

# Alternativa de solución mediante el uso de barreras flexibles a problemas geodinámicos Cerro La Picota – Ayacucho – Perú

## Alternative of solution through the use of flexible barriers to geodynamic problems Cerro La Picota - Ayacucho - Peru

Jorge Escalante Contreras <sup>1</sup>

Recibido: Enero 2019 - Aprobado: Junio 2019

### RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de prevenir el riesgo fatal a los pobladores que vienen habitando en las laderas del Cerro La Picota y de igual forma a los pobladores que se encuentran habitando en las áreas de la parte inferior del cerro que se encuentra ubicado en la ciudad de Ayacucho. Cabe señalar que, en este lugar se observan siete quebradas con diversas formas, gradientes, taludes y coberturas, que se formaron por las precipitaciones pluviales cíclicas, por lo tanto, se originan riesgos hacia la población por el transporte de detritos, flujos de agua y barro que ocasiona daños a lo largo de todo su recorrido, para el cual se propone la aplicación de las barreras flexibles, porque la realidad geodinámica, geomorfológica y geotécnica así lo requiere.

Se instalarán 22 barreras flexibles, de los cuales 04 son de forma de U mayores a quince metros y 18 son de forma de V menores a quince metros. En la primera quebrada Puca Puca, se instalarán uno en forma de U y una en forma de V; en la segunda quebrada Prolongación San Martín, se instalarán dos en forma de U y tres en forma de V; en la tercera quebrada Alto Perú, se instalarán tres en forma de V; en la cuarta quebrada Yanaccacca, se instalarán cuatro en forma de V; en la quinta quebrada Prolongación Basilio Auqui, se instalarán una en forma de U y una en forma de V; en la sexta quebrada Piscotambo, se instalarán dos en forma de V; en la séptima quebrada Acchuaycco, se instalarán cuatro en forma de V.

**Palabras clave:** Barreras flexibles; problemas geodinámicos; quebradas.

### ABSTRACT

The present research work has the purpose of preventing the fatal risk to the inhabitants of the city of Ayacucho, who inhabit basically in the Cerro La Picota and the urban zone that is in the lower part, where it is observed seven ravines with various forms, gradients, slopes and coverages, which were formed by cyclical rainfall. Therefore, it causes a risk to the population by the transportation of debris, water and mud flows that causes damages in all its route, for which the application of flexible barriers is proposed, because the geodynamic, geomorphological and geotechnical reality requires it.

There will be installed 22 flexible barriers, of which 04 are U-shaped greater than fifteen meters and 18 are V-shaped smaller than fifteen meters. In the first Puca Puca stream, one U-shaped and one V-shaped one will be installed; in the second stream San Martín Extension, two U-shaped and three V-shaped ones will be installed; in the third Upper Peru ravine, three V-shaped ones will be installed; in the fourth Yanaccacca creek, four V-shaped ones will be installed; in the fifth creek Prolongación Basilio Auqui, one will be installed in the form of a U and one in the form of V; in the sixth Piscotambo ravine, two V-shaped ones will be installed; in the seventh Acchuaycco creek, four V-shaped ones will be installed.

**Keywords:** Barriers flexible; geodynamic problems; broken.

<sup>1</sup> Magister en Geología mención Geotecnia, Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. E-mail: escalantecon@hotmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú por su ubicación y contexto geológico, geomorfológico y geodinámico, cuenta con ciudades como Ayacucho ubicadas en zonas vulnerables a riesgos generados por la naturaleza, el “Cerro la Picota” se encuentra ubicado en la parte alta de la ciudad de Ayacucho, donde se observa principalmente quebradas y cárcavas con diversas formas, gradientes y taludes. Con la aplicación de las barreras flexibles que tendrán la capacidad de retener el transporte de los detritos dejando fluir solo el agua, de esta manera disminuirán las inundaciones que se da con frecuencia en épocas de precipitaciones pluviales.

La aplicación de las Barreras flexibles de anillos para retención de flujos de detritos, tienen una muy larga duración y elevada resistencia contra los agentes corrosivos locales, las barreras flexibles son de menor costo y mayor vida útil a comparación de obras de concreto. Los componentes son de acero adecuadamente galvanizados por inmersión en caliente, los cables y las redes están provistos con el recubrimiento de cinc-aluminio. El rendimiento y dimensionamiento se verifica con el software de cálculo acceso vía online DEBFLOW, que posibilita una planificación relacionada con el riesgo.

