



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Propuesta de aplicación de métodos geodésicos y geofísicos para el estudio de deslizamientos de tierra: Caso Cuancabamba

Wendy Quiroz¹, Juan Carlos Villegas¹, Juan Carlos Gómez¹, y Pilar Vivanco¹

¹ Instituto Geofísico del Perú, Calle Calatrava 216, Urb. Camino Real, La Molina, Perú

¹wendy.quiroz@igp.gob.pe

RESUMEN

Los deslizamientos de tierra ocurren con mayor frecuencia que cualquier otro fenómeno geológico en todo el mundo, causando a veces daños económicos importantes, lesiones e incluso la muerte. En el Perú, debido a la intensa actividad geodinámica (límite de placas y periodos de fuerte precipitación pluvial como el fenómeno del Niño) los deslizamientos de tierra afectan a una gran parte del territorio. Existe evidencia histórica que el Perú ha sido afectado por movimientos de masa desde tiempos prehispánicos. De acuerdo a INDECI, se han registrado 4469 movimientos en masa entre el 2003 y el 2016. El propósito de este estudio consiste en elaborar un esquema para la modelización de deslizamientos, para lo cual se realiza una síntesis del estado del arte de las técnicas geodésicas, las cuales pueden alcanzar precisiones del orden milimétrico, fotogrametría digital de alta resolución y métodos de prospección geofísica. Una de las zonas que presenta recurrente movimientos en masa, activados por la ocurrencia de sismos y precipitaciones intensas asociados al Fenómeno del Niño, es la ciudad de Huancabamba, en el norte del Perú, Región Piura. En general, en el Perú no se cuenta con estudios integrales que permitan modelar los movimientos de masa y evaluar su potencial de riesgo a la población. Por este motivo, la ciudad de Huancabamba ha sido seleccionada para la aplicación de técnicas de medición GPS, fotogrametría digital y métodos geofísicos. Los resultados preliminares

obtenidos muestran que las técnicas utilizadas permiten realizar una adecuada caracterización y delimitación del área de influencia del deslizamiento. Esta información sirve para establecer la línea base para efectuar mediciones posteriores que permitirán cuantificar la tasa de desplazamiento de los movimientos en masa y calcular el volumen del material deslizado.

Palabras Claves: Deslizamiento, reptación, monitoreo geodésico, GPS, métodos geofísicos.

ABSTRACT

Landslides and mass movements occur more frequently than any other geological hazard all around the world and causing high economic losses, injuries and including death within the affected population. In Peru, due the intense geodynamic activity associated with plate convergence (Nazca and South-America) as well as large periods of intense precipitation produced by El Niño phenomena, landslides affect most of the national territory. There is historical evidence that large mass movements have affected Peru since pre-Hispanic times. According to INDECI, between 2003 and 2016, 4469 mass movements have been report all over the country. The purpose of this study is to elaborate a method to model landslides by reviewing and synthesizing the state of the art geodetic techniques (with high millimetric precision), high resolution digital photogrammetry as well as geophysical prospecting. One of the areas that show more recurrent mass movements triggered

by seismic events and intense precipitations associated to the El Niño Phenomena is the city of Huancabamba, located in northern Peru, Region Piura. In general, in Peru does not count with integral studies that can be used to model and approximate any future behavior of mass movement in the area and evaluate its risk to their population. For this reason, Huancabamba has selected as a working study area for the joint application of techniques like GPS, photogrammetry and geophysical methods. The results obtained show that the techniques used allow an adequate characterization and delimitation of the area of influence of the landslide. This study serves to establish the baseline for subsequent measurements that will allow obtain the rate of movement of the landslide and with the techniques of photogrammetry calculate the volume of the material that has slipped.

Keywords: Landslide, creeping, geophysical methods, GPS.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Huancabamba, ubicada en el departamento de Piura, conocida como “la ciudad que se mueve”, es afectada en el 50% de su extensión por el cruce de 2 masas de material reptante, producido al estar asentada sobre un material saturado de agua y que se dirigen en dos direcciones casi perpendiculares; una en dirección al río Huancabamba y otra hacia la quebrada de Lungulo (PNUD-Ceren, 2000). Debido a que existe poca información que documente las características, extensión y factores que controlan el fenómeno de reptación en dicha ciudad, se realizaron observaciones periódicas de sus movimientos utilizando mediciones GPS con el fin de cuantificar la tasa anual de movimiento. Se utilizaron vehículos aéreos no tripulados para obtener observaciones de alta resolución espacial o temporal, con las cuales se producirán ortomosaicos y modelos digitales del terreno. Estas técnicas permitirán conocer las características de la superficie del terreno. Dado que los deslizamientos de tierra manifiestan modificaciones de la morfología de la estructura interna de la masa del terreno afectado, es necesario el uso de los métodos geofísicos para conocer las características físicas del subsuelo que se basan en propiedades como la resistividad eléctrica, la propagación de ondas sísmicas en el medio.

