



DESLIZAMIENTO Y FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA PUSMALCA: ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEODINÁMICOS QUE CONDICIONARON EL MEGAEVENTO

Cristhian Chiroque¹ Segundo Nuñez²

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

RESUMEN

El 17 de marzo del 2021, ocurrió el colapso del depósito de materiales excedentes ubicado en el sector Cruz Blanca, a la altura del kilómetro 111 de la carretera Canchaque-Huancabamba. En la fase 1 de deslizamiento, se movilizaron más de 752884 m³ de materiales; inmediatamente después, se originó un flujo que descendió por la quebrada Pusmalca alcanzando tirantes de 10 m alto, 110 m de ancho y velocidades de 9 m/s a 25 m/s. En las inmediaciones del DME-111, afloran lavas andesitas con niveles piroclásticos correspondientes al miembro inferior del Centro Volcánico Sondorillo, mientras que, el miembro superior está conformado por andesitas con piroclastos de cenizas de composición andesítica y dacítica. Los depósitos coluvio deluviales, coluviales y aluviales están conformados por gravas y clastos angulosos dispersos, en una matriz arcillo arenosa en capas porosas, poco compactas y saturadas. El DME-111, se ubica sobre un piedemonte aluvial (V-al) con pendientes moderadas (5°-15°), limitado por montañas en rocas intrusivas (RM-ri), metamórficas (RM-rm) y volcánico sedimentarias (RM-rvs) con pendientes muy escarpadas. El perímetro externo del DME, limitaba con pendientes muy fuertes (25° - 45°), a través de esta superficie, descendieron los materiales deslizados formando una vertiente o piedemonte con depósitos de deslizamiento (V-dd). El flujo de detritos se canalizó por el cauce de la quebrada Pusmalca originando una vertiente aluvio torrencial (P-at). En ambos márgenes de la quebrada Pusmalca existen antiguos depósitos de movimientos en masa, las geoformas del área evaluada presentan evidencias de una geodinámica muy intensa.

Palabras claves: deslizamiento, flujo de detritos, flujo de lodos, megaeventos, geología,

geomorfología.

ABSTRACT

On March 17th, 2021, the collapse of the excess material deposit located at kilometer 111 of the Canchaque-Huancabamba highway in the Cruz Blanca sector occurred. Phase 1 landslide. More than 752,884 m³ of materials were mobilized; immediately after, a flow originated and descended the Pusmalca stream, reaching a height of 10m, a width of 110m and velocities of 9 m/s to 25 m/s. In the vicinity of DME-111, there are andesite lavas with pyroclastic levels corresponding to the lower member of the Sondorillo Volcanic Center, while the upper member is made up of andesites with pyroclastic ash of andesitic and dacitic composition. The colluvial-deluvial, colluvial and alluvial deposits are made up of gravels and clasts dispersed in a sandy clay matrix in porous layers, not very compact and saturated. DME-111 is located on a piedmont alluvial (V-al) with moderate slopes (5°-15°), bounded by mountains in intrusive (RM-ri), metamorphic (RM-rm) and volcanic-sedimentary (RM-rvs) rocks with very steep slopes. The outer perimeter of the DME, bordered with very steep slopes (25° - 45°), through this surface, the slid materials descended forming a slope or piedmont with landslide deposits (V-dd). The debris flow was channeled through the bed of the Pusmalca creek, originating a torrential alluvial slope (P-at). In both margins of the Pusmalca creek there are ancient deposits of mass movements, the geoforms of the evaluated area show evidence of very intense geodynamics.

Key words: landslide, debris flow, mudflow, geological hazards, geology, geomorphology.

1. INTRODUCCIÓN

Nuestra orografía tiene una configuración geológica y geomorfológica muy compleja y por consiguiente una geodinámica interna y externa muy activa. Sobre la superficie, ocurren deslizamientos, flujos, lahares, caídas de rocas, derrumbes, erupciones volcánicas, inundaciones, entre otros; en conjunto estos procesos son denominados peligros geológicos. Los tipos de rocas y las geoformas del relieve condicionan la ocurrencia de movimientos en masa (MM), que son desencadenados por las precipitaciones, tal como ocurrió en el sector Cruz Blanca donde se ubica el DME-111.

2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio abarcó la fase de deslizamiento del DME-111 (Z1) y la fase de flujo de detritos (Z2). El deslizamiento ocurrió en el sector Cruz Blanca ubicado entre los sectores El Tambo y Surupite. El flujo de detritos descendió por la quebrada Pusalca, pasando por los sectores Chonta, Agua Blanca, Canchamanchay, Pampas Minas, Chorro Blanco y Potrerros. El DME-111 se localiza a 34.8 km al noreste del distrito de Canchaque, provincia Huancabamba, región Piura, en las coordenadas UTM 661663E, 9408038N a una altitud promedio de 3064 m s.n.m, figura 01.

