



*Análisis de la estabilidad del talud de suelo ubicado detrás de la Urbanización
Valle Alto en la vía Manta – Portoviejo*

*Analysis of the stability of the soil slope located behind the Valle Alto
Urbanization on the Manta – Portoviejo road*

*Analysis of the stability of the soil slope located behind the Valle Alto
Urbanization on the Manta – Portoviejo road*

Jennifer Jamileth Velásquez-Vélez^I
jvelasquez6855@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-8917-3140>

Pedro Eduardo Mendoza-Mendoza^{II}
pmendoza8070@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-3473-4558>

Lucia Macías-Sánchez^{III}
lucia.macias@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-3473-4558>

Correspondencia: jvelasquez6855@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de marzo de 2024 * **Aceptado:** 17 de abril de 2024 * **Publicado:** 20 de mayo de 2024

- I. Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, UTM, Portoviejo, Ecuador.
- II. Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, UTM, Portoviejo, Ecuador.
- III. Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, UTM, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

La inestabilidad en los taludes es uno de los problemas geológicos más comunes en Ecuador, generando importantes pérdidas humanas y económicas sobre todo en las temporadas invernales, ya que el incremento de la presión de poros reduce la pérdida de resistencia del suelo y disminución de resistencia al esfuerzo cortante. Por lo antes expuesto se plantea analizar la estabilidad del talud que está ubicado detrás de la Urbanización Valle Alto en la vía Manta-Portoviejo-Ecuador. La metodología que se utiliza en la investigación es cuantitativa, debido a que se busca estimar los parámetros geométricos del talud en el estudio, utilizando los métodos experimentales de campo, laboratorio y la determinación de los factores de seguridad por varios métodos en condiciones estáticas y pseudostáticas. Para el desarrollo de la investigación se realizaron dos SPT (Standard Penetration Test) uno en la corona y otro al pie del talud, extrayendo un total de doce muestras, las mismas que fueron ensayadas para conocer las características físicas, mecánicas y parámetros de resistencia que permitieron determinar las condiciones de estabilidad del talud analizado, adicionalmente se realizó la topografía para conocer el perfil del terreno, siendo este indispensable en la modelación para el cálculo del factor de seguridad. Al finalizar la investigación se concluye que el talud está conformado por arcillas inorgánicas de alta plasticidad y limos de alta plasticidad, en cuanto a la estabilidad en condiciones estáticas a partir de los cinco métodos analizados, el talud presenta un F.S mayor a 1 considerándolo como estable. Sin embargo, en el análisis pseudo-estático los métodos Janbu y Ordinario determinaron valores menores a 1 considerando a este talud inestable y los otros métodos analizados establecen factores de seguridad igual 1.

Palabras clave: Estabilidad de talud; Parámetros de resistencia; Análisis Psuedo-estatico; Equilibrio Límite.

Abstract

Instability on slopes is one of the most common geological problems in Ecuador, generating significant human and economic losses, especially in the winter seasons, since the increase in pore pressure reduces the loss of soil resistance and a decrease in resistance to shear strength. Due to the above, it is proposed to analyze the stability of the slope that is located behind the Valle Alto Urbanization on the Manta-Portoviejo-Ecuador road. The methodology used in the research is quantitative, because it seeks to estimate the geometric parameters of the slope in the study, using field and laboratory experimental methods and the determination of safety factors by various

methods in static and pseudostatic conditions. To carry out the research, two SPT (Standard Penetration Test) were carried out, one at the crown and the other at the foot of the slope, extracting a total of twelve samples, which were tested to determine the physical and mechanical characteristics and resistance parameters that They allowed determining the stability conditions of the analyzed slope, additionally topography was carried out to know the terrain profile, this being essential in the modeling for the calculation of the safety factor. At the end of the investigation, it is concluded that the slope is made up of inorganic clays of high plasticity and silts of high plasticity. Regarding stability in static conditions based on the five methods analyzed, the slope presents an F.S greater than 1, considering it as stable. However, in the pseudo-static analysis the Janbu and Ordinario methods determined values less than 1 considering this unstable slope and the other methods analyzed establish safety factors equal to 1.

Keywords: Slope stability; Resistance parameters; Psuedo-static analysis; Limit Equilibrium.

