

“EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES NATURALES EN LA QUEBRADA JILARI - CUYOCUYO, SANDIA”

Roberto Alfaro Alejo¹
José A. Mamani Gómez²

1 Docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola – Universidad Nacional del Altiplano, ralfaro@unap.edu.pe

2 Docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola – Universidad Nacional del Altiplano, jmamani@unap.edu.pe

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: La investigación se enfoca en la Evaluación de los Deslizamientos para la Gestión de Riesgos de Desastres Naturales en la Quebrada Jilari, adyacente a la localidad de Cuyocuyo, situado en la parte nor-oriental del departamento de Puno, Perú, ubicado en la vertiente del atlántico, caracterizado por ser una zona de pendientes abruptas y fuertes precipitaciones, con antecedentes de fenómenos geodinámicos. Para llevar a cabo la evaluación se realiza un levantamiento topográfico a detalle de las zonas susceptibles al deslizamiento, un inventario de los deslizamientos ocurridos, asimismo estimar los volúmenes potenciales que pudieran provocarse como flujo de escombros o más comúnmente conocido como huayco. De igual modo se realiza el cálculo hidrológico del caudal líquido de la quebrada Jilari, tomando en cuenta las características de la microcuenca, así también se hace el modelamiento hidráulico del cauce, la estimación del flujo o caudal pico de escombros que es una característica importante para este tipo de análisis. En base al análisis de estabilidad de taludes y otros valores calculados se propone trabajos de estabilización como banquetas en los taludes, drenaje, muros de contención, entre otros, estimándose un presupuesto de S/. 3'089,393.03 para estas actividades. Posteriormente se realiza la zonificación de riesgo a deslizamiento con énfasis a la protección de las viviendas urbanas, proponiéndose también las zonas de refugio en caso de ocurrir este tipo de eventos extremos.

PALAVRAS-CHAVE: Peligros de Deslizamientos, Estabilidad de taludes, Factor de Seguridad, gestión de riesgos

"EVALUATION OF SLIDES FOR THE MANAGEMENT OF RISKS OF NATURAL DISASTERS IN JILARI - CUYOCUYO, SANDIA"

ABSTRACT: The research presented in this paper focuses on the Assessment of landslides for Natural Disaster Risk Management in Quebrada Jilari, adjacent to the town of Cuyocuyo, Sandia Province, located in the north-eastern part of the department of Puno, Peru, located on the slope of the Atlantic, characterized by being an area of abrupt slopes and heavy rainfall, with a history of geodynamic phenomena. In order to carry out the evaluation a detailed topographic survey of the lands susceptible to the landslide is carried out, an inventory of the landslides occurred, as well as estimate the potential volumes that could cause debris flow or more commonly known as huayco. In the same way, the hydrological calculation of the liquid flow of the Jilari stream is made, taking into account the characteristics of the micro-basin, as well as the hydraulic modeling of the channel, the estimation of the flow or peak flow of debris which is an important characteristic for this type of analysis. Based on the analysis of slope stability by the limit equilibrium method and the safety factor obtained, stabilization works are proposed as sidewalks in the slopes, drainage, retaining walls, among others, estimating a

budget of S / . 3'089,393.03 for these activities. Subsequently, risk zoning is carried out with emphasis on the protection of urban dwellings, and refuge areas are also proposed if such extreme events occur.

KEYWORDS: Slide Hazards, Slope Stability, Safety Factor, Risk Management.

INTRODUÇÃO. Los deslizamientos de talud (incluyendo la erosión, transporte de masa y movimiento o fenómenos de deslizamientos de masa) son eventos generalizados que resultan en una de las principales causas de riesgo de los elementos expuestos (personas, propiedades, activos ambientales, las actividades económicas, el patrimonio cultural), también teniendo en cuenta que a menudo se relacionan con otros peligros naturales como terremotos e inundaciones (Cornforth, 2005; Cruden & Varnes, 1996; Ferlisi & De Chiara, 2016; Suárez Díaz, 2014; Varnes, 1978).

