



XVIII Congreso Peruano de Geología

Análisis de estabilidad de taludes del Cerro Bandurrias – Punta de Bombón – Islay - Arequipa

Salome Chacón Arcaya¹, Willy López Tejada ² y Ramiro Deza Guzmán ³

¹ UNSA, Av. Independencia s/n, Arequipa, Perú (schacona@unsa.edu.pe)

² UNSA, Av. Independencia s/n, Arequipa, Perú (wlopezt@unsa.edu.pe)

³ UNSA, Av. Independencia s/n, Arequipa, Perú (rdezag@unsa.edu.pe)

1. Introducción

En el año de 1868 a consecuencia del sismo, el poblado de Catas fue afectado por el tsunami, el pueblo actual es una reubicación de aquel entonces. Catas se encuentra exactamente a 540 metros del mar, por lo tanto es muy susceptible a ser inundado por efecto de las olas. Durante el evento sísmico del 23 de junio del 2001 se produjo un tsunami en el sector de Camaná, las aguas llegaron entre 700m a 1000 m. de la orilla, produciendo daños de proporciones en los terrenos agrícolas y en el amplio sector de los Balnearios. Por consiguiente en base a las experiencias históricas y de este último sismo, el pueblo que podría ser afectado por un tsunami sería el poblado de Catas

Por todo lo descrito anteriormente se ha considerado la reubicación del Poblado de Catas en el Cerro Bandurrias, Punta de Bombón, Provincia de Islay, Departamento de Arequipa. Por lo cual, es indispensable realizar un análisis de estabilidad de taludes en las laderas del Cerro Bandurrias, zona de reubicación del poblado de Catas, en donde se creará un modelo o perfil geotécnico del terreno con los diferentes horizontes de suelo y se simulará la construcción de la edificación; además de ello dicho análisis constituye un complemento del estudio de mecánica de suelos, el cual deberá determinar los factores de seguridad del talud ante efectos estáticos y sísmicos.

2. Generalidades

2.1. Ubicación y acceso

El área a ser estudiada se encuentra en la Costa Sur del Perú (Figura 1 y 2). Políticamente el área se ubica en: Paraje: Cerro Bandurrias, Distrito: La Punta de Bombón, Provincia: Islay, Departamento: Arequipa. Geográficamente el área del proyecto se ubica dentro de las siguientes coordenadas UTM, WGS-84. Zona 19-S. 203000 E - 8100500 N y 205500 E - 8099000 N.

La zona de estudio es accesible por dos rutas diferentes desde la ciudad de Arequipa. El primer acceso parte de la ciudad de Arequipa por la Panamericana Sur hasta la zona del km 48, luego hasta el Fiscal, siguiendo por el desvío de Cocachacra, Punta de Bombón y finalmente hasta Catas, tomando un tiempo de 2 horas aproximadamente.

El segundo acceso parte de la ciudad de Arequipa por la Panamericana Sur hasta la zona del km 48, luego conduce a los puertos de Matarani y Mollendo. Del puerto de Mollendo corre una carretera asfaltada a lo largo de la playa conectando los balnearios de Mejía y Punta de Bombón y finalmente llegar a Catas.

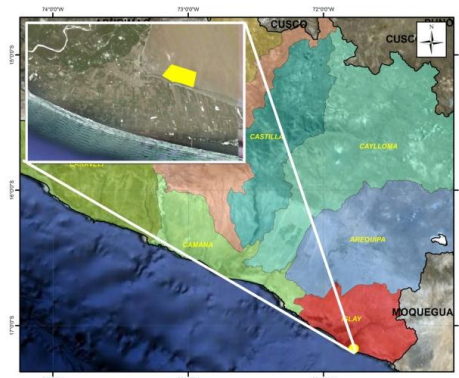


Figura 1. Zona destinada para reubicación del Poblado de Catas



Figura 2. Ubicación actual y ubicación de la zona destinada para reubicación del Poblado de Catas

2.2. Condición Climática y Altitudinal

El clima de Valle Tambo tiene características peculiares que difieren del clima general desértico de la costa por las condiciones reinantes, es semi-cálido con diferencias de lluvias estacionales anuales con alta humedad que oscila entre 60% y 90% sobre todo en los meses de invierno, la temperatura oscilante de 15°C (julio a agosto) a 28° C (enero a marzo). Durante los meses de invierno la parte frontal de la Cadena Costanera y borde de la planicie se encuentran casi permanentemente cubiertas por una densa niebla, que normalmente produce una lluvia de grano fino, suficiente para dar lugar al desarrollo de una vegetación temporal, que se conoce con el nombre de Lomas.

