



GEODINAMICA, GEOTECNIA Y MONITOREO DEL DESLIZAMIENTO EN EL DISTRITO DE CUENCA-HUANCAVELICA-PERU

Socorro del Pilar Vivanco López¹, Juan Carlos Gómez Avalos², Juan Carlos Villegas Lanza³

1. RESUMEN

La Tierra es dinámica debido al movimiento de las placas tectónicas y actividad del cinturón de fuego (fuente sísmica). En América del Sur, en particular el Perú, la convergencia de la placa de Nazca sobre la Sudamericana origina la formación de la cordillera de los Andes, que debido a la distribución geológica (presencia de fallamientos y fracturas mayormente orientadas noreste-suroeste), actividad sísmica y cambio climático combinado con procesos de meteorización es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa (deslizamientos, caídas de rocas y flujos). De acuerdo a las estadísticas a nivel nacional entre el período 2003-2019 se han registrado 3191 deslizamientos los cuales afectaron aproximadamente 262,703 habitantes, 20,570 viviendas y 13,704 ha de cultivo, asimismo, gran parte de éstos se han suscitado en la cordillera de los Andes, por ello, la investigación se desarrolló en la cordillera Oriental del Perú, específicamente, en la región Huancavelica, distrito de Cuenca.

El deslizamiento en Cuenca es del tipo rotacional retrogresivo, siendo el evento de mayor magnitud el suscitado el 20 de enero del 2014 en la ladera este del cerro Huamanraza y sobre la cual se asienta el centro poblado de Cuenca, se estimó daños en el 50% de la infraestructura, debido al material deslizado que se extendió hasta el cauce del río Mantaro, lo que generó un represamiento de sus aguas y por consiguiente una inundación. La dinámica del deslizamiento está influenciada por el tipo de material que conforma la ladera como Grava con arena fina (GP), grava con arcilla (GC), grava con limos y arena (GP-GM) y limos orgánicos (OH), pendiente mayor a 45° e incremento de las precipitaciones (mayor al 50% de las precipitaciones promedias y con un umbral de 70

mm). Los resultados de la investigación según el Análisis de Estabilidad de Taludes indican que, la ladera es INESTABLE debido a que presenta un factor de seguridad menor a 1 y en base al monitoreo con puntos geodésicos, el mayor desplazamiento de ubica en el CU-08 (22.1 mm noreste) seguido de CU07 (9.5 mm nor-noroeste), CU02 (2.2 mm sureste) y CU09 (1.4 mm), asimismo, el valor de subsidencia oscila entre 42 mm y 55 mm. Finalmente, al correlacionar los resultados de la dinámica del deslizamiento, el Análisis de Estabilidad de Talud y los puntos de control GPS Diferencial se ha identificado y delimitado una zona de probable reactivación del deslizamiento que abarca 1 km².

Palabras clave: movimientos en masa, dinámica de laderas, susceptibilidad y subsidencia

ABSTRACT

The Earth is dynamic due to the movement of tectonic plates and activity of the fire belt (seismic source). In South America, in particular Peru, the convergence of the Nazca plate on the South American plate originates the formation of the Andes mountain range, which due to the geological distribution (presence of faults and fractures mostly oriented northeast-southwest), activity seismic and climate change that combined with weathering processes is susceptible to the occurrence of mass movements (landslides, rock falls and flows). According to national statistics between the period 2003-2019 there have been 3,191 landslides which affected approximately 262,703 inhabitants, 20,570 homes and 13,704 ha of cultivation, likewise, a large part of these have occurred in the Andes mountain range, For this reason, the research was developed in the Eastern Cordillera of Peru, specifically, in the Huancavelica region,

Cuenca district.

