



De la Figura 49 se concluye:

- La colocación de un sistema de pilas profundas de concreto sobre la ladera permite la interrupción de las superficies de falla y aumenta considerablemente los factores de seguridad a lo largo de la misma. Se obtienen valores por encima de lo admisible.
- Dicha pantalla, colocada sobre la abscisa 0+434 hace referencia a la cimentación de la pila 4, y claramente se observa como ésta alcanza el material de roca de la Formación Bogotá. De esta manera se asegura que cuando la pila se cimente sobre el perfil, permitirá que la estabilidad en la zona de influencia de la pila aumente significativamente.
- Se observa que en la zona aledaña al sistema de pilas, el factor de seguridad es alto, mientras que en la parte alta de la ladera dicho valor no aumenta considerablemente, pero si es mayor que el admisible. Esta zona en particular hace referencia a las viviendas de la urbanización Villa de los Alpes. Si bien la pila sirve como solución al problema de estabilidad de la ladera de cara a la colocación de la pila 4, está por fuera del alcance del proyecto la estabilización de la ladera en zonas por fuera de la intervención. Se insta a realizar una intervención sobre la vulnerabilidad de las viviendas, pero por fuera del alcance del proyecto, con el fin de otorgarle mayor seguridad al cable y a su alineamiento.
- La pila de cimentación de la pila debe alcanzar la roca de la Formación Bogotá para garantizar el aumento significativo del factor de seguridad. Esto permite además cobijar la posibilidad de que ante la generación de un mecanismo de falla circular (Figura 45), el factor de seguridad sea significativamente alto.

#### **6.1.4.2 Parque Atenas**

La zona del Parque Atenas se encuentra igualmente sobre el talud de ascenso entre las estaciones del Portal 20 de Julio y La Victoria. En la

**Figura 50.** “Localización perfil Parque Atenas (perfil E-E)”, se muestra su localización dentro en planta y en la **Figura 51.** “Perfil estratigráfico Parque Atenas”, se muestran los materiales de estudio sobre el perfil estratigráfico.



El talud en cuestión se observa es perpendicular al alineamiento y fue generado sobre la línea de mayor pendiente.

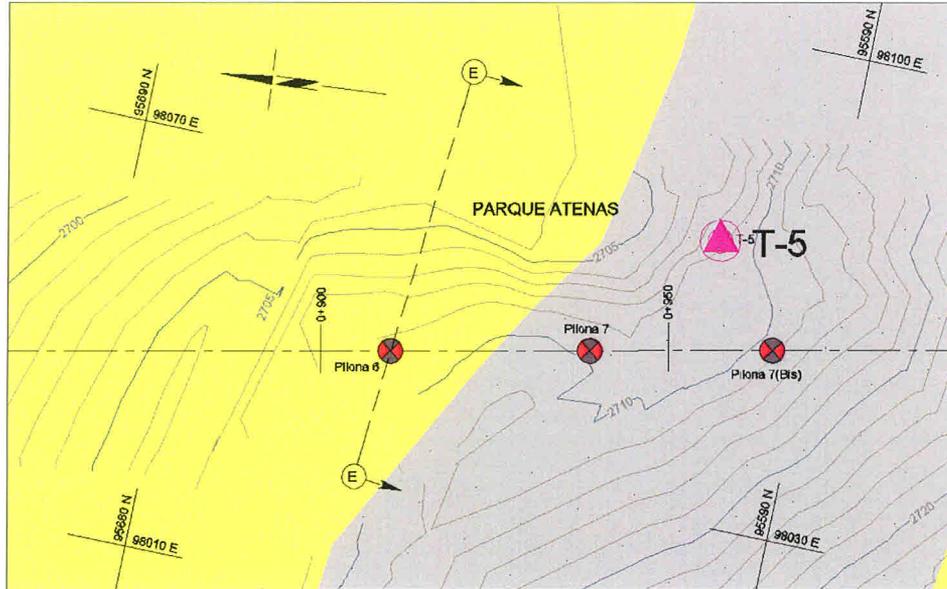


Figura 50. Localización perfil Parque Atenas (perfil E-E)

