

Caracterización Geotécnica Básica de un Suelo Arcilloso Lacustre Fisurado

Laura Lizeth Rojas Perilla

Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C, Colombia, laurarojasp@usantotomas.edu.co

Sebastián Alberto Rivera Pardo

Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C, Colombia, sebastianriverap@usantotomas.edu.co

Faculty Mentor:

Jorge Arturo Pineda Jaimes

Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C, Colombia, jorgepineda@usantotomas.edu.co

RESUMEN

La zona ubicada al Occidente de la Sabana de Bogotá, en la cordillera oriental de Colombia, presenta condiciones ambientales y procesos de origen antrópico que propician el fisuramiento de los suelos arcillosos superficiales por pérdidas de humedad, dando como resultado diferentes patologías en las estructuras viales y edificaciones livianas que disminuyen su funcionalidad y nivel de servicio. Para estudiar la problemática, se hace necesario realizar la caracterización de los materiales para conocer las variables composicionales del material afectado y a su vez las características tanto físicas como mecánicas, que permitan una implementación más racional de las alternativas futuras de diseño y construcción de obras en estos ambientes.

ABSTRACT

The area located at the west of Bogota City, in the eastern range of Colombia, presents environmental conditions and processes of anthropogenic origin that favoring the development of cracking of surficial clayey soils due to loss of moisture, resulting in different pathologies of road and lighter structures and buildings. To study the problem, it is necessary to perform a material characterization of the compositional variables of the material affected, and in turn, both physical and mechanical characteristics that allow a more rational deployment of alternative future design and construction of these environments.

1. INTRODUCCIÓN

La zona de estudio, pertenece a un depósito sedimentario de arcillas que sufren diferentes cambios volumétricos, relacionados con las constantes alteraciones en los niveles de agua subterránea presentes, creando grietas de grandes dimensiones que hacen que el terreno pierda continuidad y pueda fallar por cortante a causa de su propio peso (Vesga, 2000; Pineda, 2003; Rueda y Pineda, 2011; Rueda 2012). Lo anteriormente comentado esta relacionado estrechamente con los minerales presentes en las arcillas encontradas, a las cuales se les practica una serie de pruebas para conocer los comportamientos físicos y mecánicos, cuyos resultados serán descritos a continuación.

2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Las muestras empleadas para desarrollar la presente investigación fueron obtenidas en dos sondeos de aproximadamente 20 metros de profundidad, en la vía que conecta a la ciudad de Bogotá con el municipio de Tenjo, el primer sondeo, mostrado en la figura 1, se realizó en una zona de poca vegetación cercana, mientras que el sondeo 2 (figura 2), la ubicación de los árboles era bastante cercana. Estas ubicaciones fueron escogidas con el fin de determinar la influencia de las condiciones puntales de humedad asociadas a la desecación en los resultados de los ensayos de caracterización física y mecánica.



Figura 1. Perspectiva sondeo 1, realizado en una zona alejada de la vegetación.



Figura 2. Perspectiva sondeo 2, realizado en una zona cercana a la vegetación.

3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

El material extraído en los sondeos realizados, corresponde a limos arcillosos de color grisáceo oscuro, un alto grado de plasticidad y una humedad superior al 100% en las muestras localizadas por debajo de los 6m de profundidad, en promedio. En las muestras más superficiales de los sondeos 1 y 2, se identificaron algunas oxidaciones en la

macroestructura del material, incluyendo presencia ocasional de raíces vegetales. En la figura 3, se pueden observar algunas de las características señaladas anteriormente, asociadas a la acción de la vegetación en el desarrollo de procesos de contracción volumétrica por desecación.



Figura 3. Aspecto de una muestra superficial de de limo arcilloso con oxidaciones y raíces.

3.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS Y PESOS UNITARIOS TOTALES

En la tabla 1, se presentan los intervalos entre los cuales se encuentra la magnitud de la gravedad específica de sólidos (Gs) para diferentes materiales comunes en Ingeniería Civil (Pineda, 2003).