Con la finalidad de concebir la idea de la presente Investigación, según (Bunge, 2009) (Caballero, 2008). Se dividió en tres zonas la ciudad de Ayacucho incluido el Cerro Picota, haciéndose una descripción de las tres zonas (01, 02 y 03). Se determinó que la investigación se centre en la ZONA 01, donde se identificó las técnicas y diseño de la investigación de la barrera flexible, la sección de las barreras se determinó en función de la topografía de las quebradas y el rendimiento se verificó con el software dedflow acceso vía online.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

Según (Hernandez, 2010) (Sierra Bravo, 2007) (Bernal Torres, 2006), el diseño de investigación es no experimental, de acuerdo a los objetivos formulados y naturaleza de los problemas se considera como una investigación de diseño transeccional o transversal que recopilan datos en un momento único, puede ser en un primer momento exploratorio, luego descriptivo y correlacional-causal.

La metodología para diseñar las barreras flexibles a solucionar problemas geodinámicos en el Cerro Picota, como una alternativa de solución para estabilizar los taludes o superficies con pendientes pronunciados, primeramente, se realizó los estudios de la geología regional, local, geodinámico y geomorfológico.

Los materiales usados en esta investigación son las barreras flexibles, para el cual se realizó levantamiento topográfico al detalle de toda las quebradas del área de estudio, como resultado se obtuvo los planos de secciones transversales y longitudinales para determinar las áreas de las barreras flexibles a instalarse previo diseño de resistencia al flujo de detritos; obviamente a este trabajo ya se contaba con el estudio de mecánica de suelos, principalmente la clasificación del suelo por el método

SUCS, resultado que se obtuvo de las calicatas con fines de investigación (Braja, 2014) (Crespo, 2004). Además de los mapas geológicos, geodinámicos, geomorfológico y el software DEBFLOW de geobruigg que posibilita una planificación relacionado con los riesgos geodinámicos y la evaluación del rendimiento de las barreras.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Geología

La Geología Regional de la ciudad de Ayacucho y áreas adyacentes está constituida por rocas de origen volcánico y sedimentario identificado por resultado de levantamiento geológico al detalle, las edades oscilan entre Cuaternario reciente y Terciario Superior, de igual forma las unidades estratigráficas que afloran en la zona de estudio están comprendidas entre el Cuaternario reciente y el Paleozoico (Bieniawski, 1992) (Meyerhof, 1996). En relación de las unidades litológicas de formación más antigua a la más reciente, se observa en la Figura 1 (plano 02, Geología Local), de acuerdo a la descripción siguiente: Tobas volcánicas, Areniscas tobáceas, lavas y piroclásticos, diatomitas, piroclásticos Terciarios – Cuaternarios, depósitos pleistocénicos y depósitos recientes.

### 3.2. Geomorfología

Concerniente a la Geomorfología Local se concluye que la zona de investigación según estudios se encuentra en menor proporción los depósitos volcánicos denominados formación Molinoyoc que suprayacen a depósitos sedimentarios de la formación Ayacucho y se encuentran en mayor proporción los depósitos aluviales recientes del cuaternario y los depósitos sedimentarios de la formación Ayacucho; también a la Geomorfología a nivel local se denomina unidades que se encuentran en función de las características predominantes de cada ubicación especificada y a nivel regional se le denomina Penillanura Disectada.

La zona de investigación del Distrito de Ayacucho se encuentra ubicado en suelos con pendientes pronunciadas con presencia de cobertura coluvio-aluvial, por su característica de formación éste material se erosiona con facilidad por las precipitaciones pluviales intensas. En la ciudad de Ayacucho existe una quebrada mayor denominado río Alameda por donde discurre agua permanentemente. Los límites de los Distritos de Carmen Alto, Andrés Avelino Cáceres Dorregaray y San Juan Bautista ubicados en la margen izquierda río arriba son disectadas por el río Alameda respecto a los Distritos de Ayacucho y Jesús Nazareno ubicadas en la margen derecha río arriba, ésta quebrada por ser la más grande recepciona las acumulaciones de las aguas producto de las precipitaciones pluviales, transportadas por varias quebradas afluentes, como la quebrada Accohuaycco, quebrada Chaquihuaycco, quebrada Huascaura y otras menores que tienen génesis en las laderas del cerro “La Picota”. Como se puede observar la información en la Figura 2 (Plano 03, Geomorfología Local).

