

# Recuperación morfológica de la vieja cantera La Fiscala, en Usme,

## Bogotá

### Morphological recovery of the old quarry La Fiscala in Usme, Bogotá

Héctor Parra Ferro

Ingeciencias S.A. (hparra@ingeciencias.com)

#### RESUMEN

Los terrenos destinados a la industria extractiva para producción de ladrillo o tubos y tejas de gres (arcilla horneada), ubicados en los piedemontes del sur oriente de la ciudad de Bogotá, dejan una morfología de los terrenos que pueden encerrar importantes amenazas de tipo geotécnico e hidráulico, como son: inestabilidad de masas, caída de bloques, erosión, inundación, jagueyes y rellenos no consolidados.

La Cantera la Fiscala ubicada al sur de Bogotá, en el municipio de Usme, utilizada por la Ladrillera Santafé para producir ladrillo y tejas durante varios afros, explotación geotécnicamente orientada por esa empresa, fue objeto de un examen minucioso de las posibles amenazas que podía encerrar el terreno para su ulterior urbanización.

En el presente trabajo se enuncian las diferentes amenazas de tipo geotécnico e hidráulico que presentaba el terreno luego de la explotación durante varios lustros, los métodos de análisis que se utilizaron, las prioridades que se dieron a las diferentes amenazas y las soluciones que se implementaron para permitir un desarrollo urbanístico seguro para el servicio de la ciudad.

Se confirmó mediante análisis convencionales, que los taludes altos de corte de la explotación no revestían mayor riesgo de inestabilidad, y se identificó como el riesgo geotécnico de mayor prioridad el de erosión hídrica. Se realizó un análisis fisicoquímico de los suelos cuyos resultados explicaron la severidad del fenómeno de erosión sobre estos suelos, y se implementaron soluciones de empedradización de taludes y manejo intensivo del agua de escorrentía para solucionar definitivamente estos aspectos. También se rellenaron técnicamente antiguas cárcavas profundas abiertas naturalmente por la escorrentía no controlada dentro del predio, áreas que fueron destinadas a zonas de cesión. La canalización de quebradas que rodean el predio fue enfrentada por el Urbanizador bajo convenio con la Empresa de Acueducto de Bogotá, con lo cual los caudales de agua mayores resultaron controlados y canalizados.

#### ABSTRACT

Exploitation of terrains for the brick industry (bricks, clay tubes and clay tiles) has been a common economic activity in the southeast hills of the city of Bogotá, because the geologic formations of this landscape are composed by tertiary clay geologic formations of very appropriate materials for the purpose of this industry. Nevertheless many of these exploitations have been carried out without any technique or geotechnique, and therefore there have been many problems when construction is performed in such terrains, especially simple dwellings for the poorest people in the city, like landslides, rock falls, unconsolidated fills and old reservoirs.

The Fiscala Quarry was exploited by Ladrillera Santafé with geotechnical oriented methods during several decades, but nevertheless the resulted landscape was examined in detail for the different possible geotechnical risks that the land could involve, namely, slope stability, erosion, flood possibilities, rock falls, unconsolidated fills or ancient reservoirs. The subsequent development to take place in this terrain, should have these problems solved for the city to extend the correspondent licence of construction.

The resulting high slopes of the exploitation areas were examined for slope stability with conventional methods, modelling circular failure, and the result was that there was no risk in stability matters. On the contrary, the slopes had an intense erosion activity, and in the flat land of the terrain there were deep gutters formed by uncontrolled runoff.

The erosion phenomena were examined by physical and chemical tests and by using the Sherard criteria for dispersivity, the soils were classified as highly erodable. The solution for this problem was the protection of the slopes with grass, and the design of highly efficient drainage systems like surface channels, gavions and ditches. The canalization of big creeks that surround the terrain were accomplished by the developer in accordance with the Empresa de Acueducto de Bogotá. The foundation design of the different buildings were solved with conventional geotechnical studies. Nowadays, the old quarry La Fiscala hosts several dwelling projects of three storyhouses, and five-story buildings, a big mall with an Exito store, the Usme terminal for the Transmilenio massive transport system, and a big state high school.