Resumo

esforço cortante. Pelo exposto, propõe-se analisar a estabilidade do talude que se encontra atrás da Urbanização Valle Alto na estrada Manta-Portoviejo-Ecuador. A metodologia utilizada na pesquisa é quantitativa, pois busca estimar os parâmetros geométricos do talude em estudo, utilizando métodos experimentais de campo e laboratório e a determinação de fatores de segurança por diversos métodos em condições estáticas e pseudoestáticas. Para a realização da pesquisa foram realizados dois SPT (Teste de Penetração Padrão), um no topo e outro no sopé da encosta, extraíndo um total de doze amostras, que foram testadas para determinar as características físicas e mecânicas e a resistência. parâmetros que permitiram determinar as condições de estabilidade do talude analisado, adicionalmente foi realizada topografia para conhecer o perfil do terreno, sendo este essencial na modelagem para o cálculo do fator de segurança. Ao final da investigação conclui-se que o talude é constituído por argilas inorgânicas de alta plasticidade e siltes de alta plasticidade. Quanto à estabilidade em condições estáticas com base nos cinco métodos analisados, o talude apresenta um F.S maior que 1, considerando-se. é tão estável. Porém, na análise pseudoestática os métodos Janbu e Ordinário determinaram valores menores que 1 considerando esta inclinação instável e os demais métodos analisados estabelecem fatores de segurança iguais a 1.

Palavras-chave: Estabilidade de taludes; Parâmetros de resistência; Análise pseudoestática; Limite de equilíbrio.

Introducción

Los taludes son considerados como superficie inclinada con respecto a la horizontal, que adoptan permanente o provisionalmente las estructuras de tierra. Estos pueden ser artificiales, cuando están contruidos por el hombre en sus obras de ingeniería como terraplén o desmonte, o naturales como laderas (Sanz, Mati, & Oreogo, Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y, Métodos de Calculo, 2021). Así mismo, pueden ser de suelos, rocas o mixtos, variando a su vez la metodología de estudio. (Sanz, Mati, & Oreogo, Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo, 2020).

Los deslizamientos de suelos se pueden analizar en el contexto del talud afectado y deben ser considerados además como el producto geomorfológico y/o ambiental de procesos dinámicos relacionados con la evolución del paisaje; en primera instancia los deslizamientos de tierras tienen lugar cuando se desarrolla un balance desfavorable entre la resistencia de los materiales geológicos en los que están excavadas las vertientes naturales y las fuerzas gravitatorias que tienden a desplazarlas ladera abajo. (Montero, 1901).

La estabilidad de los taludes es importante pues con esta se puede evitar derrumbes de taludes debido a la sobrecarga, daños en edificaciones por movimientos en el subsuelo y empujes excesivos en muros de contención y daños en cuerpos de pavimentos por deficiente soporte. (Humberto, 2020).

Es evidente que al pasar del tiempo la relación hombre-medio ambiente ha ido cambiando drásticamente (Macías et al., 2024). El aumento de la actividad antrópica buscando un mayor desarrollo económico, ha generado un cambio acelerado en los agentes naturales, provocando que se incremente la vulnerabilidad por riesgos sobre catástrofes asociados a fenómenos naturales como son inundaciones, remociones de masa, incendios forestales, entre otros. (Hernández, 2016).

En diversos estudios acerca de la estabilidad de los taludes no solo abordan los fenómenos de estado ultimo sino también los de rotura de masa de suelo. Los agentes externos responsables de la inestabilidad pueden ser el peso y eventualmente los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas. (Pérez, 2005). Dado que el país se encuentra ubicado en el cinturón de fuego del Pacifico estamos propensos a movimientos sísmicos frecuentes y estos a su vez son factores desencadenantes de los deslizamientos de terreno, por esto es importante su

evaluación considerando la carga sísmica que, según se indica en la Norma Ecuatoriana de Construcción dependerá de la ubicación de la zona de estudio (NEC-SE-DS, 2015).

Según (Pérez, 2005) en el estudio de los taludes y la ingeniería de los suelos en general, no se tiene la certeza absoluta de los parámetros involucrados. Sin embargo, las propiedades de los suelos y rocas pueden variar drásticamente entre un sitio y otro, de manera que establecer valores característicos de una zona determinada se traduce en problemas. El suelo es una parte fundamental en cualquier obra civil que se lleve a cabo, por lo tanto, es necesario considerar los estudios mecánicos del suelo para conocer sus propiedades y características, los deslizamientos de taludes ocurren debido a diferentes causas tales como: la lluvia, la falta de vegetación, la actividad humana, entre otros. El problema de la inestabilidad en los taludes que se presenta en la mayoría de las construcciones en el Ecuador está en constante aumento y esto genera complicaciones, más que todo en las temporadas invernales que hace que los taludes sean más (Pérez, 2005).

El método de análisis más común es el método de equilibrio límite para calcular la estabilidad de taludes, se utilizan en la práctica debido a su simplicidad y valores de coeficiente. La seguridad que obtienes no está lejos del verdadero valor, este método establece que el revolucionario ocurre en líneas que representan superficies defectuosas. De esta manera, se puede entender que el suelo por encima de la línea anterior se desplaza en relación con la masa menor. En caso de daño, la resistencia a cortante a lo largo de la superficie de deslizamiento se moviliza, y toda la Tierra se encuentra en un estado de equilibrio estático.