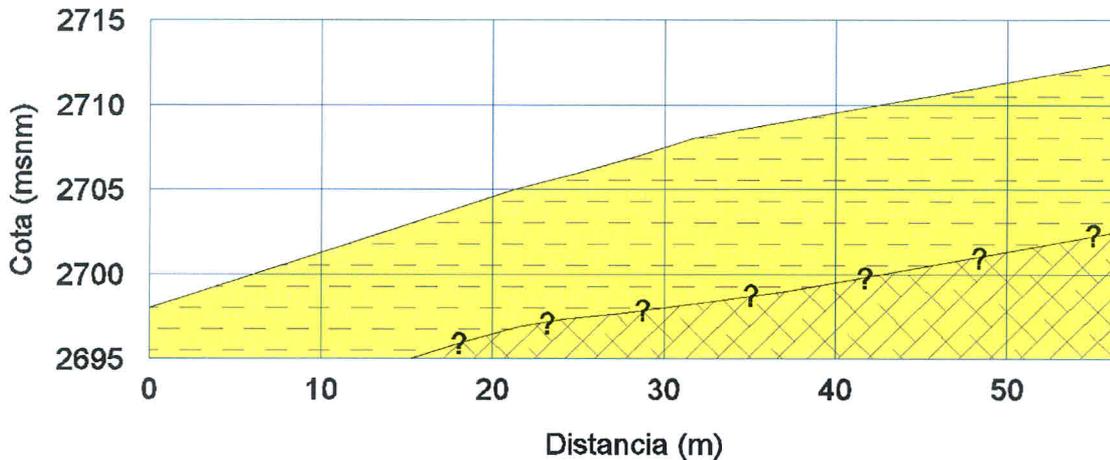


Figura 51. Perfil estratigráfico Parque Atenas

En la **Figura 52.** “Análisis de estabilidad perfil Parque Atenas” se muestran los resultados del análisis de estabilidad efectuado para la condición estática como pseudoestática. Para esta última se consideró un valor de aceleración en roca de 0.24 g, valor establecido para las



Estudio de factibilidad de los corredores de transporte por cable en las localidades de Ciudad Bolívar y San Cristóbal de Bogotá



zonas de Piedemonte tal y como lo expresa la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

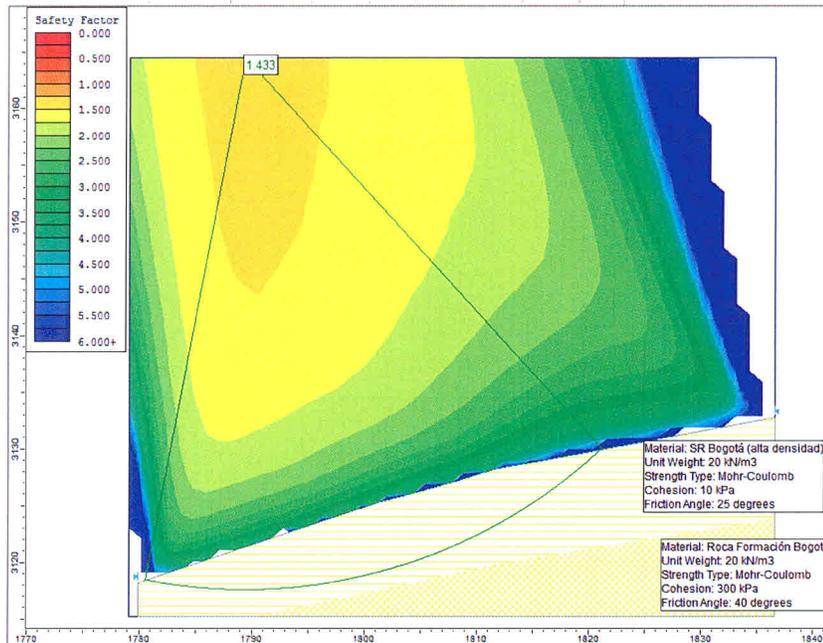
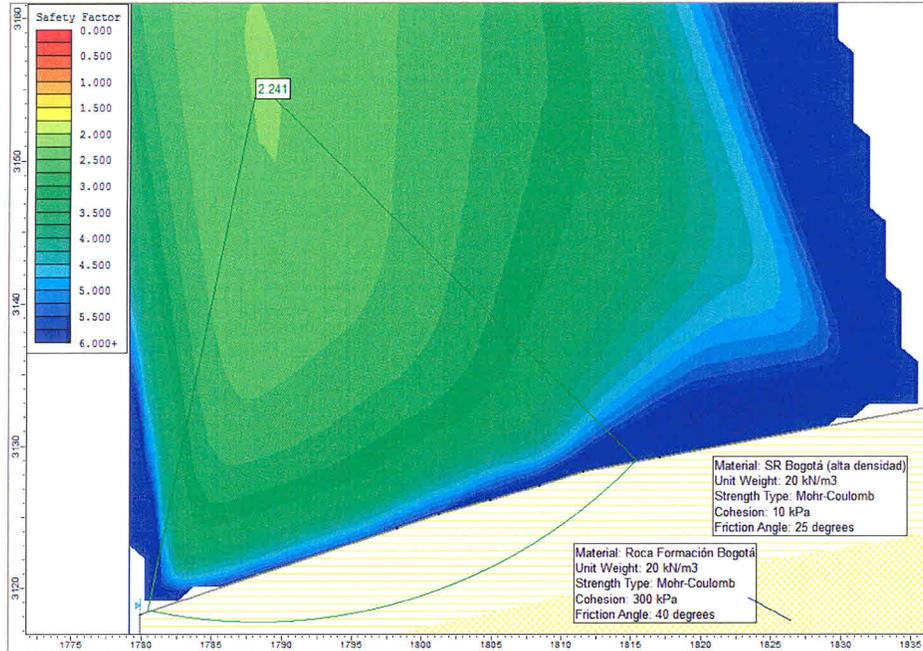


