

1. OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1. OBJETIVOS

- Determinar la zonificación geológica de la unidad funcional 6 a partir de los datos recolectados en campo y la información geológica histórica de la zona.
- Establecer a partir de la zonificación geológica, resultados de laboratorio, resultados de ensayos de campo y características de la unidad funcional 6 las diferentes zonas geotécnicas para determinar las propiedades geomecánicas de los materiales presentes en los perfiles estratigráficos a lo largo del corredor.
- Caracterizar por medio de ensayos in situ y ensayos de laboratorio el comportamiento mecánico de los materiales presentes en la unidad funcional.

1.2. ALCANCE

El proyecto de ampliación al tercer carril de la doble calzada Bogotá – Girardot tiene como objetivos fundamentales la mejora de las condiciones de servicio, seguridad vial y aumentar la sensación de confort de los usuarios de este corredor a través de la ampliación de un tercer carril en todo el corredor, de igual manera para mejorar estas condiciones en el corredor existente, el desarrollo del proyecto contempla el mantenimiento de algunos sectores del corredor. Con la construcción del presente proyecto se generará un crecimiento socioeconómico, no sólo para las comunidades ubicadas a lo largo del corredor, sino también para los usuarios y las personas que dependan del mismo.

El alcance del presente informe comprende la determinación de la zonificación geológica – geotécnica de los materiales que conforman la Unidad Funcional 6 (Puente río Blanco Silvania – Acceso a Granada), la cual consta de una vía con una longitud aproximada de 19,00 km. El estudio contiene el análisis de las características geológicas y comportamiento mecánico de los materiales, presenta la campaña de exploración a lo largo del corredor y la definición de propiedades a partir de los resultados de laboratorio.

Para la definición de las propiedades de los materiales, el informe se basó en un programa de investigación del subsuelo basado en exploraciones directas, exploración indirectas y resultados de laboratorios a lo largo del corredor. En los anexos se incluye todo el análisis de datos realizado para cada uno de los materiales presentes en cada una de las zonas geológicas – geotécnicas establecidas.

2. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de ampliación al tercer carril de la doble calzada Bogotá-Girardot, surge a partir de la necesidad imperante de mejorar las condiciones del servicio, de seguridad vial y de ofrecer mayor confort a los usuarios de este corredor vial. Así mismo el proyecto busca armonizar las facilidades existentes y las condiciones operativas y de mantenimiento ejecutadas en la actualidad con los más altos estándares aplicables, así como con las especificaciones técnicas constructivas acogidas por la Agencia Nacional de Infraestructura dentro del marco de la estructuración de la cuarta generación (4G) de concesiones viales de Colombia.

El proyecto de manera general tiene su área de influencia iniciando en el Distrito Capital, y recorre los municipios de Soacha, Granada, Silvania, Fusagasugá, Icononzo, Melgar, Nilo, Ricaurte, Suárez y Girardot.

La autopista consta de una doble calzada, de 2 carriles cada una con un separador central. La infraestructura existente incluye variantes e intersecciones en las poblaciones de Fusagasugá y Melgar, un túnel ubicado en el sector de Boquerón, pasa ganados, puentes vehiculares, viaductos y puentes peatonales, además de dos centros de control de operaciones y dos estaciones de pesaje.

De acuerdo a la configuración del proyecto este se encuentra dividido en Unidades Funcionales, el presente informe exhibe la zonificación de la Unidad Funcional 6 la cual contempla la rehabilitación de la calzada existente y la ampliación a tercer carril entre el Puente Río Blanco (Silvania) en el PR77+560 y el acceso a Granada en el PR96+480



Figura 1 Planta localización general del proyecto
Fuente: INGETEC

3. ASPECTOS GEOLOGICOS UNIDAD FUNCIONAL 6

A partir del estudio geológico detallado realizado para la Unidad Funcional 6 se han establecido las formaciones que conforman el corredor, a continuación, se muestran las características bajo las cuales se llevó a cabo la caracterización geológica – geotécnica de la UF6.