La altitud de la zona de estudio varía de 50 a 250 m aproximadamente, así mismo; la zona donde se reubicará el poblado de Catas tiene unas pendientes que varían de 0° a 10°.

2.3. Unidades Morfológicas

Con la finalidad de definir mejor las geoformas en el área de interés, se ha considerado secciones transversales, ver figura 3 y 4.

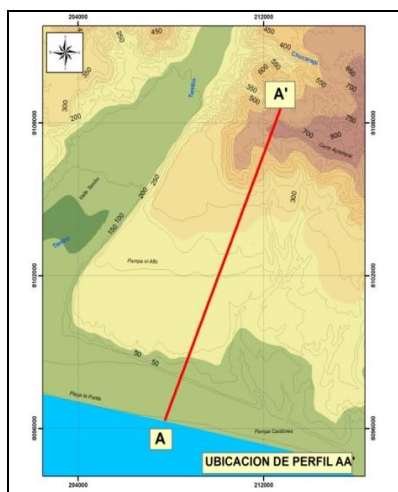


Figura 3. Ubicación de sección transversal en el área de estudio.

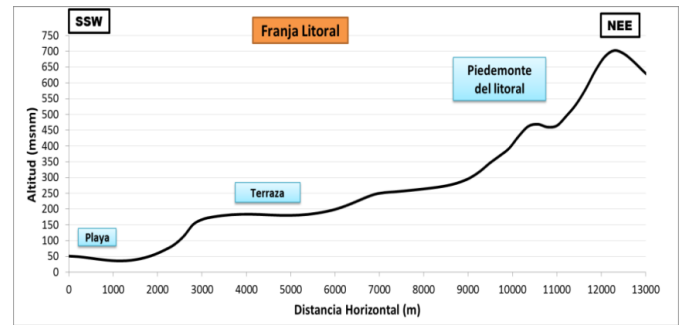


Figura 4. Geoformas en el área de estudio.

Se han podido distinguir la Franja Litoral, esta unidad geomorfológica comprende el terreno bajo que se extiende entre la ribera del mar y el pie de la Cadena de Montañas, alcanzando una altitud hasta de 800 metros, con ancho variable entre 3 y 12 kilómetros. La morfología de esta faja está caracterizada por la presencia de varias planicies de abrasión cubiertas de terrazas. Algunos caracteres observados en estas terrazas como el declive de sus superficies hacia el mar, el paralelismo de sus frentes a las líneas de playa actual y la existencia de restos de fósiles marinos, indican que se trata de terrazas marinas levantadas por procesos epirogénicos que afectaron este sector de la Costa, desde el Terciario hasta los tiempos recientes. Esta unidad se subdivide en: Playa, Terraza y Piedemonte del Litoral.

2.4. Geología Local

Las unidades litológicas identificadas en la zona, son el Complejo Basal de la Costa constituido por rocas metamórficas e intrusivas, tales como gneis, esquistos, dioritas y granitos de edad precambriana a Paleozoico; Volcánico Chocolate constituida por una secuencia de 900 metros de grosor de rocas volcánicas compuestas de derrames de andesita, basalto, traquita, tufos y aglomerados, de colores rojo opaco y verde oscuro, conteniendo algunas intercalaciones de lutitas, cuarcitas, calizas y calcáreos de arrecife de edad liásico superior; Depósitos Aluviales se componen de conglomerados y gravas inconsolidadas con intercalaciones de bancos y lentes de arena y arcilla y depósitos Fluviales, Constituidos por materiales heterométricos propio de los materiales arrastrados por el Río Tambo a la desembocadura del mar.

3. Análisis de Estabilidad de taludes

3.1. Topografía

El punto de partida para la realización del análisis de estabilidad de taludes es el levantamiento topográfico del talud del Cerro Bandurrias. Dicho levantamiento topográfico, se realizó por métodos digitales, empleando dos Estaciones Totales que permiten un trabajo rápido y preciso.

Se partió de dos puntos con coordenadas conocidas ubicadas en el terreno con fines de la lotización; a partir de estos puntos se colocaron diversos puntos de cambio desde donde se realizó el relleno topográfico de la zona de

estudio con un total de 621 puntos de relleno que permitieron una buena interpolación.