Figura 52. Análisis de estabilidad perfil Parque Atenas



De la Figura 52 se concluye:

- Dado que los materiales del perfil estratigráfico hacen referencia al suelo residual de alta densidad de la Formación Bogotá y la roca de la misma formación, las superficies de falla generadas presentan factores de seguridad por encima de los admisibles para ambas condiciones. De esta manera hay seguridad de que no presentarán ocurrencia de fenómenos por remoción en masa.
- La cimentación de la pylon 5 deberá alcanzar el material de roca de la Formación Bogotá. Dicha pylon no ve comprometida su estabilidad.

#### **6.1.4.3 Cuenca Quebrada Chorro Colorado**

La cuenca de la quebrada Chorro Colorado se encuentra aledaña al tramo de ascenso del cable entre la estación La Victoria y la estación Altamira – Moralba. En la **Figura 53**. “Cuenca Chorro Colorado”, se muestra el sitio de donde está localizada la pylon 16.

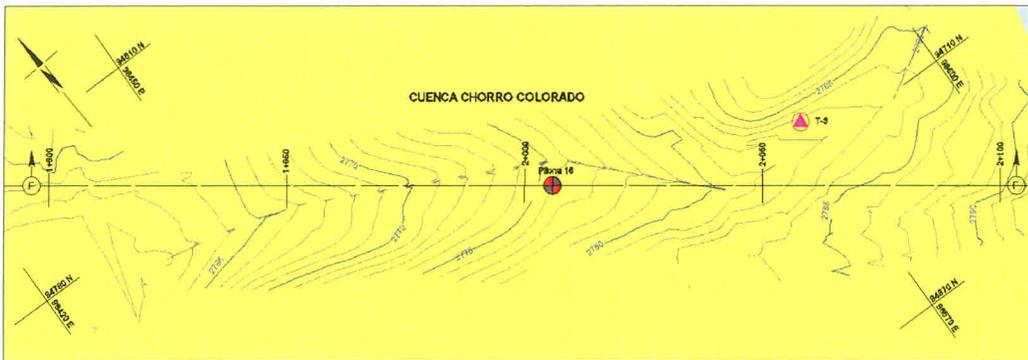