The landslide in Cuenca is of the retrogressive rotational type, the event of greatest magnitude being the one that occurred on January 20, 2014 on the eastern slope of the Huamanraza hill and on which the town center of Cuenca sits, damage was estimated at 50% of the infrastructure, due to the slipped material that extended to the Mantaro riverbed, which generated a damming of its waters and consequently a flood. The sliding dynamics is influenced by the type of material that makes up the slope Gravel with fine sand (GP), gravel with clay (GC), gravel with silt and sand (GP-GM) and organic silt (OH), slope greater than 45 ° and increased rainfall (greater than 50% of average rainfall and with a threshold of 70 mm). The results of the investigation according to the Slope Stability Analysis indicate that the slope is UNSTABLE due to the fact that it presents a safety factor of less than 1 and based on the monitoring with geodetic points, the greatest displacement is located in the CU-08 (22.1 mm northeast) and is followed by CU07 (9.5 mm north-northwest), CU02 (2.2 mm southeast) and CU09 (1.4 mm), also, the subsidence value ranges between 42 and 55 mm. Finally, by correlating the results of the landslide dynamics, the Slope Stability Analysis and the control points of GPS Differential has been identified and delimited a zone of probable reactivation of the landslide covering approximately 1 km²

Keywords: mass movements, slope dynamics, susceptibility and subsidence

2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en la vertiente derecha del río Mantaro, distrito de Cuenca, provincia y región Huancavelica, en las coordenadas UTM 495743 E y 8625455 N, abarca un área de 81 ha; el 38 % lo conforma el centro urbano y el barrio Huayllapampa, el resto corresponden a terrenos de cultivo. La población comprende 468 habitantes (INEI, 2007) y 207 viviendas (INDECI, 2014). En el año 2014 se produjo un deslizamiento cuyo material obstruyó el cauce del río Mantaro, esto originó la inundación en la margen derecha del río en mención. La combinación de ambos eventos geodinámicos causó daños en el 50 % de las infraestructuras. Se estima que el material a deslizarse sea de 25 millones de m³, con lo cual se afectaría el 30 % del centro poblado (centro educativo y centro de salud) y todo el barrio Huayllapampa.

3. RESULTADOS

El deslizamiento que afectó directamente al centro poblado ocurrió el del 20 de enero del 2014, en la ladera este del cerro Huamanraza. Este evento estuvo condicionado por la presencia de materiales del Cuaternario provenientes de antiguos deslizamientos, pendiente de la ladera (30° a 45°) y desencadenado por el incremento de las precipitaciones, los valores más alto se registraron a partir del año 2012 con 159.8 mm (121 %), 69.6 mm (40%) año 2013), 112.4 mm (126%) año 2014. Cabe mencionar que los datos utilizados para el análisis y estimación del incremento en porcentaje de las precipitaciones son referenciales. Esta información permitió determinar que el umbral de precipitación para la reactivación del deslizamiento es de 70 mm. Se ha estimado que el área de influencia del deslizamiento abarcó 235,000 m², con un volumen de 10 millones de m³, lo cual ocasionó la obstrucción del cauce del río Mantaro, formando un dique natural de 40 m de altura aproximadamente, que a su vez recubrió 800 m de la línea férrea Huancayo - Huancavelica y el puente Cuenca (de 40 m de longitud), generando la inundación de los sectores ubicados aguas arriba del dique, siendo principalmente afectado el barrio Huayllapampa. Los ensayos geotécnicos que involucraron seis exploraciones superficiales-calicatas y nueve ensayos de Penetrómetro Dinámico Ligero-DPL, determinaron las características físicas de los suelos sobre los cuales se produce el deslizamiento. Existen cuatro tipos como son: Grava con arena fina (GP, cohesión 0.1 kg/cm² y ángulo fricción 29.5), grava con arcilla (GC, 0.01 kg/cm², $\Phi=26.83$), grava con limos y arena (GP-GM, 0.01 kg/cm², $\Phi=29.12$) y limos orgánicos (OH, 0.08 kg/cm², $\Phi=21.38$). Para el monitoreo de la ladera del cerro Huamanraza, se instalaron 08 puntos de control geodésico, de acuerdo con la información recopilada y procesada el mayor desplazamiento de ubica en el CU-08 (22.1 mm noreste), así como, en el CU07 (9.5 mm nor-noroeste), CU02 (2.2 mm sureste) y CU09 (1.4 mm), asimismo, el valor de subsidencia oscila entre 42 y 55 mm. En el análisis de estabilidad de talud, se utilizó la información recopilada de los ensayos geotécnicos y los resultados de laboratorio de mecánica de suelos, en base a esto se determinó los parámetros mecánicos y físicos del suelo (ángulo de fricción, cohesión, peso específico y densidad) y se utilizó en un modelo matemático para delimitar probables planos de falla de futuros deslizamientos en condiciones estáticas y pseuodestáticas en tres secciones (1-1', 2-2'

y 3-3'), mediante los métodos de Bishop Simplificado y Morgenstern-Price, Figura 2. De acuerdo a ello, el factor de seguridad en condi-

ciones estáticas de la ladera del cerro Huamanrazo, es menor a 1, por lo tanto, la zona califica como INESTABLE, (Figura 1).