### 3.3. Zonificación de la Ciudad de Ayacucho

Se realizó las técnicas y diseño de investigación, con la finalidad de concebir la idea de la Investigación de Tesis

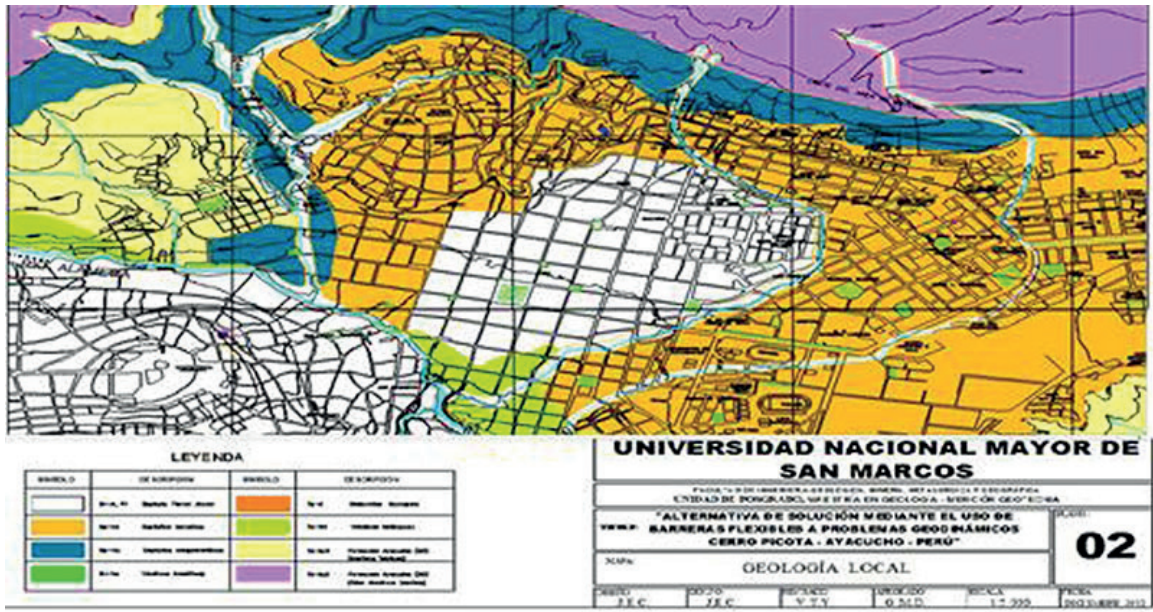


Figura N° 1. Geología Local.