Cenizas Volcánicas	2.20 a 2.50
Suelos Orgánicos	2.50 a 2.65
Arenas y Gravas	2.65 a 2.67
Limos Inorgánicos	2.67 a 2.72
Arcillas poco Plásticas	2.72 a 2.78
Arcillas medianamente plásticas y muy plásticas	2.78 a 2.84
Arcillas Expansivas	2.84 a 2.88
Suelos con Abundante Hierro	3.00

Tabla 1. Valores de Gs para materiales comunes en Ingeniería Civil (Pineda, 2003).

La variación simplificada de la gravedad específica de sólidos con la profundidad se presenta a continuación en las figuras 4 (a) y (b), correspondientes a los sondeos 1 y 2, respectivamente. Se observa que los valores de Gs obtenidos para los materiales en estudio se encuentran razonablemente dentro de los intervalos típicos de la tabla 1, para los materiales identificados en el transcurso del programa de exploración del subsuelo.

sondeo 1 estratificacion			
suelo organico	gravedad E 2,50 peso unitario 1,53 g/cm ³	2m	
limos organicos	gravedad E 2,73 Peso unitario 1,271 g/cm ³	5m	
acricllas grises	gravedad E 2,79 Peso unitario 1,12 g/cm ³	13m	

sondeo 2 estratificacion			
suelo organico	gravedad E 2,40563884 peso unitario	2m	
limos organicos	gravedad E 2,71375146 Peso unitario 1,42 g/cm ³	4,5m	
acricllas grises	gravedad E 2,79051162 Peso unitario 1,31 g/cm ³	13,5m	

Figura 4. Estratificación del suelo basada en las gravedades específicas.

Los pesos unitarios totales oscilan entre 11.2 y 14.2 KN/m³ para los sondeos 1 y 2, presentándose los menores valores al aumentar la profundidad. Esta tendencia es un reflejo de la influencia del proceso de desecación que han sufrido los materiales, por lo que se pueden identificar valores mayores de los pesos unitarios en las capas superficiales de los sondeos. En las tablas 2 (a) y (b) se presentan estos resultados.

muestra	profundidades (cm)	peso unitario humedo	UND
4	200	1,525658807	g/cm ³
6	300	1,282026932	g/cm ³
8	400	1,132728059	g/cm ³
10	500	1,45654226	g/cm ³
12	600	1,213954906	g/cm ³
16	800	1,322457792	g/cm ³
20	1000	1,146541209	g/cm ³

muestra	profundidad (cm)	peso unitario humedo	UND
4	200	1,435185814	g/cm ³
6	300	1,300179078	g/cm ³
7	350	1,407160846	g/cm ³
8	400	1,543557936	g/cm ³
10	500	1,40746993	g/cm ³
12	600	1,279552026	g/cm ³
14	700	1,092152942	g/cm ³
16	800	1,857317321	g/cm ³
18	900	1,232507869	g/cm ³
22	1100	1,129629932	g/cm ³
24	1200	1,176622039	g/cm ³

Tabla 2. Pesos Unitarios totales

3.2 GRADO DE SATURACIÓN

El grado de saturación de las muestras de suelo del sondeo 1, presenta valores entre el 60% y el 96% aproximadamente, mientras que en el sondeo 2, los niveles se tornan más constantes, como se observa en las figuras 5 y 6

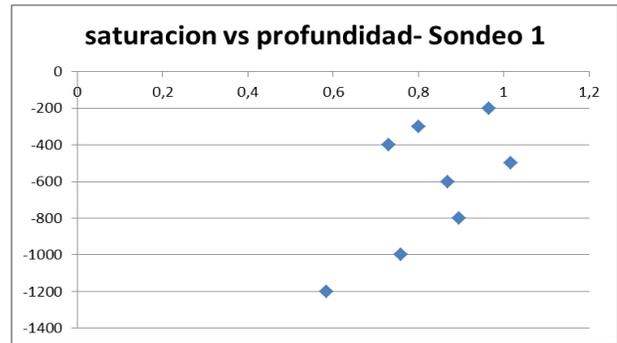


Figura 5: Saturación en el sondeo 1.