METODOLOGIA DEL TRABAJO

Este estudio consta de varias etapas. En la prim-

era etapa se llevó a cabo el análisis de imágenes satelitales y una primera inspección in-situ, lo que ha permitido delimitar el área de estudio que tiene una extensión de 3,311ha e identificar las áreas donde se observa la ocurrencia de eventos geodinámicos externos. En la segunda etapa, se ha realizado el levantamiento fotogramétrico digital. En la tercera etapa se llevo a cabo la implementación y medición de puntos de control geodésicos en la ciudad de Huancabamba y alrededores. Posteriormente, en la cuarta y quinta etapa se llevarán a cabo los métodos geofísicos y las nuevas mediciones de los puntos de control geodésicos, lo que finalmente permitirá modelar los movimientos de masa y evaluar su potencial de riesgo a la población.

Fotogrametria digital

Para la realización del levantamiento topográfico digital del terreno, se utilizaron técnicas de fotogrametría digital. Para lo cual se debe reconocer el área de estudio en cuanto a su distribución espacial, a través de inspecciones visuales, para conseguir un adecuado plan de vuelo del dron o vehículo aéreo no tripulado. Utilizando técnicas de fotogrametría digital se obtuvieron productos de cartografiado y una ortofoto de gran calidad, se obtuvo además una nube de puntos 3D, en una malla 3D texturizada y un modelo digital del terreno (Figura 1) del que se generaron curvas de nivel, perfiles del terreno, mapas de pendientes, de orientaciones, etc. Las ventajas de este método es que es eficaz, seguro y de muy buena resolución. Desventaja del método es que solo puede ser usado en determinadas condiciones meteorológicas.

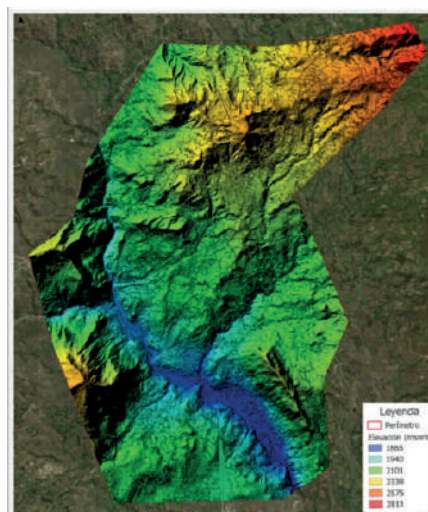


Figura 1. Modelo digital de elevaciones correspondiente a la zona de estudio en Huancabamba (3,200 ha)

Sistemas de Posicionamiento Global (GNSS/GPS)

Los sistemas globales de navegación por satélite GNSS permiten determinar la posición de un punto de control en cualquier momento y lugar sobre la superficie terrestre. El principio básico para la determinación de la posición es la multilateración espacial, en la que la distancia geométrica entre el receptor de las señales, convenientemente estacionado en el punto de control, y el satélite emisor de las mismas, se obtienen por medida del tiempo que una señal particular invierte en viajar desde el satélite hasta el receptor.

En este estudio se ha iniciado con la implementación y primera medición de una red compuesta por 28 puntos de control geodésicos instalados en el ámbito de la ciudad de Huancabamba y alrededores, con la finalidad de medir la posición actual y en lo posterior tomar nuevas mediciones para calcular la velocidad y dirección de desplazamiento de los movimientos en masa que afectan a la ciudad de Huancabamba (Figura 2). Para el procesamiento de datos de la primera medición se ha utilizado el software científico GAMIT&GLOBK. La ventaja más importante del método es su nivel de precisión que es del orden del milímetro. Desventaja del método es que puede ser afectado por condiciones atmosféricas.

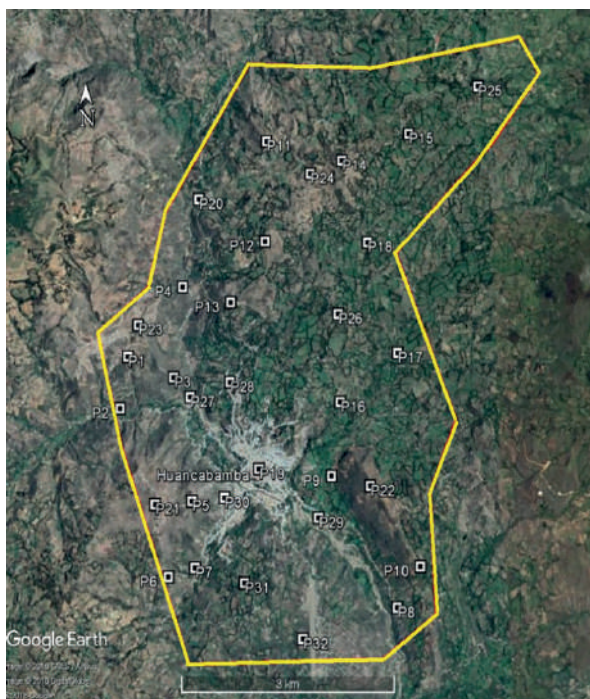


Figura 2. Distribución espacial de los 28 puntos geodésicos instalados y medidos en la zona de estudio en Huancabamba

Métodos geofísicos

Las características de la superficie del terreno han sido descritas con los métodos anteriormente mencionados. Para conocer las características del subsuelo y obtener información sobre la estructura interna de la masa del suelo o la roca, se utilizarán métodos geofísicos no invasivos, relativamente rápidos y prácticos. Los métodos geofísicos se llevarán a cabo en la cuarta etapa del estudio.

