

Caracterización Mecánica de Suelos del Perfil Costero entre Ancón y Anconcito

Lucrecia, Moreno-Alcívar^{1*}; Mariela, Muñoz-Rosado²;
Richard, Ramírez-Palma³

Resumen

Los suelos que conforman el perfil costero entre las parroquias de Ancón y Anconcito de la Provincia de Santa Elena, tienen rasgos geomorfológicos de acantilados de aproximadamente 40 metros de altura junto al mar. En esta zona se mantiene una explotación petrolera marginal, y desde la última década se han producido asentamientos humanos no consolidados sin servicios básicos como de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, que han ocasionado problemas de estabilidad de los suelos en la zona descrita. Esta inestabilidad también tiene su génesis con la formación de grietas en los suelos de fundación relacionadas con los cambios volumétricos, erosión y dispersión que dependen de la mineralogía de los suelos.

Debido a la falta de estudios Geotécnicos en el sector, se realizaron actividades como: recopilación de datos de la estructura geológica, recorridos en la zona de estudio y exploración del subsuelo con el método de calicatas a cielo abierto para extraer muestras con la que se efectuaron los ensayos de laboratorio para caracterizar el suelo desde sus propiedades mecánicas y de su mineralogía. Obteniendo así los parámetros de resistencia al cortante indispensables para el análisis de estabilidad de Talud y con estos valores se modeló el deslizamiento ocurrido en el año 2010 en el barrio 2 de febrero ubicado en el cantón Salinas, en el programa de GEOSLOPE argumentando la veracidad de los parámetros de resistencia al cortante obtenidos.

Palabras clave: propiedades mecánicas, geoslope, cohesión, el ángulo de fricción

Mechanical characterization of coastal profile soils between Ancón and Anconcito

Abstract

The soils that make up the coastal profile between the parishes of Ancón and Anconcito in the Province of Santa Elena have the geomorphological features of cliffs approximately 40 meters towering above the sea level. Marginal oil exploitation continues in this area, and since the last decade there have been unconsolidated human settlements without basic services such as drinking water, sanitary and rainwater sewerage, which have caused problems of soil stability in the area described. This instability also has its origins within the formation of cracks in the foundation soils related to volumetric changes, erosion and dispersion that depend on the mineralogy of the soils.

Due to the lack of geotechnical studies in the sector, activities were carried out such as: data collection of the geological structure, tours in the studied area and exploration of the subsoil with the method of open trial pits to extract samples with which laboratory tests were carried out to characterize the soil for its mechanical properties and mineralogy. Obtaining in this way the parameters of resistance to the shear indispensable for the analysis of the slope stability and with these values the landslide, which occurred the 2 of February 2010 in the neighborhood located in the Salinas canton, was modeled in the program of GEOSLOPE, comparing the veracity of the parameters of resistance to the results obtained.

Keywords: mechanical properties, geoslope, cohesion, friction angle

Recibido: 18 de febrero de 2019

Aceptado: 14 de junio de 2019

¹ Magister en Geotecnia; Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); Santa Elena-Ecuador; lmoreno@upse.edu.ec

² Ingeniera Civil; Asistente de Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); Santa Elena-Ecuador; mariela_munozrosado@hotmail.es

³ Magister en Ingeniería Sanitaria; Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE); Santa Elena-Ecuador; rramirez@upse.edu.ec

* Autor para correspondencia: lmoreno@upse.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La presencia de grietas, deformaciones en el suelo de fundación de obras civiles, erosión y deslizamientos en el perfil costero entre las parroquias de Ancón y Anconcito, ubicada en Ecuador-Provincia de Santa Elena a 554 km de Quito, correspondiente al Gobierno Municipal de Salinas, han generado preocupación en el área de la ingeniería civil, por tales motivos es imprescindible analizar las características mecánicas de estos suelos para comprender su comportamiento y mitigar la problemática de esta zona.

Este sector se encuentra situado en la formación

Ancón parte del complejo Olistostrómico Santa Elena, llamado así porque esta formación tienen su génesis por el desplazamiento caótico de las unidades estratigráficas en la península; esta formación es una de las más complejas que existe en el Ecuador, tienen un clima tropical con temperatura que oscila entre 22°C a 32°C, cuenta con 2 condiciones climáticas bien definidas, una caracterizada por altas temperaturas y fuertes lluvias que se conoce como época de invierno durante los meses de enero a mayo y otra que se extiende durante los meses de junio hasta diciembre, donde predomina la temperatura baja y sin precipitación, conocida como estación de verano.



Figura 1. Barrio Las Peñas ubicado en la Parroquia Anconcito
Coordenadas 2°19'27.9"S y 80°53'11.1"W
Fotografía tomada en febrero de 2014

En la Figura 1 se puede apreciar el círculo de falla de deslizamientos de los acantilados que por encontrarse frente al mar tienen un mayor intemperismo o meteorización, que es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, a la humedad y cualquier otro factor ambiental; lo que produce erosiones y deslizamientos debido a su granulometría, fuerza del viento y oleaje, otros de los problemas que tenemos son por los cambios volumétricos originados por las variaciones de humedad en los estratos arcillosos que dependiendo

de su estructura mineralógica pueden producir problemas de expansión y dispersión, mientras que en las arenas finas y limos sueltos se pueden producir problemas de colapsos o licuefacción si se presentara las condiciones para que se produzcan.