A nivel internacional Takahashi (2014) presenta seis ejemplos de campo, laboratorio e investigaciones numéricas, conducentes al estudio de eventos de flujos de escombros catastróficos en Japón, Italia, Colombia y Venezuela. Otros estudios similares fueron presentados (ANA, 2015; Castillo N., Fídel S., & Jackson Jr., 2006; INGEMMET, 2005).

En la quebrada Jilari, los taludes son abruptos, un delgado manto de suelo, y eventos de precipitación extremas incrementan el riesgo de inestabilidad de talud, movimientos de talud y fallas. En las diversas zonas de la quebrada han sido identificados numerosos deslizamientos, huaycos, erosión en márgenes de ríos, deslizamientos por efecto de carreteras nuevas, deslizamientos de rocas (Machaca, 2006; PREDES, 2007, 2008; Quispe, 2008).

Entre todos los tipos de deslizamientos de talud, los provocados por la lluvia e involucrando a los suelos de grano grueso pueden estar asociada a la ocurrencia de un evento único (por ejemplo, un deslizamiento inicial superficial, después la propagación, como una avalancha de escombros en una unidad de terreno dado) o a un evento múltiple (por ejemplo, cientos de deslizamientos iniciales de poca profundidad, casi simultáneamente provocados por una tormenta que actúa sobre un área grande, y se convierte en flujo de escombros), en ambos casos con resultado de enormes consecuencias directas en términos de pérdida de vidas y la destrucción de propiedades (Arancibia, 2012; Ferlisi & De Chiara, 2016; Griffiths & Whitworth., 2012; Mizuyama, 2008; Rickenmann, 1999; Takahashi, 2014).

Muchos métodos de estabilización de taludes y deslizamientos en general son propuestos, tales como evitando el lugar, mejorando las características internas, drenaje, contrafuertes, excavación de bermas (Cornforth, 2005; Duncan, Wright, & Brandon, 2014; Turner & Schuster, 1996), así mismo para el flujo de escombros (Mizuyama, 2008; Okubo, Ikeya, Ishikawa, & Yamada, 1997; Takahashi, 2014).

La gestión de riesgo integrada es el enfoque sistemático adoptado dentro de un ciclo de preparación, respuesta y recuperación, (Daniel & Krummenacher, 2013).

En este trabajo se pretende de evaluar los deslizamientos para la gestión de riesgos de desastres naturales en la quebrada Jilari - Cuyocuyo, Sandia; esto se logrará analizando los factores geológicos, geomorfológicos, ambientales, a fin de obtener los riesgos por deslizamientos, estudiar los factores desencadenantes como la precipitación, a fin de calcular los riesgos por inundación y flujo de escombros. De igual modo plantear medidas de mitigación específicas para contrarrestar los riesgos analizados.

MATERIAL E MÉTODOS: La zona de estudio es la quebrada de Jilari, junto a la localidad de Cuyocuyo, ubicada en el distrito de Cuyocuyo, provincia de Sandia, región de Puno. La metodología empleada para la evaluación de los deslizamientos para la gestión de riesgos de desastres, se sustenta en los trabajos de campo y gabinete. Según el censo del 2007 (INEI, 2009) la población total del distrito del Cuyocuyo es de 5,355 habitantes.

Obtención de información Topográfica y Cartográfica. Para llevar a cabo la evaluación de los deslizamientos se requiere el plano topográfico de la quebrada, principalmente en la zona donde se han producido los deslizamientos.

