

Sociedad Colombiana de Ingenieros.
Primeras Jornadas de Pavimentos y Mantenimiento Vial. Marzo de 1996

Las arcillas de Bogotá. (De arcillas y subrasantes)

Héctor Parra F. Ingeniero Civil, Uniandes.

Resumen:

En el diseño de pavimentos la consideración de la subrasante se resume con un solo parámetro el cual excluye algunos aspectos geométricos y de drenaje que pueden influir de manera vital a la estructura de pavimento. Esta afirmación cobra mayor importancia en casos como el de Bogotá, en donde las subrasantes más comunes son arcillas limosas muy blandas y de alta plasticidad y compresibilidad, con niveles freáticos muy superficiales,

En el presente artículo se hace un breve repaso de los orígenes y características de los depósitos de arcillas lacustres de la Sabana de Bogotá, y se llama la atención sobre algunos casos de subrasante difícil en donde las estructuras de pavimento fallan por motivos que más conciernen a la ingeniería de cimentaciones como es el caso de las vías aledañas a canales de aguas lluvias, a la presencia de gruesos teraplenes, o con la presencia de arboledas.

Se hace énfasis en la necesidad de que los ingenieros, geotécnico, de pavimentos y de transportes, trabajen coordinadamente para lograr buenos resultados. También se insiste en la necesidad de desarrollar nuestros propios parámetros de diseño de pavimentos en subrasantes difíciles como son los suelos blandos de Bogotá,

Las zonificaciones de suelos son claves para predecir la dificultad de subrasantes, y para poder orientar las investigaciones de campo de acuerdo a la dificultad de los suelos que atraviesa una vía.(4) (6)

Las investigaciones de campo y de laboratorio de suelos pueden dar origen a zonas típicas dentro de un trazado para tipificar el diseño según la zona como herramienta para el diseño.

Las arcillas de Bogotá.

Se han desarrollado numerosas investigaciones y escrito artículos acerca de este tema, algunos de los cuales se incluyen en la bibliografía del presente artículo. Recientemente el Ingeominas hizo avances importantes en el conocimiento de la geología de la Sabana de Bogotá, y mediante modelos geofísicos, métodos de reflexión sísmica y gravimétricos se ha mapeado la Sabana de Bogotá y su depósito de suelos blandos del cuaternario.

Varios de los artículos mencionados se encuentran publicados en los libros correspondientes a los foros I y II sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá, que se han realizado paralelamente a las VII y VIII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, organizadas por la Sociedad Colombiana de Ingenieros en octubre de 1992 y septiembre de 1995. El propósito de dichos foros ha sido precisamente el de avanzar en el conocimiento de la ingeniería de la Sabana de Bogotá y ya se han visto buenos resultados de nuevos conocimientos.

Cabe destacar dentro de estos artículos los presentados por Espinosa (1), Martínez y Prieto (5) y Lobo-Guerrero Sanz (3), y los trabajos adelantados por el Ingeominas (2), cuyos geólogos asistidos por una misión holandesa, han perfeccionado aspectos importantes del conocimiento de la Sabana de Bogotá. Con técnicas palinológicas se elaboro una bioestratigrafía del depósito cuaternario y se determinaron los diferentes tipos de vegetación predominante en cada momento de la formación del depósito y se llego a la conclusión de que los últimos 100 metros se han depositado durante los recientes 80.000 años.

La Sabana de Bogotá se formo por depositación lacustre en el periodo cuaternario, con depositación fluvial recientemente. Hay predominio de materiales finos, arcillas y limos y arenas finas, y llega hasta 500 metros de espesor en los sitios más profundos de la cuenca. En otros sitios como entre el cerro de Suba y los cerros orientales el depósito fluvio-lacustre de suelos blandos alcanza 160 metros de espesor.

El depósito cuenta con capas de turba intercaladas, que muestran diversos horizontes de vegetación que cubrió la planicie en las diferentes épocas de la depositación. Esta vegetación cambio en las diferentes épocas de acuerdo con los cambios climáticos del planeta, y fue vegetación de paramo, de pantano, robledales, y el

monte sabanero que hoy conocemos en los cerros. Las capas de turba u otros horizontes muy orgánicos pueden también indicar avalanchas de lodos o inundaciones durante fuertes inviernos.

Otros horizontes muestran altos contenidos de cenizas volcánicas lo cual debe coincidir temporalmente con actividad volcánica intensa.