Los problemas descritos se han evidenciado en la parroquia Anconcito, fueron plasmados en informes de Unidad Técnica de gestión de riesgos del Gobierno Municipal de Salinas, Oficio N° SNGR-DPGR-SE-2012-0006-0, determinando un

área afectada de 145 ha en los barrios: 2 de febrero, Las Peñas, Jaime Roldós y 20 de marzo, donde se suscitaron varios deslizamientos de grandes masas de suelos entre el periodo de agosto de 2010 y abril de 2011, por tal motivo de acuerdo al informe antes mencionado, las autoridades procedieron a inspeccionar y realizaron un

reasantamiento emergente en viviendas de interés social, determinando 89 familias afectadas por los deslizamientos, que fueron reubicadas en el sector Tiwintza II, Barrio situado en el sector de Anconcito, mediante un convenio del Gobierno Municipal de Salinas y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, con un presupuesto referencial estimativo de 1'067 248.35.



Figura 2. Pozo Petrolero ANCDD-02, marzo 2014

Se evidencia en la figura 2 el pozo petrolero ANCDD-02 ubicado en Ancón, el cual, por encontrarse cerca del acantilado frente al mar, fue afectado por deslizamientos ocurridos en octubre del 2012 dejándolo no operativo hasta la actualidad. Según datos proporcionados por técnicos de Pacipetrol el pozo generaba 345 barriles al año, y debido a los deslizamientos se pierden 30 años de producción generando una pérdida económica de 774900 dólares americanos. También podemos citar la problemática de la Escuela Fiscal de Niños “LEONARDO W BERRY N° 5” ubicada en la Parroquia Ancón, donde se observa inclinación de paredes y pisos de la escuela; las fisuras y grietas apreciables en las paredes de las aulas son causadas por los cambios volumétricos de los suelos.

II. DESARROLLO

Tectonismo y Sismicidad

El perfil costero de nuestro país, se encuentra frente a la zona de subducción entre la placa

de Nazca y las placas continentales, es decir la Sudamericana y del Bloque Nor-Andino, (Eguez A., 2003), (Espinoza, 1992), (Mendoza & Dewey, 1984); con una velocidad de desplazamiento de 6 a 8 cm/año (Baldock, 1983), (Barazangi & Isacks, 1976), (S., 1995), (Bourdon & Eissen, 2003), (Gutscher, 1999), (White S.M., 2003). (Collot , y otros, 2010). Entre la placa oceánica y el segmento continental existe un canal de subducción que amortigua y no permite la ruptura ni la generación de terremotos mayores a 8 grados en Escala de Richter. (Chunga y Quiñonez, 2013).

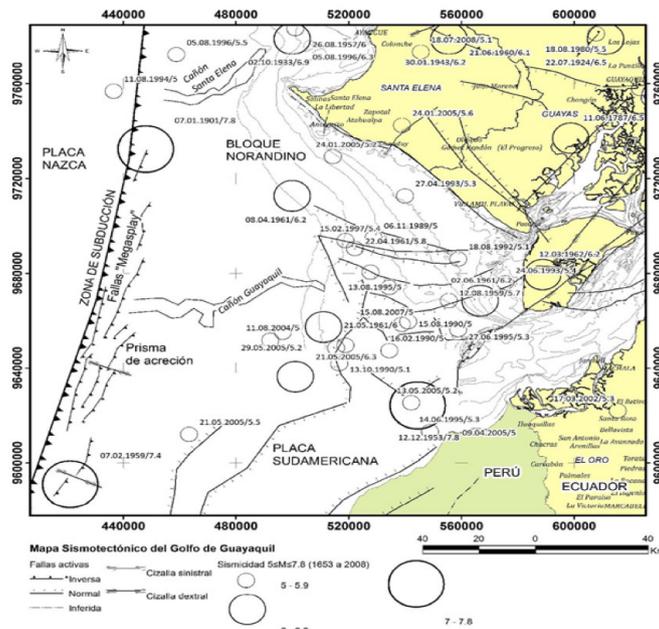


Figura 3. Mapa Sismo tectónico del Golfo de Guayaquil y segmento continental de Santa Elena, Guayas y El Oro. Sismos históricos e instrumentales obtenidos desde los catálogos NEIC, CERESIS y EPN-RENSIG. Morfología submarina y altos batimétricos desde Collot *et al.* (2010).

La Figura 3 muestra la distribución espacial y recurrencia de los sismos, en la cual se consultaron catálogos disponibles en sitios web de instituciones gubernamentales que no consideran sismos con magnitudes menores a 5, por ejemplo: “National Earthquake Information Center” (NEIC), Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). Haciendo mención a un terremoto que aconteció frente a la Península de Santa Elena en el año de 1901 con magnitud de 7.8, en el que probablemente el epicentro se localizaba en el prisma de acreción cerca de la zona de subducción. (Chunga & Quiñonez, 2013).

