



Casos de carga en los sistemas de protección contra flujos de detritos en contraposición al enfoque energético

Rolando Romero , Roberto Luis y Gabriel von Rickenbach

Resumen: Los flujos de detritos son movimientos de masas, causados por hundimiento o apertura de grietas en el estado de saturación, ocasionados por la acción del agua, diferentes en función de la alteración de los accidentes geográficos, pueden ser además canalizados o abiertos. Se caracterizan como una mezcla saturada de agua, roca, suelo, materia orgánica y escombros diversos, con sólidos entre el 30%-70%, en laderas de inclinación de 25% o mayor, llegando a alcanzar densidades de entre 16-23 kN/m³, velocidades de hasta 15m/s y volúmenes mayores a los 500m³. El estudio del fenómeno a partir de ensayos de laboratorio, a escala natural y simulación numérica ha permitido determinar los casos de carga que se presentan: (1) inicialmente produce el impacto del flujo sobre la membrana flexible (carga dinámica), seguidamente se acumula y retiene el material de detritos o sólido, mientras se promueve el proceso de drenaje, que libera la presión hidrostática, todo lo anterior hasta completar la capacidad de retención del sistema de protección. (2) presupone la capacidad del conjunto para soportar una sobrecarga.

Palabras clave: flujos de detritos, diques flexibles de anillos, retención sólidos, protecciones dinámicas, coeficiente de impulso dinámico

Abstract: Debris flows are mass movements, caused by subsidence or opening of cracks in soil saturated, depend on the alteration of geographical relief, and can be classified as channeled or open. Are characterized as a saturated mixture of water, rock, soil, organic material, and various debris, with solids between 30%-70%, on slopes with about 25% or bigger, reaching densities of between 16-23 kN/ m³, speeds of up to 15m/s and volumes more than 500m³. The study of the phenomenon from laboratory, full-scale tests

and numerical simulation has made it possible to determine the load cases: (1) Initially the flow hit on the flexible membrane (dynamic load), then the debris or solid material it accumulates and retains, while promoting the water drainage process, which releases the hydrostatic pressure, all the above until the retention capacity of the protection system is completed. (2) Assumes the capability of the system setup to withstand an overload.

Keywords: debris flows, flexible ring check-dams, solid retention, dynamic protections, dynamic impulse coefficient

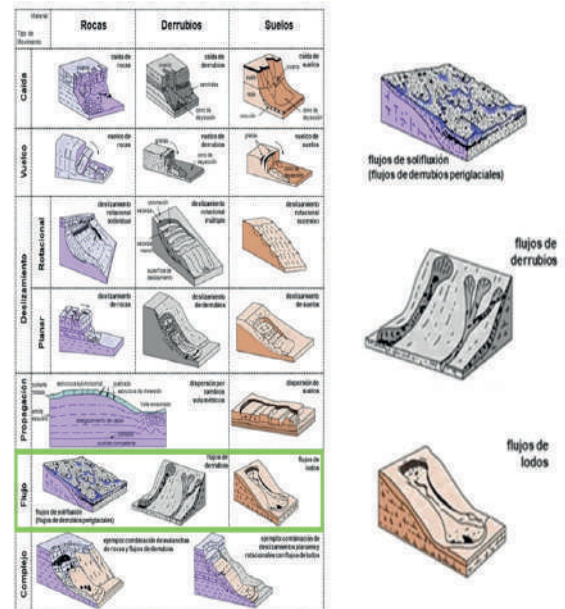


Fig. 1 Flujos dentro de los movimientos en masa

Desarrollo: Los flujos de detritos (huaicos en el Perú) son una combinación de fenómenos naturales que se dan como consecuencia de inundaciones u ocurrencia de fenómenos meteorológicos

generalmente con períodos de retorno altos, suelen ser excepcionales, aunque en algunos lugares se dan con relativa frecuencia. Consiste básicamente en el arrastre por un torrente de agua de materiales sueltos, granulares y tierra o lodo, restos de vegetación y en ocasiones troncos de árboles, a través de los cauces naturales del terreno (fig. 1). Al igual que los desprendimientos de rocas el flujo de detritos actúa de forma dinámica, pero a diferencia del primero el impacto no es puntual. A diferencia de los desprendimientos de rocas, los flujos de detritos son movimientos de masas en laderas, causados por hundimiento o apertura de grietas en el estado de saturación, ocasionados por la acción del agua, diferentes en función de la alteración de los accidentes geográficos.

los siguientes desencadenantes: la gravedad, la sismicidad, la hidrogeología, el clima e hidrología, el espesor disponible de cobertura vegetal, la geomorfología (predicción del comportamiento y estado futuro), la pendiente y el relieve, la meteorización y el efecto antrópico, entre otros [3]. Dentro de los principales movimientos de masa, se encuentran los flujos de detritos, que según su densidad y velocidad de frente se pueden clasificar en: flujos granulares y flujos de lodos. Conforme su tipología se puede indicar lo siguiente (Fig. 2):

El origen de este movimiento de masa se genera principalmente por los siguientes factores decisivos: la precipitación (lluvia, granizo, nieve...) y el material suelto disponible (Fig. 3).