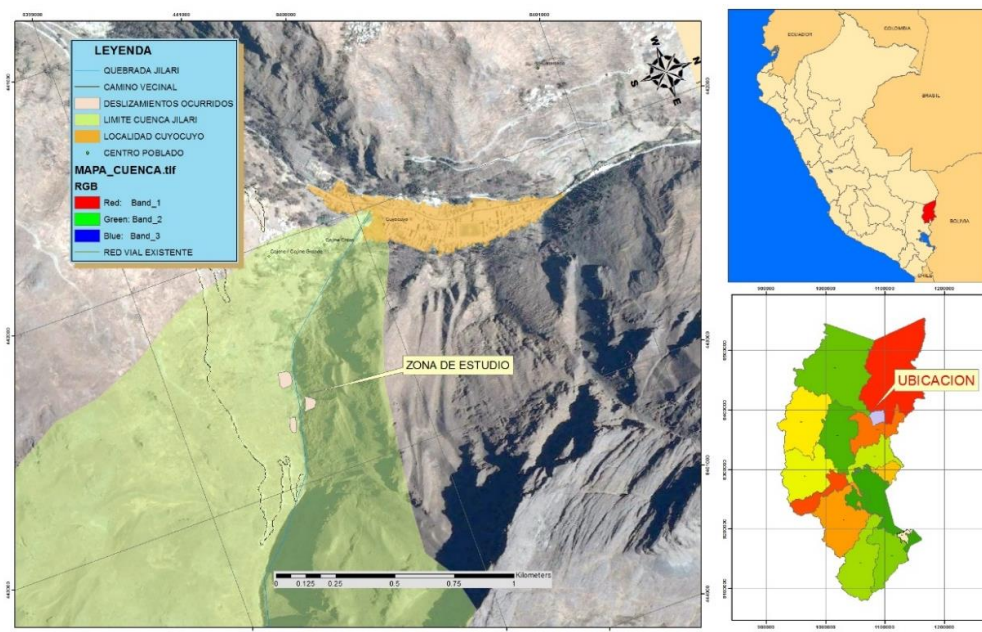


Figura 1: Mapa de Ubicación del Área de Estudio, distrito de Cuyocuyo.

Obtención de información Geotécnica. Geotécnicamente se ha tomado información de laboratorio (Alfaro, 2009) obtenido a través de ensayos de corte directo y caracterización de los suelos en la quebrada.

Movimiento de masa en la quebrada Jilari. En toda la zona se presentan numerosos deslizamientos. En tal sentido, en el presente trabajo se hace un inventario de las zonas de inestabilidad de laderas (movimientos de masas) para determinar las causas y zonas de riesgo para tomar las medidas necesarias de prevención (Glade, Anderson, & Crozier, 2005; Montalvo-Arrieta, Chávez-Cabello, Velasco-Tapia, & Navarro de León, 2010; Sanhueza & Villavicencio, 2012; Wu, McKinnel, & Swanston, 1979).

Cuadro N° 1: Secuencia de Desastres Distrito Cuyocuyo

DISTRITO	EVENTO	AÑO	LUGAR	IMPACTO
	Huayco	1984	Quebrada Jilari	50 casas destruidas del barrio San Antonio.
	Huayco	2005	Quebrada Jilari	49 casas muy afectadas
CUYOCUYO	Deslizamientos	2005	Quebrada Jilari	margen izquierda aguas abajo
	Caídas de Rocas	2005	Cerro Calvario	margen derecha río abajo
	Caídas de Rocas	2005	Cerro Icani	río Tambillo
	Deslizamientos	2007	Quebrada Cconi	margen izquierda aguas abajo

Fuente: (PREDES, 2007, 2008)

Hidrología e Hidráulica. Se basa principalmente en el análisis de eventos extremos, a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas se les realiza pruebas de ajuste a las funciones de distribución de probabilidad que serán aplicadas a los datos de la estación Cuyocuyo, para obtener la precipitación de diseño según periodo de retorno (Dingman, 2015). Posteriormente se obtiene el caudal pico con el modelo HEC-HMS (Villon Bejar, 2010), y el modelamiento hidráulico con el programa HEC-RAS (Brunner, 2016), lo que consecuentemente también es relacionado con el flujo de escombros.

Deslizamiento de la quebrada Jilari. Con la información de los ensayos de mecánica de suelos, la topografía que nos ayuda a obtener las secciones transversales de la quebrada, se lleva a cabo el análisis de estabilidad de talud mediante el método de equilibrio limite (Huang, 2014), a fin de calcular el factor de seguridad de las secciones críticas y así conocer el comportamiento de dichas secciones en estado natural, con presencia de agua, con muro de contención, con banquetas; para lo cual se emplea el software de análisis de estabilidad de talud SLIDE. Asimismo se emplea un método empírico para la cuantificación del flujo de escombros (Rickenmann, 1999).

Medidas de Mitigación. Según los resultados del análisis de estabilidad de taludes realizados, se plantean diversos métodos de estabilización de talud, los cuales se verán plasmados en los planos respectivos.