3.1. ESTRATIGRAFIA

El corredor vial está localizado en el bloque Valle Medio del Magdalena-Guaduas y el bloque Anticlinorio de Villeta, donde afloran unidades roca principalmente del Cretácico Superior, Paleógeno Superior y Neógeno Inferior. La Unidad Funcional 6 se encuentra en el bloque Sabana de Bogotá, cuyas unidades litológicas influyentes son Formación Labor y Tierna (Ksli), Formación Guaduas (Kpggu), Lodolitas de Fusagasugá (Pgf), Aluviones recientes (Qal) y Depósitos Coluviales (Qco).

3.1.1. Cretácico

- Formación Labor y Tierna (Ksli): en la Unidad Funcional 6, se caracteriza por presentar capas medias a gruesas (> 0,5 m) de areniscas cuarzo feldespáticas con intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas.

3.1.2. Paleógeno

- Formación Guaduas (Kpggu): está conformada, está conformada por arcillolitas laminadas a no laminadas, grises claras y abigarradas, con intercalaciones de cuarzo arenitas grises, de grano medio a fino. En la Unidad Funcional 6 no se presentan como afloramientos, pero se evidencia por su expresión geomorfológica de valles suaves.
- Lodolitas de Fusagasugá (Pgf): La parte inferior de las Lodolitas de Fusagasugá se encuentra expuesta y está compuesta por una sucesión de arcillolitas grises y rojizas, en capas delgadas, onduladas paralelas, y por intercalaciones de areniscas cuarzo-feldespáticas, finas a gruesas, pardo rojizas, con cemento silíceo, en capas delgadas a gruesas. La parte media, se asume que está constituida por lodolitas y arcillolitas rojas, con esporádicas intercalaciones de areniscas de cuarzo, finas a medias, con cemento silíceo, en capas delgadas, plano paralelas y ocasionalmente medias a gruesas, convergentes. La parte superior, está conformada por una alternancia de arcillolitas rojas y grises y areniscas de cuarzo, medias a gruesas, pardas a rojizas, en capas delgadas a gruesas.

3.1.3. Cuaternario

Los depósitos Cuaternarios, se asocian a depósitos de Aluviales y Coluviones, los cuales se caracterizan por ser depósitos conglomeráticos de tamaños heterogéneos en una matriz areno arcillosa.

- Aluviones recientes (Qal): Se localizan principalmente en los lechos de las Quebradas, son bloques de arrastre torrencial, heterogéneos, sub angulosos a subredondeados de arenisca cuarzosa predominantemente, la fuente probablemente son rocas Cretácicas del Grupo Guadalupe (Ksg). Las cuales se encuentran suprayaciendo las rocas de la Formación Lodolitas de Fusagasugá

- Depósitos Coluviales (Qco): Estos depósitos se localizan principalmente en las laderas de las montañas, se caracterizan por presentar bloques subangulares a redondeados de arenisca cuarzosa predominantemente en una matriz areno arcillosa. Se encuentran principalmente suprayaciendo las rocas de la Formación Lodolitas de Fusagasugá.

3.2. LITOLOGÍA

En la Unidad Funcional 6, afloran principalmente depósitos cuaternarios Aluviales y de Coluvión suprayaciendo la Formación Lodolitas de Fusagasugá, 8 después del K14+000 al norte de la Zona Homogénea afloran areniscas blancas friables de grano fino a medio pertenecientes a la Formación Labor y Tierna (Ksli).