Los valores máximos de la aceleración de la roca PGA Peak Ground Aceleración por sus siglas en inglés (picos de aceleración del terreno), es el parámetro más utilizado para caracterizar el análisis de energía sísmica del peligro, valor indispensable en la evaluación de la licuefacción en los suelos. La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS) edición 2014, establece para esta zona el valor del PGA equivalente a 0,5g y en el reporte técnico: "Diagnóstico sísmico y análisis estructural con identificación de fenómenos geológicos en

el barrio 2 de febrero de Anconcito, provincia de santa elena", el valor de $0.35g < PGA \leq 0.68g$ (muy alta sismicidad) para este sector, identificado como Zona 4. Además, reconoce tres fallas activas en esta zona la de Anconcito, Chanduy y Zapotal. (Chunga, 2013).

Geología Local y Geomorfología

En los afloramientos de los acantilados a lo largo de la zona de playa del sector en estudio se consigue observar: lutita seca, guijarros de arcillas con presencia de óxido, areniscas grauwáticas y conglomerados con intercalaciones de delgadas láminas de arcillolitas y limolitas, con presencia de cristales de yesos y carbonatos de calcio, que corresponden litológicamente al miembro “Arenisca” Punta Ancón de la Formación Seca (edad Eoceno Superior) del Grupo Ancón, según (Núñez del Arco, 2003, pág. 119)

El basamento, es la capa o estrato base formada por rocas ígneas o metamórficas deformadas, de las formaciones geológicas más antiguas, sobre la que se desarrolla el resto de las unidades litológicas.

(Núñez del Arco, 2003) afirma:

El basamento en la Península de Santa Elena está constituido por las formaciones Cretácea Piñón (volcánica) y Cayo (sedimentaria marina) de características litológicas similares a lo antes descrito. Estas unidades constituyen los elementos autóctonos de la región.

Sobreyace a Miembro Santa Elena el grupo Azúcar (Paleoceno-Eoceno Medio), integrado por la formación San José equivalente a Estancia, en contacto discordante o ausencia de depositaciones litológicas en tiempo geológico con Miembro Santa Elena, en la base y formación Atlanta del Eoceno inferior, equivalente a Chanduy,

en el tope. La formación Passage Beds del Eoceno medio, está encima de Atlanta y equivalente al miembro Engabao de la cuenca Progreso.

El Eoceno Medio a Superior en la península, está formado por el grupo Ancón, que en orden estratigráfico ascendente, corresponde a las formaciones de Santo Tomás, en la base, asentada en contacto discordante sobre Passage Beds, Clay Pebble Beds, en el medio, y Seca en el tope de la sección. (pág. 119)

Se realizaron 31 calicatas de las cuales estamos citando la C-10, C-26 y C-27 que son las más representativas en el estudio, las cuales se implantaron en la Figura 4.



Figura 4. Ubicación de Calicatas C-10, C-26 y C-27 en Ancón y Anconcito.
Fuente: Tesis de maestría Lucrecia Moreno Alcívar

En las recopilaciones de las muestras de campo Figura 5, se pudo identificar depósitos aleatorios de limos sueltos con un alto contenido de carbonato de calcio (Calcita-CaCO₃), restos de fósiles marinos, y conglomerados formados por clastos redondeados de tamaño máximo de 30 mm,

que según el ensayo de difracción de rayos x tiene un contenido de 48,53% de Calcita, realizado en PROINSTRA, compañía ubicada en Quito-Ecuador que corresponde a la calicata CT-27, ubicada en coordenada 2°19'38.1"S y 80°51'51.7"W colindante al pozo ANCDD-02.



Figura 5. Calicata CT-27, foto tomada en marzo de 2012.
Fuente: Tesis de maestría Lucrecia Moreno Alcívar

La morfología de Santa Elena está delimitada por “dos bloques levantados: la cordillera de Chongón-Colonche, de rumbo geológico WNW-ESE, en la sección norte del área; y el horst Azúcar-Playas de rumbo geológico NNW-SSE en la sección Sur. La cuenca Progreso de la provincia del Guayas, dispuesta a manera de un semigraben o área de hundimiento, de forma triangular, de aproximadamente 80 kilómetros en sentido este-oeste, por 40 kilómetros en sentido norte-sur. Se emplaza entre la cordillera de Chongón-Colonche, al norte y el horst Azúcar-Playas, al oeste y sur; encontrándose abierta al este, sobre la zona baja del delta del río Guayas. Ésta cuenca, que representa

el borde norte de la cuenca Progreso-Santa Elena, se encuentra rellena de sedimentos litorales Oligo - miocénicos, imbricados, en una cuenca más antigua, de edad Eoceno Superior, conocida con el nombre de cuenca Ancón. (Núñez Del Arco, 2003, págs. 103,106)

Se pudo observar in situ tal como lo muestra la Figura 6, los perfiles estratigráficos de los acantilados frente al mar entre Ancón y Antoncito, que en algunos sectores poseen intercalaciones de delgadas capas horizontales de lutitas, areniscas y limolitas, estructuras sedimentarias turbidíticas muy agrietadas, que corresponden al Eoceno Superior, grupo Ancón



Figura 6. Estructuras sedimentarias turbidíticas, fotografía del 10 de septiembre 2015.