Tomografía eléctrica

Se empleará este método no invasivo que permite obtener información en superficie de la resistividad eléctrica aparente del subsuelo ante el paso de un impulso de corriente continua conocida y la medida de la diferencia de potencial entre dos electrodos en superficie (Loke, 1996). Este proceso (de inducción de corriente y medición de la resistencia) debe repetirse a lo largo de una o varias líneas de electrodos distribuidas en el área del deslizamiento, de manera que una vez medidas se dispongan de una distribución de puntos con valores de resistividad experimental con alta resolución espacial horizontal y vertical en el subsuelo. Debido a que el subsuelo es heterogéneo, las resistividades obtenidas no corresponden a la distribución real sino a una que representa una mezcla de ellas; por este motivo se realiza un cálculo adicional para obtener el modelo de resistividad mediante un modelo de inversión (Loke, 1996; Quintana 2013). La resistividad eléctrica está asociada con las características mineralógicas de densidad y de saturación del terreno, por lo cual los resultados se pueden correlacionar con la información del mapeo geológico de la zona de estudio y los ensayos geotécnicos (Orellana, 1982). Dado que el contenido de humedad es un aspecto valioso de la investigación de deslizamientos de tierra, esta es una gran ventaja del método, además de la rapidez en la adquisición de los datos y el poder realizar la repetibilidad de las medidas. Las desventajas del método es que no se obtienen profundidades muy exactas, por lo que pueden existir interpretaciones incorrectas, por lo cual se deben utilizar varios métodos en conjunto.

Sísmica de refracción

Se utilizará la sísmica de refracción con la finalidad de determinar la velocidad de propagación de la onda, lo cual es posible dado que en este método se conoce el tiempo de la generación de ondas y la distancia entre la fuente y los geófonos. Analizan-

do los tiempos de recorrido y la construcción de curvas de tiempo se puede identificar la profundidad de las capas o discontinuidades en el subsuelo que generan la refracción de ondas. Este proceso nos permitirá reconstruir y elaborar perfiles de velocidad en función de la profundidad, los cuales, de acuerdo a la geología de la zona, se podrán correlacionar con las propiedades del suelo y rocas que están controladas por los parámetros elásticos de los materiales. Las ventajas del método es que es rápido, tiene una buena resolución de la estructura del subsuelo y es económico. La desventaja del método es que no funciona cuando la velocidad se incrementa con la profundidad.

CONCLUSIONES

- El uso de imágenes satelitales ha permitido delimitar el área de estudio, la cual tiene una extensión de 3311ha.
- Para la caracterización de la superficie del terrenos que es afectado por el deslizamiento se ha utilizado la técnica de fotogrametría digital, con la cual se ha efectuado el levantamiento topográfico del área de estudio a escala de 1:5000.
- La evaluación preliminar in-situ de la zona de estudio ha permitido identificar y delimitar dos eventos geodinámicos, el primero constituido por deslizamientos en proceso de reactivación en la Asociación Villa Aeropuerto y caserío Aliguay, y el segundo la reptación de suelos que afecta la parte noreste de Huancabamba (Fronterizo-Comenderos, Comenderos Alto y Lucho, así como el centro urbano en los barrios Jibaja Che, La Laguna, Alto de la Paloma y Chalaco), para lo cual se ha relacionado datos geológicos, satelitales e imágenes aéreas de alta precisión.
- En base a la delimitación del área de estudio se ha llevado a cabo la instalación y primera campaña de medición de 28 puntos de control geodésicos. El procesamiento de datos ha permitido obtener coordenadas iniciales las cuales servirán de referencia para comparar con nuevas coordenadas que se obtendrán en las próximas campañas de medición de los puntos de control. Con dichos resultados se espera tener cálculo preciso de la tasa desplazamiento de los movimientos en masa que afectan a la ciudad de Huancabamba.

REFERENCIAS

- INDECI, 2017 Boletín Estadístico Virtual de la Gestión Reactiva.
- INGEMMET, 2009. Zonas críticas por peligros geológicos en la región Piura.
- Loke M.H. and Barker, R.D., 1996. Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. *Geophysical Prospecting*, 44, 499-523. (IF 1.360)
- PNUD-CEREN, 2000. Mapa de peligros, plan de usos del y suelo propuesta de medidas de mitigación de efectos de desastres naturales (PNUD-CEREN, 2000)
- Suarez, D., J. 1998. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Publicaciones UIS. Capítulos 2-3. Universidad Industrial de Santander. Colombia.