- Formación Labor y Tierna (Kstiu): aflora al norte de esta Zona Homogénea entre las abscisas K14+470 – K14+650, K17+025 – K18+772, se presenta como arenas blancas, de grano fino a medio, cuarzo feldespáticas en capas de 0,5 aproximadamente. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa una explotación artesanal de las arenas cuarzo-feldespáticas de la Formación Labor y Tierna (Ksli). Se observa un afloramiento donde se evidencia el patrón de fracturas presentes en esta Formaciones, las cuales en taludes de mayor altura propician caída de bloques. Presenta un bajo grado de meteorización, por lo que sus suelos residuales son delgados, su fracturamiento indicado en RQD de campo entre 80 y 90%.
- Formación Guaduas (Kpggu): aflora en el trazado entre las abscisas K10+150 – K10+660, K12+815 – K13+550 y K14+650 – K17+020. Está conformada, en general por arcillolitas laminadas a no laminadas, grises claras y abigarradas, con intercalaciones de cuarzo arenitas grises, de grano medio a fino, en la UF 6 no se presentan afloramientos, pero se evidencia la formación Guaduas por su expresión geomorfológica de valles suaves. A lo largo del trazado no se identificaron afloramientos que mostraran la condición actual de la roca, por los registros de perforación y la litología de las rocas que conforman la formación se tienen RQD bajos. Esta roca presenta suelos arcillosos de espesores bajos.
- Lodolitas de Fusagasugá (Pgf): aflora la Formación Lodolitas de Fusagasugá (Pgf), en las zonas relativamente altas, donde los datos estructurales de buzamiento permiten que el miembro arenoso (más competente) de esta unidad aflore (Fotografía 8-A). Aflora en el trazado entre las abscisas K0+920 – K3+460, K4+290 – K9+550 sector donde se encuentra parcialmente cubierta por depósitos coluviales, aluviales y antrópicos. Se caracteriza por presentar arcillolitas moradas en capas delgadas que son fácilmente erodables.
- Coluviones (Qco): estos depósitos se localizan principalmente en las laderas de las montañas y en las partes bajas, suprayaciendo la Formación Lodolitas de Fusagasugá (Pgf), como se observa en los sectores K0+000 al K0+890, K3+490 – K4+300, K47+650 – K4+850, K5+100 – K5+630, K8+450 – K9+095, K9+550 – K10+100, K10+660 – K11+350, K11+650 – K12+010 y K13+540 – K14+700 (costado derecho), donde las perforaciones realizadas en la zona indican un espesor que llegan a 12m (Sondeo 6-78+350-CD) y varían a lo largo del corredor.
- Antrópico (Qan): Estos depósitos corresponden a materiales depositados por la intervención del hombre, relacionadas con el objeto de realizar construcciones de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías. Estos materiales se caracterizan por no mantener un patrón similar a los depósitos encontrados en el área de estudio.

4. TRABAJOS DE CAMPO

Con el objetivo de identificar, describir y caracterizar mecánicamente los materiales que conforman el perfil estratigráfico de la Unidad Funcional 6, se realizó una campaña de exploración directa con la ejecución de perforaciones, ensayos insitu (SPT) y ensayos de laboratorio para cada uno de los sondeos realizados.

4.1. EXPLORACIÓN DIRECTA

Teniendo en cuenta las obras proyectadas a lo largo de la Unidad Funcional 6 se realizaron 102 perforaciones en la campaña de exploración ejecutada entre el 2017 y 2018 cuya localización se encuentra en la Tabla 1 con el fin de identificar claramente los materiales que conforman el perfil estratigráfico a lo largo del corredor.

Se realizaron registros de campo que contenían la descripción de los diferentes materiales encontrados indicando el nivel freático en la mayoría de sondeos, el método de toma de muestra y resultados de SPT. A partir de los datos consignados en los registros fue posible determinar la estratigrafía para cada uno de los sondeos realizados.

TABLA 1. SONDEOS REALIZADOS UF6 (CAMPAÑA 2017-2018)