El objetivo del análisis de estabilidad de cualquier talud natural o artificial es determinar la falla superficie con el valor mínimo del factor de seguridad. Es importante identificar los puntos críticos de la superficie de falla para la pendiente especificada para encontrar el factor mínimo de seguridad. Por lo tanto, en el pasado se han utilizado diferentes métodos de búsqueda y optimización. Todos ellos, sin embargo, tienen la misma limitación que es el problema de usar cálculos manuales (Rodríguez, 1976). Es posible determinar la superficie crítica de falla para una pendiente dada comparando el factor de seguridad de varias superficies de deslizamiento experimentales. En época invernal las provincias de la zona costera sobre todo en Manabí, las precipitaciones suelen desestabilizar varios taludes uno de ellos es el que se encuentra en la Vía Manta detrás de la Urbanización Valle Alto. La presente investigación tiene como objetivo determinar la estabilidad del talud de suelo ubicado detrás de la urbanización Valle Alto en la vía Manta – Portoviejo,

mediante la aplicación de los métodos de análisis estático y Pseudo-estático con ayuda del programa Geo estudio.

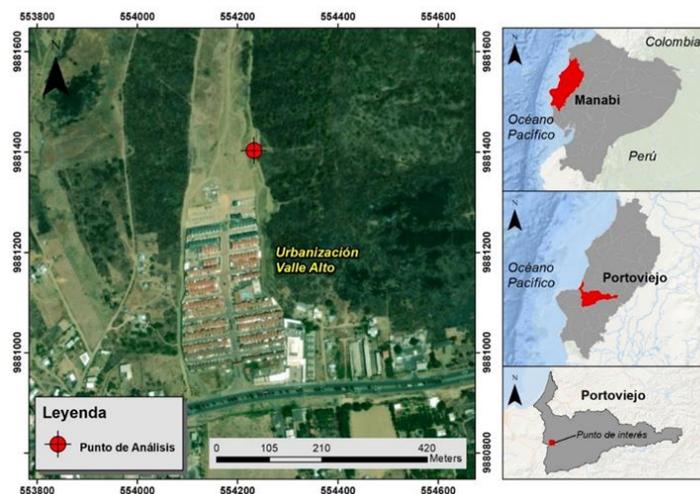
Descripción del área de estudio

El talud sujeto a estudio se encuentra ubicado en Portoviejo, Manabí, Ecuador a una cota de 44 msnm como me ilustra en la Figura 1. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 32 °C. (Weatherspark, 2021). Presenta relieves de valles fluviales, llanuras aluviales costeras y pie de monte occidental, terrazas, llanuras y cuencas deprimidas costeras. Dentro del cantón se registran cotas ondulada a fuertemente socavada; que van desde los 10 msnm hasta muchos los 700 msnm aproximadamente. Los suelos tienen características de sedimentos, con bosques tropicales y subtropicales secos, constituyéndose en suelos productores de ceibos, algarrobos, guayacán, caña guadua, palma real, entre otros.

La población en Portoviejo según el último censo (13 de septiembre de 2023) de Población y Vivienda es aproximadamente de 322.925 personas (64% urbana y 36% rural), considerándose como una zona de elevada densidad poblacional.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) Portoviejo se ubica en la zona VI de la caracterización de peligrosidad sísmica, considera como alta peligrosidad, con $Z=0.50$, teniendo un tipo de suelo D siendo en la ubicación del talud investigado.

Figura 1: Imagen georreferenciada con el programa ArGis, señalando el punto de ubicación del talud, coordenadas -1.073460, -80.513086



Metodología

Para estructurar, desarrollar y analizar la estabilidad del talud de suelo ubicado detrás de la Urbanización Valle Alto en la vía Manta – Portoviejo, se implementó una investigación cuantitativa, debido a que se determinaron los parámetros geométricos de los taludes en el sector, utilizándose los métodos experimentales de campo y de laboratorio.

Para la obtención del perfil del talud se realizó una topografía en la ubicación que muestra la figura 1, en esta investigación se empleó un dron haciendo uso del modelo DJI phantom 4. Para conocer la composición estratigráfica del suelo se realizó dos ensayos de SPT (Standard Penetration Test), obteniendo muestras a cada metro que posteriormente fueron analizadas en laboratorio mediante ensayos de límite líquido, límite plástico, contenido de humedad y la granulometría del suelo, esta se realizó a una distancia de 6 m tanto en la corona y en el pie del talud. También se determinó los parámetros de resistencia como cohesión y fricción con un ensayo de Triaxial UU (no consolidado, no drenado) en el pie del talud y se tomó como referencia los parámetros propuestos por (Mattheus, 2006) para el tipo de suelo MH (limo de alta plasticidad) para el estrato superior que se ubica en la corona del talud.