Palabras clave: Recuperación Morfológica, Cantera, Estabilidad, Erosión, Urbanización, Industria extractiva.

## 1 INTRODUCCION

La industria extractiva para la fabricación de ladrillo ha sido una actividad económica tradicional en los cerros y el sur de Bogotá desde hace decenios, entre otras razones porque la geología de formaciones sedimentarias que prevalece en esta zona de la Ciudad (Formaciones Bogotá, Usme, Regadera y Conos) proporciona cantidades abundantes de la materia prima esencial para esa industria, ante todo arcillas, y arcillas arenosas de baja plasticidad. Habiéndose iniciado además como una industria artesanal, en muchos casos la misma explotación de las arcillas como materia prima de la fabricación de ladrillos se hizo de una manera espontánea sin mayor técnica o geotecnia alrededor de los métodos de explotación. Esta circunstancia conduce a que los terrenos de explotación de la materia prima, encierran amenazas de diverso tipo como inestabilidad, caída de bloques, inundación, y rellenos no consolidados. En el caso de la cantera la Fiscala, explotación adelantada con métodos de explotación técnicamente orientados fue necesario examinar los diferentes aspectos que podrían encerrar amenazas de tipo geotécnico para el desarrollo futuro del terreno para urbanización. Estos aspectos son principalmente los siguientes:

- Estabilidad geotécnica de los taludes de corte (Fenómenos por remoción en masa)
- Capacidad portante y características geomecánicas adecuadas del terreno de corte.
- Capacidad portante y características geomecánicas de rellenos de estériles.
- Inundabilidad del terreno de corte.
- Erodabilidad.

Esta última variable es particularmente interesante y decisiva en el análisis de la Cantera la Fiscala debido al intenso cárcavamiento que se observaba en el momento de iniciar los estudios para la utilización de estos terrenos. El manejo dado al proyecto permitió identificar cada uno de estas amenazas, y darle una solución a cada uno hasta la totalidad recuperación del terreno con la solución de las diferentes amenazas. Las medidas de recuperación incluyeron:

Manejo de aguas para asegurar estabilidad. Manejo de revestimientos y protecciones para taludes en suelos y rotas friables para detener procesos erosivos. Relleno de grandes cárcavas, algunas naturales por erosión y otras generadas por la industria extractiva, para recuperación de zonas de cesión. Recuperación de zonas de relleno o zonas de encharcamientos.

Manejo de quebradas y canalización de éstas. (Proyecto de la EAAB)

El predio se encuentra hoy en día recuperado en su gran mayoría, cuenta con el portal de Transmilenio de Usme, supermercados, edificios de vivienda, casas de interés social, un gran colegio del Distrito CED y otras estructuras, además de vías y todos los componentes del urbanismo. El caso de la Cantera La Fiscala, de donde se extrajeron cerca de un millón de m<sup>3</sup> de arcillas para la fabricación de ladrillo, es un caso interesante de predios cuya utilización para extracción de suelos sirve luego para desarrollos urbanísticos.



Figura 1: La Fiscala, antes año 1990



Figura 2: La Fiscala, después año 2009

## 2 PROCESOS EXTRACTIVOS

En los chircales artesanales, la extracción antitécnica de la arcilla es lo que más genera impactos posteriores para la ulterior utilización de un terreno explotado. El DAMA escribe al respecto:

*"Las principales afectaciones al medio ambiente que se generan en los chircales artesanales tienen que ver con la extracción antitécnica de la arcilla, que ocasiona taludes inestables y desorden en las explotaciones, lo que se refleja en la presencia de áreas extensas sujetas a erosión laminar, en surcos y cárcavas."* (1)

Los terrenos utilizados para extraer las arcillas necesarias para la fabricación de ladrillo y piezas de gres tales como tubos o tejas, dejan estos terrenos en un estado deplorable desde el punto de vista de su reutilización o recuperación, sobre todo si la explotación es artesanal, y antes de las recientes disposiciones ambientales según las cuales a la industria extractiva se le exige una recuperación ambiental posterior. De hecho, muchos fracasos de programas de vivienda de interés social se han debido a que los terrenos destinados para ellas eran viejas canteras que esconden riesgos geotécnicos de alto impacto como deslizamientos, reptaciones y caída de bloques.