En el Ecuador la Península de Santa Elena es un rasgo morfológico de los más sobresalientes en la costa oeste del Continente Sudamericano. Constituye una gran interrupción en la continuidad de la costa norte y la costa sur.

El relieve de la Península es bastante diverso debido, a su compleja geología histórica o morfogénesis. La geomorfología se presenta con ondulaciones y capas que no superan los 780

metros sobre el nivel del mar. En nuestro sector de estudio registran cotas máximas que bordean los 40 metros sobre el nivel del mar (msnm) y presenta el aspecto de una meseta con la superficie ligeramente ondulada. Una característica de la zona de Anconcito, son los acantilados de ángulos casi verticales, vulnerables en la época invernal, produciéndose desprendimiento de pequeños bloques tal como indica la Figura 7.



Figura 7. Fotografía de la calicata CT-26 en la Provincia de Santa Elena, tomada en marzo 2012.
Fuente: Tesis de maestría Lucrecia Moreno Alcívar

Suelos

Para analizar los suelos se realizó el ensayo de “Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso” que consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen por medio de tamices, para poder analizar su comportamiento mecánico.

De acuerdo con las normas internacionales ASTM C-136 y el Instituto Ecuatoriano de normalización INEN 696 para este ensayo se

colocan los tamices que van desde la malla N° 4 (4.750 mm) hasta la malla N° 200 (0.075 mm) en orden descendente, el suelo que pase del tamiz o malla N° 200 se consideran limos, arcillas y suelos orgánicos.

Los suelos que pasen la malla N° 200 se los analiza con el ensayo “Análisis por hidrómetro” y dependiendo de su límite líquido podrán clasificarse como de alta o de baja plasticidad. Debido a que este sector carece de suelos orgánicos, no se hace referencia a este tipo de suelos.

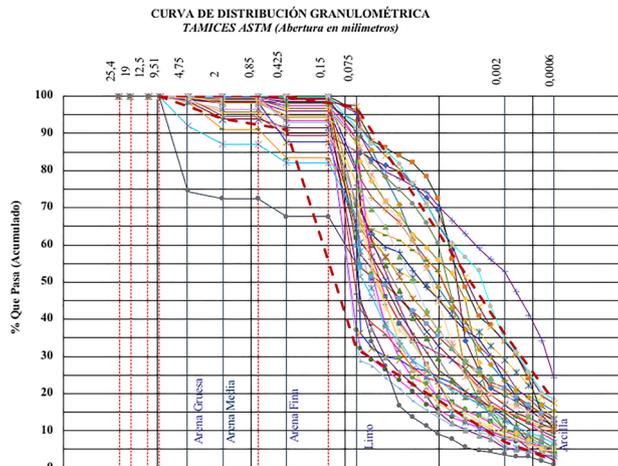


Figura 8. Curva de Distribución Granulométrica
Fuente: Tesis de maestría Lucrecia Moreno Alcívar.

Como se puede apreciar en la Figura 8, representa las curvas granulométricas de las 31 muestras obtenidas de las exploraciones de campo en la que se puede concluir que en el sector de estudio existe de 0 a 5% de arena gruesa, de 1 a 9% de arena media, de 1 a 25% de arena fina, de 63 a 56% de limos y de un 5 a 35% de arcilla.

Arcillas: Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, compuesto de una o dos unidades básicas (tetraedro de sílice y octaedro de alúmina), presentando en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen, casi siempre una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas y que por su estructura reticular se encasillan en tres clases: caolinitas, ilitas y monmorilonitas. (Juárez Badillo, 1996).

Las arcillas son materiales geotécnicamente problemáticos al depender su comportamiento de las composiciones mineralógicas y ambientales del medio. La composición mineralógica de las arcillas es el factor que ejerce mayor influencia sobre las propiedades geotécnicas, entre las que podemos citar: plasticidad, resistencia, compresibilidad, cambio de volumen, entre otras.

Limos: Pueden ser de origen inorgánico “Polvo de roca”, pudiendo tener baja plasticidad ($LL < 50\%$) o carecer de esta. Además, existen limos de alta

plasticidad cuyo límite líquido es mayor al 50% y que posee una estructura molecular eléctricamente neutra por lo que el agua no se adhiere a los gramos de limo con tanta fuerza como el agua absorbida de las partículas coloidales de la arcilla. (Gonzalez, 2001)

En los suelos gruesos el comportamiento mecánico e hidráulico está principalmente condicionado por su compacidad, forma y orientación de sus partículas, por lo que la constitución mineralógica es hasta cierto punto, secundaria.

Los suelos de la zona descrita se generalizan por estar conformados de una mezcla errática de gravas, limos, arenas y arcillas, muy peculiares en ambientes tropicales, que tuvieron origen por: erosiones, arrastres por gravedad, posteriormente transportados en ríos, depositados en el fondo del océano en delgadas capas casi horizontales que sepultaron especies marinas llegando a sedimentarse con carbonato de calcio y sometidas a altas presiones por largos periodos de tiempo formando así a esta rocas sedimentarias de origen turbidítico que afloraron en movimientos tectónicos ocasionando el relieve peculiar de este perfil costero.