En general estos movimientos se suelen activar mediante el accionar de uno o combinaciones de

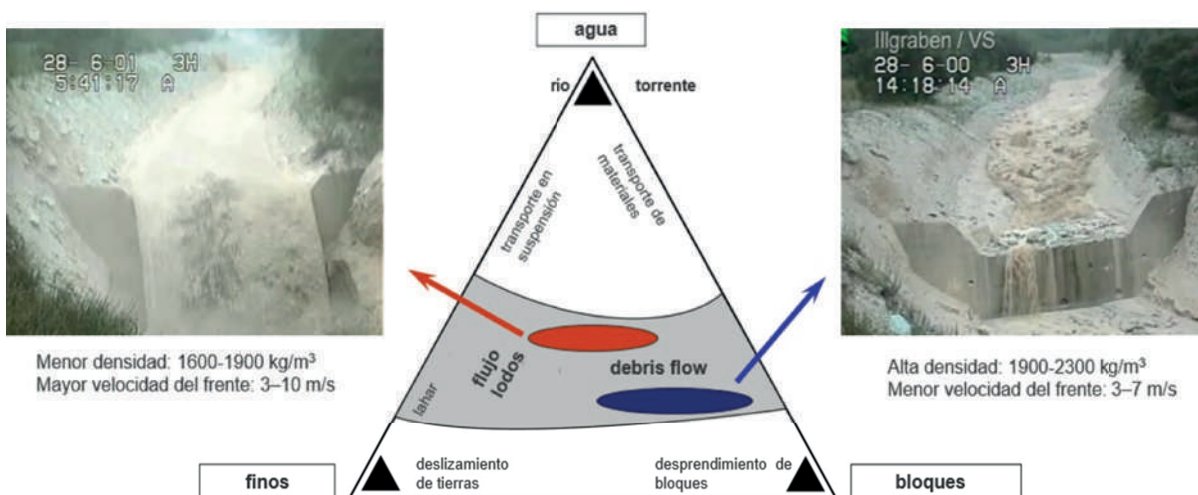


Fig.2. Tipología del fenómeno y composición

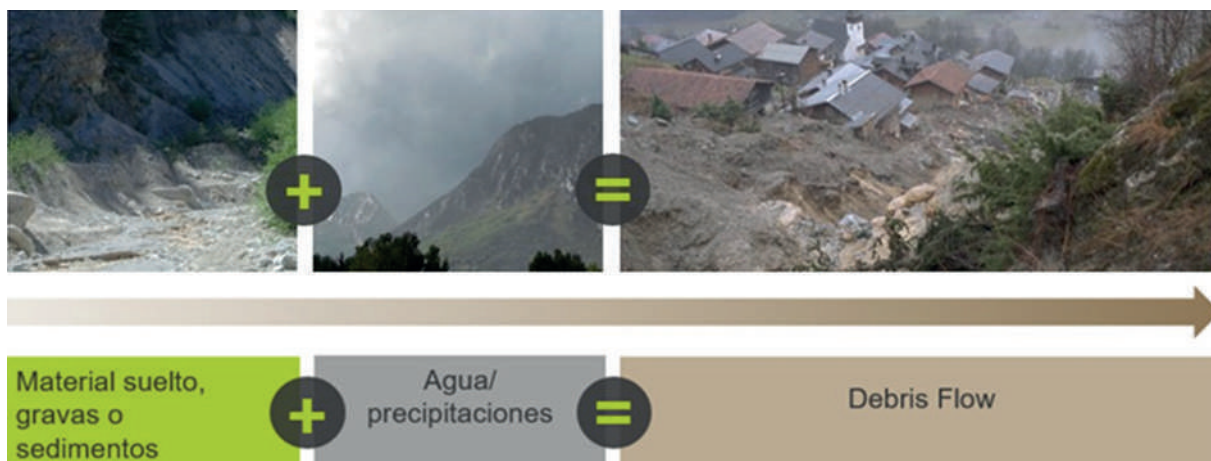


Fig. 3 componentes de un flujo de detritos

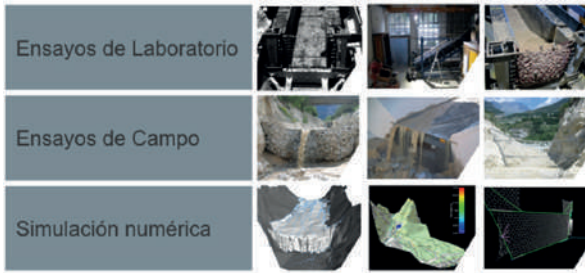


Fig. 4 Proceso de desarrollo de la investigación

En las primeras etapas de estudio, para caracterizar el fenómeno, se realizó una aproximación energética como solución, partiendo de conocimiento acumulado en las barreras de protección contra desprendimientos rocosos. La idea consistía [3, 6] en evaluar el volumen disponible de material y mediante expresiones estocásticas, determinar el caudal pico y la velocidad para al final conseguir un valor de energía cinética, con el tiempo se demostró que este enfoque no era racional ya que la combinación de solicitaciones que se produce en el trasdós de la barrera difiere [4, 5]. El estudio detallado del fenómeno a partir de técnicas de laboratorio, ensayos a escala natural y simulación numérica (Fig. 4) ha permitido comprender su comportamiento.

A partir de los resultados de ensayos de laboratorio

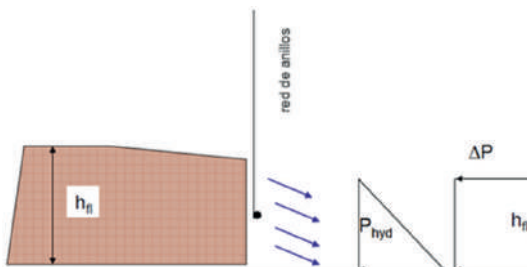


Fig. 5 Primer impacto y sus componentes de carga de presión dinámica (ΔP) y presión hidrostática (P_{hyd}).

Caso de carga 2: Flujo pasa sobre la red, cuando la barrera se llena completamente, cualquier oleada ulterior se derramará sobre la parte superior agregando una carga adicional al sistema tanto por su peso (σ) como por las fuerzas cortantes actuantes (τ). La fuerza cortante suele ser diez veces menor que la fuerza normal, por ende, se desprecia. El material retenido en el trasdós del estado hidrostático, a una presión activa. El tiempo de drenaje depende de la composición del flujo y