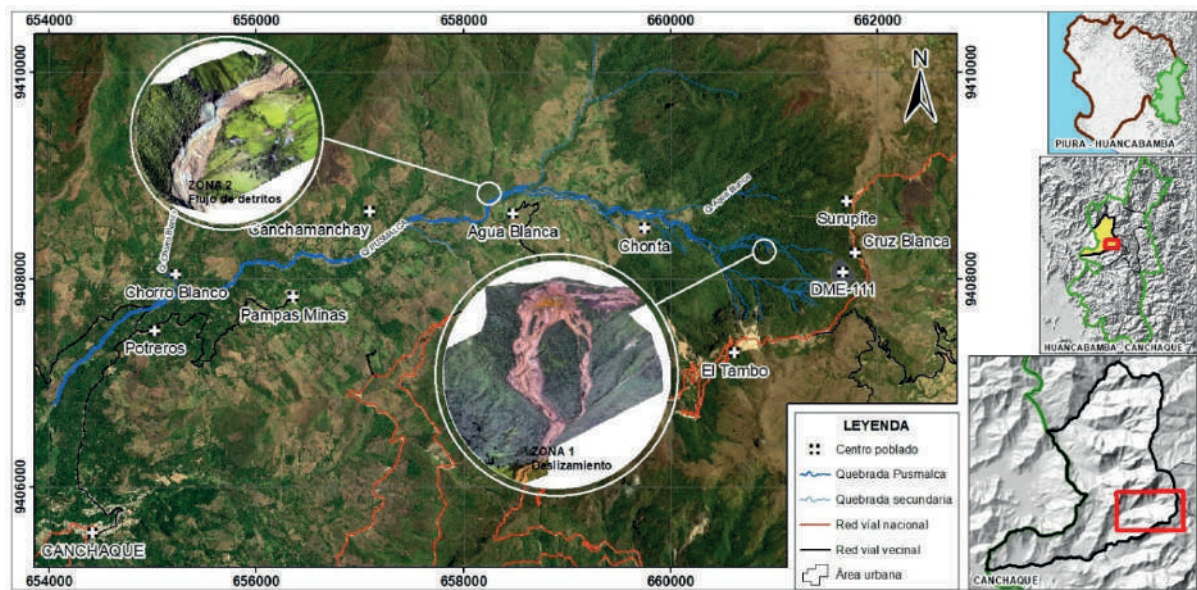


Figura 01: Ubicación de la quebrada Pusalca y los sectores afectados por el deslizamiento y flujo de detritos.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La cartografía de campo se desarrolló en base al cuadrángulo geológico de Morropón hoja 11-d-II a escala 1:50 000 y al Boletín N° 039 “Geología del cuadrángulo de Huancabamba” a escala 1:100 000 (Reyes & Caldas, 1987), se mejoró la caracterización litológica y delimitación de geoformas modeladas.

Zona 1. Fase deslizamiento: Corresponde a la cabecera de la quebrada Pusalca, aquí afloran lavas andesíticas intercaladas con niveles piroclásticos observados al sur, en las inmediaciones del sector El Tambo; hacia el norte, en el sector Surupite afloran lavas andesíticas con piroclastos de cenizas de composición andesítica y dacítica. Los tipos de rocas se muestran poco competentes, muy fracturadas y meteorizadas; el clima altamente húmedo y lluvioso afecta la

integridad de las rocas y sobresatura los depósitos de cobertura. Zona 2. Fase flujo de detritos: Se extiende a lo largo de la quebrada Pusalca, entre el sector Cruz Blanca, Chonta, Agua Blanca y Canchamanchay afloran granodioritas y tonalitas en contacto con filitas, pizarras y esquistos del Grupo Salas; que se proyectan hasta el sector Potrerros abarcando los caseríos Pampas Minas, Mishahuaca, La Esperanza, La Paccha, Santa Rosa y La Perla. El DME-111 se ubica sobre una vertiente o piedemonte aluvial con pendientes moderadas (5° - 15°), sin embargo, a escasos metros del pie de la estructura, la pendiente cambia abruptamente a muy fuerte (25° - 45°). Los materiales deslizados y saturados descendieron por la ladera, formando la vertiente o piedemonte con depósitos de deslizamiento. El flujo de detritos se canalizó por el cauce de la quebrada Pusalca, la energía del flujo modificó el ancho del canal originando una vertiente aluvio torrencial de

hasta 110 m de ancho. En ambos márgenes de la quebrada Pusmalca, existen antiguos depósitos de movimientos en masa clasificados como vertientes o piedemontes coluvio deluviales, limitados por montañas en rocas intrusivas, metamórficas y volcánicas sedimentarias.

