

## PROTECCIONES DE LECHO SUJETOS A FLUJOS DE DETRITOS

Haroldo Juan Hopwood <sup>(1)</sup>, Julio Cardini <sup>(2)</sup>

(1) Profesor Adjunto interino, Modelos Hidráulicos, Departamento de Hidráulica, FIUBA.

(2) Coordinador Técnico Principal, Serman y Asociados SA.

E-mail: (1) hopwood@arnet.com.ar - (2) ambiente@serman.com.ar

### Introducción

Se presentan dos aplicaciones prácticas del proyecto de protecciones de lecho en cauces sujetos a flujos de detritos. Los flujos de detritos son escurrimientos de suelo amasado con agua que en ciertos casos arrastran rodados con dimensiones de varios metros.

En algunos ríos y cauces de montaña de la alta cuenca del río Bermejo en la región del noroeste argentino (NOA) se presentan las condiciones necesarias para la generación de estos eventos que en esa región se denominan "volcanes". El interés práctico en el proyecto y construcción de una protección de lecho contra erosiones en estas condiciones surge de requerimientos de defensa o conservación de infraestructura civil existente. En particular los autores han desarrollado estos diseños experimentales en relación a la protección de cruces de gasoductos en ríos de las características indicadas.

### Flujos de detritos

Dentro de la mecánica de los procesos de producción (o erosión), transporte y deposición de sedimentos por acción del agua, evidentemente es factible identificar una clasificación de los procesos observados en la naturaleza. Si el análisis se refiere a los procesos de transporte de sedimentos, es posible identificar los siguientes casos :

- Transporte de sedimentos en zonas de baja pendiente por efecto del arrastre del agua.
- Transporte de sedimentos en flujos hiperconcentrados.
- Transporte de sedimentos en flujos de detritos.

El presente trabajo se refiere a protecciones de lecho en zonas de montaña, o sea cauces de fuerte pendiente, sujetas a la acción de flujos de detritos. Algunas de las condiciones básicas necesarias para la generación de un flujo de detritos son :

Geomorfología de la subcuenca : debe contener depósitos sedimentarios finos y granulares de baja cohesión ubicados en la superficie de anfiteatros o en barrancas o taludes de fuerte pendiente laterales a los cauces. Ver Figura 1.

Humedad del suelo : el contenido de agua antecedente en el suelo debe ser alto.

Lluvia : se requiere un evento de lluvia de alta intensidad.

Pendiente del cauce : para la conducción de un flujo de detritos se requiere que la pendiente del cauce sea mayor que un valor crítico.

Granulometrías : una granulometría representativa de los materiales granulares del cauces se indica en la Figura 2.



Figura 1.- Barranca de material granular de fuerte pendiente. Río San Andrés nivel aprox. 1800 msnm – Provincia de Salta.

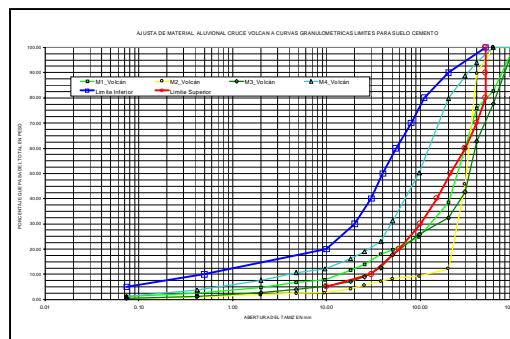


Figura 2.- Granulometría del lecho del río Volcán nivel aprox. 2400 msnm – Provincia de Salta.

La mecánica de los flujos de detritos es materia de investigación en pleno desarrollo, y consecuentemente cabe esperar una notoria escasez de lineamientos o recomendaciones de manual de ingeniería para la resolución práctica de proyectos de ingeniería en estas condiciones.

### Protección de enrocado con junta tomada

Una primera alternativa de protección de lecho sujeta a la acción de un flujo de detritos es la colocación de un enrocado ciclópeo. Una mejora posible del enrocado simple, dentro de las posibilidades limitadas de la logística de obras en alta montaña, es el agregado de juntas tomadas con suelo cemento.