Mineralógicamente las arcillas del depósito son principalmente ilitas, cloritas y caolinitas, y en ocasiones esmectitas. Esta composición desmiente la tan popular versión de que la Sabana de Bogotá está compuesta por arcillas expansivas. Realmente estos tipos de arcilla son de baja actividad aunque de gran compresibilidad y alto contenido de humedad originado por la depositación lacustre.

Las arcillas expansivas se encuentran más o menos delimitadas en algunas zonas del depósito de arcillas blandas y en la zona de arcillas expansivas del sur con la existencia del famoso "neme" conformado por haloisitas y montmorillonitas.

Tipos de subrasante.

La estructura de pavimento, en términos generales, está constituida por una o unas sub-bases, una base, y una capa de rodadura. Todo este conjunto se apoya o surge de un medio semi-infinito que se denomina subrasante y que se resume con unos parámetros de soporte de tipo elástico o elasto-plástico.

Si imaginamos una vía cruzando la Sabana de Bogotá, veremos que la subrasante cambia de características de una manera muy frecuente, por la misma composición del depósito y por la influencia de las corrientes de agua y la vegetación. Rodríguez E. (10) detalla precisamente el caso de una autopista sabanera que se diseña en la actualidad, en el cual el estudio y diseño de la vía no se puede restringir a la investigación geotécnica de un par de metros de profundidad para identificar y auscultar "la subrasante", sino que hay una influencia mucho más profunda, lo que podríamos llamar una "**ultrasubrasante**".

De hecho la sobrecarga generada por terraplenes sobre estos suelos llega hasta una profundidad considerable como ocurrió en el tramo de la carretera Siberia Puente Piedra lo cual asociado con la alta compresibilidad de los suelos origina grandes deformaciones del terraplén y conduce a su falla recurrente.

En otros casos ocurre con frecuencia que una vía es construida paralela a un canal de aguas lluvias. Es ahí donde el tipo de suelos de la subrasante o ultrasubrasante es clave en el buen estado de la estructura de pavimento. (9)

Las vías como la Avenida Primero de Mayo en Bogotá, que tiene un canal profundo, paralelo, está en óptimas condiciones por estar ubicada en la zona de arcillas duras. Pero las vías como la avenida 19 entre calles 127 y 134, o la Avenida 127 entre Avenida Suba y carrera 15, con el canal de aguas lluvias a su lado no han podido mantenerse nunca en un estado decente .

Las excesivas deformaciones en ultrasubrasantes difíciles como son la arcillas blandas de Bogotá no requieren necesariamente de un gran terraplén o de una gran excavación aledaña. Basta por ejemplo con una arboleda de especies de gran transpiración, que encuentran en el suelo sabanero una gran fuente de nutrientes y de agua para su gran crecimiento. El autor documento un caso de eucaliptos en Cota (7) que produjo después de 20 años de crecimiento una depresión del terreno de 2,5 metros de profundidad.

Las arcillas blandas de Bogotá pueden perder hasta el 50% del volumen ante la presencia de grandes arboledas. Esto obviamente invalida cualquier cuidado que se tenga en la caracterización de una subrasante ya que toda la estructura de pavimento se verá afectada por grandes deformaciones y rupturas. En el mismo trabajo (7) se destaca la importancia del grado de sobreconsolidación de las arcillas en su potencial de deformación ante la acción de arboledas cercanas, y se propone una política de cambio de árboles y cuidado de estos en la ciudad para minimizar los daños que estos producen diariamente sobre las vías.

Otro factor clave en el buen estado de una estructura de pavimento es su confinamiento lateral. Este se puede perder por alguno de los efectos mencionados arriba, pero el mas común dentro de la ciudad es la excavación de una porción de pavimento para la instalación de un ducto, y la no reparación inmediata del daño, lo cual empieza a afectar a una gran porción de la estructura de pavimento.

La Sociedad Colombiana de Geotecnia redacta en la actualidad una norma sobre excavaciones para el Distrito Capital, y aunque el enfoque es principalmente hacia la excavación de sótanos para edificios, también se establecerán reglas estrictas para la reparación inmediata de un pavimento que se rompa para instalar ductos y se propondrán sanciones pecuniarias por la no reparación de la vía antes de 24 horas de realizada la ruptura del pavimento. Obviamente se harán cumplir especificaciones técnicas claves para que la reparación sea definitiva y duradera.