4. ASPECTOS GEODINÁMICOS

El evento geodinámico fue catalogado como un movimiento complejo, con un deslizamiento de tipo rotacional, retrogresivo en estado activo con posterior fase de flujo de detritos y rocas.

4.1 Fase 1: Deslizamiento

La corona alcanzó 1252 m de longitud, el escarpe tiene 1141 m de largo, tiene forma irregular y continua, los saltos de falla tienen desniveles de hasta 60 m, el área total afectada se extiende hasta 136 ha (figura 02).

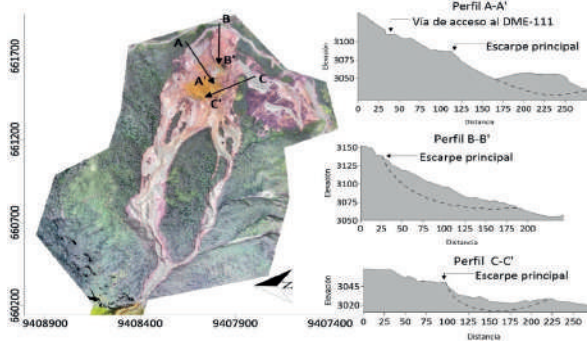


Figura 02. Perfiles y cálculo de desplazamientos.

4.2 Flujo de detritos

El flujo recorrió 30 km, alcanzó 110 m de ancho y velocidades de 9 a 25 m/s. Los tirantes alcanzaron hasta 20 m de alto en curvas cerradas, mientras que, en cursos rectilíneos la altura llegó a 10 m (figura 03).



Figura 03. Cauce de la quebrada Pusmalca.

Depósitos de bloques

Los bloques depositados, corresponden a granodioritas y tonalitas de 5 m de largo, 2.5 m de alto y 3 m de ancho, que provienen de rocas ígneas que afloran desde el sector Chonta hasta Canchamanchay (figura 04).



Figura 04. Mega bloques en el sector Potrerros.

Velocidad calculada

Para determinar indirectamente la velocidad de un flujo de detritos se utilizó la fórmula propuesta por Chow (1959), basado en esquemas de planta y perfil en cada curva del cauce, midiendo la altura de la huella del lodo en las márgenes:

$$V = (g \times r_c \times \cos \theta \times \tan \alpha)^{0.5}$$

Donde:

- V= velocidad (m/s) g= gravedad (9,81 m/s)
- r_c = radio de curvatura del canal o quebrada (m)
- $\cos \theta$ = Coseno del ángulo longitudinal del valle
- $\tan \alpha$ = $\Delta h/B$

Cuadro 01. Parámetros aplicados al cálculo de velocidad.

	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
Δh	10.05	13.4	14.7	12.07
B	66.86	69.16	52.54	72.13
$R_{l(m)}$	71.54	83.5	53.84	109.89
θ	17	11.15	20	13
$\cos \theta$	0.9563	0.98112	0.93969	0.90744
$\tan \alpha$	0.15031	0.19375	0.27978	0.16733
V (m/s)	10.04	12.48	11.78	12.79

La velocidad calculada mediante el método de Chow, se encuentra entre 10 y 12 m/s. Estos datos se utilizaron para calibrar el modelamiento numérico de flujos.

5. Modelamiento numérico de flujos de detritos

El módulo DEBRIS FLOW del programa RAMMS, se utiliza para calcular el movimiento de flujos sobre terrenos en tres dimensiones, el programa utiliza ecuaciones promediadas que predicen la velocidad de pendiente paralela y alturas de flujo (SLF/WSL, 2017).

5.1 Preparación de datos

Los datos de entrada para el modelamiento de flujo fueron los siguientes:

5.1.1 Topografía

Se utilizó el modelo digital de terreno (MDT) con una resolución de muestreo en terreno de 5 cm/pix. El MDT fue remuestreado a 1 m por pixel con una malla de cómputo de las mismas dimensiones.

5.1.2 Área de liberación y volumen

El volumen fue estimado en 752 884 m³, este fue introducido en el programa RAMMS (figura 05).

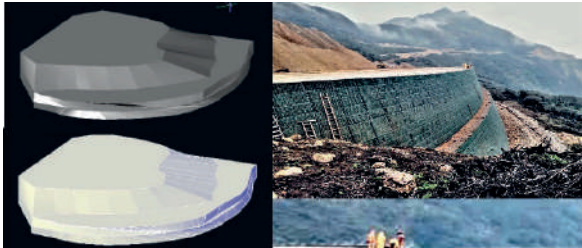


Figura 05. Imagen satelital y objetos sólidos del DME-111.