Figura 2: Mapa de la microcuenca Jilari, del servidor Google Earth.

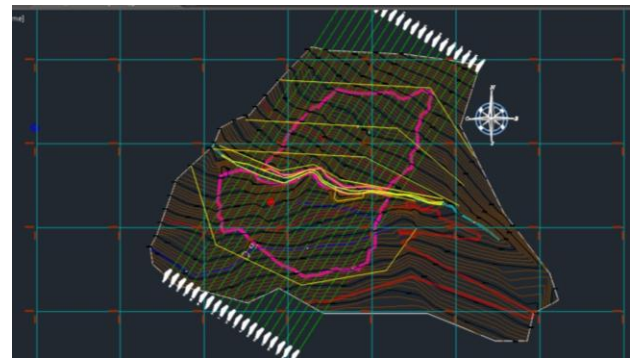


Figura 3: Mapa topográfico, según levantamiento topográfico, Civil 3D.

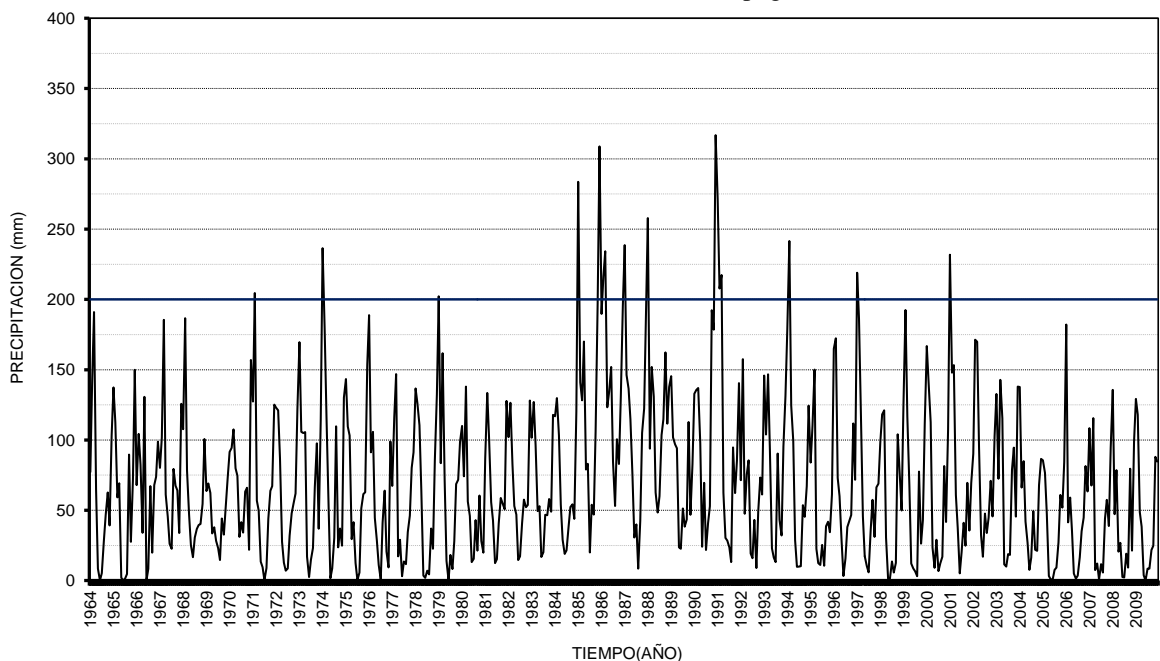


Figura 4: Variación de la precipitación mensual total, estación Cuyocuyo.