Zonificaciones de suelos.

Las zonificaciones de suelos son muy útiles en el planeamiento de un trazado y de una investigación de detalle. En Bogotá se cuenta con zonificaciones de suelos de tipo geotécnico (6) y de riesgo geotécnico que también se originan en la génesis de los diferentes suelos y en los aspectos morfológicos de las diferentes zonas. Actualmente el Distrito Capital utiliza la zonificación geotécnica detallada de Bogotá para efectos de otorgamiento de licencias de construcciones.

La especialización del trabajo.

Ya el autor había planteado la inquietud de una especie de infarto de comunicación entre diferentes especialistas que intervienen en el diseño de una vía (8), ya que el trabajo de los ingenieros de transporte quienes deciden los alineamientos, curvaturas y trazados, no siempre está coordinado con lo que concierne al ingeniero de pavimentos cuya principal función es la del diseño de la estructura de pavimento y auscultación de la subrasante.

En los casos de subrasantes difíciles o "ultrasubrasantes" se hace necesaria la intervención del ingeniero geotécnico ya que el problema se vuelve más de mecánica de suelos, ingeniería de cimentaciones y estabilidad de masa.

Conclusiones.

- En suelos difíciles, como son los que conforman la zona de arcillas blandas de la Sabana de Bogotá la identificación de la subrasante como la superficie de soporte de la estructura de pavimento no es suficiente para garantizar un buen diseño.

En estos casos es necesario analizar la influencia de los suelos ubicados más allá de la subrasante, o lo que es equivalente, es necesario pensar en una "ultrasubrasante" .

Casos típicos son los tramos de vías que por razones de rasante obliguen a terraplenes de gran espesor sobre suelos muy blandos o compresibles.

Otro caso típico es la vía que corre paralela a un canal excavado en suelos blandos, y éste le origina fallas de estabilidad a los taludes rompiendo la estructura de pavimento y haciendo inútil cualquier sofisticación en el análisis de la subrasante por métodos tradicionales.

Este mismo efecto lo genera la presencia de árboles de gran transpiración en la vecindad de la estructura de pavimento.

- Se requiere un trabajo interdisciplinario entre ingenieros de transporte, de pavimentos y geotécnico para lograr un diseño que tenga todas las variables en cuenta no solo de la teoría de pavimentos sino de la geotecnia del entorno que rodea a una subrasante.

Bogotá marzo de 1996.

Referencias Bibliográficas.

1. Espinosa S. Augusto. (1995) "Geotecnia Sísmica en Bogotá", Segundo Foro sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá y VIII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Oct 1992.
2. Ingeominas. Varios autores. Memorias del seminario sobre las arcillas de la Sabana de Bogotá. Enero de 1996.
3. Lobo-Guerrero Sanz Alberto. (1995) **"Estratigrafía del material no consolidado en el subsuelo del nororiente de Santafé de Bogotá."** Segundo Foro sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá I VIII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Oct 1992.
4. Lobo-Guerrero Uscátegui Alberto. (1992) **"Geología e Hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana"**. Primer Foro sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá y VII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Oct 1992.
- S. Martínez Juan M. y Prieto Juan C. (1992) **"Características de las arcillas blandas de Santafé de Bogotá"**. Primer Foro sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá y VII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Oct 1992.
6. Martínez Juan M, et.al. (1990) **"Propuesta de zonificación geotécnica para Bogotá"**, Uniandes, y VI Jornadas Geotécnicas SCI, 1990.
7. Parra F. Héctor. (1992). **"Afectación geotécnica causada por arboledas"** Primer Foro sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá y VII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Oct 1992.
8. Parra F. Héctor. (1992) "Geotecnia de la Sabana de Bogotá" Primer Foro sobre geotecnia de la Sabana de Bogotá y VII Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Oct 1992.

9. Parra F. Héctor, (1993) "**Afectaciones a construcciones vecinas.**"
Primer Encuentro Nacional de Ingenieros de Suelos y Estructuras. Escuela
Colombiana de Ingeniería.

10. Rodríguez, Edgar E. (1995) "**Caracterización de depósitos de arcillas
blandas en la Sabana de Bogotá para proyectos viales.**" Décimo
Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones.
Guadalajara, México, Octubre de 1995.