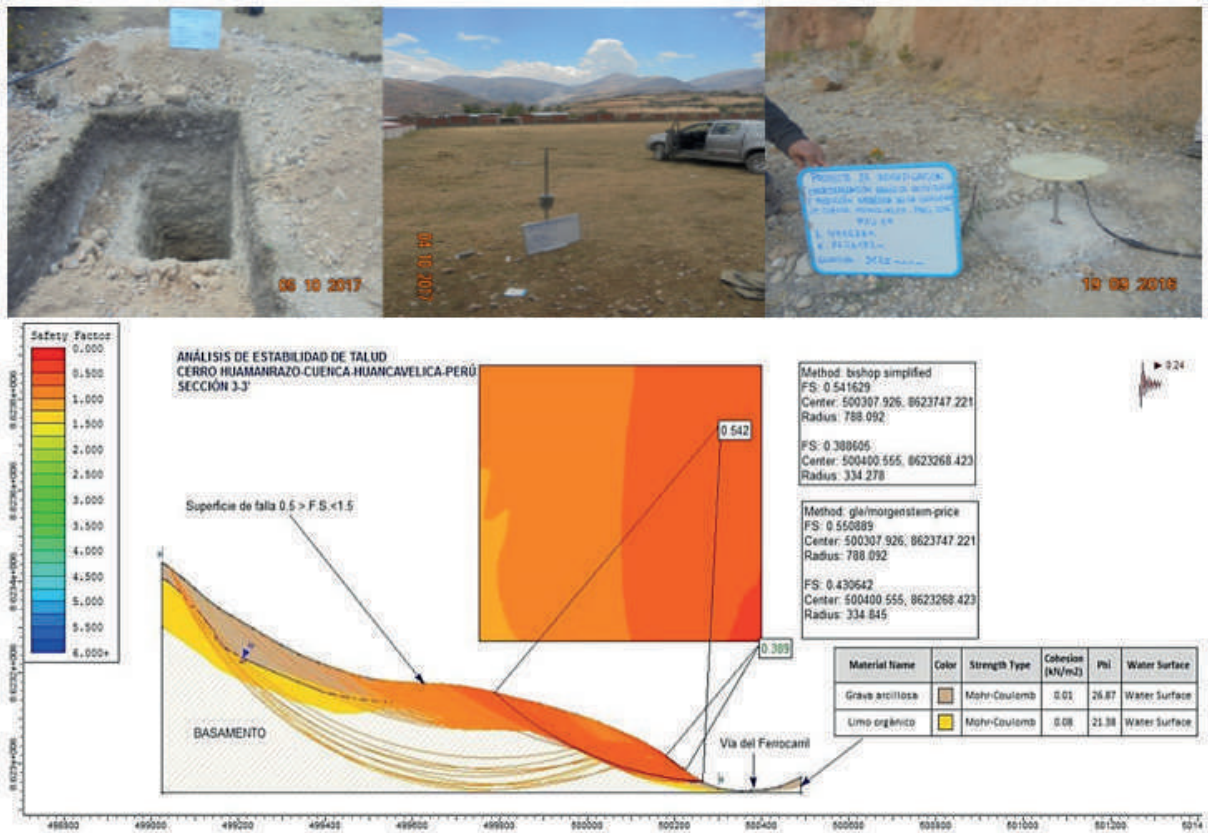


Figura 1: Ensayos geotécnicos, control con GPS Diferencial y Análisis de Estabilidad de Talud sección 3-3' en condiciones pseudoestáticas

