYLLOMA-REGION AREQUIPA.

Mariana Vivanco Manrique & Juan Carlos Gómez Avalos.

Instituto Geofísico del Perú, calle Badajoz 169. Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima, Perú, mvivanco@igp.gob.pe, juan.gomez@igp.gob.pe

INTRODUCCIÓN

El valle del río Colca, uno de los principales atractivos turísticos del sur del Perú, ubicado aproximadamente a 90 km al Noreste de la ciudad de Arequipa (zona del arco volcánico que presenta actividad sísmica recurrente), en cuya margen derecha se asienta el distrito de Lari (parte media de la cuenca), es afectado por deslizamientos activos de tipo rotacional.

El origen de los movimientos en masa (MEM) en Lari se le atribuye a factores condicionantes como: litología, geomorfología, intemperismo y como factores detonantes o desencadenantes: sismos, intensas precipitaciones pluviales y la actividad antrópica. Estos MEM ocasionan la pérdida de los terrenos utilizados para la agricultura que se ubican en las terrazas en forma de andenes, principal actividad económica del distrito.

Se han registrado desplazamientos del terreno recurrentes desde el año 1963 (Yanqui, 1983) que se han dado a conocer mediante diversas publicaciones técnico científicas.

En nuestro país la evaluación y caracterización de los deslizamientos se realiza predominantemente de forma cualitativa y no cuantitativa. El presente estudio incluye el monitoreo geodésico basado en una red EDM que permite estimar tasas de movimiento y dirección de los deslizamientos, para delimitar zonas más vulnerables a este evento de forma cuantitativa.

OBJETIVO

En el presente trabajo de investigación describe la caracterización geodinámica-geotécnica de los suelos de Lari, afectados por MEM, aplicando una metodología cuantitativa, empleando una red de monitoreo geodésico que permite estimar tasas y dirección de desplazamiento, que servirá para validar el modelado geotécnico de la zona, lo que a su vez contribuirá con las acciones de ordenamiento territorial y gestión de riesgos de desastres.

ÁREA DE ESTUDIO

El distrito de Lari, está ubicado en la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, en la margen derecha del río Colca, tiene una superficie territorial de 384.02 km², incluyendo sus anexos Lloqueta, Visuyo y el centro poblado Achaca; localizado en las coordenadas geográficas 71°46'20'' de longitud Oeste 15°37'25'' de latitud sur y a 3350m sobre el nivel del mar, Figura 1.

El centro poblado de Lari propiamente, abarca un área de 34.4 km², de la cual el área urbana solo ocupa 2.88 km², conformada por 463 viviendas, 1373 habitantes y una densidad poblacional de 3.58 hab/km² (INEI, 2007), el resto del área es ocupada para la agricultura, destacando entre ellos la siembra de alfalfa y papa, estos terrenos están ubicados en zonas de suelos inestables, que conforman los deslizamientos activos de la zona.

En Lari existe una época marcada de lluvias entre los meses de diciembre y abril, donde alcanzan un máximo medio mensual de 96mm, temporada en la cual también alcanzan máximas temperaturas 20°C y la mínima de 13°C, el resto del año la precipitación es escasa y nula en los meses de junio a agosto (SENAMHI).