**Figura 53. Cuenca Chorro Colorado**

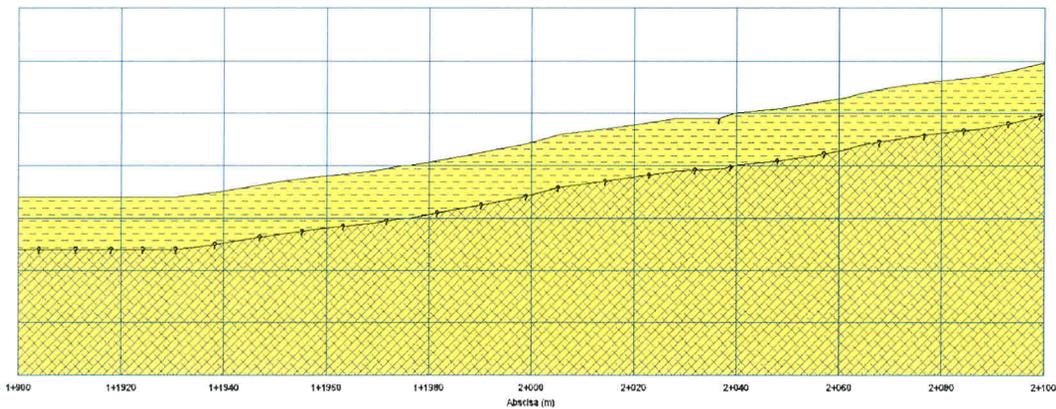


En la **Figura 54.** “Localización en planta perfil cuenca Chorro Colorado” y **Figura 55.** “Perfil estratigráfico perfil Chorro Colorado” se muestra la localización en planta y el perfil estratigráfico del sitio analizado, respectivamente.

Se observa que se cuenta con la presencia de suelo residual de densidad alta y roca de la Formación Bogotá. El perfil de estudio va de la abscisa 1+900 a 2+100.



**Figura 54. Localización en planta perfil cuenca Chorro Colorado**



**Figura 55. Perfil estratigráfico Chorro Colorado**

En la **Figura 56.** “Análisis de estabilidad cuenca Chorro Colorado” se muestra el análisis de estabilidad realizado sobre el perfil de estudio, tanto para la condición estática como pseudoestática. El análisis pseudoestático consideró la generación de un sismo con aceleración en roca de 0.22 g.

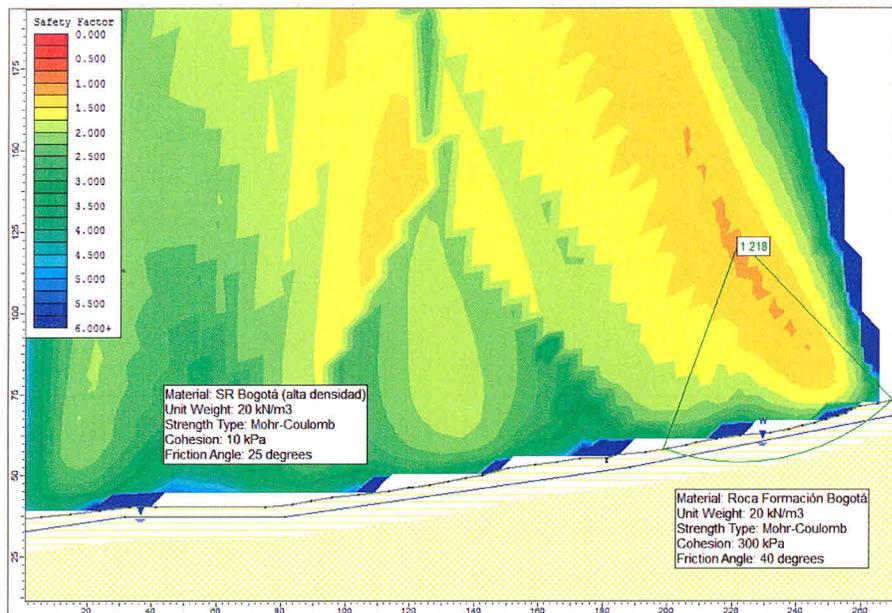
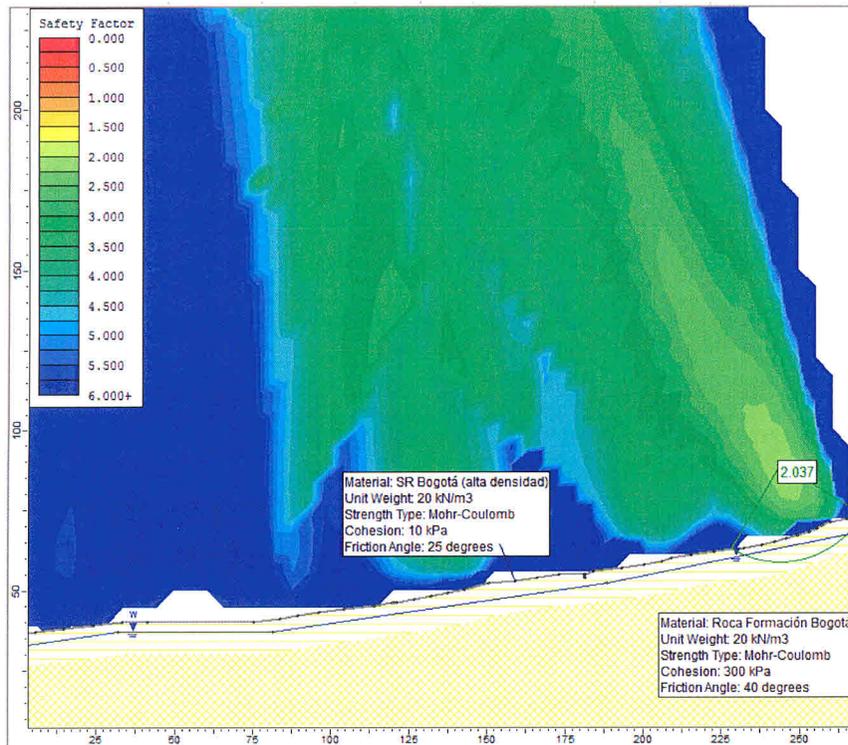