En base a lo expuesto anteriormente, se hace necesario el uso del software GeoStudio mediante el método de equilibrio límite, determinando el FS (factor de seguridad) en estado estático y pseudo-estático.

Para el cálculo del FS con las condiciones dinámicas, se hace uso de la NEC (2015), donde se calcula el coeficiente de aceleración sísmico horizontal (K_h) mediante la ecuación 1

$$kh = 0.6 (a_{max}) \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

kh = coeficiente sísmico horizontal

a_{max} = aceleración máxima horizontal o factor de aceleración de espectro de respuesta sísmica

Z = factor de zona

Fa = factor de amplificación o reducción dinámica asociado a cada tipo de suelo, estipulado por la norma ecuatoriana de construcción, capítulo “Peligro sísmico”.

La zona de estudio es caracterizada sísmicamente con el valor Z , representando la aceleración máxima de la roca esperada para el terremoto de diseño, expresada como fracción de la aceleración.

La evaluación de la estabilidad del talud en estado estático y dinámico fue realizada por el método de equilibrio límite, siendo este el más utilizado debido a su simplicidad y valores de coeficiente, considerando el análisis mediante los métodos Janbu, Morgenstern-Price, Bishop, Ordinario, Spencer.

Análisis y discusión de resultados

A partir del trabajo de campo y laboratorio se procedió a determinar la estabilidad del talud en estudio. En la figura 2 se ilustra los números de golpes en función de la profundidad analizada, apreciando que los primeros 5 metros de la perforación realizada en el pie del talud presenta una clasificación SUCS, considerada como CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) y el último metro analizado corresponde a un suelo MH (Limo de alta plasticidad).

Con referencia al SPT 2 realizado en la corona del talud se muestra la profundidad analizada de 6 metros, en el primer metro de perforación se presenta una clasificación SUCS de MH (limo de alta plasticidad), teniendo el restante de 5 metros un material CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad). Como se muestra en la figura 3.

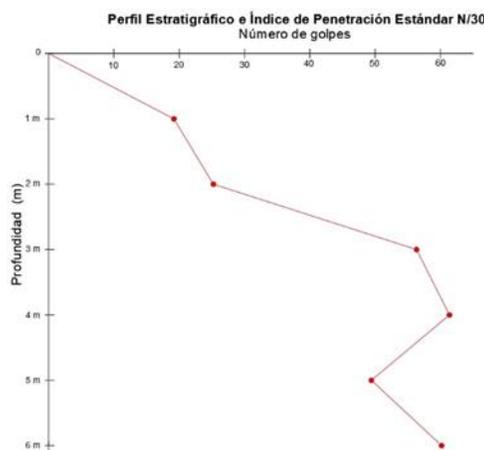


Figura 2. Perfil estratigráfico del sondeo 1, e índice de Penetración Estándar N/30

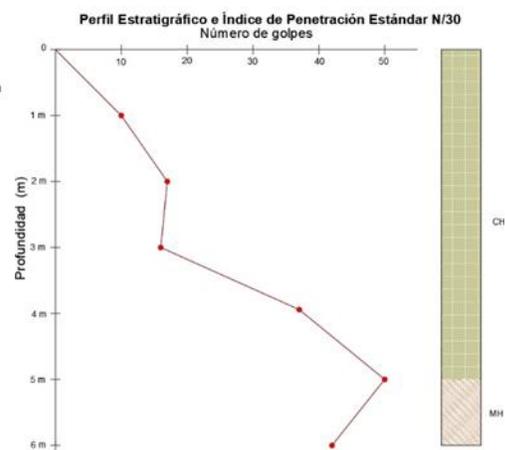


Figura 3. Perfil estratigráfico del sondeo 2, e índice de Penetración Estándar N/30

Producto del ensayo de Standard Penetration Test se realizó los 2 perfiles estratigráficos que muestra la figura 2 y figura 3, analizando el número de golpes Vs. la profundidad en metros, evidenciando que los primeros 2 metros los números de golpes son inferiores a 25, considerándolos como suelos de compacidad baja a media, bajo esta profundidad los estratos tienen un ligero

incremento en cuanto al número de golpes que varía entre 25 y 61 siendo considerados como compacidad media a muy densa.