El diámetro de roca estable en una rápida de enrocado simple puede estimarse mediante la expresión de Knauss CUR (1995) :

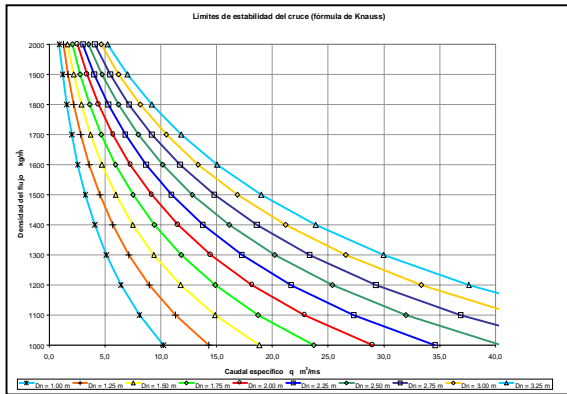
$$\frac{q}{\sqrt{g(\Delta D)^3}} = 1.18 + 0.5 \phi - 1.87 \text{ sen}(\alpha) \quad [1]$$

Donde

$\Phi$  : es un coeficiente de colocación; 0.6 para piedra volcada y 1.1 para piedra colocada en seco.

$\alpha$ : es la pendiente de la rampa en grados

La aplicación de la ecuación de diseño [1] al caso del cruce del río Volcán a 2400 msnm se presenta en el siguiente gráfico.



**Figura 3.-** Estabilidad de rápidas de enrocado según la fórmula de Knauss.

A los efectos de brindar una mejora de estabilidad al enrocado ciclópeo sujeto a la acción de flujos de detritos, se consideró recomendable realizar el relleno de las juntas entre rocas mediante el agregado de suelo cemento. El aspecto final del enrocado ciclópeo con juntas tomadas con suelo cemento se observa en la Figura 4.



**Figura 4.-** Enrocado ciclópeo con junta tomada con suelo cemento

### Protección con rejas de acero

En aquellos casos en que las solicitaciones atribuibles a la acción del flujo de detritos exceda el límite de estabilidad esperable de una protección de enrocado ciclópeo con junta tomada, es posible considerar la aplicabilidad de una protección con un enrejado de perfiles o barras de acero estructural.

En el caso de la protección del cruce de un gasoducto en el río San Andrés a 1800 msnm, cuyo aspecto general puede observarse en la Figura 5, la metodología de protección aplicada fue un entramado de barras de acero con una distancia entre barras transversales y longitudinales de 750 mm. La capa superior de barras se orientó en el sentido de la corriente. La segunda capa de barras se colocó en sentido transversal a la corriente. Las barras fueron de acero de sección cuadrada 63.5 x 63.5 mm. La reja se apoyó en vigas transversales PNU 240 que a su vez permitieron el alojamiento de los cabezales y placas de apoyo de los anclajes en roca destinados a sujetar el conjunto a la acción del arrastre debido al flujo de detritos.



**Figura 5.-** Protección de lecho con reja de acero estructural

### Conclusiones

Por tratarse de proyectos de características de obra experimental en escala 1:1, construidos en condiciones difíciles, con fuertes limitaciones logísticas para el suministro de materiales debido a las dificultades de acceso al sitio de los trabajos, estas obras requieren monitoreo periódico sistemático y un monitoreo especial ante eventos de magnitud, a los efectos de una identificación temprana de afectaciones de las obras para permitir la programación oportuna del mantenimiento y reparaciones que resulten necesarias para la estabilidad de las obras de protección.

### Referencias Bibliográficas

**Takahashi, T.** (1991): "Debris Flow", *IAHR Monograph Series*, A.A.Balkema.

**Wan, Z, Wang, Z.** (1994). "Hyperconcentrated Flow" Cap.11 Debris Flow, *IAHR Monograph Series*, A.A.Balkema.

**CUR** (1995), Manual on the use of Rock in Hydraulic Engineering, Rijkswaterstaat Report 169, A.A.Balkema.