Gestión de riesgos de desastres naturales. Basado en el enfoque de gestión integrada de riesgos de desastres por parte de la población, para lo cual se presenta el plan de gestión de riesgos, en este caso con la colaboración de actores locales clave que han participado en el proceso, se validaron los resultados obtenidos y se programaron las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad, definiendo lineamientos de gestión de riesgo para su implementación (Daniel & Krummenacher, 2013; DGPM-MEF, 2007; Salgado Montoya, 2005; Winter, Macgregor, & Shackman, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Información Topográfica. Se identificaron los cuadrantes de la carta nacional y las coordenadas

Caudales de Diseño. Los datos de la microcuenca Jilari son los siguientes:

Cuenca Jilari		Parámetros	
Área de la subcuenca A (km ²)	13.80	Pendiente del cause principal (%)	24.92
Longitud del cause principal L (m)	5409.40	K	10836.24
Cota mayor (msnm)	4780.00	Curva número CN	78.00
Cota menor (msnm)	3432.00	S (mm)	71.64
Desnivel del cause principal H (m)	1348.00	Pérdida inicial Ia (mm)	14.33
		Porcentaje impermeable	0.00
		Tiempo de concentración Tc (min)	24.90
		Tiempo de concentración Tc (hr)	0.42
		SCS lag. (min)	14.94
		SCS lag. (hr)	0.25

A continuación se tiene el resumen de las máximas avenidas de diseño. Ver cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Resumen de caudal de la quebrada Jilari

T (años)	Caudal Quebrada Jilari (m ³ /s)
2	1.2
5	5.8
10	10.8
20	16.6
50	25.1
100	32.3

Comportamiento hidráulico de la quebrada Jilari. Una vez obtenido los caudales del río Jilari, se realizó un previo modelamiento hidráulico en varios puntos de la quebrada, con fines de evaluar en cuanto variaría el tirante, velocidad entre otros parámetros hidráulicos en el cauce.

Para realizar el modelamiento hidráulico, se tomó en cuenta los caudales de diseño para un periodo de retorno de 5 y 10 años y el levantamiento topográfico del cauce.

La simulación hidráulica se realizó para el total del levantamiento topográfico, es decir 1,480.00 m, comprendiendo – desde aguas abajo hacia aguas arriba – desde la progresiva 0+000 (sección 57 HEC-RAS) hasta la progresiva 1+480.0 km (sección 1 HEC-RAS).

Información Geotécnica

Cuadro N° 3: Resultados de Ensayos de Suelos, para muestras de la Zona

Código	Ubicación	LL (%)	LP (%)	Peso Unitario (tn/m ³)	Peso Unitario Saturado (tn/m ³)	Clasificación SUCS	Angulo Fricción (grados)	Cohesión (kg/cm ²)
JI-01	Margen Izquierdo	NP	NP	1.81 (17.8 kN/m ³)	2.02 (19.8 kN/m ³)	SW-SM	27.56	0.64
JI-02	Margen Izquierdo	29.17	19.25	1.81 (17.8 kN/m ³)	2.02 (19.8 kN/m ³)	SC	32.53	0.70
JI-03	Margen Derecho	28.67	20.76	1.81 (17.8 kN/m ³)	2.02 (19.8 kN/m ³)	SC - SM	26.07	0.71

Deslizamiento Quebrada Jilari. El deslizamiento de Jilari se localiza al sureste de la localidad de Cuyocuyo, a aproximadamente 900 metros. El deslizamiento se extiende en ambas laderas, principalmente en el lado izquierdo, que conjuntamente con la socavación del cauce de la quebrada Jilari, producen deslizamientos importantes.