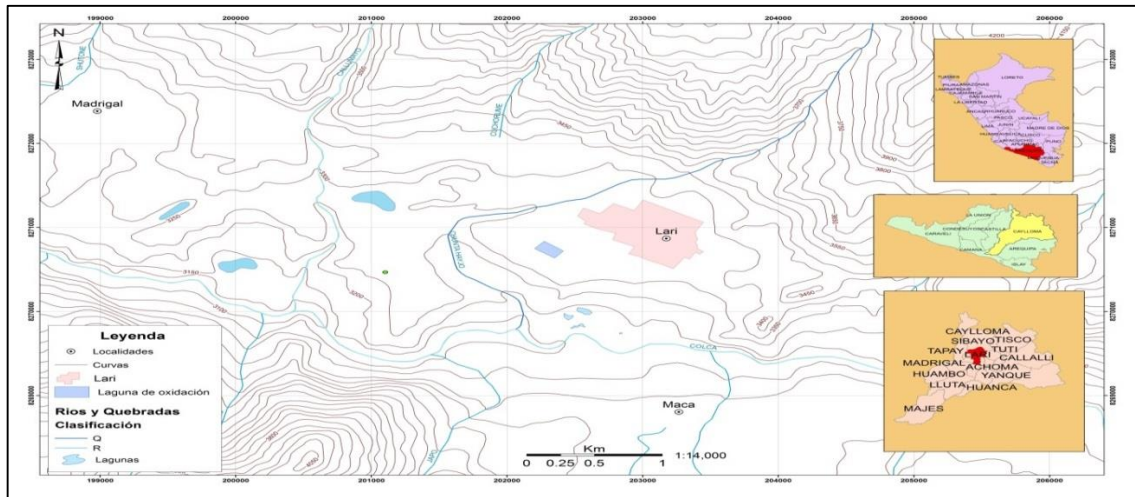


Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Lari (área de estudio) se aprecia las lagunas “Tres colores”, atractivo turístico de la zona.

GEOLOGÍA Y GEODINÁMICA EN EL DISTRITO DE LARI

La localidad de Lari, es afectada por procesos de remoción en masa recurrentes, en particular los deslizamientos de tierra de tipo rotacional, de los cuales se han delimitado tres eventos (Foto1 y Figura 3), también la inestabilidad de laderas provoca derrumbes continuos que afectan las vías de comunicación del poblado, Foto 2.

Los deslizamientos afectan los depósitos lacustres (materiales finos) que son predominantes en la zona, cuya competencia como suelo de cimentación es baja, infrayacen a estos materiales, gravas, arenas sueltas, gravillas y conglomerados inconsolidados a medianamente consolidados, finalmente, el substrato rocoso lo conforman aglomerados volcánicos de naturaleza dacítica mayormente (Zavala, 2009).

La génesis de formación de estos depósitos lacustrinos obedecen al represamiento del río Colca generado por la avalancha de escombros del nevado Hualca-Hualca, que se originó en el Pleistoceno tardío (1.8 millones de años aprox) que origino un paleolago el cual dio origen a este tipo de depósito (Gómez y Ocola, 2005). La característica de estos materiales es que son de consistencia blandos, que sumados a la presencia de agua subterránea y agua de escorrentía, predispone que el terreno sea susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa. En este tipo de depósito se han reconocido sismitas (estructuras sedimentarias deformadas), según su caracterización son indicativos de la concurrente actividad tectónica en el Cuaternario y suponen su formación a sismos mayores a 6 grados (Benavente et al, 2010).

Entre los factores antrópicos que intervienen en los procesos de remoción en masa de la localidad, están los deficientes sistemas de riego y drenaje que contribuyen a la pérdida de resistencia del material por el incremento de presión de poros que conlleva a la inestabilidad del mismo.

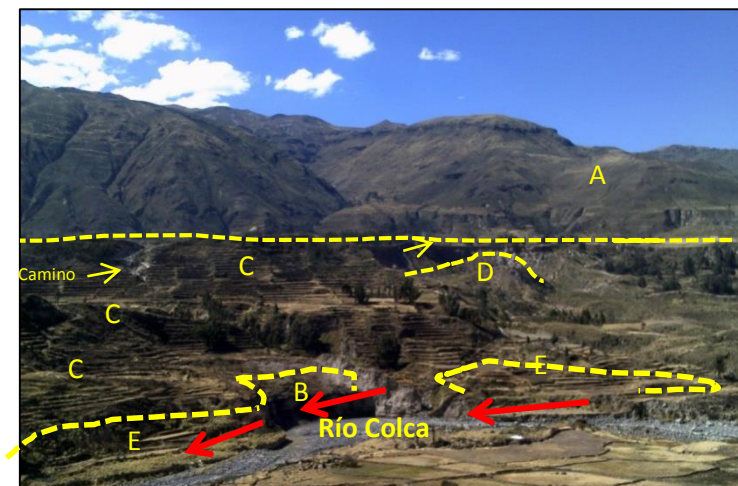


Foto 1. Vista de la margen derecha del río colca, donde se denota: (A) Corona del deslizamiento y escarpe principal, (B) erosión y/o socavamiento del río colca, (C) andenes ocupados por sembríos, que los conforman pequeñas terrazas de material deslizado, (D) zona de acumulación en forma de lomas de material deslizado, (E) base del deslizamiento.