NOMBRE	ESTE	NORTE	CALZADA	ABSCISA PR	COTA	PROF (m)	NF (m)
6-MURO 1-3	965018,879	979521,942	DERECHA	PR80+550	1579,50	7,00	seco
6-MURO 1-2	964968,143	979554,081	DERECHA	PR80+600	1583,50	8,50	3
6-80+580-CI	964832,000	979522,000	IZQUIERDA	PR80+730	1644,25	40,00	2,6
6-MURO 1-1	964917,339	979586,318	DERECHA	PR80+660	1590,75	12,00	2,5
6-PP-17-A2	964773,861	979708,934	IZQUIERDA	PR80+920	1609,00	13,00	No reporta
6-17+150-CI	964835,000	979715,000	DERECHA	PR80+850	1605,00	20,00	No reporta
6-PP-17-A1	964804,044	979728,513	DERECHA	PR80+865	1608,50	13,00	No reporta
6-PTE-34-2-CI	964806,850	979831,780	IZQUIERDA	PR81+010	1616,25	7,00	seco
6-R-3+280-CD	964841,052	979779,071	DERECHA	PR81+000	1602,00	10,00	2
6-PTE-34-1-CD	964827,000	979803,000	DERECHA	PR81+020	1609,50	7,00	seco
6-PTE-49-CI	967412,617	988741,275	IZQUIERDA	PR92+355	2173,50	10,00	seco
6-PTE-49-CD	967450,208	988715,908	DERECHA	PR92+340	2163,25	12,00	seco
6-PP-24-A2	968890,515	991268,780	IZQUIERDA	PR93+540	2288,00	15,00	No reporta
6-PP-24-A1	968920,757	991258,540	DERECHA	PR95+540	2287,75	15,00	No reporta
6-PDE-09-CI	968890,020	991449,170	IZQUIERDA	PR95+725	2296,25	10,00	seco
6-PDE-09-CD	968918,000	991448,000	DERECHA	PR95+730	2295,00	8,50	seco
6-18+560-CI	968882,620	991964,450	IZQUIERDA	PR96+310	2348,50	30,00	seco
6-PTE-43-CI	968916,700	992067,200	IZQUIERDA	PR96+400	2326,00	15,00	Seco
6-MURO 2-2	968982,936	992038,351	DERECHA	PR96+370	2318,25	16,00	seco
6-PTE-43-CD	968974,400	992033,800	DERECHA	PR96+410	2324,50	10,00	seco
6-MURO 2-1	968956,098	992002,381	DERECHA	PR96+420	2425,25	16,00	seco
6-PV-25-A1	966032,166	978639,733	DERECHA	PR78+300	1451,00	23,00	20,3
6-PV-26-A2	965987,075	978680,677	IZQUIERDA	PR78+320	1454,25	15,00	No reporta

6-PV-25-A2	966040,764	978674,976	DERECHA	PR78+330	1452,00	23,00	No reporta
6-80+100-CI	965222,245	979164,445	IZQUIERDA	PR79+850	1533,00	20,20	7,2
6-R-2+585-CD	965099,523	979250,920	DERECHA	PR80+240	1563,75	10,00	2
6-MURO 1-5	965114,687	979439,529	DERECHA	PR80+420	1575,25	9,00	seco
6-80+660-CD	965098,847	979443,583	DERECHA	PR80+430	1581,75	20,25	5
6-MURO 1-4	965070,465	979488,239	DERECHA	PR80+480	1575,50	10,00	3,6
6-SI-4+370-CI	965388,376	980553,673	IZQUIERDA	PR82+100	1696,25	10,00	seco?
6-82+200-CD	965451,000	980493,000	DERECHA	PR82+030	1676,75	20,00	3,2
6-82+370-CI	965445,000	980757,000	IZQUIERDA	PR82+300	1723,00	30,00	2
6-R-4+988-CD	965449,904	981090,701	DERECHA	PR82+690	1680,25	10,00	2
6-82+850-CI	965245,000	981074,000	IZQUIERDA	PR82+850	1745,00	40,00	6,3
6-83+070-CD-2	965324,000	981134,000	DERECHA	PR82+820	1693,25	25,20	3,5
6-PV-28-A2	965050,173	981525,633	IZQUIERDA	PR83+315	1724,00	15,00	10
6-PV-27-A1	965057,316	981482,056	DERECHA	PR83+250	1723,50	15,00	6,55
6-PV-27-A2	965077,517	981503,765	DERECHA	PR83+280	1720,50	15,00	5,5
6-83+830-CI	965240,000	981689,000	IZQUIERDA	PR83+550	1754,25	20,35	1
6-83+070-CD	965225,000	981828,000	IZQUIERDA	PR83+560	1792,00	25,00	1,2
6-84+270-CI	965671,000	981902,000	IZQUIERDA	PR84+020	1770,50	15,10	0,15
6-84+530-CI	965789,000	981996,000	IZQUIERDA	PR84+200	1772,00	20,20	4,5
6-SI-6+690-CI	965811,000	982132,000	IZQUIERDA	PR84+335	1775,50	15,00	3
6-84+790-CI	965851,000	982319,000	IZQUIERDA	PR84+520	1797,50	15,20	2,9
6-85+110-CD	966058,000	982566,000	DERECHA	PR84+850	1782,00	20,05	0,8
6-PP-18-A2	966326,542	982814,107	IZQUIERDA	PR85+320	1806,50	15,00	No reporta
6-PP-18-A1	966344,071	982780,438	DERECHA	PR85+300	1805,25	15,00	No reporta
6-85+635-CD	966470,000	982868,000	DERECHA	PR85+450	1808,25	15,00	1,5
6-85+700-CI	966462,000	982995,000	IZQUIERDA	PR85+570	1826,50	20,00	1,6
6-PP-19-A1	966489,407	984307,511	DERECHA	PR86+860	1878,25	15,00	6
6-87+170-CD	966388,840	984488,086	DERECHA	PR87+190	1889,75	20,00	1
6-PP-21-A2	966907,307	987151,830	IZQUIERDA	PR90+600	2082,50	15,00	3,5
6-PP-21-A1	966938,740	987135,161	DERECHA	PR90+600	2080,75	15,00	2,25
6-PP-22-A2	967808,502	989143,309	IZQUIERDA	PR93+045	2203,75	15,00	1,6
6-PP-22-A1	967827,573	989094,472	DERECHA	PR93+060	2205,50	15,00	0,9
6-PDE-07-CI	968184,410	989561,630	IZQUIERDA	PR93+630	2194,75	10,00	seco
6-PDE-07-CD	968216,130	989550,870	DERECHA	PR93+660	2197,25	12,00	4
6-PP-23-A3	968048,215	989834,557	IZQUIERDA	PR94+000	2187,25	15,00	No reporta
6-PP-23-A1	968080,362	989859,203	DERECHA	PR94+000	2184,25	15,00	No reporta
6-PP-23-A2	968066,683	989849,165	SEPARADOR	PR94+000	2186,50	15,00	No reporta
6-PDE-08-CI	968079,810	990220,210	IZQUIERDA	PR94+200	2207,00	5,50	0,5