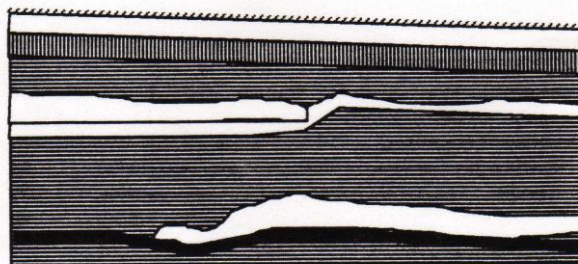
Bogotá marzo de 1996.

Las Arcillas de Bogotá.

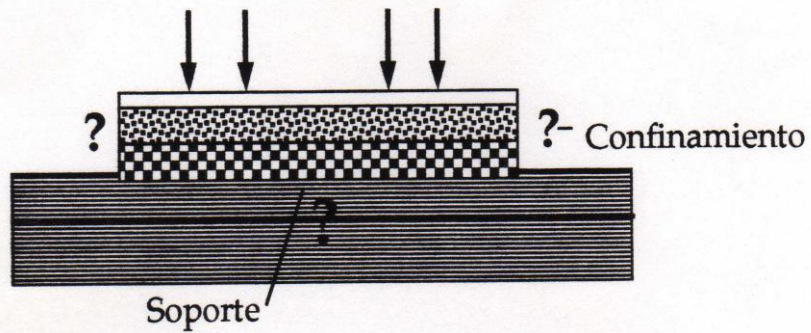
- El depósito lacustre
- Tipos de subrasantes
- Geotecnia de la subrasante
- La especialización del trabajo
- Conclusiones

El depósito lacustre

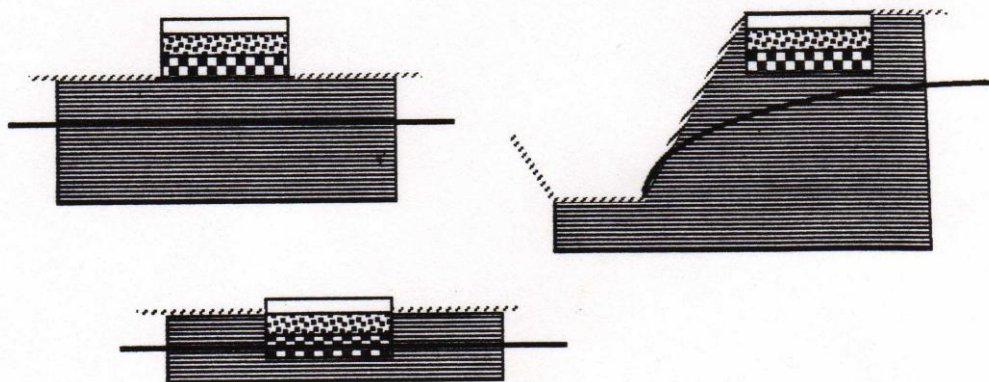
100 metros superficiales en los últimos 80.000 años.



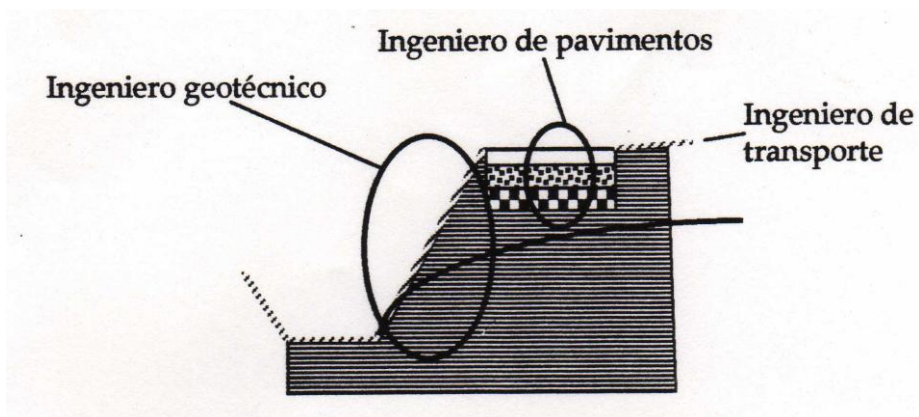
La subrasante



Tipos de subrasante



La Especialización del trabajo



Conclusiones

- La subrasante tiene un entorno
- Suelos blandos: subrasantes difíciles
- Coordinación entre especialistas.
- Desarrollo de metodología local.