METODOLOGÍA

El trabajo de investigación experimental, para determinar las Características mecánicas de los Suelos que componen la Formación Ancón, aflorante entre las poblaciones de Ancón

y Anconcito de la provincia de Santa Elena, se realizó en el Laboratorio de Suelos INGEOTOP S.A, ubicado en Santa Elena-Ecuador, donde se efectuaron los ensayos de clasificación: Límites de Atterberg (ASTM: D4318-10e1) y Granulometría por tamizado o con hidrómetro (ASTM: D421-58) según el tipo de suelo. Ensayos de resistencia y deformación: Próctor (ASTM D698-12), Corte directo (ASTM D3080), Triaxial (ASTM D2850-03^a), Colapso (ASTM D5333, retirada 2012), Expansión libre y controlada (ASTM D4829, ASTM D4546). Ensayos de dispersión: Pinhole (ASTM D 4647-93 Método A) y Doble hidrómetro (ASTM D4221-90).

El ensayo de Porcentaje total de sales disueltas (TPDS), se lo realizó en el Laboratorio del Dr. Jorge Fuentes, ubicado en Guayaquil-Ecuador.

La Difracción de Rayos X (ASTM STP -479), se la ensayó en PROINSTRA, Laboratorio ubicado en

Quito-Ecuador, por el Químico Analítico Gabriel Vizcaíno.

En la campaña exploratoria además de las calicatas se efectuaron algunas perforaciones con los equipos de la compañía INGEOTOP S.A. realizando el Método de Penetración Standard o ensayo de SPT, por sus siglas en ingles Standard Penetration Test, norma ASTM D-1586. Prueba que permite correlacionar en función del número de golpes la compacidad y el ángulo de fricción interna en arenas y el valor de la cohesión en arcillas.

Con los parámetros mecánicos obtenidos en los ensayos, se modeló con Geoslope el deslizamiento en el Barrio 2 de febrero ubicado en la Parroquia Anconcito (Figura 9), donde se obtuvo el radio de falla de 53.51m y con ayuda de Google Earth, AutoCAD y topografía se comprobó el segmento del radio de falla in situ, con una longitud de 55m, tal como se muestra en las Figuras 10 y 11.

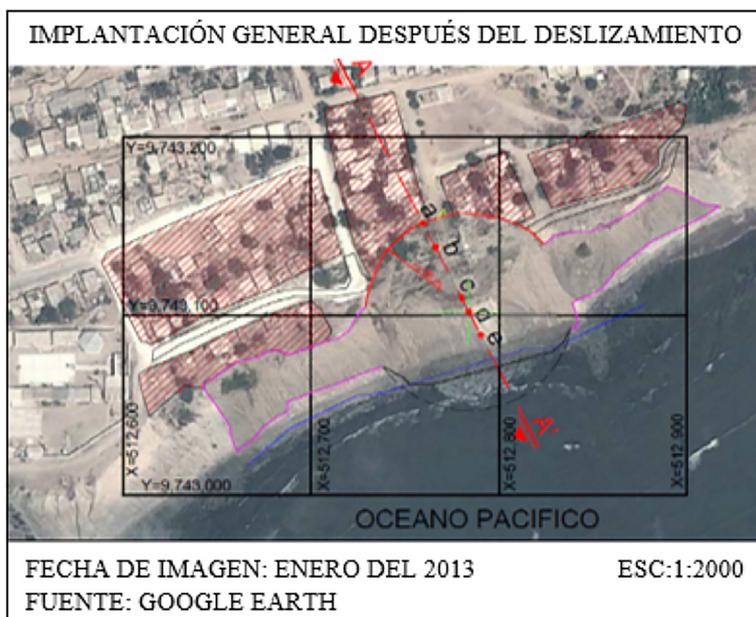


Figura 9. Modelación de la falla en el programa Geo-slope.