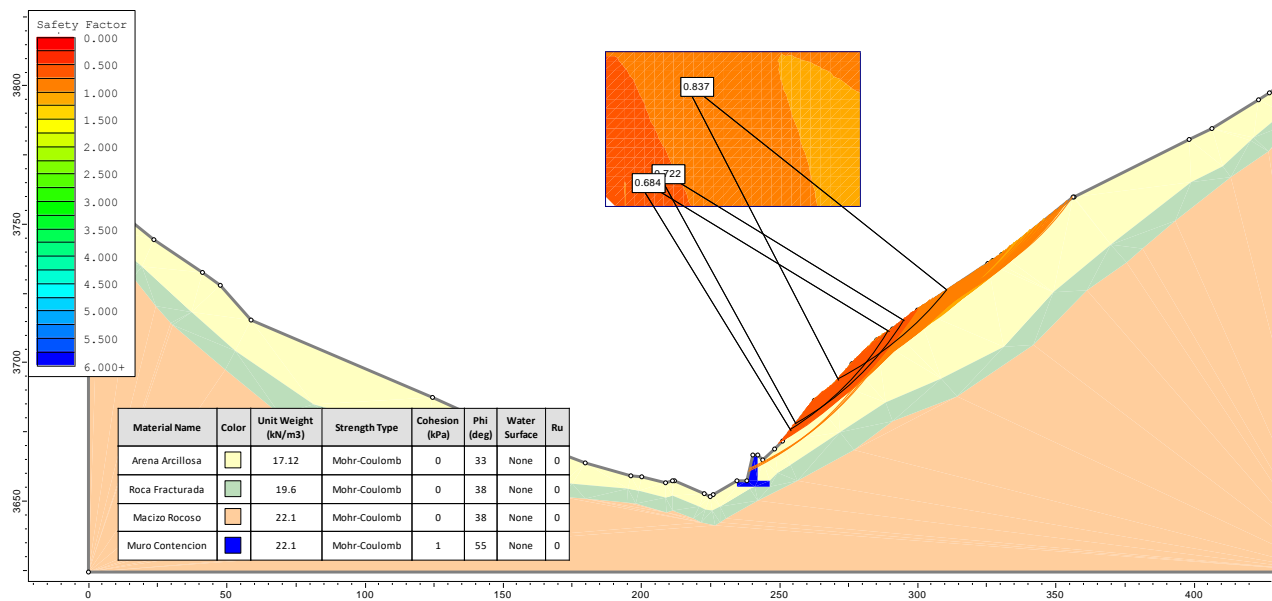


Figura 5: Análisis de talud condición seco, con muro de contención solamente (FS=0.684).

Asimismo, los parámetros de resistencia del suelo y los niveles de agua introducidos como parámetros de entrada para el análisis han sido los mismos que los utilizados en el análisis de estabilidad de talud. En el cuadro N° 2 se muestran los resultados de los factores de seguridad mínimos, que se esperan según el análisis de estabilidad del talud.

Cuadro N° 2: Resumen Resultados Análisis de Estabilidad de Talud

Condición	Factor de Seguridad Margen Izquierda	Factor de Seguridad Margen Derecha
Condición Seca	0.880	0.708
Condición Saturada	0.815	0.612
Condición Seca, Con Sismo	0.763	0.601
Condición Seca, Con Muro	0.988	0.684
Condición Seca, Con Banquetas	0.830	0.719

Cuantificación de Flujo de Escombros

Descarga Pico (Qp): $Q_p = 0.1M^{0.833}$

M: Volumen del flujo de escombros (m3)

$Q_p = 0.1 * (9,900)^{0.833}$; $Q_p = 213.58 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocidad Media de Flujo (V): $V = 2.1Q^{0.33} S^{0.33}$

Q = descarga máxima (m3/s) ; S = pendiente local (m/m) = 0.20

$V = 6.9 \text{ m/s}$

Distancia de Viaje (L): $L = 1.9M^{0.16} H^{0.83}$

H = 30 m ; $L = 139.34 \text{ m}$

Medidas de Estabilización planteadas para la zona. En la adopción de las medidas de estabilización de los deslizamientos se han planteado 3 enfoques:

Evitar el Problema. - En este caso significaría la reubicación de las viviendas que se encuentran en mayor riesgo de ser afectado directamente por el flujo de escombros en la localidad de Cuyocuyo.

Reducción de Fuerzas desestabilizantes. - Debido a que las fuerzas que causan movimiento colina abajo son esencialmente gravitacionales. Medidas como tendido del talud, construcción de banquetas, reducir las profundidades de excavación, drenaje superficial y subsuperficial. Todas estas técnicas pueden ser aplicadas en la zona según sea el talud específico.

Incrementar Fuerzas Resistentes: aquí se distinguen dos maneras

a) Aplicando fuerzas externas. - Esto se refiere a poner estructuras al pie del talud, donde se pueden citar varias formas, como las siguientes:

a1.- Contrafuerte, rellenos de contrapeso, y bermas de pie, que pueden adaptarse cuando se tiene materiales para dichos casos.

a2.- sistemas de retención tales como muros de contención de cantiléver y de gravedad, muros sujetos externamente o soportados por anclaje o tirantes, suelo clavado, pilas de raíces, pilas convencionales y fuste taladrado, y otros

a3.- Una variedad de sistemas de suelo reforzado.

b) Incrementando fuerzas internas. -

Estos métodos son usados para incrementar la resistencia interna del suelo, incluyen drenaje subsuperficial, sistemas de suelo reforzado, técnicas de estabilización vegetal y biotecnica.