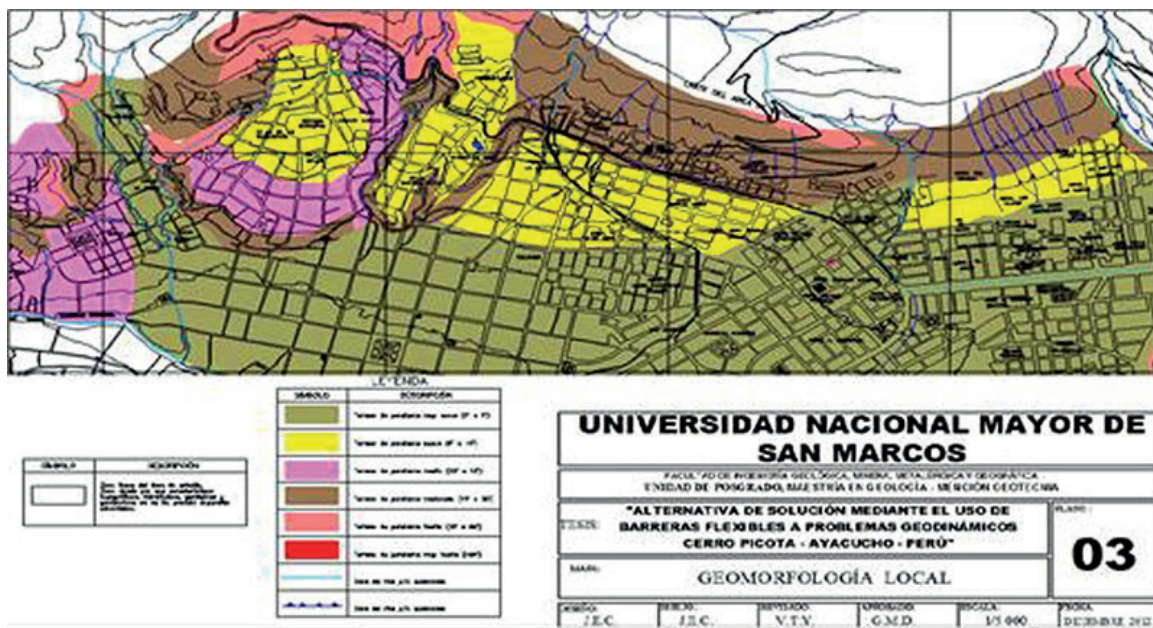


Figura N° 2. Geomorfología Local.

denominado “alternativa de solución mediante el uso de barreras flexibles a problemas geodinámicos Cerro Picota – Ayacucho – Perú”, la misma se divide en tres zonas la ciudad de Ayacucho incluido el Cerro Picota, haciéndose una descripción de las tres zonas (01, 02 y 03). Se resalta que la Investigación se realiza básicamente en la ZONA 01.

La Zona 01, tiene un área de 28.63 Has., está comprendida entre la superficie que enmarca la vía asfaltada Libertadores Wari y las quebradas Puca Puca y Acchuaycco “Cerro la Picota”, como se puede observar en la Figura N.º 3. Donde se aplicará el Proyecto de Investigación titulado: “alternativa de solución mediante el

uso de barreras flexibles a problemas geodinámicos cerro picota – Ayacucho – Perú”, el uso de las Barreras flexibles de anillos para retención de flujos de detritos, son más económicas y tienen mayor durabilidad que los de concreto. En esta zona se encuentra las siete quebradas que es materia de investigación por donde discurren las aguas producto de precipitaciones pluviales llevando consigo acumulaciones de detritos, sedimentos, flujos de lodos y otros, las cuales se indica de izquierda a derecha: Quebrada Puca Puca, Quebrada Prolongación San Martín, Quebrada Alto Perú, Quebrada Yanaccacca, Quebrada Prolongación Basilio Auqui, Quebrada Piscotambo y Quebrada Acchuaycco.

La Zona 02, está comprendida entre la superficie que enmarca la Vía asfaltada Libertadores Wari, el Jirón Libertad, Colector Yanaccacca y la quebrada Arroyo Seco”, tal como se indica en la Figura 4. A continuación, se menciona los siguientes colectores: Colector Yanaccacca, Colector Cesar Vallejo, Colector Quinua, Colector UNSCH, Colector Vía Libertadores y Colector San Martin.

La Zona 03, está comprendida entre la superficie que enmarca el Jirón Libertad, Colector Yanaccacca, la quebrada Arroyo Seco y la quebrada Alameda, denominado “Centro Histórico de la ciudad de Ayacucho”, indicado en la Figura 5. Dentro del perímetro se encuentra los colectores longitudinales y canales de drenaje pluvial transversales.



Figura N° 3. Delimitación de la Zona 01, tema de investigación, zona origen de arrastre de detritos.



Figura N° 4. Delimitación de la zona (02), zona media de la ciudad.

### 3.4 Barreras Flexibles

Las Barreras Flexibles son económicas para ser aplicado en la ingeniería, están constituidos por anillos que tienen la finalidad de retener los flujos de detritos. Tienen una muy larga duración y elevada resistencia contra los agentes corrosivos locales, los componentes son de acero adecuadamente galvanizados por inmersión en caliente. Los cables y las redes están provistos con el recubrimiento de cinc-aluminio. Este triplica como mínimo la vida útil del material en comparación con el galvanizado convencional de cables y alambres. Para asegurar la instalación de la barrera flexible y que puede retener los flujos de detritos sin sufrir daños en caso de rebose superior, los cables portantes superiores están equipados con los llamados perfiles de protección contra la abrasión. Los mismos evitan que se produzca abrasión en dichos cables portantes y en las redes (efecto papel de lija). La forma muy fácil. Si las barreras flexibles permanecen colmatadas largo tiempo, hay que asegurar de que el agua, los escombros o los sucesivos flujos fluyan únicamente por encima de las partes protegidas. El concepto de protección anticorrosiva para los cables y las redes de anillos, la galvanización por inmersión en caliente de los apoyos, placas de base y anillos de freno, así como la protección intercambiable contra abrasión, aseguran una larga vida útil del sistema. El rendimiento y dimensionamiento se verifica con el software de cálculo online DEBFLOW, que posibilita una planificación relacionada con el riesgo, están contruidos con espesores gruesos y se desgastan en lugar de los perfiles de acero componentes vitales.