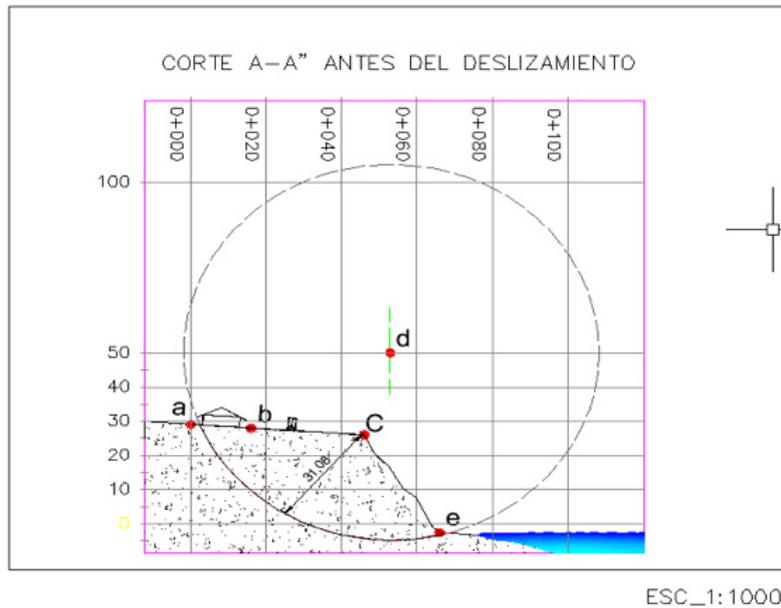


Figura 10. Falla antes del deslizamiento

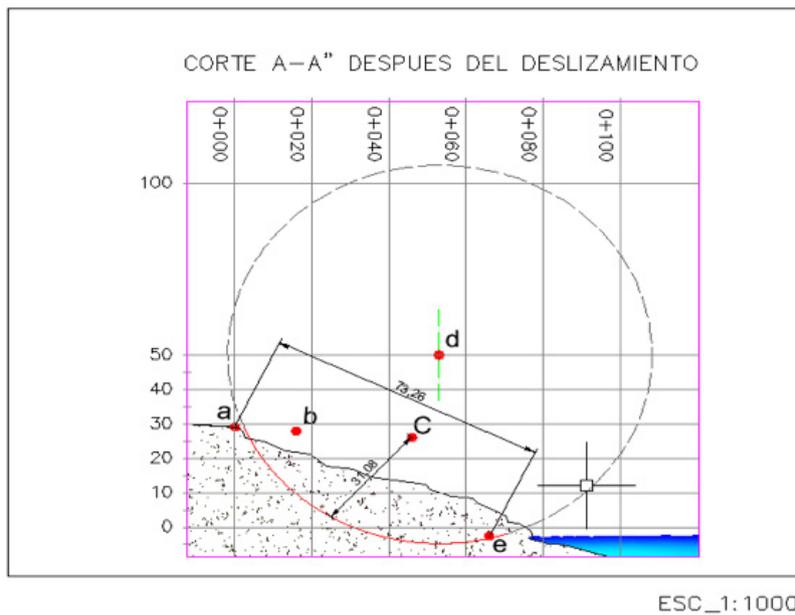


Figura 11. Falla después del deslizamiento

III. RESULTADOS

Características Mecánicas

Los suelos de este sector contienen intercalaciones de capas delgadas de arcillas, limos, arenas limosas, arenas con matriz arcillosa, yeso y rocas blandas como: areniscas y lutitas. En si se trata de suelos no saturados o parcialmente saturados, cuyas características mecánicas fluctúan

en los rangos siguientes: Humedad Natural (W_n) de 2.81% a 30%; índice de plasticidad desde No plástico hasta 65%. Con suelos sin cohesión hasta con 2.88 kg/cm² y ángulo de fricción entre 32. 51° a 43.62°, obtenidos del ensayo de corte directo; y en el ensayo de triaxial se obtuvieron rangos de cohesión entre nulo a 2.56kg/cm² y ángulo de fricción interna variable entre 28.96° a 36.38°.

La Figura 12 representa la probabilidad de expansión propuesta por (Vijayvergiya & Ghazzaly, 1973); Raman-1967, quienes crearon el ábaco que relaciona el límite líquido y el índice de consistencia (IC=WO/LL), para estimar la presión de expansión. En este ábaco se situaron los

porcentajes de humedad obtenidos de los ensayos de los límites de Atterberg y de humedad natural, demostrando que los suelos ensayados presentan un probable esfuerzo de expansión muy similar a los resultados de laboratorio a través del ensayo de expansión norma ASTM D-4829.

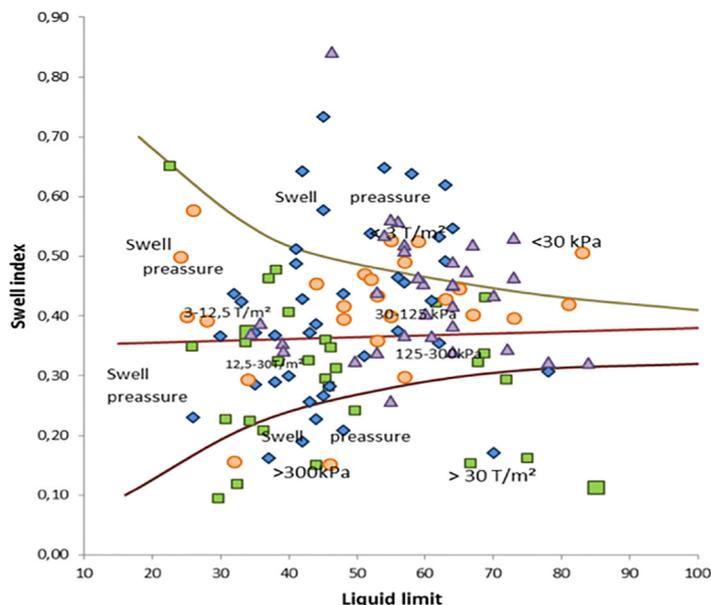


Figura 12. Probabilidad de Expansión.

Los valores obtenidos en el ensayo de Porcentaje total de sales disueltas o ensayo TPDS, se los incorporó en la Carta de Sherad (Figura 13), obteniendo que la mayoría de los suelos se encuentran en la zona A (Dispersivos) como suelos dispersivos.