Tanto el urbanizador como los entes de control, se preocupan ante todo que se confirme la no existencia de riesgos geotécnicos (e hidráulicos) como resultado de la industria extractiva, requisito indispensable para la obtención de una licencia de urbanismo en este tipo de predios. De hecho, esta actividad siempre deja altos taludes de corte que pueden ser inestables, y zonas de rellenos no consolidados con los estériles o retales donde la construcción de estructuras puede resultar costosa.

No solamente la industria extractiva para la fabricación de ladrillo ha sido la causante de tragedias geotécnicas. La extracción de gravas en los depósitos del Tunjuelo también han ocasionado afectaciones importantes en terrenos aledaños como recientemente en Villa Jackie, donde 100 viviendas resultaron seriamente afectadas por colindar contra un talud de explotación de gravas para la producción de agregados para concreto.

## 3 ANALISIS Y SOLUCION DE LAS DIFERENTES AMENAZAS

La amenaza más protuberante al observar el paisaje de la vieja cantera la Fiscala, la representaba los altos taludes contra su lindero oriental, que al momento de iniciar los estudios presentaban un intenso cárcavamiento por erosión, también

denominado abarrancamiento por erosión. Pero la principal preocupación alrededor de estos taludes era la estabilidad de masas de estos taludes, que al contar con una altura cercana a los 30 metros y un talud muy pronunciado del orden de 60° con la horizontal, representaban una verdadera amenaza contra lo que se pudiera construir cerca de la pata del talud, o lo que se fuera a desarrollar en la zona de la cabeza del talud, que en el caso mencionado era la ampliación de la Avenida Boyacá. De los ensayos de laboratorio de suelos y de los parámetros de resistencia deducidos del SPT, se adoptaron los valores de la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros Geomecánicos

Talud	$\gamma$ (ton / m <sup>3</sup> )	C' (ton / m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)
1	2.0	9.5	44
2	2.0	14.6	35
2 <sup>a</sup>	2.0	1.2	32
3	2.0	12.0	40

### 3.1 Amenaza por estabilidad

Del estudio geológico geotécnico se concluyó que el modelo de falla que se ajustaba más a las condiciones del talud era el de la falla circular, por lo que se emplearon programas de análisis de uso corriente como PCStable con parámetros geomecánicos para diferentes condiciones, drenado y no drenado. El talud se dividió en dos casos, que se bautizaron Talud Alto Norte, y Talud Alto Sur. El talud Alto Norte se compone de una arenisca bastante más competente que la del Talud Alto Sur, por lo que los parámetros geomecánicos debieron ser distintos.

Los factores de seguridad obtenidos mediante los diferentes análisis arrojaron los siguientes resultados. Con las secciones topográficas se llevaron a cabo análisis de estabilidad, dando el resultado que se incluye en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de estabilidad

Talud	Mecanismo	F.S. sin sismo	F.S. con sismo
1	Circular	4.0	2.7
2	Circular	3.5	1.9
2 <sup>a</sup>	Bloque	3.0	1.8
3	Circular	4.2	2.9

### 3.2 Capacidad Portante

Aunque este tema no es en sí una amenaza, se hicieron sondeos exploratorios con muestreo y ensayos de campo para confirmar la estratigrafía y sus características geomecánicas. La planicie de corte estaba conformada principalmente por arcillas de la Formación Sabana de consistencia media a dura y los depósitos de gravas del Valle del Tunjuelo con altas densidades. Estas características permitirían el desarrollo de estructuras y vías en la planicie de corte sin mayores problemas, y con la ayuda de estudio de suelos o estudios geotécnicos convencionales.

#### 3.3 Capacidad portante y características de zonas de relleno

La Ladrillera Santafé que durante mucho tiempo se dedicó a extraer las arcillas de este predio para la fabricación de ladrillo, también lo utilizó para depositar allí materiales de desecho, ante

todo retal de ladrillo y en menor proporción algunos otros estériles. Algunos rellenos de retal de ladrillo fueron utilizados para construcción después de un mejoramiento por compactación, pero la mayoría de ellos sirvió para rellenar la Gran Cárcava y la Pequeña Cárcava que atravesaban el predio de oriente a occidente por la mitad del predio, como se explica en el numeral 3.4.

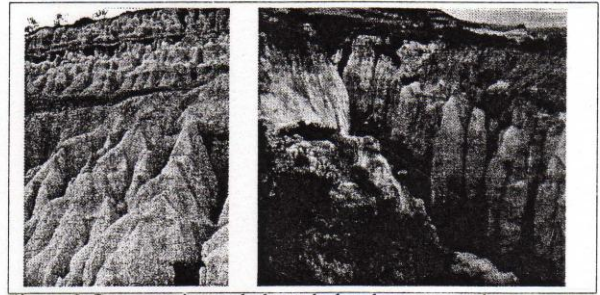


Figura 3 Carcavamiento de los taludes de corte, y cárcava central, año 1990

### 3.4 Inundabilidad de la planicie de corte portante y características de zonas de relleno

La planicie de corte de hecho contaba con varios encharcamientos o lagunas en el momento de iniciarse los estudios para su posterior urbanización (ver figura 1). Se identificaron dos grandes cárcavas que cruzaban el predio por su parte central de oriente a occidente las cuales habían sido formadas por un curso de agua cuya pequeña cuenca no ameritaba que se calificara de quebrada. Por otra parte en el extremo sur del predio, se ubica la Quebrada Chiguaza cuyas avenidas y cuenca si ameritaban un estudio de tipo hidrológico e hidráulico, aspectos que fueron cubiertos por la Empresa de Acueducto de Bogotá con la compañía Gómez Cajiao y Asoc, cuyo resultado fue la canalización de la quebrada y la construcción de un gran box culvert que cruza la Avenida Caracas frente al predio.

El resto de aguas de la planicie de explotación serían evacuadas con acueductos y alcantarillados convencionales, y la intercepción de aguas por el lindero oriental con cunetas superficiales de coronación para que el agua proveniente de los cerros o de los barrios vecinos por el oriente no ingresara a la parte baja del terreno.

### 3.5 Amenaza por erosión

Tanto el abarrancamiento por erosión o carcavamientos por erosión que presentaban los taludes altos, como parte del terreno central, cruzado por las cárcavas fueron objeto de análisis, por la forma tan intensa que se presentaba el fenómeno. Se analizaron los principales factores que desencadenaron procesos erosivos intensos, los cuales se resumen en:

- Falta de control de aguas de escorrentía.
- Tipo de suelos y rocas.

El primero, fue resuelto mediante un proyecto hidráulico coherente y completo que incluyó todo el alcantarillado de aguas lluvias y residuales, además de grandes canalizaciones de la quebrada Chiguaza que corre por el lindero del sur del predio.

Para analizar el segundo factor se hicieron las mediciones de sales en disolución, cuyo resultado fue una alta dispersividad (ver figura 4), y explicó en gran medida la intensidad tan alta de la erodabilidad de los materiales. La solución para este último factor radica en proteger las superficies de suelos y rocas mediante empradizados que evitaren el contacto directo con el agua, solución que después de varios años ha resultado efectiva y sostenible. (ver figuras 2 y 6)

En el caso de la Fiscalá, el corte del material dejó unos altos taludes de rotas areniscas formación Regadera y Usme, y una parte plana con una subrasante de arcillas, gravas del Tunjuelo, zonas de relleno de estériles o retal de ladrillo y encharcamientos o lagunas.

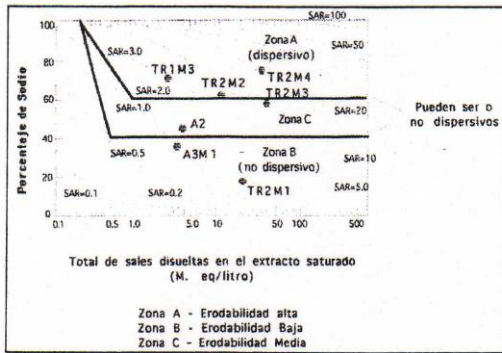


Figura 4: Diagrama de dispersividad de Sherard



Figura 5: Cárcavamiento de Taludes de corte. 1990



Figura 6: Empradizados, Taludes altos.

se deben investigar en detalle y generar una priorización de las medidas de solución o mitigación, en el caso de utilizar estos terrenos para construcción de edificaciones o proyectos urbanos. Los riesgos geotécnicos más frecuentes que resultan de un terreno explotado como cantera son, entre otros:

- Estabilidad de taludes y de masas.
- Caída de rocas o bloques.
- Erosión hídrica y/o eólica.
- Antiguos reservorios y aljibes.
- Rellenos no consolidados.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Ladrillera Santafé S.A. e inicialmente a Ospinas y Cia S.A. como urbanizador de la cantera la Fiscalá por su confianza depositada en Ingeciencias S.A. para estudiar y resolver todos los problemas de riesgos geotécnicos que encerraba la vieja Cantera La Fiscalá, para la obtención de la licencia de construcción y urbanismo. Al profesor Álvaro González por su invaluable participación en el estudio, así como al geólogo Juan Montero, y al equipo de colaboradores de Ingeciencias S.A.

## REFERENCIAS

1. DAMA, 2.000. Estudio Básico para la conformación de un Parque Minero Industrial Para el Ordenamiento y Desarrollo de la Actividad Extractiva y transformadora de Minerales Arcillosos con fines a la desmarginalización de Barrios en el D.C.
2. DPAE SCG, 1999. Guía General para evaluación de Amenazas y Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa en Estudios Detallados. A. J Gonzalez G.
3. DPAE 2006. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para proyectos urbanísticos y de construcción de edificaciones en Bogotá D.C.
4. Rozo Jorge A. Zuluaga, Carlos. 1978. Propuesta diseño minero Ladrillera Santafé. Ingeciencias S.A.
5. Van der Hammen th. 1957. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá. Bol. Geol. Serv. Geol. Nal. V. 5 n. 2 pp 189.203 Bogotá.
6. Hubach, E., 1957. Estratigrafía de La Sabana de Bogotá y sus alrededores, Bol. Geol. Serv. Geol. Nal. V. 5 n. 2 pp 189.203 Bogotá.
7. Julivert, M. 1961. Observaciones sobre el cuaternario de la Sabana. Bol. Geol. U/S no. 7. pp 5 33, Bucaramanga.
8. Julivert, M. 1963. Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de la formación de las estructuras. Bol. Geol. U/S nos. 13 114., pp 5 102, Bucaramanga.
9. Kirkby, M, y Morgan, R., 1984. Erosión de suelos. Editorial Liniusa. pp. 192-194
10. Sherard, Decker, and Riker. 1972. -Piping in Earth Dams of Dispersive Clay. Proc. ASCE, Purdue University, pp. 589-626

## CONCLUSIONES

Los terrenos destinados durante largos periodos de tiempo a la explotación de suelos y rotas para la fabricación de ladrillo, y tubos y tejas de gres, dejan en el terreno una morfología que puede encerrar diversos tipos de riesgos geotécnicos, los cuales