### 3.5. Ventajas de barreras flexibles contra flujos

Las ventajas de Barreras flexibles contra flujos de detritos son los siguientes:

- Funcionan como barreras únicas para aludes de volúmenes de hasta 1.000 m<sup>3</sup> y como barreras múltiples escalonadas para volúmenes mayores de hasta varios miles de metros cúbicos.
- Son las mejores soluciones con un impacto visual mínimo integradas al paisaje.
- El costo es menor del 30 al 50 % comparada con las obras de hormigón.
- El plazo de ejecución de obra es menor respecto al plazo de ejecución de obras de hormigón.

### 3.6. Barreras flexibles con ancho menores que 15.00 metros lineales para quebradas estrechas con forma de V pronunciada

La barrera flexible que tiene el objetivo de retener los detritos la fijamos en las quebradas pequeñas sin apoyos en los flancos empleando anclajes de cable espiral con cabeza flexible, como se indica en la Figura 6. La red de anillos se cuelga por medio de grilletes a los cables portantes superiores e inferiores, los cuales están equipados con anillos de frenado. Para las quebradas menores de hasta 6 metros de altura y 15 metros de ancho se emplea este tipo de sistema de retención de detritos. Protección contra la abrasión.

### 3.7. Barreras flexibles con ancho mayores que 15.00 metros lineales para quebradas anchas con forma de U somero

En las quebradas medianas a mayores para retener flujos de detritos se fijan con preferencia sobre dos apoyos para garantizar la estabilidad en el lecho de las quebradas y

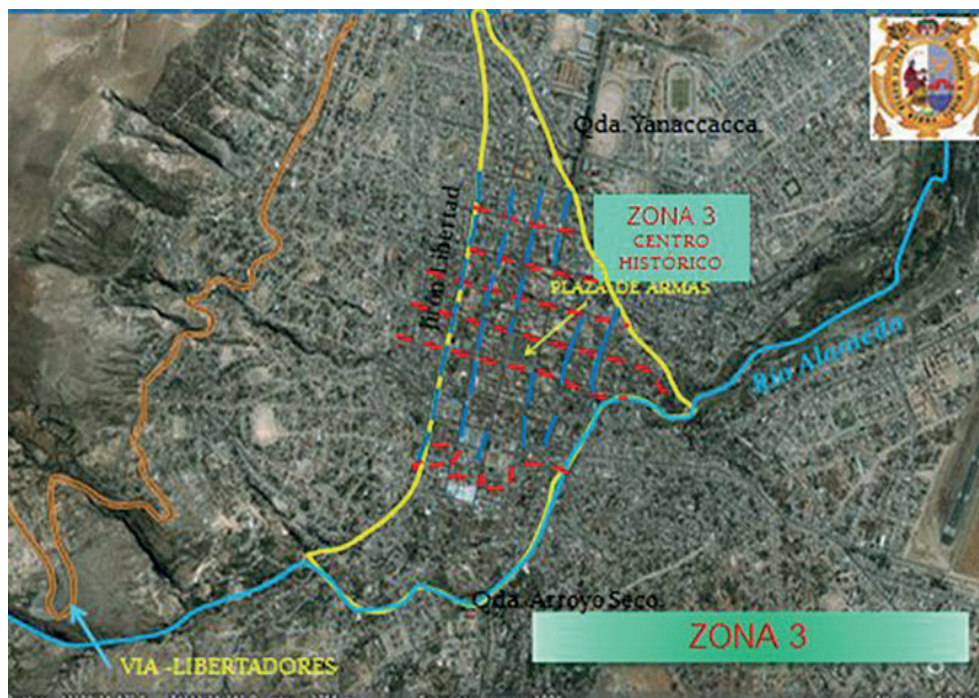


Figura N° 5. Delimitación de la zona (03), Centro Histórico de la ciudad.

se debe anclar con cable espiral con cabeza flexible, se observa en la Figura 7. Este tipo de retención es indicado para anchuras de quebradas de hasta 25 metros lineales y una altura de barrera de hasta 6 metros lineales,  $bo = \max. 25 \text{ m}$  Protección contra la abrasión.