La dispersión es una problemática que se presenta en las arcillas, basada fundamentalmente

en la electroquímica de las partículas que se producen cuando entran en contacto con el agua relativamente pura, iniciando la transferencia del sodio presente en el agua absorbida hacia el agua del poro, aumentando la fuerza de repulsión entre las partículas y si existe flujo dentro del suelo se produce el desprendimiento de la partícula coloidal, ocasionando oquedades e inestabilidades en las laderas del sector de estudio.

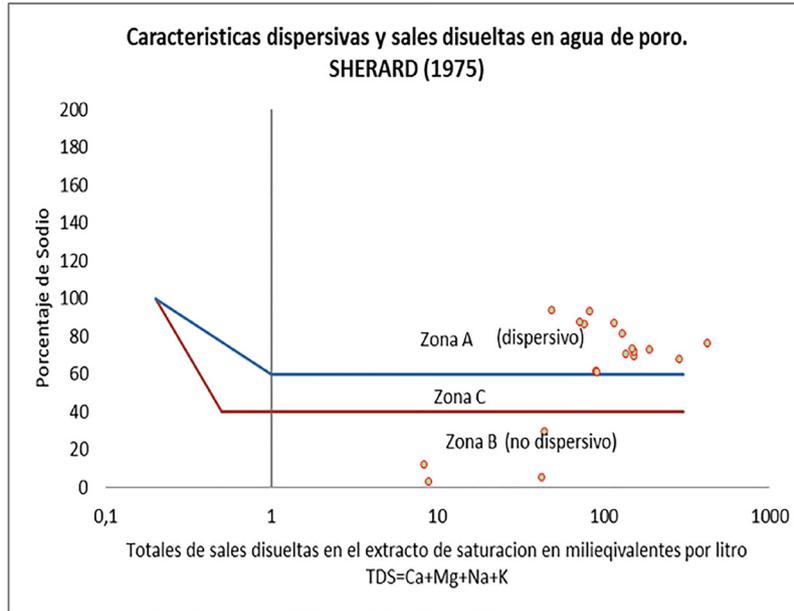


Figura 13. Carta de Sherard con respectivos datos de muestras de ensayos realizados.

En el ensayo de difracción de rayos x, realizado en PROINSTRA, se obtuvo los minerales que conforman la estructura del suelo detallados en la Tabla 1. En el que se puede clasificar limos, arcillas y areniscas, y se evidencia la presencia de

montmorillonita, que, por su naturaleza dipolar, la molécula de agua puede introducirse en la estructura con facilidad, originando problemas serios de expansión, causando fisuras y grietas en edificaciones existentes.

Tabla 1. Resultados de Difracción de rayos x.

Mineral	Limo Ancón CT-26 (%)	Arcilla Negra CT - 27 (%)	Arenisca CT-10 (%)
Montmorillonita	7,3	26,29	8,18
Calcita	48,52	-	-
Cuarzo	7,82	34,49	13,48
Illita	3,89	26,17	8,19
Moscovita	4,88	1,48	8,43
Grupo Plagioclasa (Albita, Andosita)	10,97	4,09	13,78
Vermiculita	10,81	-	28,79
Caolinita	3,49	7,48	-
Cordierite	2,35	-	-
Gypsum	-	-	8,55
Heulandita	-	-	6,24
Natrolita	-	-	4,36

IV. CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados de los ensayos se puede concluir que estos son susceptibles a problemas de: deslizamiento, erosión, expansión y dispersión, por lo que, los Gobiernos Municipales de Santa Elena y Salinas

bien podrían determinar un área de servidumbre en la que se deberá prohibir cualquier tipo de uso poblacional destinando su uso a áreas verdes con una planificada forestación, protección del pie de talud y así, el suelo aumentara su resistencia al cortante mitigando los deslizamientos.

En los acantilados que forman el perfil litoral en el sector geográfico de Anconcito, se identifican materiales de textura muy fina que con el paso del tiempo están afectados por las condiciones del medio físico existente en este sector como son: cambios en la temperatura, variaciones de la velocidad del viento, influencia de la humedad ambiental por el rompimiento de las olas al pie del talud y la propia pérdida del contenido de humedad natural de estos materiales, lo que ha facilitado la meteorización y cambios en las propiedades geotécnicas de los materiales originales.

Los deslizamientos en este sector se activan con las precipitaciones, de acuerdo con los datos publicados en el Anuario Meteorológico 2013 del Instituto Nacional de Meteorología e hidrología el valor anual de precipitación es de 265.1 mm. Además, estos movimientos de tierra están influenciados por las evacuaciones de aguas residuales no canalizadas y por encontrarse el sector de estudio en una zona tectónicamente activa.

La estructura mineralógica es otro factor muy importante en el comportamiento de estos suelos, pudiéndose originar expansiones en areniscas con matriz arcillosa, debido a la aparición de la montmorillonita y además con la presencia de la calcita (carbonato de calcio) también se puede producir cavernas en contacto de lluvias ligeramente acidas ocasionando inestabilidad.