El sondeo 1 fue realizado en la zonas con menor presencia de vegetación, lo que hace que los consumos de agua subterránea sean menores y se presente con tenidos de humedad mucho más elevados.

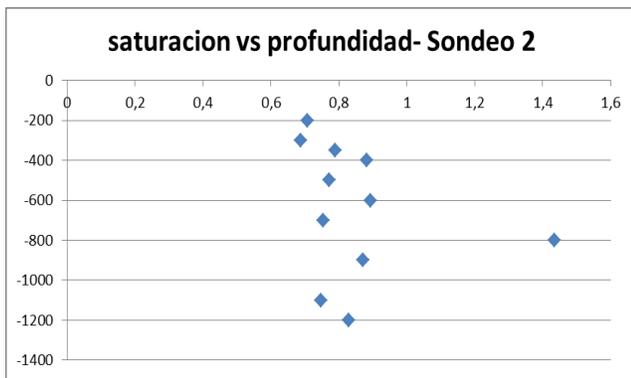


Figura 6: Saturación en el sondeo 1.

Contrario a lo anterior, en el sondeo 2 la presencia de especies arbóreas es mucho más concentrada, consumiendo cantidades de agua mayores a las que el suelo normalmente está acostumbrado a ceder, creando grietas de gran profundidad (Rueda y Pineda, 2011).

4. CARACTERIZACIÓN INDIRECTA DE LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA A PARTIR DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS

Para inferir la composición mineralógica de las arcillas a partir de los ensayos geotécnicos convencionales como los límites de consistencia líquido y plástico, se interpretaron los datos en el marco de la carta de Casagrande y la carta de actividad de Skempton (1965). A continuación se presentan los resultados correspondientes.

4.1 COMPOSICIÓN MINERALÓGICA A PARTIR DE LA CARTA DE CASAGRANDE

En la figura 7, se presenta la carta de Casagrande realizada para los dos sondeos, en donde se muestra que la mayoría de los minerales arcillosos presentes en las muestras corresponden a illita y caolinita, las cuales poseen potenciales expansivos moderados a altos cuando se producen cambios de humedad, principal problema en la zona de estudio.

Las familias mineralógicas identificadas, pueden explicar en parte el origen de las deformaciones volumétricas presentes en los ciclos de humedecimiento y secado de los materiales estudiados. En efecto, de acuerdo con Mitchell y Soga (2005), los minerales smectíticos (como la illita) tienen una mayor disposición a la generación de cambios volumétricos prominentes para una misma relación de vacíos que aquellos de la familia caolinítica, tendencias que serán estudiadas posteriormente en el desarrollo de la investigación.

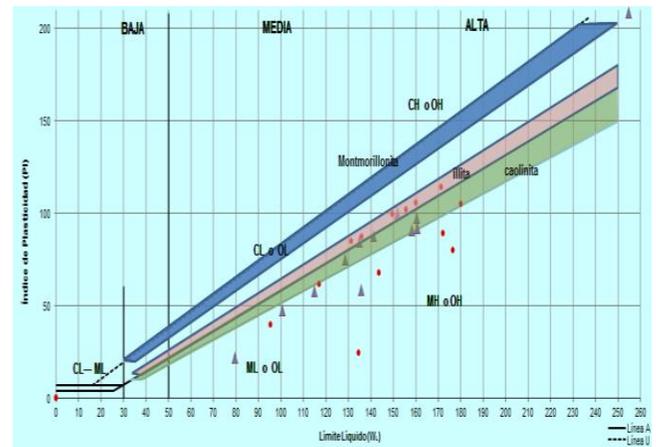


Figura 7. Carta de Casagrande sondeo 1 y 2

4.2 VARIACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA CON LA PROFUNDIDAD

En la figura 8 (a) y (b), se muestran los cambios de los límites de consistencia con la profundidad, tanto en el sondeo 1, realizado en una zona en donde la vegetación se encuentra bastante alejada, contrario a lo que sucedía en el sondeo 2