En el Cerro la Picota, se identificó siete quebradas que son un riesgo para la ciudad de Ayacucho, con la finalidad de mitigar el riesgo se instalarán 22 barreras flexibles, de los cuales 04 son de forma de U mayores a quince metros de ancho y 18 son de forma de V menores a quince metros de ancho; en la primera quebrada Puca Puca, se instalarán una en forma de U y una en forma de V; en la segunda quebrada Prolongación San Martín, se instalarán dos en forma de U y tres en forma de V; en la tercera quebrada Alto Perú, se instalarán tres en forma de V; en la cuarta quebrada Yanaccacca, se instalarán cuatro en forma de

V; en la quinta quebrada Prolongación Basilio Auqui, se instalarán una en forma de U y una en forma de V; en la sexta quebrada Piscotambo, se instalarán dos en forma de V y en la séptima quebrada Accohuycco, se instalarán cuatro en forma de V.

La aplicación de la barrera flexible en el Cerro la Picota, cumple satisfactoriamente el planteamiento de la Hipótesis General que viene hacer la retención de los detritos. Al aplicar el software DEBFLOW vía online, se obtuvieron los resultados que cumplieron las condiciones de retención total, necesario y reserva respectivamente, se menciona a continuación en la Tabla 1: En Puca Puca, retendrá 821.00 m<sup>3</sup>, necesario 500.00 m<sup>3</sup> y reserva 321.00 m<sup>3</sup>; en Prolongación San Martín, retendrá 1,794.00 m<sup>3</sup>, necesario 1,100.00 m<sup>3</sup> y reserva 694.00 m<sup>3</sup>; en Alto Perú, retendrá 1,016.00 m<sup>3</sup>, necesario 700.00 m<sup>3</sup> y reserva 316.00 m<sup>3</sup>;

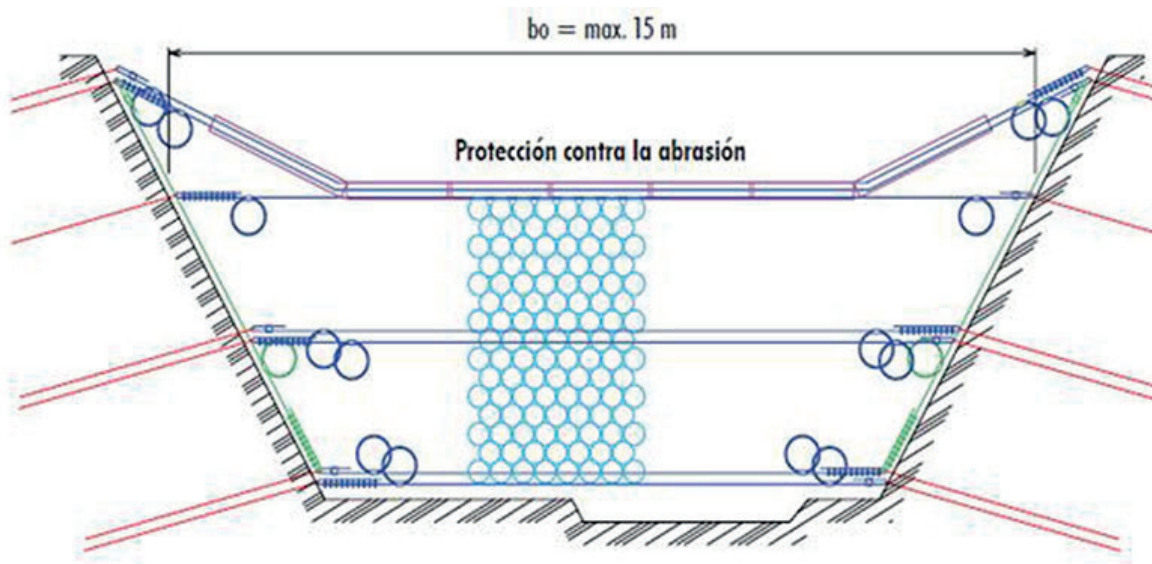


Figura N° 6. Barreras flexibles con ancho menores que 15.00 metros lineales para quebradas estrechas con forma de v pronunciada.