y de campo (Illgraben), así como la simulación matemática, en colaboración con el Instituto Suizo para la Investigación del Bosque, la Nieve y el Paisaje (WSL), se ha podido concluir que este fenómeno está caracterizado por la combinación varios casos de carga: en una primera instancia se produce el impacto del flujo sobre el trasdós de la barrera (membrana anular flexible carga dinámica), seguidamente se acumula y retiene el material de detritos o sólido, mientras se promueve el proceso de drenaje, que a su vez libera la presión hidrostática, todo lo anterior ocurre en oleadas hasta completar la capacidad de retención del sistema de protección. Finalmente se produce el sobre paso, cuando los detritos pasan por encima de la barrera, lo cual presupone la capacidad del conjunto para soportar dicha sobrecarga y erosión [7].

Caso de carga 1: Impacto inicial, impulso y presión estática para la primera oleada, según la figura 5. Tras el primer impacto, se suceden varias oleadas hasta que se colmata la barrera (llenado) alcanzando su altura nominal, afectada por la flecha máxima y el desplazamiento hacia delante del cable de soporte perimetral superior, que genera el peso del material sobre el sistema (fig. 6).

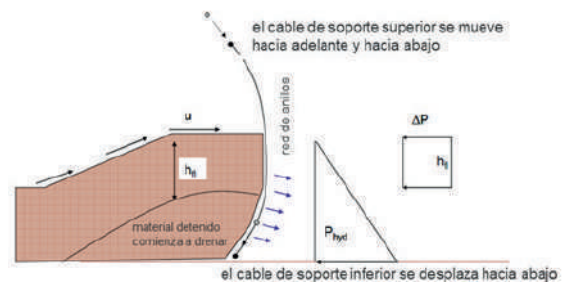


Fig. 6 Segunda oleada, el proceso de llenado, la componente dinámica de la carga (ΔP) actúa en la parte superior, la presión hidrostática (P_{hyd}) se acumula

del contenido de agua (fig. 7). En este punto la barrera flexible se transforma en un dique artificial o dissipador de energía.