Utilizando el software "Eagle Point" se realizó la interpolación de curvas de nivel, para seguidamente utilizando el Auto CAD 2014 realizar las secciones que servirán de base para el trabajo de estabilidad de taludes. El área levantada es de 9.6 hectáreas aproximadamente.

3.2. Investigación de Campo y laboratorio

En base a las muestras obtenidas en campo y a los tres perfiles elaborados, se ha muestreado, descrito y caracterizado los tipos de suelos existentes en la zona. En la figura 5, se muestran la ubicación de los perfiles modelos que se han considerado en el análisis de estabilidad de taludes.

El perfil geológico levantado en campo se muestra en la figura 6 y la determinación de las propiedades de los diversos horizontes se han determinado de acuerdo a las investigaciones de campo, es decir de las cuatro muestras obtenidas y a partir de la descripción visual-manual, de esto se puede concluir que por lo observado, los horizontes están constituidos por depósitos marinos conformados por gravas y conglomerados en una matriz arenosa, subyaciendo se encuentra una capa de arena bien consolidada algunos cementantes que se han identificado; hacia la base del talud se observa un horizonte con grava, gravilla y arena medianamente consolidada y finalmente cubriendo este último horizonte se observan los depósitos aluviales constituidos por arena suelta no consolidada. Algunos resultados de laboratorio se presentan en la tabla 1.

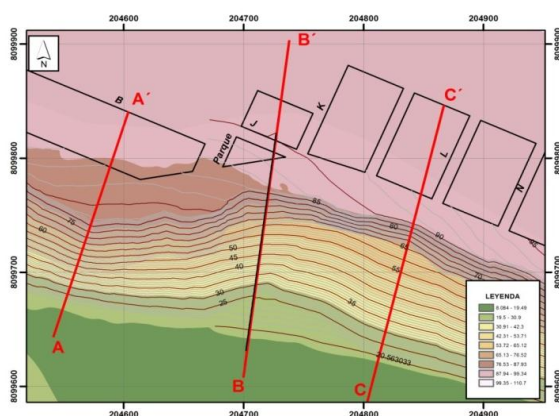


Figura 5. Ubicación de perfiles mostrando la variación de altitudes en la ladera del Cerro Bandurrias.

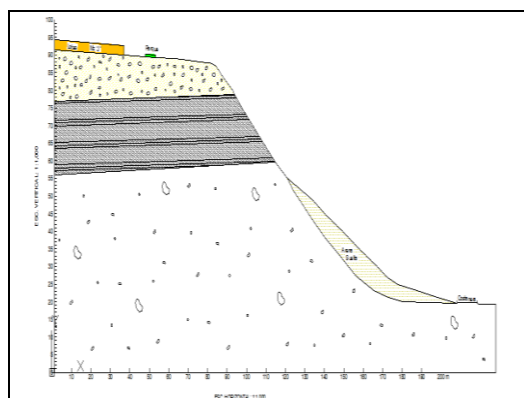


Figura 6. Perfil Geológico BB'.

Tabla 1: Resumen de Laboratorio

| Muestra | Contenido de Humedad w (%) | SUCS | Límite Líquido LL (%) | Límite Plástico LP (%) | Peso específico de Sólidos ρ_s (gr/cm ³) |
|---------|----------------------------|-------|-----------------------|------------------------|---|
| M-01 | 2.08 | SP | NP | NP | 2.77 |
| M-02 | 7.38 | SP-SM | NP | NP | 2.74 |
| M-03 | 3.25 | SP | NP | NP | 2.73 |
| M-04 | 5.03 | SP | NP | NP | 2.73 |

3.3. Calculo del Análisis de estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad de taludes se empleó el método de Bishop, aplicado para dos escenarios, un análisis estático el cual corresponde al análisis en las condiciones en las cuales se encuentra el talud y un análisis pseudoestático el cual corresponde a un análisis del talud ante la ocurrencia de un evento sísmico, para lo cual se ha considerado el factor de aceleración de 0.4g. En ambos escenarios se ha realizado el análisis para los tres perfiles AA', BB' y CC'. Se ha considerado un factor de seguridad igual a 1.5 como aceptable para el análisis estático y de 1,1 para el análisis pseudoestático. Así mismo, cabe resaltar que se ha considerado la sobrecarga en la cresta del talud, producto de la habilitación urbana.

| | Análisis Estático | Análisis Pseudoestático |
|------------|-------------------|-------------------------|
| Perfil AA' | 1.3 | 1.2 |
| Perfil BB' | 1.6 | 1.2 |
| Perfil CC' | 1.4 | 1.2 |

4. Conclusiones

El suelo analizado, de acuerdo a la clasificación SUCS ha sido clasificado como SP, SM y SP-SM (arena pobremente gradada, arena limosa y arena pobremente gradada con limos respectivamente).