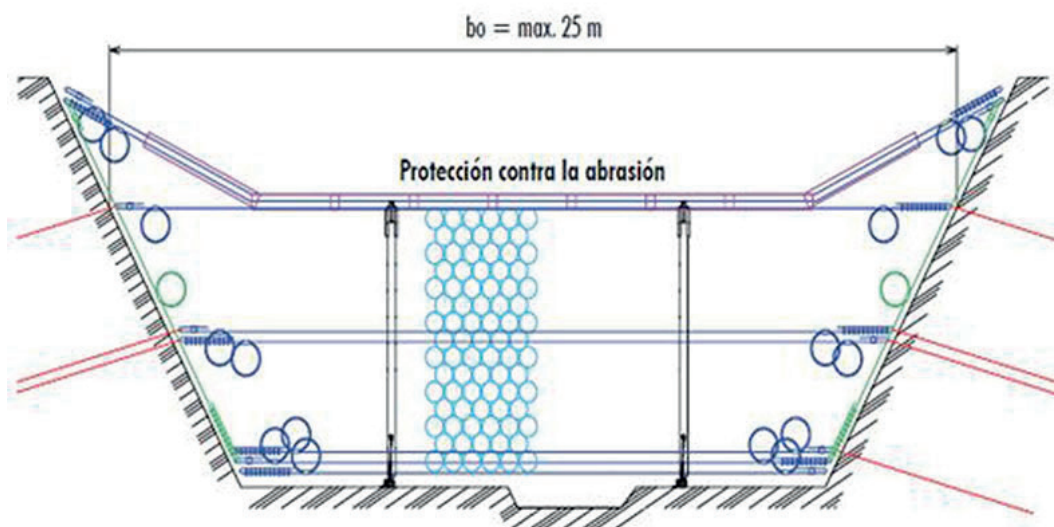


Figura N° 7. Barreras flexibles con ancho mayores que 15.00 metros lineales para quebradas anchas con forma de u somera.

en Yanaccacca, retendrá 1,512.00 m<sup>3</sup>, necesario 1,100.00 m<sup>3</sup> y reserva 412.00 m<sup>3</sup>; en Prolongación Basilio Auqui, retendrá 666.00 m<sup>3</sup>, necesario 500.00 m<sup>3</sup> y reserva 166.00 m<sup>3</sup>, en Pisco Tambo, retendrá 562.00 m<sup>3</sup>, necesario 400.00 m<sup>3</sup> y reserva de 162.00 m<sup>3</sup> y en Accohuaycco, retendrá 1,631.00 m<sup>3</sup>, necesario 1,000.00 m<sup>3</sup> y reserva 631.00 m<sup>3</sup>.

**Tabla 1.** Rendimiento de barreras flexibles

Quebradas	Retención m <sup>3</sup>	Necesario m <sup>3</sup>	Reserva m <sup>3</sup>
Puca Puca	821.00	500.00	321.00
Prol. San Martín	1,794.00	1,100.00	694.00
Alto Perú	1,016.00	700.00	316.00
Yanaccacca	1,512.00	1,100.00	412.00
Prol. Basilio Auqui	666.00	500.00	166.00
Pisco Tambo	562.00	400.00	162.00
Accohuaycco	1,631.00	1,000.00	631.00

#### IV. CONCLUSIONES

La necesidad de detener el transporte de flujos de detritos es urgente porque afecta con frecuencia las áreas urbanas de la ciudad de Ayacucho. La combinación de la topografía, pendiente pronunciada, vegetación escasa, precipitaciones pluviales extremas y la falta de planificación regional son parámetros que combinados crean una zona muy peligrosa cuyos efectos pueden ser mitigados con el uso de barreras flexible con mejores condiciones que las de concreto.