Cabe destacar que todas estas técnicas de reforzar el suelo (fundamentalmente con geosintéticos), son aplicables para la zona, esencialmente utilizados para lugares de construcción de carreteras. En el caso de los taludes naturales se prefería incrementar la protección con estabilización vegetal. Se tiene un presupuesto de S/. 3'089,393.03.

CONCLUSÕES. Se tienen las siguientes conclusiones:

Se ha inventariado deslizamientos en la zona de Jilari, tanto en la margen izquierda como derecha, a los cuales se ha determinado su volumen, que es potencial para provocar el flujo de escombros, siendo este de 9,900 m3, asimismo se tienen propiedades del suelo de la zona obtenidos mediante ensayos de corte directo que principalmente son gravas con arcilla o arenas con arcilla.

En la quebrada Jilari mediante el modelamiento hidrológico se obtienen diferentes caudales los que tiene interés para el presente estudio son para 5 y 10 años de periodo de retorno que son

5.8 y 10.8 m³/s respectivamente. Con estos valores de caudal mediante modelamiento hidráulico en HEC RAS se obtuvieron velocidades variables según ubicación del canal desde 1.01 m/s a 2.92 m/s, siendo el promedio de 2.15 m/s.

En cuanto a los flujos de escombros mediante métodos empíricos se obtuvo un caudal pico de 213.58 m³/s, lo cual es un valor evidentemente muy alto que podría colmatar, alcanzando una velocidad de 6.69 m/s.

Con la ayuda del software SLIDE se ha encontrado que los factores de seguridad de los taludes analizados están por debajo de 1.0 en las condiciones, seca, con infiltración, con sismo, mejorando sustancialmente cuando se plantea medidas de estabilización de talud tales como construcción de banquetas, drenaje, muros de contención.

La gestión de riesgos de desastres se adoptó mediante el enfoque de gestión de riesgos integrada que implica preparación, respuesta y recuperación ante estos fenómenos naturales.

REFERÊNCIAS

- Alfaro, R. (2009). *Análisis de los factores que influyen en la inestabilidad de taludes en la cuenca del río Cuyocuyo*. (Tesis Maestría), Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- ANA. (2015). *Identificación de poblaciones vulnerables por activación de quebradas 2015 - 2016*. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Arancibia, A. (2012). *Conceptos de Flujo de Escombros en Quebradas*. Paper presented at the I Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, Lima.
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. Davis, CA: U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineers Center.
- Castillo N., L., Fídel S., L., & Jackson Jr., L. E. (2006). *Modelado de flujo de lodo usando FLO-2D en la quebrada Paihua: Impacto en la ciudad de Matucana, Lima*. Paper presented at the XII Congreso Peruano de Geología, Lima.
- Cornforth, D. (2005). *Landslides in Practice: Investigation, Analysis, and Remedial/Preventative Options in Soils*. N.Y.: Wiley Publishers.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes. In A. K. Turner & R. L. Schuster (Eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*. : Transportation Research Board Special Report.
- Daniel, T., & Krummenacher, B. (2013). Risk Concept Switzerland Hazard Analysis, Risk Evaluation and Protection Measures. In C. Margottini, P. Canuti & K. Sassa (Eds.), *Landslide Science and Practice: Volume 7: Social and Economic Impact and Policies* (pp. 9-15). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- DGPM-MEF. (2007). *Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública*. Lima - Peru: DGPM-MEF.
- Dingman, L. (2015). *Physical Hydrology*. Illinois: Waveland Press, Inc.
- Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability*. New Jersey, USA.: John Wiley & Sons, Inc.
- Ferlisi, S., & De Chiara, G. (2016). Risk analysis for rainfall-induced slope instabilities in coarse-grained soils: Practice and perspectives in Italy. In L. C. Stefano Aversa, Luciano Picarelli, and Claudio Scavia (Ed.), *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice* (pp. 137-154). Napoli, Italy: CRC Press.
- Glade, T., Anderson, M. G., & Crozier, M. J. (2005). *Landslide Hazard and Risk*: John Wiley & Sons.
- Griffiths, J. S., & Whitworth., M. (2012). Engineering geomorphology of landslides. In J. J. Clague & D. Stead (Eds.), *Landslides: Types, Mechanisms and Modeling* (pp. 172-186): Cambridge University Press.