Foto 2. Derrumbes ubicados en la margen derecha del río colca, (A) afecta a la carretera y material de derrumbe llega hasta el curso del río Colca, (B) derrumbe que afectó a andenes y camino de herradura.

GEOTÉCNIA DE LOS DELIZAMIENTOS.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

De las muestras de suelos obtenidas mediante construcción de calicatas se extrajeron las propiedades físicas de los mismos las cuales fueron introducidas para realizar el modelo de análisis estabilidad de taludes con la utilización del software Slide 6.0 para finalmente obtener el factor de seguridad (FS). Se analizaron 3 laderas ubicadas en cada deslizamiento cartografiado respectivamente de izquierda a derecha (figura 3), el factor de seguridad fue calculado en condiciones estáticas y para los tres arrojo un valor menor a 1, siendo más inestable la tercera ladera ubicada al Sur-Este de Lari (carretera Ichupampa - Lari), con un factor de seguridad de 0.74 (figura 2), las otras se evalúan con 0.94 ubicada al Sur-Oeste de Lari (Carretera Lari-Maca) y 0.93 ubicada al Sur de Lari, (Cerro Macapata). El modelado incluye el N.F (nivel freático) entre 6 a 15 m, se considera el análisis de filtraciones, cuya gráfica no se muestra por temas de tamaño que requiere el resumen.

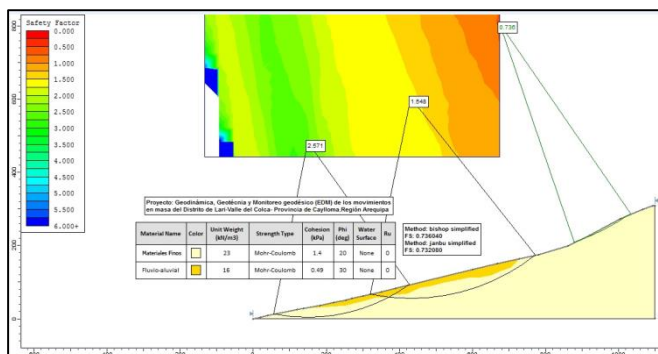


Figura 2. Análisis de estabilidad de ladera 3, con valor de factor de seguridad 0.74, se encuentra por debajo del valor de 1 lo cual la hace inestable, a medida que descende el factor de seguridad va aumentando la inestabilidad.

MONITOREO GEODÉSICO (EDM)

El monitoreo geodésico mediante el uso de distanciómetro electrónico (EDM) consiste en determinar la dirección de desplazamiento y la trayectoria de masas inestables de una determinada área. Se lleva a cabo instalando puntos de control sobre la ladera inestable y/o susceptible a movimientos en masa y se mide el desplazamiento en función del tiempo y el espacio, esto servirá para delimitar zonas seguras y altamente vulnerables, se presentan los resultados del primer set que consta en 2 a 3 medidas por año las que deben ser complementadas en los años siguientes para diferenciar las tasas de movimientos y estandarizarlas en el tiempo.

El monitoreo geodésico del deslizamiento se realiza con la toma de datos anuales (al inicio y final de un año hidrológico).

La toma de datos se realiza con una estación total TRIMBLE modelo: GEODEMETER600 CU, esta se posiciona sobre las (4) bases geodésicas ubicadas en el margen izquierdo del río Colca y se realizan las lecturas de los 25 puntos de control respectivamente. La primera medida se llevó a cabo en julio 2013, como se muestra en la figura 3.