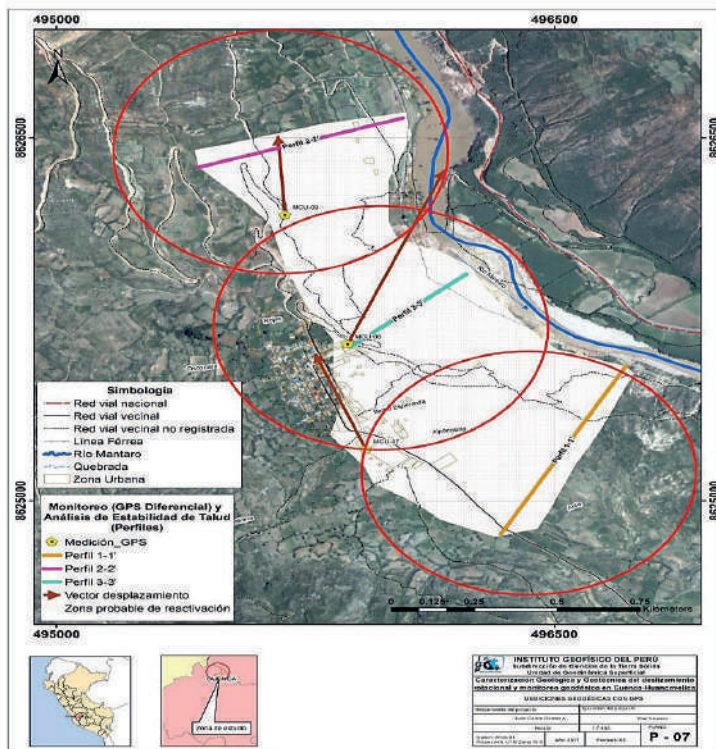


Figura 2: Delimitación de área probable de reactivación del deslizamiento (polígono color blanco) a partir de la correlación de las secciones del Análisis de Estabilidad de Talud con los puntos geodésicos GPS Diferencial

4. CONCLUSIONES

El deslizamiento que afectó directamente al centro poblado de Cuenca ocurrió el del 20 de enero del 2014, en la ladera este del cerro Huamanraza, se caracteriza por ser del tipo rotacional retrogresivo activo. La reactivación del deslizamiento se debe a la existencia de factores condicionantes como el tipo de suelo (Gravas con arena y limos inorgánicos) y pendiente de la ladera (30° a 45°), mientras que, el detonante es el incremento de las precipitaciones principalmente entre los meses de diciembre a febrero con un umbral de 70 mm, que ha coincidido con los períodos del evento El Niño.

Los resultados del análisis geotécnico permitieron identificar y delimitar cuatro tipos de suelos sobre los cuales se produce el deslizamiento, éstos están constituidos por: Grava con arena fina (GP), grava con arcilla (GC); grava con limos y arena (GP-GM) y limos orgánicos (OH). En base al Análisis de Estabilidad de Talud en condiciones estáticas y pseuodestáticas, se estimó que la ladera este del cerro Huamanraza presenta un factor de seguridad menor a 1, esto significa que la ladera se considera Inestable y propensa a la reactivación del deslizamiento.

El monitoreo mediante puntos de control GPS Diferencial estimó que el CU-08 es el punto con mayor desplazamiento de 14.8 mm/año noreste y se ha registrado una subsidencia del terreno que oscila entre 42 y 55 mm. Esto significa que el deslizamiento presenta una velocidad de tipo 3 (Lento).

La correlación de los resultados del Análisis de Estabilidad de Talud y del monitoreo con GPS Diferencial permitió identificar y delimitar una zona probable de reactivación del deslizamiento la cual abarca 1km² y se localiza en la ladera este del cerro Huamanraza.

5. CONTRIBUCIONES TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS

Los resultados de esta investigación son importantes en el campo técnico y científico del estudio de deslizamientos activos en superficie, al permitir a través del modelo geológico-geotécnico caracterizar el peligro, identificar y delimitar zonas donde se produzca la reactivación del deslizamiento. Asimismo, esta información permitirá la toma de medidas orientadas en la gestión, reducción y mitigación del riesgo, principalmente, a las autoridades competentes de la localidad de Cuenca.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruden, D. M. & Varnes, D. J., (1996). Landslide types and Processes. In landslide-Investigation

and Mitigation (pp.36-75).

INDECI, (2014). Informe de Emergencia No.053-21/01/2014/COENINDECI.

INEI, (2007). Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.

SENAMHI, (2018). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Recuperado de www.senamhi.gob.pe/include_mapas/dat_est

Varnes, D., J., (1978) – Slope movement types and processes. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds) Landslide, analysis and control, special report 176: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washintong, DC. pp. 11-33.