Dentro de los parámetros físicos que se han determinado en las muestras, la densidad natural con un valor igual a 1.07 - 1.77 g/cm³, la gravedad específica promedio de los materiales es del orden de 2.52 - 2.99 g/cm³.

Para el perfil AA', los resultados obtenidos para el análisis estático, por el método de Bishop van de 1.3 para una ruptura global de pie de talud y de 2.7 para el caso de una ruptura local cuya superficie de ruptura alcanza el borde actual de la manzana B. Por los resultados obtenidos se puede concluir que la distancia de retiro del borde del talud al borde de la manzana B se puede mantener en la condición actual.

Para el perfil BB', los resultados obtenidos para el análisis estático, por el método de Bishop van de 1.6 para una ruptura global de pie de talud y de 1.7 para el caso de una ruptura local cuya superficie de ruptura alcanza el borde actual de la manzana J. Por los resultados obtenidos se puede concluir que la distancia de retiro del borde del talud al borde de la manzana J se puede mantener en la condición actual.

Para el perfil CC', los resultados obtenidos para el análisis estático, por el método de Bishop van de 1.4 para una ruptura global de pie de talud y de 1.3 para el caso de una ruptura local cuya superficie de ruptura alcanza el borde actual de la manzana L. Por los resultados obtenidos se puede concluir que la distancia de retiro del borde del talud al borde de la manzana L, debe ser igual o mayor a 40 metros.

En el perfil AA', para el análisis pseudoestático, se ha obtenido un factor de 1.2 ante la ocurrencia de una ruptura de pie de talud y de 1.6 para una ruptura local; ambos casos analizados por el método de Bishop.

En el perfil BB', para el análisis pseudoestático, se ha obtenido un factor de seguridad igual a 1.2 ante la ocurrencia de una ruptura de pie de talud y de 1.9 para una ruptura local; ambos casos analizados por el método de Bishop.

En el perfil CC', para el análisis pseudoestático, se ha obtenido un factor de seguridad igual a 1 ante la ocurrencia de una ruptura de pie de talud y de 1.2 para una ruptura local; ambos casos analizados por el método de Bishop.

Por los resultados obtenidos al realizar los análisis respectivos en los tres perfiles evaluados, se puede concluir que la distancia promedio a ser considerada como adecuada entre el borde del talud y la habilitación urbana sería igual o mayor a 40 m.

Recomendaciones

Se recomienda dejar la distancia de retiro indicada arriba. Los factores de seguridad obtenidos en el análisis pseudoestático muestran que los factores de seguridad serían mayores a 1, siempre que se cumpla la distancia de retiro que se ha propuesto líneas arriba.

Se recomienda no saturar el talud, debido a que la presencia del agua conllevaría a una disminución sobre la cohesión aparente y consecuentemente se desencadenaría una situación similar al que está ocurriendo en el Valle de Siguan. En otras palabras se debe evitar riegos innecesarios inclusive de plantas dentro de los lotes o cualquier estructura que sature de agua el subsuelo, como por ejemplo el uso de silos.

Se recomienda que no se empleen dichos terrenos, ni terrenos aledaños para fines agrícolas, casas huertas o etc. ya que el regadío necesario para cultivos terminaría por saturar el talud y se desencadenaría inestabilidad en el mismo.

Agradecimientos

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a la Facultad de Geología, Geofísica y Minas de UNSA por el apoyo brindado para la culminación de este trabajo y al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de UNSA por facilitarnos el uso de sus instalaciones para la realización de los diversos ensayos.

Referencias

Bowles, J.E. 1986. "Engineering properties of soils and their measurement", McGraw Hill Book Co. New York.

Carter, M. & Bentley, S. 1991. Correlations of Soil Properties

Geotechnical Engineering Office. 1979. "Geotechnical manual for slopes". Civil engineering department Hong Kong. 306 p.

Lambe, W. & Withman, R. 1972.: Mecánica de suelos

Norma E-030. 2003. Diseño Sismorresistente, MVCS

Norma E-050. 2003. Suelos y Cimentaciones, MVCS

Terzaghi, K., Peck, R. & Mesri, G. 1996. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica