

Geotecnia del proyecto de Archivo Distrital.

Ingeniero Héctor Parra F.

Gerente de Ingeniería de las Ciencias de la Tierra S.A. Ingeciencias S.A., Consultores de Geotecnia del proyecto Archivo Distrital.

INTRODUCCIÓN

El proyecto del Archivo Distrital se desarrolló mediante una serie de concursos de méritos en los diferentes temas tanto de arquitectura como técnicos.

Los términos de referencia para el estudio de suelos contemplaban una primera fase de identificación preliminar de los aspectos geotécnicos del predio los cuales servirían de base para el diseño arquitectónico definitivo.

Ingeciencias S.A. fue favorecido con la adjudicación del estudio de suelos a principios del año 2000, el cual debería realizarse en 3 fases para cumplir con el plan diseñado por la Alcaldía.

FASES DEL ESTUDIO DE SUELOS.

El estudio geotécnico o estudio de suelos se desarrolló en tres fases, que se explican a continuación.

Fase I. Estudio de suelos preliminar.

Esta fase se desarrolló entre marzo 20 y abril 15 del año 2000. En esta fase de estudio el propósito principal fue el de identificar las fortalezas y debilidades del predio desde el punto de vista geotécnico y de esta manera proporcionar a los arquitectos diseñadores favorecidos con el concurso arquitectónico una herramienta técnica para optimizar el diseño del Proyecto en lo relativo a los temas geotécnicos del proyecto, valga decir, excavaciones, rellenos, contención de taludes temporales y permanentes, cimentaciones, filtros, manejo de escorrentías y movimiento de tierras.

En esta primera fase se encuadró el predio según zonificaciones geotécnicas y geosísmicas existentes, se caracterizó el ambiente geotécnico del sitio y se precisaron sus antecedentes geológicos.

Fase II. Estudio de suelos definitivo.

La fase II se desarrolló durante el mes de septiembre de 2000, una vez que fue recibido el proyecto arquitectónico, producto de un concurso público convocado por la Alcaldía.

En la fase II, se pudieron analizar en detalle los distintos temas geotécnicos que afectarían a los aspectos constructivos y estructurales del proyecto. De esta manera, en esta etapa hubo una interacción cercana entre los ingenieros de suelos (Ingeciencias S.A.) los diseñadores estructurales (Proyectistas Civiles Asociados, PCA), la gerencia del proyecto por parte de la Alcaldía, ingeniero Diego Angulo, y la asesoría coordinadora de planos constructivos, Unión Temporal Soinda – José Romero.

Fase III. Asesoría durante construcción.

Ingeciencias S.A. continuó con la adaptación durante construcción de todos los temas y criterios geotécnicos del proyecto, por medio de una asesoría durante construcción de cimientos, excavaciones, rellenos, filtros, manejo de aguas y suelos e instrumentación geotécnica, de tal manera que cualquier desviación de lo proyectado con relación a lo que fuera resultando durante la construcción fue ajustado a las premisas de diseño y se dieron soluciones para las nuevas situaciones técnicas que fueran surgiendo con el avance de la obra..

ENTORNO GEOLÓGICO.

El predio donde se construyó el edificio del Archivo Distrital se encuentra en una zona de suelos duros, clasificada en zonificaciones de suelos existentes, como “ Complejo de conos” en la zonificación geológica, o “ Terrazas y conos orientales” según el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, o “Zona de Suelos Duros” según la zonificación geotécnica de Bogotá.

La definición del coluvión según el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá es:

“ Coluvión (Qdp)

Son los depósitos producto de la fracturación, meteorización y erosión de rocas preexistentes que han tenido transporte por acción del agua y de la gravedad, y se han depositado en las partes media e inferior de las laderas. Sus mejores afloramientos se presentan en los piedemontes oriental, suroriental y suroccidental del área. “

En el caso presente el “Coluvión de las Cruces” como se le podría llamar a esta formación , se compone de arcillas preconsolidadas con gravas, arenas y piedras de gran tamaño semiredondeadas. El coluvión de las Cruces descansa sobre las arcillolitas de la Formación Bogotá de edad Terciaria, y tiene un espesor cercano a los 30 metros en el sitio del proyecto. Presenta efectos de glaciación y de ahí su alta resistencia y preconsolidación.

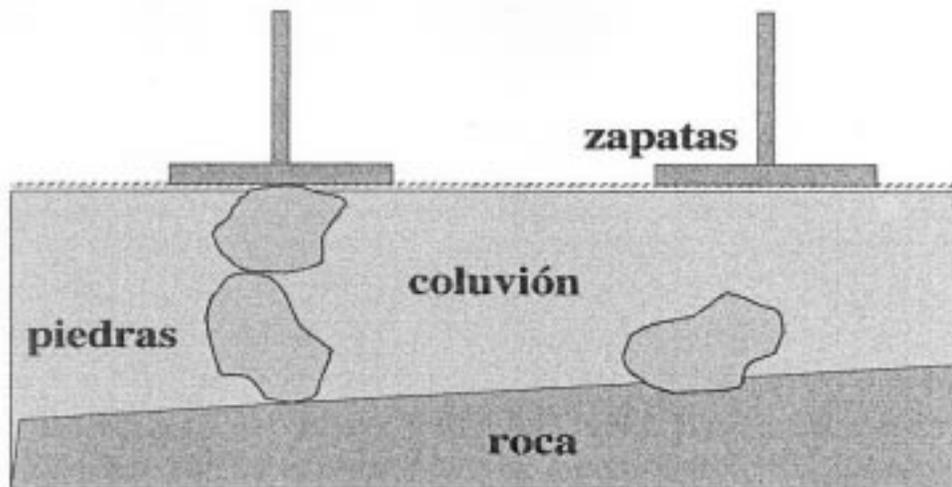
GEOTECNIA.

Cimentación.

La cimentación del Edificio del Archivo Distrital consiste de placas continuas de concreto reforzado, aligeradas (Fotografía #1). Cada edificio, o bloque, como se le llamó en el proyecto arquitectónico a los diferentes componentes del Proyecto, cuenta con una placa independiente de cimentación.

La decisión de haber adoptado esta solución de cimentación fue el fruto de todo un proceso de selección dado que el coluvión sobre el cual descansa el predio del Archivo ofrece una gran gama de posibilidades de cimentación debido a su alta resistencia, y baja compresibilidad. Por el contrario, el caracter coluvial del depósito ofrece poca homogeneidad de la estratigrafía, y frecuentes discontinuidades, además de la aparición de grandes bloques de arenisca dura dentro de la matriz arcilloarenosa, lo cual representa obstáculos constructivos difíciles de sortear.

A lo largo del proceso de selección de la alternativa óptima de cimentación, se analizaron en su orden las siguientes soluciones como factibles métodos de cimentar la estructura.



Zapatas superficiales.

La forma más sencilla y económica de cimentar edificaciones son las zapatas superficiales. Los suelos existentes al nivel de la excavación para los sótanos son adecuados para apoyar directamente zapatas superficiales, las cuales serían alargadas o corridas, por la disposición arquitectónica y estructural de los edificios.

Sin embargo, las características del suelo podrían imponer una condición crítica de deformaciones diferenciales entre zapatas adyacentes, por la aparición dentro del coluvión de grandes bloques de arenisca dura (Fotografía #2), las cuales a veces se encontraban agrupadas, estableciendo unos puntos muy duros del terreno para algunas zapatas, mientras que para otras podrían descansar sobre un suelo eminentemente

rcilloso. Este contraste de deformaciones entre apoyos adyacentes representaría una gran sollicitación para las vigas de amarre de cimentación .

La profundidad de las zapatas sería la mínima o sea sobre la superficie excavada para dar cabida a los sótanos.

Caissons, o pilas.

Se analizó también la alternativa de cimentar los edificios que conforman el Proyecto sobre caissons o pilas excavadas a mano, las cuales deberían bajar hasta 9 metros de profundidad donde había un estrato más o menos homogéneo de gravas de alta densidad.

Un cálculo del costo de excavar este tipo de cimientos, y del tiempo que tomaría, atravesando los mantos superficiales de bloques de arenisca dura de gran diámetro y utilizando explosivos, condujo a desechar esta alternativa, que desde el punto de vista geotécnico era atractiva por la homogeneidad del estrato de soporte y por la alta eficiencia a la que se pondrían a trabajar los cimientos.

Pilotes.

También se analizaron diferentes tipos de pilotes pero se desechó la alternativa por la gran cantidad de bloques de arenisca dura que se tendrían que atravesar durante su excavación ya que el estrato de soporte de punta de pilotes debería ser del orden de 9 metros de profundidad.

Placa continua.

La placa continua o placa corrida de cimentación, se utiliza en Bogotá sobre todo en la zona de suelos blandos, en donde es necesario reducir al máximo el esfuerzo que impone una estructura sobre el suelo. Sin embargo, en el caso presente fue la solución ideal ya que conlleva las siguientes ventajas.

- i. Soluciona las posibles anomalías del suelo entre ejes de carga por la aparición de grandes bloques de arenisca dura. (Este problema lo tenían las zapatas y tendría que ser solucionado por una gran sollicitación de las vigas de amarre entre zapatas.)
- ii. Proporciona la máxima agilidad constructiva.
En una sola operación constructiva quedan listos los pisos de los sótanos. La placa se empieza a armar cuando la rasante de la excavación está lista.
- iii. La placa proporciona un punto rígido para confinar la pata de los taludes de corte y para acodalar taludes si fuera necesario en caso de inestabilidad, lo cual es una gran ventaja constructiva sobre las demás soluciones.

La cantidad de concreto y hierro de esta alternativa es importante por las grandes luces que se manejaron en algunos edificios, pero la comparación con la reducción en mano de obra y en tiempo de construcción y en la simplificación de procesos para lograr el piso terminado y estabilizar los taludes de corte, pesa más que el aumento de costos directos.

Excavación y disposición de materiales.

Los materiales extraídos de la excavación para los sótanos se fueron clasificando para analizar la posibilidad de almacenar en la zona occidental del predio suelos aptos para, en una etapa posterior, rellenar los taludes de corte contra los sótanos. Se trataba de

suelos arcillosos y arenosos con gravas, ideales para este fin. Inicialmente se desecharon los mantos superficiales de arcillas orgánicas y limosas y luego con la aparición durante la excavación de suelos tipo “recebo”, éstos se almacenaron en una cantidad que superó los 5.000 m³ de material, los cuales fueron utilizados posteriormente en el relleno de los taludes de corte contra los muros de contención. (Fotografía # 3 y 4)

De esta manera se ahorraron los costos de acarreo y exportación de suelos y los costos de haber tenido que comprar materiales para los rellenos, además de disponer del material de inmediato por encontrarse en la obra.

El predio y el proyecto ofrecieron unas grandes ventajas para este propósito ya que por una parte existía el espacio para almacenar el material dentro del mismo predio, y por el otro los suelos del predio ofrecían la resistencia adecuada para almacenar la gran carga que representa el arrume de material almacenado, sin riesgo de fallas del terreno.

Excavación de taludes a cielo abierto. Almacenamiento de materiales para conformar rellenos.

La excavación de los sótanos se llevó a cabo con taludes casi verticales (80°), y siguiendo algunas precauciones para el talud de corte contra la carrera 5^a que era el más crítico no solo por estar la vía inmediatamente contra el talud sino por ser el talud de corte más alto del proyecto, el cual llegó en algunos casos a 10 metros de altura.

En el plan de obra se incluyó un primer corte general con una altura de 2 metros en todo el terreno que ocuparían los edificios, bajando de esta manera la altura de los taludes

resultantes de la excavación para los sótanos, a excepción del talud contra la carrera 5^a, el cual seguiría siendo el de más altura y más cuidado. (Fotografía # 5)

El talud contra la carrera 5^a se adelantó siguiendo las siguientes precauciones:

- i. El talud de corte debería tener una longitud máxima equivalente a la necesaria para armar un módulo de placa de cimentación y su correspondiente muro de contención. (Fotografía # 6 y 7)
- ii. Para continuar con el siguiente módulo de excavación, la pata del talud de corte del módulo anterior debería haber sido confinado con los filtros y los rellenos contra el muro de contención. (Fotografía # 8 y 9)
- iii. La aparición de estratos granulares aportantes de agua debería ser identificado plenamente y se tenían que construir los lloraderos en el talud y pozos de bombeo para mantener seca la excavación y el talud. (Fotografía # 10)

Con estos principios se limitó la longitud del talud expuesto a 20 metros y no se tuvieron sino fallas pequeñas y aisladas.

