

APLICACIÓN DE BARRERAS FLEXIBLES PARA EL CONTROL DE FLUJO DE DETRITOS - TORRENTE SAN MARTIN - AYACUCHO - PERÚ

Joel Oré, Vladimir Aquisé y Saul Retamozo

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú.

E-mail: joeliwanagaore@gmail.com, maphoovao@gmail.com, corp_luas@hotmail.com

Resumen

Los problemas generados, por el transporte de flujo de lodos y detritos, son usualmente imprevistos, mayormente causados, por lluvias intensas, que logran saturar el suelo, en las partes altas de los torrentes y posteriormente, causan su excesivo transporte, generando aguas abajo, inundación y destrucción a su paso. Hoy en día, hay numerosas alternativas, una de las cuales, corresponde a barreras flexibles de redes de anillos, que aún no es ampliamente conocido en nuestro país, pero indudablemente, es una solución aceptable, para retener volúmenes de flujo de detritos. Esta solución se usa en la presente investigación, como una alternativa, para retener los posibles volúmenes de detritos, que puedan desarrollarse en el futuro, en el torrente San Martín, teniendo en cuenta el antecedente negativo del año 2009, en el que murieron 11 personas. Se toma en cuenta, el registro de intensidades de lluvia, en las estaciones Killari y Emadi, para determinar el hietograma de precipitación total, el mismo que será transitado, a través de la base de datos gráfica, obtenida, a partir de fotogrametría, que permita una resolución espacial aceptable, permitiendo de esta manera la transformación de lluvia en escorrentía adecuado, mediante una modelación 2D. A partir de las características hidráulicas de diseño, se dimensionará las barreras dinámicas, de redes de anillo flexible, en las secciones transversales pertinentes, a lo largo del torrente San Martín, mostrando el detalle en cada una de estas.

Introducción

Las barreras flexibles son estructuras, que generalmente se ubican, en una corriente natural, la misma que tiene una forma de V, adecuándose a la sección transversal del torrente, cuyas principales características, de la parte superior e inferior, se muestran en la figura 1.

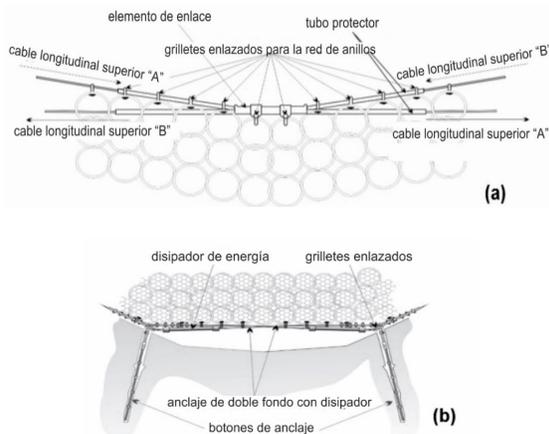


Figura 1.- Sistemas de barrera V contra flujo de detritos: (a) Cables longitudinales superiores. (b) Cables de fondo y lateral.

En la Figura 2, se muestran el detalle de los anclajes típicos, así como del dispositivo de disipación de energía, que permite la elongación de la estructura, cuando transita el flujo de detritos y permite su retención aguas arriba de la barrera dinámica de redes de anillos.

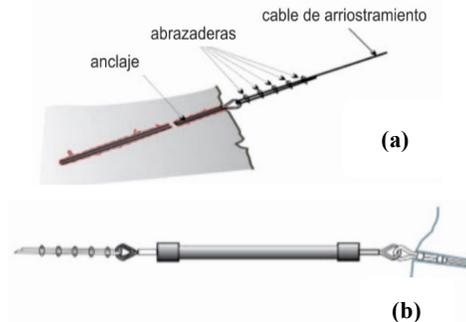


Figura 2.- (a) Conexión entre anclaje y cable de refuerzo. (b) Dispositivo de disipación de energía.

Una ventaja, de las barreras de redes de anillo, es que son ligeros, flexibles y pueden fácilmente instalarse en regiones remotas (Wendeler, 2008), estos incluyen los siguientes componentes (Grimod, 2014):

- Cables longitudinales transversales, los mismos que son capaces, de transferir las fuerzas desarrolladas, por el flujo hiperconcentrado, desde la estructura de intercepción, hasta los anclajes laterales.
- Estructura de intercepción, que es una malla para caída de rocas (generalmente paneles de redes de anillos), sostenida por cables longitudinales superiores y fijos a los cables laterales y longitudinales inferiores.
- Disipadores de energía, que permiten la extensión de los cables y consecuentemente las fuerzas, que actúan sobre los anclajes son reducidas.
- Anclajes laterales, que son compuestos de un cable flexible, de doble brazo. Se instalan en un hueco perforado, con lechada de cemento. Transfieren las fuerzas de la barrera al suelo.