La aplicación del software DEBFLOW vía online de geobruigg, con los datos obtenidos del campo in situ a las siete quebradas, donde se puede observar que toda las condiciones cumplieron; la quebrada Puca Puca, retendrá un volumen total de 821.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 500.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 321.00 m<sup>3</sup>; la quebrada Prolongación San Martín, retendrá un volumen total de 1,794.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 1,100.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 694.00 m<sup>3</sup>; la quebrada Alto Perú, retendrá un volumen total de 1,016.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 700.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 316.00 m<sup>3</sup>; la quebrada Yanaccacca, retendrá un volumen total de 1,512.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 1,100.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 412.00 m<sup>3</sup>; la quebrada Prolongación Basilio Auqui, retendrá un volumen total de 666.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 500.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 166.00 m<sup>3</sup>, la quebrada Pisco Tambo, retendrá un volumen total de 562.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 400.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 162.00 m<sup>3</sup> y la quebrada Accohuaycco, retendrá un volumen total de 1,631.00 m<sup>3</sup> y un volumen necesario de 1,000.00 m<sup>3</sup> y se cuenta con un volumen de reserva de 631.00 m<sup>3</sup>.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a los profesores y alumnos que han coadyuvado en el desarrollo del Proyecto de Investigación y al Instituto de Investigación por la publicación del presente artículo.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal Torres, César. (Ed.2da). (2006). *Metodología de la investigación*. México: Editorial. Pearson Prentices Hall. Recuperado de [https://www.academia.edu/25497606/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%B3n](https://www.academia.edu/25497606/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n)
- Bunge, Mario. (Ed.1era). (2009). *Estrategias de la investigación Científica*. Lima, Perú: Editorial. U.I.
- Caballero Romero, Alejandro (Ed.1era). (2008). *Innovaciones en las Guías Metodológicas para los planes y Tesis de Maestría y Doctorado*. Lima, Perú. <http://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=9>
- Hernandez Sampiere, Roberto. (Ed.5ta). (2010). *Metodología de la investigación*. México: Editorial. Mc. Graw-Hill. Recuperado de [https://www.academia.edu/20792455/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%B3n\\_5ta\\_edici%C3%B3n\\_-\\_Roberto\\_Hern%C3%A1ndez\\_Sampieri](https://www.academia.edu/20792455/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_5ta_edici%C3%B3n_-_Roberto_Hern%C3%A1ndez_Sampieri)
- Sierra Bravo, Restituto. *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica: metodología general de su elaboración y documentación*. 5a ed., 5a reimp. Madrid: Thomson, 2007. 497 p. ISBN 9788497321389. [https://www.biblio.uade.edu.ar/client/es\\_ES/biblioteca/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD\\_ILS\\$002f0\\$002fSD\\_ILS:315617/ada?qu=Sierra+Bravo%2C+Restituto.&ic=true](https://www.biblio.uade.edu.ar/client/es_ES/biblioteca/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f0$002fSD_ILS:315617/ada?qu=Sierra+Bravo%2C+Restituto.&ic=true)
- Bieniawski, Z.T. (Ed.2da). (1992). Groud Control, Chapter 10.5 of *SME Mining Engineering Handbook*. EE.UU: Editorial. SME Littleton, CO. Recuperado de [https://www.academia.edu/6332369/SME\\_Mining\\_Engineering\\_Handbook\\_2nd\\_Edition\\_Volume\\_2\\_and\\_Chemicals\\_Brown\\_and\\_Root\\_Braun](https://www.academia.edu/6332369/SME_Mining_Engineering_Handbook_2nd_Edition_Volume_2_and_Chemicals_Brown_and_Root_Braun)
- Braja M. Das. (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. (Ed.4ta) California: Editorial. Lauren Betsos. Recuperado de [https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_geotecnica\\_braja\\_m\\_das\\_4ta\\_edicion](https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geotecnica_braja_m_das_4ta_edicion)
- Crespo Villalaz, Carlos (2004). *Mecánica de Suelos y de Cimentaciones*. (Ed.5ta) México: Editorial. LIMUSA S.A. Recuperado de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- Meyerhof, George Geoffrey (1996). Bearing Capacity and Settlement of pile Foundations. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*. American Society of Civil Engineers-ASCE, Vol. 102, Issue 3, Pg. 195-228. <https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockkey=0006529>