Figura 56. Análisis de estabilidad cuenca Chorro Colorado



De la Figura 56 se concluye:

- Tanto para el caso estático como pseudoestático se alcanzan valores del factor de seguridad por encima de los admisibles. De esta manera se descarta la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa bajo la condición actual del terreno.
- La cimentación de la piona 16 deberá alcanzar el material de roca de la Formación Bogotá. Dicha piona no ve comprometida su estabilidad.

Evidentemente en la zona hubo un problema de estabilidad grave (previo a la canalización). De esta manera la piona 16 podrá verse sometida a deslizamientos en profundidad por lo que se recomienda la colocación de una pantalla para proteger la piona y un adecuado manejo del agua, adicional a la recomendación de la profundidad de cimentación.

En general, sobre el tramo de ascenso entre las estaciones La Victoria y Altamira - Moralba no se observan fenómenos de remoción en masa que afecten la viabilidad del cable.

#### **6.1.4.4 Conclusiones**

Dadas las características de los materiales, y teniendo en cuenta los modelos de estabilidad efectuados se recomienda lo siguiente:

- Para el caso de la estación Portal 20 de Julio se descarta la generación de fenómenos por remoción en masa bajo las condiciones actuales. Previamente se realizó una intervención la cual implicó tratamientos importantes. Se debe garantizar que la cimentación de las pilonas de la estación y del alineamiento, alcance la roca de la Formación Bogotá.
- La geomorfología de la zona y el origen geológico de los materiales dan lugar a procesos morfodinámicos no circulares, alargados y poco profundos con tasas de movimiento o velocidad lento en la zona de Villa de los Alpes.
- Para el caso de las pilonas que se encuentran cerca de la urbanización Villa de Los Alpes (pilonas 4 y 5), es menester que su fundación atraviese los estratos de lleno antrópico y el suelo residual de baja densidad, alcanzando de esta manera la roca de la Formación



Bogotá. De esta manera se propone una cimentación profunda de pilotes largos, con longitud de 15,0 m, protegidas con una barrera de pilotes.