En la tabla 1 y tabla 2 se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio de los sondeos del ensayo Standard Penetración Test, obtenidos mediante granulometrías, límite de Atterberg y peso específico del material, permitiendo obtener la clasificación SUCS. Así mismo se muestran los resultados del ensayo Triaxial UU realizado al pie del talud, de donde se obtuvo los parámetros de cohesión y ángulo de fricción, en el caso del material caracterizado como MH se tomó como referencia los parámetros propuestos por (Mattheus, 2006).

Tabla 1: Características físicas y mecánicas del suelo en el sondeo 1

Profundidad	Perforación en la corona del TALUD (Sondeo 1)												
	Granulometría				LL	LP	I.P.	AASHTO	N. de golpes	SUCS	Cohesión	Ángulo de Resistencia al Corte	Peso Específico
	Pasante												
m	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	%	%	%				KPa	°	kNm ³
0 - 0.55	100	99	98	93	53.9	35.66	18.24	A-7-5	2-4-6	MH	0,78	26,19	18,47
0.55 - 1.55	100	99	98	94	89.01	36.79	52.22	A-7-5	7-8-9	CH			
1.55 - 2.55	100	99	96	90	91.15	33.19	57.96	A-7-5	6-8-8	CH			
2.55 - 3.55	100	99	97	91	94.65	33.02	61.63	A-7-5	13-17-20	CH			
3.55 - 4.55	100	99	97	94	93.74	33.78	59.96	A-7-5	15-23-17	CH			
5.44 - 6.00	100	100	99	91	69.37	32.24	37.13	A-7-5	13-19-23	CH			

Tabla 2: Características físicas y mecánicas del suelo en el sondeo 2

Profundidad	Perforación en pie de TALUD (Sondeo 2)												
	Granulometría				LL	LP	I.P.	AASHTO	N. de golpes	SUCS	Cohesión	Ángulo de Resistencia al Corte	Peso Específico
	Pasante												
m	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	%	%	%				KPa	°	kNm ³
0 - 0.55	100	99	98	93	93.1	33.83	59.27	A-7-5	4-8-11	CH	0,78	26,19	18,47
0.55 - 1.55	100	99	98	94	91.82	32.95	58.87	A-7-5	8-11-14	CH			
1.55 - 2.55	100	99	96	90	92.84	33.7	59.14	A-7-5	18-25-31	CH			
2.55 - 3.55	100	99	97	91	98.56	33.71	64.85	A-7-5	20-26-35	CH			
3.55 - 4.55	100	99	97	94	95.85	37.6	58.25	A-7-5	17-22-27	CH			
5.44 - 6.00	100	100	99	91	70.74	30.76	39.98	A-7-5	21-28-32	MH			

Para determinar la estabilidad del talud considerando la carga sísmica se determina el K_h mediante la ec. 1, para ello es necesario determinar a_{max} mediante la ec 2.

$$a_{max} = Z * Fa \quad (ec 2.)$$

$$a_{max} = 0.35 * 1.12$$

$$a_{max} = 0.392$$

Finalmente, mediante la ec. 1 se obtiene el coeficiente sísmico horizontal empleado para la zona de estudio.