5.1.3 Densidad, fricción y tensión de fluencia

Para los parámetros reológicos se utilizaron valores establecidos mediante estudios previos, estos fueron comparados con las observaciones de campo y la cartografía geológica de los depósitos.

Cuadro 02. Parámetros reológicos de flujos

Densidad (Kg/m ³)	Fricción		Tensión de fluencia
	Xi (m/s ²)	Mu	
2000	2000	0.10	375

5.2 Resultados

El modelamiento fue calibrado mediante el registro de fotos y videos, la geomorfología, la caracterización de los peligros y la altura de los depósitos encontrados.

5.2.1 Altura de flujo

Las alturas se evidenciaron en las paredes laterales del cauce de la quebrada Pusmalca. En la fase 1 de deslizamiento, el material proveniente del DME-111, alcanzó una altura máxima de 43.65 m y alturas promedio de 9 a 21 m durante el desplazamiento del flujo (figuras 06).

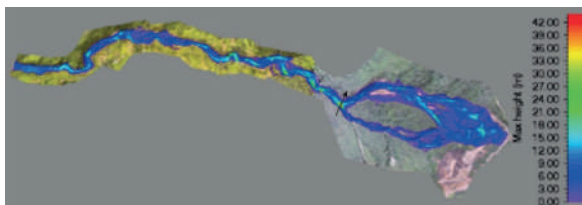


Figura 06. Alturas observadas en el sector Chonta.

5.2.2 Velocidad de flujo

El modelamiento arrojó velocidades máximas de 57 m/s y promedios de 27 m/s hasta 45 m/s, estas velocidades se observan cuando los materiales descienden por una pendiente muy fuerte, luego las velocidades bajan de 9 a 25 m/s (figura 07).

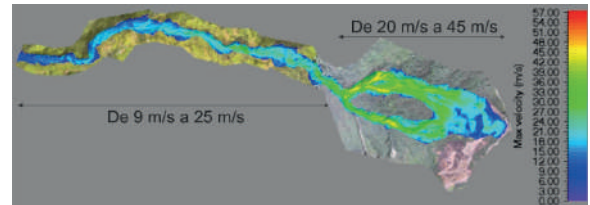


Figura 18. Velocidades modeladas en la quebrada Pusmalca.

6. CONCLUSIONES

El DME - 111, se ubica sobre andesitas con niveles piroclásticos en contacto con lavas andesíticas con piroclastos de cenizas, que corresponden al Centro Volcánico Sondorillo. Estos afloramientos se encuentran fuertemente fracturados y meteorizados.

Los depósitos de cobertura están conformados por gravas, gravillas y clastos dispersos en matriz areno limosa y arcillosa en capas porosas, poco compactas y susceptibles a erosión.

Las montañas tienen pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - >45°), han sido modeladas en rocas ígneas, metamórficas y volcánico sedimentarias. El DME-111, se ubica sobre un piedemonte aluvial de pendientes moderadas (5°-15°), limitando con pendientes muy escarpadas que condicionaron la estabilidad de la estructura.

El flujo de detritos se canalizó por la quebrada Pusmalca, formando una vertiente aluvio torrencial (P-at) que modificó el ancho del cauce hasta llegar a 110 m.

El movimiento en masa fue catalogado como un movimiento complejo, la primera fase del evento fue un deslizamiento de tipo rotacional, retrogresivo en estado activo con posterior fase de flujo de detritos.

El escarpe del deslizamiento alcanzó los 1141 m de largo, con desniveles de hasta 60 m. El cuerpo del deslizamiento tiene 450 m de largo y 380 m de ancho con desplazamientos de 320 m.

El flujo alcanzó hasta 110 m de ancho, con alturas máximas de 20 m y velocidades calculadas promedio de 12 m/s a 25 m/s. A lo largo de la quebrada Pusmalca se observaron bloques de tonalitas y granitos de hasta 5 m de largo, 2.5 m ancho y 3 m de alto.

El modelamiento demostró tirantes promedio de 10 m a 20 m de alto y velocidades de 9 m/s a 25 m/s, las velocidades calculadas mediante el método de Ven Te Chow arrojó 12.79 m/s estos rangos se encuentran dentro de los parámetros modelados.

7. REFERENCIAS

- Chiroque, C. (2021). Evaluación de peligro geológico por movimiento complejo (deslizamiento-flujo de detritos) en la quebrada Pusmalca. Distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba, región Piura. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7156, 65p.
- Chow, V.T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw Hill, New York, 680 p.
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e. INGEMMET, Boletín A N° 39].
- SLF/WSL. (2017). User Manual v1.7 Debris Flow A numerical model for debris flows in research and practice.