- Las pylonas 6 a 12 tendrán una fundación conformada por pilotes profundos que atravesarán el lleno antrópico y el suelo residual blando y que alcanzarán la roca de la Formación Bogotá.
- Las cimentaciones de las pylonas de la estación La Victoria deben atravesar el material de lleno antrópico y el material volcánico, alcanzando profundidades por debajo de los 20,0 m. Para el caso del perfil de la estación (transversal al alineamiento) se previenen la generación de fenómenos de remoción en masa con la colocación de las pilas de cimentación.
- Para el caso de la estación Altamira – Moralba se retirará el lleno antrópico del perfil, cuando requerimientos arquitectónicos así lo indiquen. Se garantiza la no ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. La cimentación de las pylonas estará dada con pilotes cortos los cuales alcanzarán rápidamente la roca de la Formación Bogotá.
- En etapas avanzadas se deben realizar estudios geotécnicos específicos que incluyan la ejecución de perforaciones en cada una la zona de pylonas para el nuevo alineamiento. Esto permitirá conocer las propiedades de los materiales que allí se obtengan y refinará el modelo geológico aquí propuesto, a la luz de los fenómenos de remoción en masa lentos reportados e identificados en campo.

## 6.2 ESPECTRO DE DISEÑO

Con base en los valores de  $N_{SPT}$  obtenidos de las perforaciones se determinó el valor de la velocidad de onda de corte ( $V_s$ ) para los estratos identificados en la zona de estudio. Mediante la utilización de la correlación  $V_s = 60,96(N_{SPT})^{0,5}$ , se estimó el valor promedio de la velocidad en metros por segundo para los materiales encontrados en los sondeos realizados en los sitios de cada una de las estaciones.

En la **Tabla 36**. “*Velocidad de onda de corte promedio*” se muestran los valores de velocidad promedio por cada una de las estaciones.



**Tabla 36. Valores de velocidad de onda de corte promedio**

Perforación	Ubicación	Vs (m/s)
1	Estación Portal 20 de Julio	432,87
2	Estación La Victoria	342,17
3	Estación Altamira - Moralba	377,83

De acuerdo con la norma NSR-10 y según los valores de velocidad de onda de corte obtenidos, la zona de estudio se encuentra localizada en Bogotá por lo que se le asigna un valor de aceleración en roca ( $a_g$ ) de 0,20 g, lo que equivale a una zona de amenaza intermedia (Título A). Se recomienda trabajar con los valores de aceleración estipulados en el Estudio de Microzonificación para las diferentes zonas de estudio. Para el análisis se escoge el mayor valor reportado por el estudio, de 0,24g.

De igual forma se dan los valores de los coeficientes de amplificación (coeficientes de sitio) para los periodos cortos e intermedios del espectro, con el fin de tener en cuenta los efectos locales del suelo en la amplificación de la onda sísmica en caso que se presente un sismo. Para ello se clasifica el material con base en los valores de Vs y se evalúa la respuesta sísmica de acuerdo a los perfiles de suelo establecidos.

Mediante la utilización de la expresión (A.2.4-1) de la norma NSR-10, se determina el perfil de suelo típico de la zona utilizando la velocidad de onda de corte media. De esta manera se tiene que los perfiles de suelo clasifican, según la norma NSR-10, así:

- Los perfiles de la estación 20 de Julio y Altamira – Moralba clasifican como perfiles de suelos tipo C, es decir, materiales de suelo muy denso o roca blanda.
- El perfil de la estación La Victoria clasifica como un perfil de suelo tipo D, lo que hace referencia a suelos rígidos.

Con base en la clasificación establecida, se tienen los siguientes coeficientes de sitio para periodos cortos e intermedios del espectro,  $F_a$  y  $F_v$  respectivamente, cuyo valor depende además de la intensidad del movimiento sísmico o aceleración en roca ( $a_g$ ) definida previamente. En la **Tabla 37. "Parámetros de aceleración del espectro de diseño"** se muestran los valores estipulados por la norma NSR-10.



**Tabla 37. Parámetros de aceleración del espectro de diseño**

Perforación	Perfil Tipo	Fa	Fv
1	C	1,15	1,55
2	C	1,30	1,90
3	D	1,15	1,55

En comparación de los resultados de la Tabla 3 y Tabla 37 se observa que los parámetros entregados por el estudio de Microzonificación son superiores en términos de Fa y Fv.

Para el caso del análisis estructural de las estaciones y las pilonas, se debe trabajar con los resultados de la Tabla 3.