

ESTABILIDAD DE LAS MÁRGENES DE LA QUEBRADA IPÍS A SU PASO POR LA URBANIZACIÓN SETILLAL, IPÍS, GOICOECHEA, COSTA RICA

M. Sc Rolando Mora Chinchilla¹

1. INTRODUCCIÓN

La urbanización Setillal se ubica en la margen derecha de la quebrada Ipís, en lugar conocido como Setillal (Fig 1), el cual pertenece al cantón de Guadalupe, provincia de San José. Esta margen ha presentado procesos de deslizamiento en algunos sectores cercanos a las viviendas, motivo por el cual la Asociación de Desarrollo Comunal del lugar se ha preocupado por conocer el origen y posibles consecuencia de estos deslizamientos.



Fig. 1 Localización del sitio de estudio.

Este estudio comprende: la identificación de los materiales geológicos que componen las márgenes de la quebrada Ipís, la determinación del espesor de estos materiales mediante sondeos de penetración dinámicos, su caracterización física y mecánica, la implementación de un modelo de estabilidad de taludes, utilizando un sistema de información geográfica (SIG) y la formulación de recomendaciones tendientes a mitigar los efectos adversos del proceso de deslizamiento.

Durante trabajo de campo, los ensayos de laboratorio y la formulación de recomendaciones se ha contado con la colaboración de los estudiantes de Geología Jasón Chávez y Mauricio Vázquez, y los estudiantes de Ingeniería Civil Esteban Acón y Luis Javier Villalobos. Estos estudiantes de la Universidad de Costa Rica, han apoyado el estudio mediante su participación en el

Proyecto de Acción Social de la Escuela Centroamericana de Geología: Estabilidad de Taludes en Obras de Interés Social. También, se ha contado con el apoyo de la Asociación de Desarrollo Comunal de la localidad, la cual ha brindado un excelente soporte logístico al equipo de trabajo.

2. GEOLOGÍA

Según Denyer & Arias (1991) el sector de Setillal está formado por lahares y cenizas, provenientes de los edificios volcánicos de la Cordillera Volcánica Central. Estos materiales se acumularon en forma de avalanchas de lodo y ceniza (lahares) hacia finales del Pleistoceno-Holoceno (1.6 a 0.01 millones de años), rellenando una antigua topografía y dando origen a una nueva, bastante plana (Denyer & Arias, 1991).

En el Valle Central los lahares tienen un espesor cercano a los 60 m, son muy heterogéneos, contienen fragmentos andesíticos angulares de más de 1 m y están inmersos en una matriz arenosa-arcillosa mal cementada (Denyer & Arias, 1991). Estos depósitos se encuentran interestratificados con aluviones y avalanchas volcánicas y son sobreyacidos por capas de ceniza, similares a las depositadas por las erupciones del volcán Irazú en 1963 (Denyer & Arias, 1991).

Propiamente en el sitio de estudio, se ha identificado una capa de ceniza de un espesor cercano a los 3.2 m, la cual sobreyace a un lahar de 2.6 m de espesor y este a su vez se encuentra sobre un aluvión de espesor desconocido. Para determinar el espesor de la capa de ceniza y el lahar, se realizaron 4 sondeos dinámicos con la sonda DPL y se revisaron los archivos de perforaciones cercanas al sitio (Fig. 2). El resultado de los sondeos DPL se observa en la figura 3, y el cuadro 1 muestra un resumen de los espesores encontra-

¹ Profesor de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

dos en las mismas perforaciones. La correlación entre las perforaciones se puede apreciar en la figura 4. En algunos sectores del sitio de estudio, es posible que el espesor de ceniza se encuentre sobreyacido por un relleno, mal compactado, de materiales removidos durante la construcción de la urbanización.



Fig. 2 Localización de las perforaciones y pozos, utilizados en la estimación del espesor de los depósitos de cenizas.

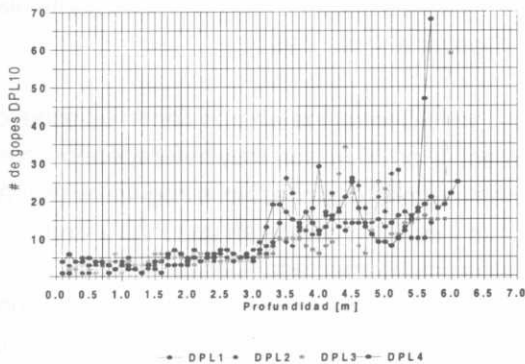


Fig. 3 Resultados de las perforaciones con el penetrómetro dinámico DPL.

Cuadro 1: Espesores de los depósitos geológicos.

Perforación	Espesor de ceniza [m]	Espesor del lahar [m]	Profundidad del aluvión [m]
DPL1	3.2	2.9	6.1
DPL2	3.3	2.4	5.7
DPL3	3.3	2.7	6.0
DPL4	3.1	2.5	5.6

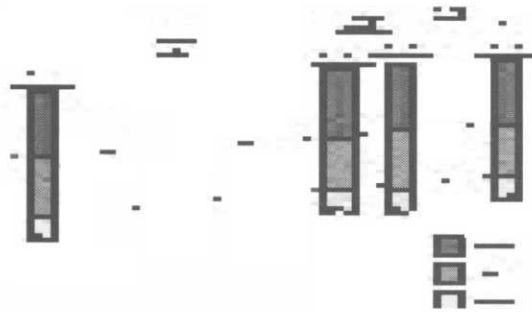


Fig. 4 Interpretación de las perforaciones.