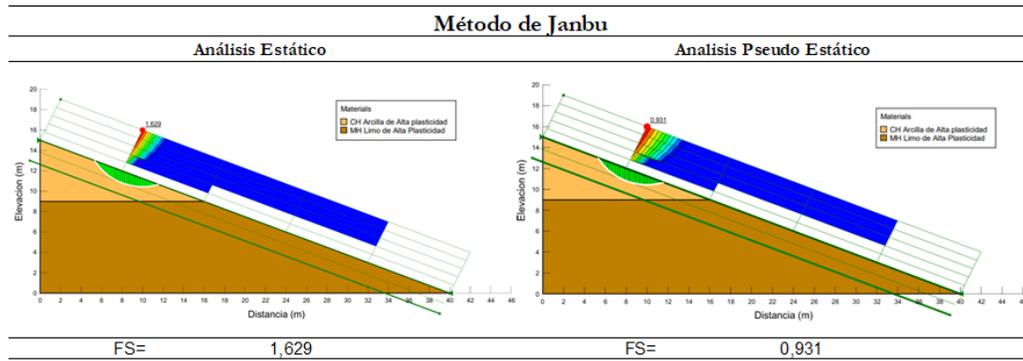
$$kh = 0.6 (a_{max})$$

$$Kh = 0.60(0.392)$$

$$Kh = 0.2352$$

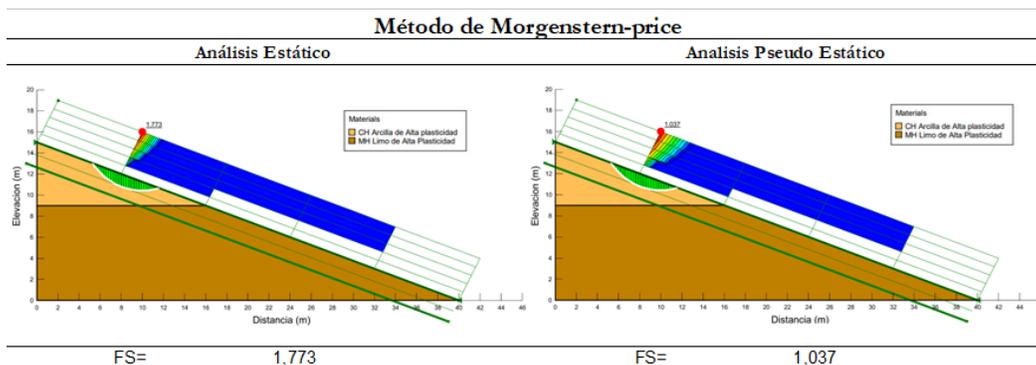
Una vez obtenidos los parámetros entrada para el cálculo de la estabilidad de taludes, se procedió hacer la modelación por los métodos de Janbu, Morgenstern-Price, Bishop, Ordinario, Spencer, mediante las condiciones estáticas y Pseudostáticas como se muestra en las figuras 4, 5, 6, 7 y 8.

Figura 4: Resultados de Análisis de Estabilidad Método de Janbu.



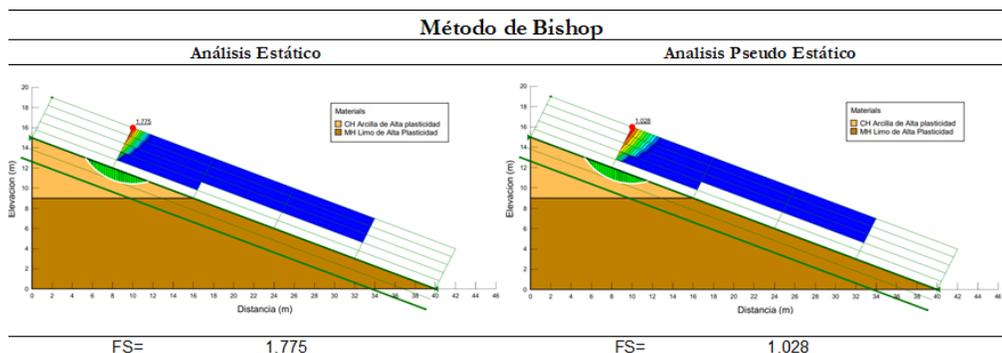
Fuentes: Gráficos obtenidos de software GeoStudio

Figura 5: Resultados de Análisis de Estabilidad Método de Morgenstern-Price

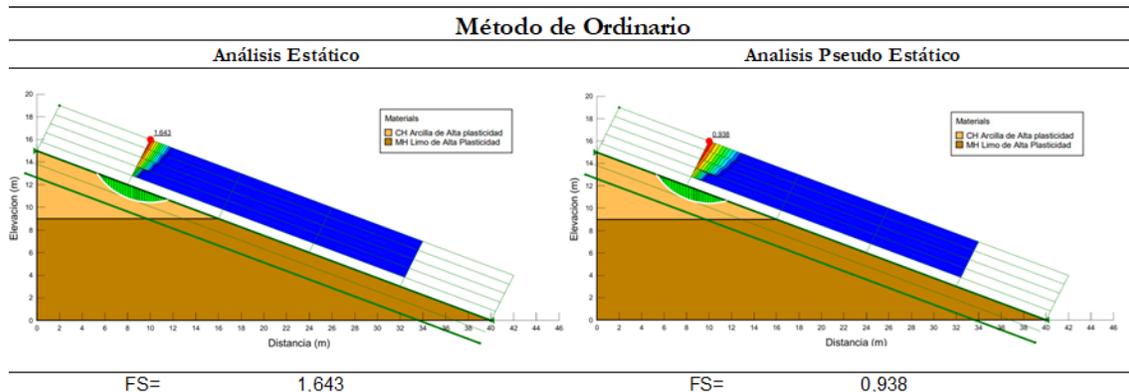


Fuentes: Gráficos obtenidos de software GeoStudio.