Materiales y métodos

El 16 de diciembre del 2009, se registraron lluvias muy intensas, en las estaciones Killari y Emadi, logrando alcanzar valores de hasta 182.80 mm/r y 164.60 mm/hr (Oré, 2014), a partir de los cuales, se determinará, el hietograma de precipitación de diseño, que permita realizar un tránsito adecuado a nivel 2D, y observar de esta manera, las características hidráulicas más importantes, que permitan el dimensionamiento, de las barreras flexibles, en el torrente de San Martín.

Metodología de diseño de barreras flexibles

Para el dimensionamiento, de la barrera flexible, se debe considerar, tres tipos de carga, que condicionan la estabilidad de la barrera, en un torrente, cuando pasa un flujo de escombros: carga dinámica, carga debido al sobrepaso de escombros y carga estática, considerando, en este último caso, el instante de tiempo requerido, para determinar, la altura de la acumulación de sedimentos (Grimod, 2004). La Figura 3, muestra las variables, a considerar en el diseño de la barrera flexible considerado, para un tiempo $t = 0$ y un $t > 0$.

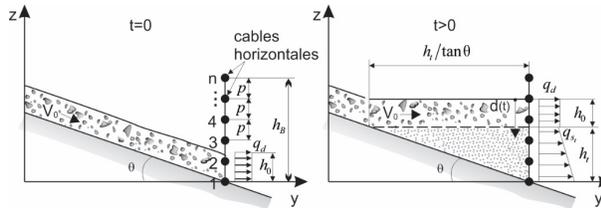


Figura 3.- Acumulación de flujo de escombros en diferentes tiempos

La máxima carga dinámica, se determina a partir de:

$$q_{d_{\max}} = \alpha \rho_d v_0^2 \quad [1]$$

Donde $\alpha = 2$ es un coeficiente empírico, para cargas dinámicas (GEO, 2011), ρ_d es la densidad de masa de escombros y v_0 es la velocidad de impacto, del flujo de escombros.

La carga en la parte superior, de la barrera, debido al flujo de escombros, que determina la carga hidráulica en el ultimo cable se determina, teniendo en cuenta la Figura 4.

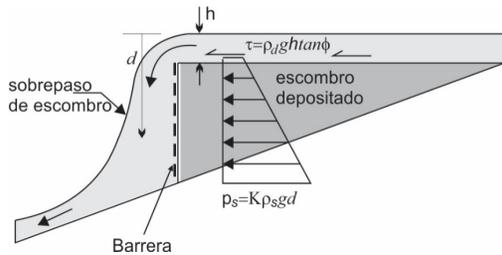


Figura 4.- Paso de flujo a través del ultimo cable.

$$q_\tau = \tau L \quad [2]$$

$$L = \frac{h_B}{\operatorname{tg}\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} \quad [3]$$

Donde τ es la fuerza de arrastre, ϕ es el ángulo de fricción aparente y h_B es la altura de la barrera. Esta carga, debe ser añadida a la carga estática, del ultimo cable.

La carga estática q_{s_i} , se determina, teniendo en cuenta las alturas medidas, desde la superficie del flujo de escombros, la misma que es variable dependiendo del tiempo y K , que es el

coeficiente de empuje activo, que tiene un impacto, en cada uno de los cables i :

$$q_{s_i} = K d_i \rho_d g P \quad [4]$$

Conclusiones

Se ha transitado, el hietograma de lluvia, registrado en las estaciones Killari y Emadi, teniendo en cuenta, la base de datos gráfica, obtenido a partir de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) y la ayuda de los programas Agisoft PhotoScan 1.1.3, Meshlab 1.3.3, CloudCompare 2.6.0 y AutoCAD Civil 3D 2017.

Se presenta, el modelo numérico completo, simplificado, para el dimensionamiento de barreras flexibles, que toma en cuenta las características hidráulicas del análisis de flujo 2D, para transitar el flujo de detritos.

Referencias bibliográficas

GEO (2011). Design requirements for flexible Debris-resisting Barriers. *Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department*. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region (Draft as at 12.10.2011).

Grimod A. (2014). "Simplified methodology to design flexible debris flow barriers". *GEO Regina, 67th Canadian Geotechnical Conference*.

Oré J. (2014). "Calibración lluvia escorrentía mediante modelos agregados y distribuidos Cuenca experimental Yanaccacca". *IAHR XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Santiago, Chile*.

Wendeler C. Volkwein A. and Roth A. (2005). Field testing and numerical modeling of flexible debris flow barriers. <http://www.wsl.ch/wsl/info/mitarbeitende/volkwein/pdf/8162.pdf>.