En la figura 4 el nivel freático no aparece, debido a que no se detectó en ninguna de las perforaciones. Lo anterior se explica debido a que las capas de ceniza y el lahar se comportan como acuitardos, el agua que se infiltra, a través de estos materiales, recarga el acuífero constituido por el aluvión. Los depósitos que sobreyacen al aluvión pueden encontrarse muy cercanos a la saturación completa durante la temporada lluviosa, pero sin alcanzar a desarrollar un acuífero, debido a la permeabilidad sensiblemente más elevada del mismo aluvión.

Por otro lado, la quebrada Ipís fluye sobre los materiales del aluvión y considerando que sus aguas presentan un contenido apreciablemente alto de detergentes y otras sustancias, así como depósitos de desechos sólidos, esta quebrada podría estar contribuyendo a deteriorar severamente la calidad del agua del acuífero.

3. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS CENIZAS

El depósito de cenizas se ha caracterizado física y mecánicamente, pues se considera que el mismo es el que presenta el mayor potencial de desestabilizarse en caso de actividad sísmica. El espesor del depósito de ceniza (Fig.5) se ha modelado utilizando la información de las perforaciones antes descritas y con la ayuda del sistema de información geográfica ILWIS 3.0 (ITC, 2001).

Un resumen de estas propiedades se aprecia en el cuadro 2. Las mismas se han obtenido mediante la ejecución de ensayos con muestras inalteradas, en el Laboratorio de Geotecnia e Hi-

drogeología, de la Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.

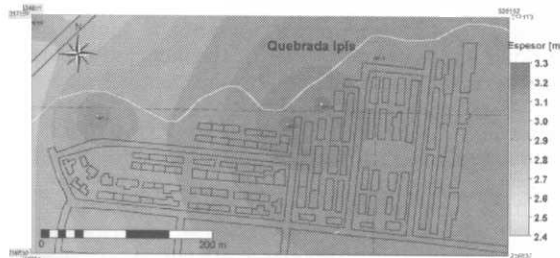


Fig. 5 Espesor de los depósitos de cenizas.

Cuadro 2: Propiedades físicas y mecánicas del depósito de cenizas.

Propiedad	Valor
Gravedad específica	2.69
Peso unitario húmedo [kN/m ³]	15.3
Peso unitario saturado [kN/m ³]	16.0
Peso unitario seco [kN/m ³]	9.8
Peso unitario de los sólidos [kN/m ³]	26.4
Relación de vacíos	1.68
Porosidad [%]	63.0
Grado de saturación [%]	90.0
Contenido de humedad [%]	56.0
Cohesión [kPa]	6.0
Ángulo de fricción [grados]	29.0

Los ensayos de propiedades físicas se realizaron en octubre de 2001, lo cual se refleja en un contenido de humedad del 56%, con el que el material alcanza un grado de saturación del 90%. El valor del peso unitario húmedo es muy cercano al del peso unitario saturado, esto también se debe al elevado grado de saturación del material en el campo. Los ensayos de propiedades mecánicas se realizaron a contenidos de humedad mayores, llevando las muestras a saturaciones cercanas al 100%. El estado de saturación completa se alcanza cuando el contenido de humedad asciende a 74.3%.

4. MODELO DETERMINÍSTICO DE ESTABILIDAD DE LADERAS

El modelo del talud infinito (Dunn, Anderson & Kiefer, 1980) se ha utilizado para calcular el factor de seguridad, bajo las siguientes condiciones: talud completamente saturado, pero sin desarrollar un acuífero de acuerdo con las condiciones hidrogeológicas previamente descritas; utilización

de varios coeficientes de aceleración sísmica, los cuales varían de 0.1 de g a 0.3 de g, donde g es la aceleración de la gravedad en m/s². El modelo del talud infinito es un modelo bidimensional, el cual utiliza un plano de ruptura infinitamente largo para describir la estabilidad de los taludes.

La profundidad del plano de ruptura se ha establecido en el contacto del depósito de cenizas y el lahar. El grado de amenaza de deslizamiento se puede expresar con el factor de seguridad (FS), el cual es la relación entre las fuerzas que tienden a causar la falla del talud y aquellas que se oponen al mismo proceso. En el cuadro 3 se observan las consideraciones hechas con respecto al factor de seguridad y que se utilizan para clasificar los resultados del modelo aplicado, este cuadro se ha elaborado con base en los trabajos de Pack et al. (2001) y GCO (1984). La fórmula para calcular el factor de seguridad en condiciones estáticas es la siguiente (modificada de Hammond et al., 1992):

$$FS = \frac{c + \cos^2 2 \left[(\gamma_s (D - D_w) + (\gamma_s - \gamma_w) D_w \right] \tan N}{D (\gamma_s \sin^2 \cos^2 2)}$$

donde:

- c: cohesión del suelo [kPa],
- 2: pendiente del terreno,
- (γ_s): peso unitario del terreno [kN/m³],
- (γ_w): peso unitario del agua [kN/m³],
- D: espesor vertical del material [m],
- D_w : altura vertical del nivel freático dentro de la capa de cenizas y
- N: ángulo de fricción interna del material.

La ecuación anterior puede modificarse para considerar la aceleración sísmica, con lo que se obtiene la siguiente expresión:

$$FS = \frac{c + (\gamma_s D \cos^2 2 - D (s \gamma \sin^2 \cos^2 - \gamma_w D_w \cos^2 2)) \tan N}{D (\gamma_s \sin^2 \cos^2 + D (s \gamma \cos^2 2)}$$

donde:

- γ : coeficiente de aceleración sísmica.

Pack et al. (2001) proponen una forma adimensional de la ecuación del talud infinito, en la que introducen las siguientes expresiones.