6-PDE-08-CD	968109,320	990204,230	DERECHA	PR94+200	2205,75	7,00	4
6-PV-23-A1	965557,726	978114,666	IZQUIERDA	PR77+500	1456,75	23,00	4,3
6-PV-23-A2	965569,791	978155,729	IZQUIERDA	PR77+550	1453,50	23,00	12
6-PV-22-A1	965611,772	978129,668	DERECHA	PR77+560	1459,00	23,00	No reporta
6-PV-22-A2	965612,301	978161,497	DERECHA	PR77+600	1458,75	23,00	No reporta
6-PP-14-A1	965608,173	978308,411	IZQUIERDA	PR77+700	1461,75	15,00	No reporta
6-PDE-03-CI	965668,060	978380,650	IZQUIERDA	PR77+800	1458,50	12,00	2
6-PDE-03-CD	965678,010	978343,210	DERECHA	PR77+800	1463,00	9,00	2
6-78+350-CD	965771,000	978385,000	DERECHA	PR77+900	1479,50	26,00	No reporta
6-PP-15-A1	965802,325	978460,263	IZQUIERDA	PR77+950	1461,25	15,00	5,3
6-PP-15-A2	965818,676	978433,858	DERECHA	PR77+970	1461,00	15,00	No reporta
6-PV-26-A1	965989,483	978643,861	IZQUIERDA	PR78+280	1450,75	23,00	No reporta
6-79+100-CD-1	966049,000	978913,000	DERECHA	PR78+580	1463,00	25,00	No reporta
6-79+100-CD-2	966094,000	978925,000	SEPARADOR	PR78+580	1468,50	25,00	No reporta
6-79+310-CD	965928,000	979077,000	DERECHA	PR79+060	1478,50	20,00	No reporta
6-PP-16-A3	965685,666	979130,809	IZQUIERDA	PR79+330	1503,50	15,00	4
6-PP-16-A1	965694,993	979185,724	DERECHA	PR79+325	1496,50	15,00	7
6-PP-16-A2	965690,330	979158,267	SEPARADOR	PR79+330	1501,00	15,00	5
6-79+620-CD-1	965632,092	979150,302	SEPARADOR	PR79+400	1503,25	20,20	1,6
6-79+620-CD-2	965611,527	979187,420	DERECHA	PR79+410	1499,00	20,30	4,2
6-R-2+165-CI	965199,731	979096,631	IZQUIERDA	PR79+910	1532,00	20,50	4,5
6-T-3+340-CI	964829,769	979879,093	IZQUIERDA	PR81+060	1629,25	15,00	3,1
6-R-3+530-CD	964994,436	979980,111	DERECHA	PR81+250	1622,50	7,00	No reporta
6-T-3+600-CI	964974,959	980154,287	IZQUIERDA	PR81+380	1653,50	15,00	1,4
6-PDE-04-CD	965014,920	981402,980	IZQUIERDA	PR83+190	1724,25	14,00	3,2
6-PDE-04-CI	965004,000	981438,000	IZQUIERDA	PR83+220	1730,50	12,00	8
6-PV-28-A1	965032,948	981505,868	IZQUIERDA	PR83+290	1723,00	15,10	No reporta
6-PDE-05-CI	966490,000	983586,000	IZQUIERDA	PR86+110	1844,00	10,00	4
6-PDE-05-CD	966518,460	983602,090	DERECHA	PR86+130	1844,50	12,00	2,8
6-PP-19-A2	966461,546	984288,222	IZQUIERDA	PR86+500	1878,00	15,00	5,8
6-87+320-CI	966195,000	984706,000	IZQUIERDA	PR87+470	1910,75	20,00	1,5
6-87+515-CI	966107,000	984802,000	IZQUIERDA	PR87+610	1916,25	20,00	2,1
6-87+670-CI	966045,000	984861,000	IZQUIERDA	PR87+700	1917,00	20,30	1,8
6-87+515-CD	966127,000	984846,000	DERECHA	PR87+640	1910,50	20,00	3,5
6-PTE-48-CI	965882,124	984964,4	IZQUIERDA	PR87+900	1920,25	16,00	No reporta
6-PDE-06-CI	965833,060	985013,690	IZQUIERDA	PR87+960	1927,25	11,00	6