Algunas de las observaciones más relevantes, se presentan a continuación:

- En cuanto a LP, en el sondeo 1 se muestra un incremento entre los 12 y 14 metros de profundidad, lo que no ocurre en el sondeo 2 el cual se mantiene y empieza a disminuir después de los 14 metros.
- En los LL, de los dos sondeos se muestran cambios muy drásticos en donde se ve reflejada el contenido de humedad que pueda llegar a tener la muestra dependiendo de la zona en donde se encuentre ubicado y los factores que le afecten.
- En los LC del sondeo 1 se presentan cambios bastante grandes en los materiales arcillosos de la zona, mientras que en el sondeo 2 es una gráfica más lineal, esta condición depende directamente del contenido de agua que empieza a perder el suelo después de realizar procesos progresivos de pérdidas de humedad.

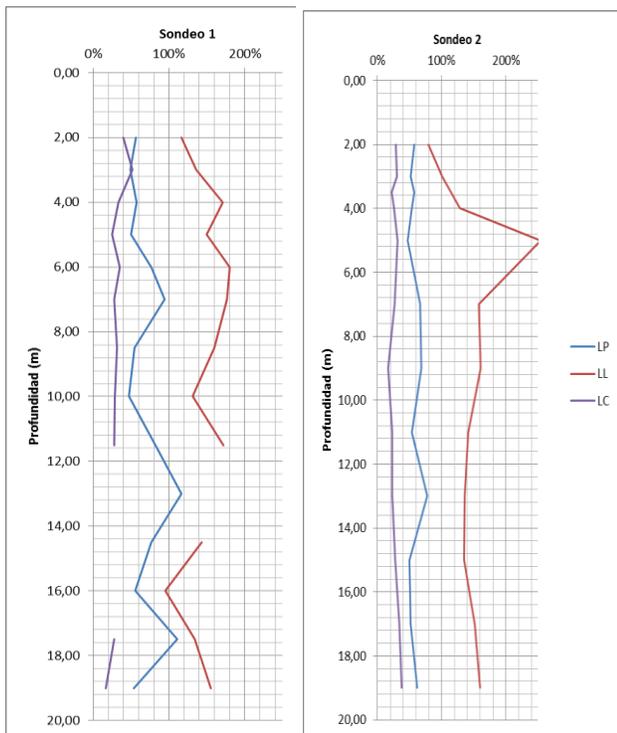


Figura 8: límites de consistencia, sondeo 1 y 2 respectivamente

4.3 ACTIVIDAD DE LOS MINERALES ARCILLOSOS

Haciendo uso de los límites de consistencia, se obtienen las figura 9 (a) y (b), que corresponden al análisis mineralógico del sondeo 1 y sondeo 2 respectivamente, en donde se aprecia también de manera gráfica el porcentaje mayoritario de illita en las muestras. Todo esto se basó en la teoría de Skempton (1951), en donde se propone que el N_c varía de acuerdo a la relación D/B , donde D es corresponde a la profundidad y B el ancho del elemento.

Al tratarse de arcillas grises con oxidaciones y basados en las siguientes figuras, se conoce que poseen altos contenidos de illita, las cuales presentan niveles elevados de hierro y potasio, lo que las clasifica en arcillas expansivas que reaccionan con el agua, de forma que adquieren mayor volumen en presencia de esta o pierden humedad de manera igualmente rápida, haciendo que las problemáticas originadas por estos procesos, se presenten en esta zona y afecten a las estructuras ubicadas al Occidente de la Sabana de Bogotá.