V. REFERENCIAS

ASTM. (2006). ASTM D4647-93, Método de prueba estándar para la identificación y clasificación de suelos arcillosos dispersivos mediante la prueba Pinhole. En ASTM, *ASTM INTERNATIONAL*. Philadelphia.

ASTM. (2010). ASTM D4318-10e1 Métodos de prueba estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. En ASTM, *ASTM INTERNATIONAL*. Philadelphia.

ASTM. (2011). ASTM D3080-Standard Test Methods for direct shear test of soils under consolidated drained conditions. En ASTM, *ASTM INTERNATIONAL*

VOL 04.08. Philadelphia.

ASTM. (2011). ASTM D4829-11, Método de prueba estándar para el índice de expansión de suelos. En ASTM, *ASTM INTERNATIONAL VOL 04.08*. Philadelphia.

ASTM. (2014). ASTM D4546 Métodos de prueba estándar para el crecimiento o colapso de suelos en una dimensión. En ASTM, *ASTM INTERNATIONAL VOL. 04.08*. Philadelphia.

ASTM. (2018). ASTM D4221 Método de prueba estándar para características dispersivas de suelos arcillosos por hidrómetro doble. . En ASTM, *ASTM INTERNATIONAL VOL. 04.08*. Philadelphia.

Baldock, J. (1983). *Geología del Ecuador, Boletín de la explicación del mapa geológico de la República del Ecuador*. Quito.

Barazangi, M., & Isacks. (1976). Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *The geological society of America*, 4(11), 686-692.

Bourdon, E., & Eissen, J. (2003). Magmatic response to early aseismic ridge subduction: the Ecuadorian margin case (South America). *Earth and Planetary Science Letters*, 205(3-4), 123-138.

Bowles, J. E. (s.f.). *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería civil*. Bogota: McGraw-Hill Latinoamericana S.A.

Chunga, K. (2013). Análisis estructural de fallas geológicas y potenciales deslizamientos en Anconcito, Provincia de Santa Elena. *Revista Científica y tecnológica UPSE*, 39-46.

Chunga, K., & Quiñonez, M. F. (2013). Evidencia de un depósito sedimentario de tsunamis en la planicie aluvial de Villamil Playas, Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 18(1), 163-180.

Collot, J.-Y., Michaud, F., Alvarado, A., Marcaillou, B., Migeon, S., Calahorrano, A., & Pazmiño, A. (2010). Visión general de la morfología submarina del

- margen convergente de Ecuador-Sur. (ISBN-978-9978-92-737-3), 47-74.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México.
- Eguez A., A. A. (2003). Database and map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions. *U.S. Geological Survey Open*, File Report 03-289.
- Espinoza. (1992). Terremotos Tsunamigénicos en el Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 7(1), 21-28.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Isabel Capella.
- Gonzalez, E. T. (2001). *Ingeniería de Cimentaciones*. En E. T. Gonzalez, Ingeniería de Cimentaciones (pág. 50). Mexico: CEV-MEX-19.
- Gutscher, M. A. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: Impact of the Carnegie Ridge collision,. *Earth Planet.*, 168, 255-270.
- INEN. (1982). *Normas para ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos*. Quito.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (2017). *Anuario Meteorológico N° 53-2013*. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. QUITO-ECUADOR: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.
- Jimenez Salas, J., & De Justo Alpañes, J. (1975). *Propiedades de los suelos y de las rocas, Geotecnia y cimientos I*. Madrid: Rueda.
- Jiménez Salas, J., Justo Alpañes, J., & Serrano González, A. (2007). *Mecánica del suelo y de las rocas, Geotecnia y Cimientos II*. Madrid: Rueda.
- Juárez Badillo, R. R. (1996). *Mecánica de Suelos*. En R. R. Juárez Badillo, Mecánica de Suelos (págs. 37,38). México: Limusa, S.A DE C.V. Grupo Noriega Editores.
- Mendoza, & Dewey. (1984). Sismicidad Asociado a la gran Colombia-Ecuador terremotos de 1942, 1958 y 1979: implicaciones para los modelos de barrera de ruptura de terremotos. *La Sociedad Sismológica de América*, 74(02), 577-593.
- Morilla Abad, I. (2016). *Interpretación de los Ensayos Geotécnicos en Suelos*. España.
- Nieto, L. M. (2011). *Mecánica de Suelos y Rocas* (VI ed.). Guayaquil.
- Núñez del Arco, E. (2003). Geología De La Península De Santa Elena. En *Geología del Ecuador* (pág. 119). Guayaquil.
- Núñez Del Arco, E. (2003). Geología Del Sur Oeste De La Costa Ecuatoriana. En *Geología del Ecuador* (págs. 103,106). Guayaquil.
- S., B. (1995). Évolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire. 71, 3-163.
- Universidad Central del Ecuador. (2009). *Guía Académica de Prácticas de Laboratorio de Mecánica de Suelos I*. Quito.
- Vijayvergiya, & Ghazzaly. (1973). Prediction of swelling potencial of natural clays. *Conferencia Expansive Soils*, 1, 227-236.
- White S.M., T. R. (2003). Recent crustal deformation and the earthquake cycle along the Ecuador-Colombia subduction zone. *Earth and Planetary Science Letters*, 216, 231-242.