El resto de taludes del Proyecto en la excavación de los sótanos de los demás bloques, se hizo sin restricciones de longitud ya que las alturas máximas de los taludes eran de 5 metros lo cual ya estaba comprobado que era seguro para este tipo de suelos, aún a mediano plazo. (Fotografía # 1 y 11)

Contención de taludes.

El coluvión ofrece una gran estabilidad al corte de talud vertical no entibado, debido, entre otras razones al contenido de grandes bloques de arenisca que actúan como refuerzo del suelo. De acuerdo con los cálculos geotécnicos, adoptando valores bajos de resistencia

al corte y de ángulo de fricción del material, se llegó a la conclusión de que taludes de más o menos 6 metros de altura serían seguros durante corto tiempo (Factor de seguridad entre 2 y 3). La experiencia durante la construcción permitió demostrar que los taludes contra la carrera 5ª se pudieron manejar sin codales ni tensores hasta 10 metros que fue la altura máxima, y siguiendo las precauciones mencionadas antes, como fue la de limitar la longitud de trabajo a tramos de 20 metros o similares.

Los empujes permanentes que imprime el suelo serán absorbidos por la estructura, para lo cual las columnas del edificio tomaron la forma de contrafuertes (Fotografía # 9 y 12) contra la carrera 5ª que era el talud de mayor empuje sobre la estructura por ser el más alto.

Simultáneamente con el confinamiento del talud, se realizó una impermeabilización de la cara exterior del muro con pintura y tela impermeable. (Fotografía # 13 y 14) Se contruyó un filtro a todo lo largo de la pata de taludes de corte , el cual se remató en su parte superior con un sello de arcilla o de suelos arcillosos del sitio porvenientes del arrume de almacenamiento que se mantuvo durante la obra. (Fotografía # 15 y 16). Este manejo ha permitido una minimización de las humedades dentro de los sótanos. (Fotografía # 17)

CONCLUSIONES.

Las grandes lecciones que se derivan del caso del Archivo Distrital en los temas geotécnicos se pueden resumir en las siguientes palabras.

Caracterización de las fortalezas y debilidades geotécnicas del predio.

Con el proceso de estudio geotécnico en 3 fases se llegó a una caracterización geotécnica fidedigna que permitió que las desviaciones que fueron apareciendo durante construcción se pudieran adaptar sin mayores traumatismos o demoras.

Ahorro en tiempo de la solución de cimentación.

Las soluciones adoptadas de cimentación de las torres o bloques, y la de manejo de taludes permitió adelantar la obra con la celeridad que se propuso desde un principio la Alcaldía y la conclusión principal fue la de recorte de costos. El almacenamiento de suelos del sitio extraídos en las primeras etapas de excavación para ser utilizados en etapas posteriores de los rellenos fue clave en el ahorro de costos directos.

Asentamientos y funcionamiento a largo plazo.

Las mediciones de asentamientos durante el primer año, arrojan un dato de 20 mm máximo como el asentamiento total de las estructuras. Este bajo nivel de deformaciones garantiza un buen funcionamiento de la estructura.

Junio 2003.

Héctor Parra F.

Ingeniero Civil.

Mat 12334 de Cundinamarca.

FOTOGRAFIA No. 1



FOTOGRAFIA No. 2



FOTOGRAFIA No. 3



FOTOGRAFIA No. 4



FOTOGRAFIA No. 5



FOTOGRAFIA No. 6





FOTOGRAFIA No. 7



FOTOGRAFIA No. 8



FOTOGRAFIA NO. 9



FOTOGRAFIA No. 10

FOTOGRAFIA No. 11



FOTOGRAFIA No. 12





FOTOGRAFIA No. 13



FOTOGRAFIA No. 14



FOTOGRAFIA NO. 15



FOTOGRAFIA No. 16

FOTOGRAFIA No. 17



FOTOGRAFIA No. 18



FOTOGRAFIA No. 19



FOTOGRAFIA No. 20