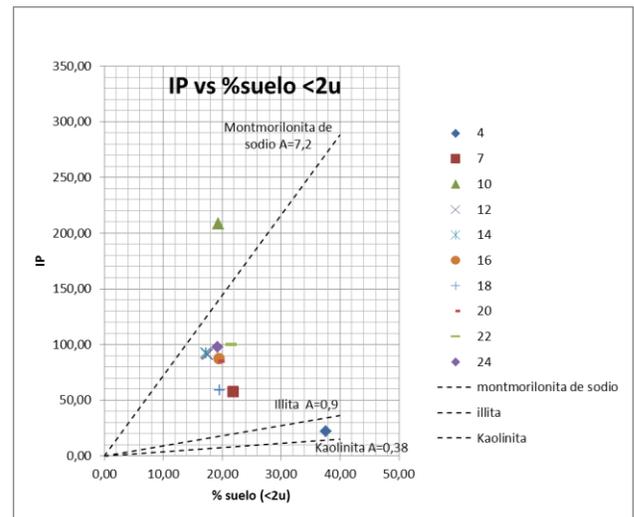
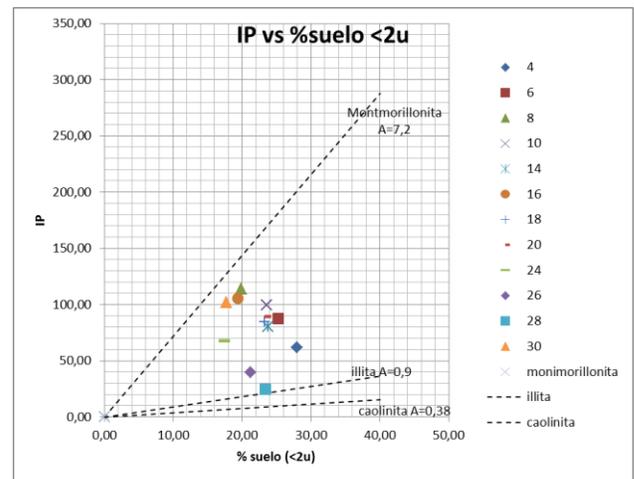


Figura 9: índices de consistencia sondeo 1 y 2 respectivamente

5. CONCLUSIONES

- La zona perteneciente al Occidente de la Sabana de Bogotá, presenta diferentes características que son la principal causa de problemáticas, como lo son presencia de microclimas, precipitaciones constantes, uso inadecuado de los recursos hídricos, entre otros. que afectan de manera directa las estructuras ubicadas en este sector.
- La Carta de Casagrande, muestra un alto contenido de Illita y Caolinita, que corresponde de igual forma en la actividad de los minerales arcillosos, los cuales se obtienen de los límites de consistencia.
- La presencia de minerales como la Illita y la Caolinita, que son altamente expansivos hacen

de las arcillas de la zona, materiales con altos niveles de compresibilidad y se ven mayormente afectadas por los cambios de humedad que se presentan en la zona de estudio.

- Debido a que el sondeo 1 se realizó en una zona de poca vegetación y el sondeo 2 justo en la zona de mayor presencia arbórea, se pueden apreciar los diferentes cambios en los parámetros de caracterización básica a los que se sometieron las muestras extraídas, dando así panorama más amplio de la composición y comportamiento del material.

REFERENCIAS

- Pineda, J. (2003). Comportamiento volumétrico de arcillas de la Sabana de Bogotá en procesos de secado. Tesis para optar al título de Magíster en Geotecnia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Pineda J. y Colmenares J.E. (2006). Influence of desiccation on volumetric behavior of Bogota Clay. Proceedings of XIII Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Editors: Sociedad Venezolana de Geotecnia.
- Rueda, M. y Pineda, J. (2011). “Patologías asociadas a desecación en pavimentos del sector Siberia-Tenjo, al occidente de la Sabana de Bogotá”. XVIII Simposio de Ingeniería de Pavimentos. Cartagena, Colombia.
- Skempton, A. W., Long Term Stability of Clay Slopes, Geotechnique. Vol 14
- Mitchell y Soga. (2005). Fundamentals of Soil Behavior.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.