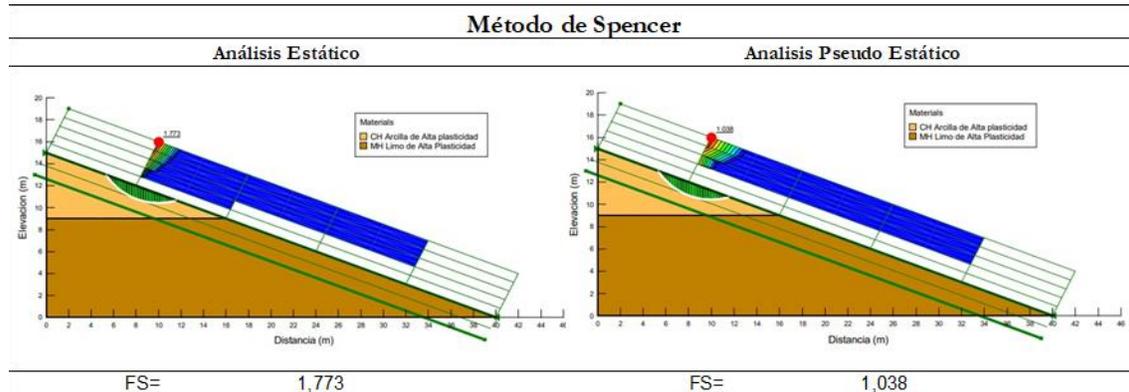
Figura 6: Resultados de Análisis de Estabilidad Método de Bishop



Fuentes: Gráficos obtenidos de software GeoStudio.

Figura 7: Resultados de Análisis de Estabilidad Método de Ordinario

Fuentes: Gráficos obtenidos de software GeoStudio.

Figura 8: Resultados de Análisis de Estabilidad Método de Spencer

Fuentes: Gráficos obtenidos de software GeoStudio.

En la tabla 3 se muestran el resumen de valores de FS por diversos métodos y en diferentes condiciones, obteniendo que con el método de Morgenstern-Price da un factor de seguridad estático de 1,73 siendo igual que método de Spencer y en la condición Pseudo-estático casi similar por una centésima encima de él, por otra parte tenemos el método de Bishop dio como resultado un factor de seguridad estático alto 1,775 y un Pseudo-estático de 1,028 por último se determinaron los factores de seguridad más bajo según los métodos de Janbu y ordinario obteniendo un F.S estático de 1,629 y 1,643 respectivamente mostrando una similitud en algunos métodos. Se puede observar que el modelo de Janbu y Ordinario proporciona los valores de FS más bajos por las simplificaciones que el método realiza, mientras que los métodos restantes utilizados no presentan una variación significativa entre sus resultados.

Respecto al análisis Pseudo-estático se destaca que, en los métodos analizados, los factores de seguridad alcanzados mediante Janbu y Ordinario son considerados inestables, mientras que con los métodos de análisis Morgenstem- Price, Spencer y Bishop resultaron ser inestables por presentar un valor de FS menor a la unidad.

Tabla 3: Resumen de los Factores de Seguridad obtenidos por diversos métodos

F.S. (factor de seguridad)		
Método	Estático	Pseudo-Estático
Morgenstem-Price	1,773	1,037
Spencer	1,773	1,038
Bishop	1,775	1,028
Janbu	1,629	0,931
Ordinario	1,643	0,938

Conclusión

En base a la investigación realizada en el talud ubicado detrás de la urbanización Valle Alto en la vía Manta – Portoviejo, se determina que el material que conforma el talud estudiado se clasifica como CH, arcillas inorgánicas de alta plasticidad y limos inorgánicos de alta plasticidad (MH).

En cuanto a los valores de factor de seguridad obtenidos, los más bajos corresponden a los calculados por los modelos de Janbu y Ordinario, esto se les atribuye a las simplificaciones de análisis que estos métodos utilizan, mientras que mediante los otros métodos analizados se obtuvieron valores mayores ya que estos cumplen con un análisis riguroso en cuanto a las fuerzas que intervienen en el equilibrio total. Sin embargo, la variación entre los cinco métodos analizados no resulta significativa.

De acuerdo a la teoría de equilibrio limite se establece que el talud en condiciones estáticas presenta un F.S mayor a 1 considerándolo como estable. Sin embargo, en el análisis pseudo-estático los métodos Janbu y Ordinario determinaron valores menores a 1 considerando a este talud inestable y los otros métodos analizados establecen factores de seguridad igual 1, es decir consideran que el talud se encuentra en equilibrio de fuerzas actuantes y resistentes. Esta condición debe de ser considerada ya Portoviejo se ubica en la zona VI de zonificación de peligro sísmico según la NEC (2015), caracterizada como muy alto peligro con un coeficiente de aceleración sísmico horizontal de 0.2352.