- Huang, Y. H. (2014). *Slope Stability Analysis by the Limit Equilibrium Method: fundamentals and methods*. Reston, Virginia: ASCE Press.
- INEI. (2009). *Peru: Estimaciones y Proyecciones de Poblacion por sexo, segun departamento, provincia y distrito, 2000-2015*. Lima: Retrieved from <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0842/libro.pdf>.
- INGEMMET. (2005). Evolución de la actividad de deslizamientos, y el origen de huaycos en la cuenca de la quebrada Payhua, Matucana, Huarochiri.
- Machaca, N. (2006). *Vulnerabilidad de Movimientos en Masa y Riesgos en la Cuenca del Río Inambari, Informe Final*. Comisión Europea, Oxfam, PREDES.
- Mizuyama, T. (2008). Structural Countermeasures for Debris Flow Disasters *International Journal of Erosion Control Engineering*, 1(2), 38-43.
- Montalvo-Arrieta, J. C., Chávez-Cabello, G., Velasco-Tapia, F., & Navarro de León, I. (2010). Causes and effects of landslides in the Monterrey Metropolitan Area, NE Mexico. In E. D. Werner & H. P. Friedman (Eds.), *Landslides: causes, types and effects*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Okubo, S., Ikeya, H., Ishikawa, Y., & Yamada, T. (1997). Development of new methods for countermeasures against debris flows. In A. Armanini & M. Michiue (Eds.), *Recent Developments on Debris Flows* (pp. 166-185). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- PREDES. (2007). *Diagnostico Integral de la Cuenca del Río Sandia, Estudio y Manejo de la Cuenca del Rio Sandia. Proyecto Preparativos para Desastres y Reducción de Riesgos en la Cuenca del Río Sandia*: PREDES.
- PREDES. (2008). *Plan de Reducción de Riesgos distrito de Cuyocuyo, Comité de Defensa Civil de Cuyocuyo*. Lima.
- Quispe, M. (2008). *Evaluación de Amenazas de movimientos de masas en la quebrada Jilari - Cuyocuyo*. (Ingeniero Geologo Tesis pregrado), UNA Puno, Puno.
- Rickenmann, D. (1999). Empirical Relationships for Debris Flows. *Natural Hazards*, 19(1), 47-77. doi: 10.1023/a:1008064220727
- Salgado Montoya, R. A. (2005). *Analisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del rio Gila, Copan, Honduras*. (Magister Scientiae), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sanhueza, C., & Villavicencio, G. (2012). Influencia de la cohesión aparente generada por raíces sobre la estabilidad de un talud natural en las dunas de Reñaca. *Revista de la construcción*, 11, 16-31.
- Suárez Díaz, J. (2014). *Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico* Geotecnología (Ed.) Retrieved from <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
- Takahashi, T. (2014). *Debris Flow: Mechanics, Prediction and Countermeasures* (2 ed.): CRC Press.
- Turner, A. K., & Schuster, R. L. (1996). Landslides: Investigation and Mitigation. In T. R. B. S. Report (Ed.).
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements: type and processes *Landslides Analysis and Control. Transp. Res. Board, Spec. Rep.* (Vol. 176, pp. 11–33): TRB.
- Villon Bejar, M. (2010). *HEC-HMS Ejemplos*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Winter, M. G. T. L., Macgregor, F., & Shackman, L. S. E. (2005). Scottish Road Network Landslide Study: Scottish Executive.
- Wu, T. H., McKinnel, W. P., & Swanston, D. N. (1979). Strength of Tree Roots and Landslides on Prince of Wales Island Alaska. *Canadian Geotechnical Journal*, 16, 19-33.