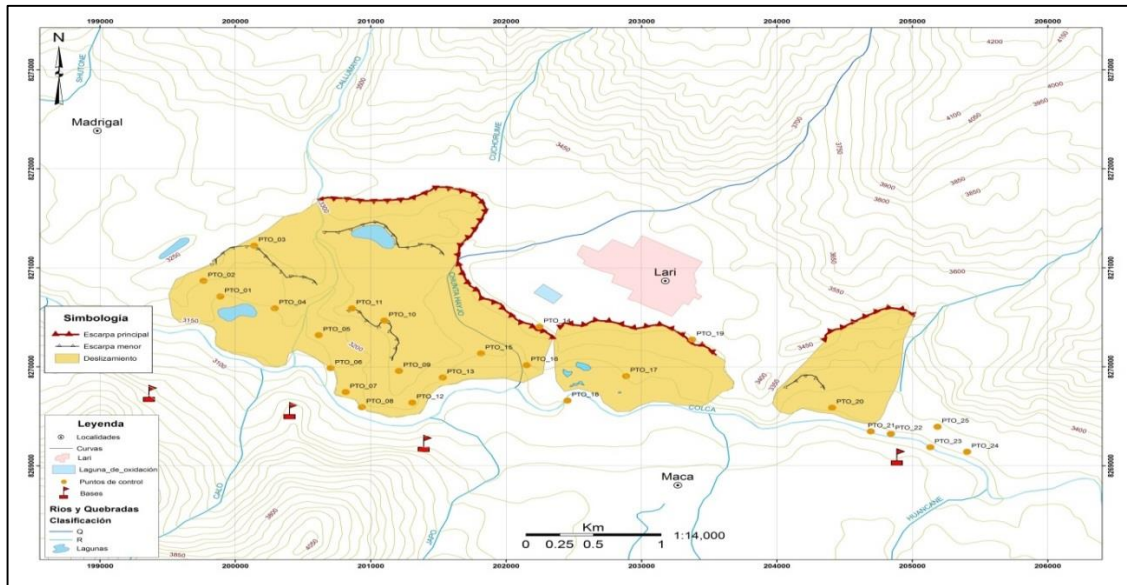


Figura 3. Mapa que muestra las bases geodésicas y puntos de control distribuidos en las zonas de suelos inestables en el distrito de Lari.

CONCLUSIONES

- La geología de la zona está conformada por depósitos lacustres (70 %), y aluviales, fluviales (15% cada uno).
- De acuerdo al reconocimiento y cartografiado realizado en la zona de estudio se delimitaron tres deslizamientos activos tipo rotacional, se atribuye la ocurrencia de estos a la presencia de la napa freática superficial, tipo de suelos blandos predominantes y como factor detonante la actividad sísmica de la zona y la actividad antrópica en cuanto a la deficiencia de los sistemas de riego.
- De acuerdo al análisis de estabilidad de taludes, se determinó que la zona más inestable es la ladera ubicada en el extremo SE del distrito (Carretera Ichupampa-Lari), cuyo factor de seguridad es 0.74. En este sector se requiere trabajos de mitigación de gran magnitud siempre y cuando se justifique lo que considere el costo-beneficio del proyecto de solución.

REFERENCIAS

1. Benavente, C., Delgado F & Audin, L (2010). Estratigrafía de las cuencas lacustres Colca y Omate: Ejemplos de paleo sismicidad y tectónica activa del arco volcánico Cuaternario y actual de los andes centrales del sur del Perú; XVI Congreso Peruano de Geología y SEG 2012 Conference. Lima.
2. Gómez, J. & Ocola, L. (2005). Peligro Geológico Potencial del Valle del Colca. IGP
3. INEI (2007) Censos Nacionales: XI de Población y VI de vivienda, Departamento de Arequipa-Tomo I. Lima.
4. SENAMHI (2000) Datos de la estación meteorológica Visuyo-Caylloma (1984 a 1999).
5. Yanqui, C. (1983). Geotécnia del deslizamiento de Lari. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 72, p.287-299.
6. Zavala, B., Vilchez, M. & Rosado, M. (2009). Aspectos Geodinámicos en los distritos de Lari, Madrigal y Maca. INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Informe Técnico.

Mariana Vivanco Manrique - Juan Carlos Gómez Avalos
Dirección de Geodinámica - Instituto Geológico del Perú
mvivanco@igp.gob.pe, juan.gomez@igp.gob.pe