La fuerza cuasi-estática total o máxima presión impacto [kN/m^2] se puede obtener de la expresión (fig. 8). La normativa vigente en la actualidad a nivel europeo [2] reconoce el empleo de esta presión combinada como único elemento válido de dimensionamiento de estos diques flexibles, añadiendo la necesidad de que los prototipos de diseño además sean ensayados en condiciones reales a partir de ensayos a escala natural (1:1). A falta de regulaciones locales, esta normativa es altamente recomendable a nivel global, en tanto recoge las más modernas y actuales tendencias en el desarrollo tecnológico en esta área.

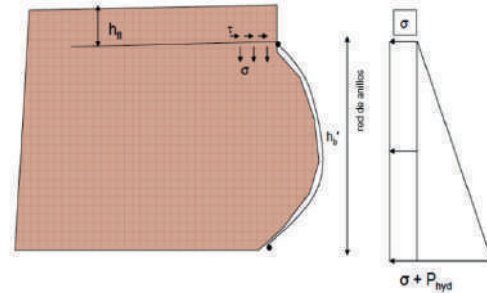


Fig. 7 Sobrepaso, proceso de desbordamiento tras una oleada una vez la barrera está llena

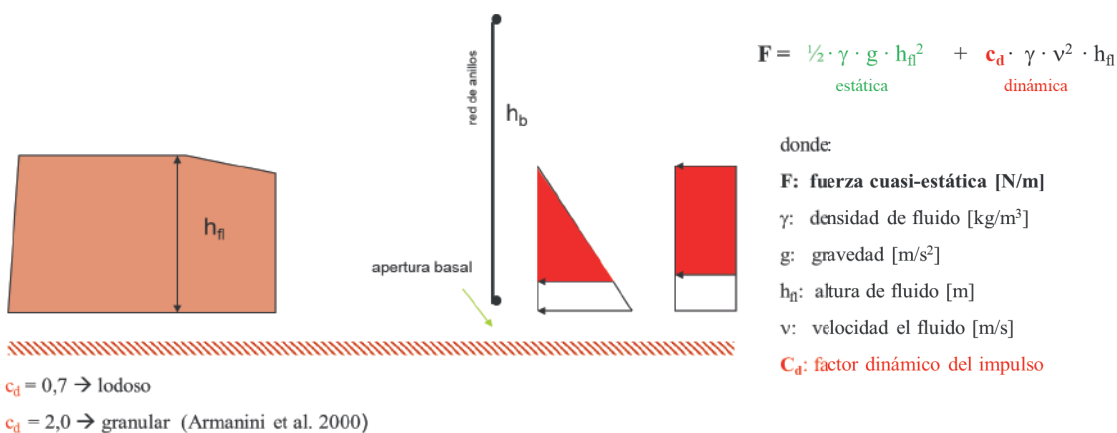


Fig. 8 Caracterización de la máxima presión de impacto [1, 7]

Conclusiones

Los desprendimientos de rocas y los flujos de detritos son fenómenos diferentes y sin lugar a duda las soluciones efectivas contra desprendimientos no son válidas, para solucionar la contención de masa de lodo y roca. El enfoque energético inicial significó en su momento un avance, pero la investigación científica y la propia práctica de ingeniería en los últimos años ha demostrado, que en el caso de los flujos de detritos se generan claramente otras combinaciones de carga. La sollicitación en el trasdós de las barreras es una presión cuasi-estática, que incluye las cargas estáticas y dinámicas (impulso). Su conocimiento y evaluación es básico para el diseño de cualquier solución flexible.

Referencias bibliográficas

- [1] Armanini, A. (1997) On the dynamic impact of debris flows. In Recent Developments on Debris Flows, Lecture Notes in Earth Sciences 64. Springer, 1997.
- [2] EOTA (2016) Flexible kits for retaining debris flows and shallow landslides. EAD-340020-00-0106
- [3] Luis, R., (2010) Aplicación de membranas flexibles para la prevención de riesgos naturales. Madrid.
- [4] Mitzuyama (1992) Prediction of debris flow peak discharge, Interpraevent, Bern, Bd. 4, 99-108
- [5] Rickenmann D. (1999) Empirical relationships for debris flows, Natural Hazards, 19(1), 47-77
- [6] Roth, A., Wartmann, S. (2003) Protection system against Debris Flow. Design concept. Suiza
- [7] Wendeler, C. (2016) Debris-Flow Protection System for Mountain Torrents. WSL. Suiza