Referencias

1. Acosta, M. B. (2021). Cinturón de Fuego del Pacífico: qué es y mapa. Ecología Verde.
2. Alonso, E. (1989). Análisis de la estabilidad de taludes. Casos simples. “Estabilidad de Taludes y Laderas Naturales”, 97–118.
3. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. (2020). Estrategia de gestión financiera ante el riesgo de desastres para Ecuador. Obtenido de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/322961617112468381/pdf/Estrategia-de-Gesti%C3%B3n-Financiera-Ante-El-Riesgo-de-Desastres-para-Ecuador.pdf>
4. Banco Mundial. (21 de marzo de 2021). Ecuador: Estrategia de gestión financiera ante el riesgo de desastres. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/country/ecuador/publication/ecuador-estrategia-de-gesti-n-financiera-ante-el-riesgo-de-desastres>
5. Censos, I. N. (2023). ECUADOR CRECIÓ EN 2.5 MILLONES DE PERSONAS ENTRE 2010 Y 2022.
6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; Banco Interamericano de Desarrollo. (2000). UN TEMA DEL DESARROLLO: LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A LOS DESASTRES.
7. Desastres, O. d. (s.f.). Pérdidas económicas, pobreza y DESASTRES.
8. F.A., A. A.-R. (2006). Expansive solis efectos en las técnicas de remoldeo en suelos expansivos y propiedades de fuerza de cizallamiento. Goosen, 134-624.
9. Hernández Atencia, Y. -R. (2016). EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A VULNERABILIDAD FÍSICA POR TALUDES Y LADERAS INESTABLES EN LA MICROCUENCA CAY, IBAGUÉ, TOLIMA, COLOMBIA. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 26, 111-128.
10. Hernández, Y. -R. (2016). EVALUACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A VULNERABILIDAD FÍSICA POR TALUDES Y LADERAS INESTABLES EN LA MICROCUENCA CAY, IBAGUÉ, TOLIMA, COLOMBIA. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 26, 111-128.
11. Humberto, T. V. (agosto de 2020). PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE EL USO DE PANTALLA ATIRANTADA CON ANCLAJES ACTIVOS TIPO BARRA EN EL SECTOR SANTA ANA. Quito, Ecuador.

12. Jovel, J. R. (1989). "Los desastres naturales y su incidencia económico-social". CEPAL, No. 38.
13. Macías, L., Quiñonez-Macías, M., Toulkeridis, T., & Pastor, J. L. (2024). Characterization and geophysical evaluation of the recent 2023 Alausí landslide in the northern Andes of Ecuador. *Landslides*, August. <https://doi.org/10.1007/s10346-023-02185-6>
14. Mamani, F., & Quispe, G. W. (2020). Estabilización de taludes con muros de llantas recicladas. Peru: Universidad Peruana Unión.
15. Mattheus, F. A.-R. (2006). Expansive soils effects on the techniques of remolding in expansive soils and properties of shear strength. *Goosen*, 134-624.
16. Montero, J. C. (1901). Riesgos de origen geológico y geomorfológico: deslizamientos de tierras, identificación, análisis y prevención de sus consecuencias. Alicante.
17. NEC-SE-DS. (2014). Peligro Sísmico.
18. NEC-SE-DS. (2015). Peligro Sísmico.
19. Oficina de Ingeniería Geotécnica. (2011). Geotechnical Engineering Office. 2.^a edición (1984).
20. Pando, L., & Hernández, C. L. (2020). Estabilidad de taludes excavados en formaciones superficiales en el Occidente de Asturias. España: Madrigal.
21. Pérez, A. (2005). Estabilidad de Taludes.
22. Pérez, D. Á. (2005). Estabilidad de Taludes.
23. Pérez, I. (2018). Cinturón de Fuego, zona de sismos y volcanes. Ciencia UNAM.
24. PUCE. (24 de 12 de 2020). Obtenido de <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>
25. Rico, R. A. (1976). Slope Movements, Landslides. *Developments in Geotechnical Engineering*, 10, 163-202.
26. Rodriguez, A. (1976). Slope Movements, Landslides. *Developments in Geotechnical Engineering*, 10, 163-202.
27. Ron, A. L. (2018). Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>.
28. Sanz, R. V., Mati, S. S., & Oreego, A. D. (12 de enero de 2020). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Calculo. Obtenido de

- <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
29. Sanz, R. V., Mati, S. S., & Oreego, A. D. (2021). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y, Métodos de Cálculo. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 30. Teran, V. E. (agosto de 2020). PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE EL USO DE PANTALLA ATIRANTADA CON ANCLAJES ACTIVOS TIPO BARRA EN EL SECTOR SANTA ANA. Quito, Ecuador.
 31. UNRR/CRED. (s.f.). Pérdidas económicas, pobreza y Desastres 1998-2017.
 32. Weatherspark. (abril de 2021). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/18295/Clima-promedio-en-Portoviejo-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
 33. Weatherspark.com. (s.f.). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/18295/Clima-promedio-en-Portoviejo-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).