6-PTE-48-CD	965891,273	985019,222	DERECHA	PR87+930	1914,75	14,50	3
6-PTE-40-CI	965651,600	985468,410	IZQUIERDA	PR88+260	1968,00	10,00	4
6-11+000-CI	965957,000	985678,000	IZQUIERDA	PR88+640	2011,00	28,00	3,2
6-PP-20-A2	965977,066	985875,553	IZQUIERDA	PR89+000	2007,50	15,00	4
6-PP-20-A1	966017,388	985887,407	DERECHA	PR89+000	2007,25	15,00	8

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de tener el control de las estructuras que pueden llegar a verse afectadas por procesos de socavación en el año 2020 se desarrolló una campaña de exploración en Puentes conformada por 5 perforaciones y para sitios inestables conformado por 5 sondeos; a la fecha se encuentran en ejecución las perforaciones de sitios inestables por este motivo una vez se cuente con los resultados de laboratorio serán incluidas dentro del análisis de zonificación sin embargo los resultados de laboratorios de las perforaciones para socavación fueron incluidos dentro de la zonificación Geológica – Geotécnica de la UF6.

TABLA 2. SONDEOS REALIZADOS UF6 (CAMPAÑA 2020)

NOMBRE	ESTE	NORTE	PROF (m)	NF (m)
6-SUB-78+300-CD-01	966036,8155	978642,6458	7,0	1
6-SUB-78+300-CD-02	966049,1595	978670,2863	6,0	0.82
6-SUB-78+300-CD-03	966045,0776	978673,3593	7,0	3,2
6-SUB-78+300-CI-01	966003,2085	978642,0452	7,0	seco
6-SUB-78+300-CI-02	966002,9042	978651,8749	7,0	
GA-PD6-1-A5	966059	978941	1.5	
GA-PD6-2-P13	965892	979120	30	
GA-PD6-7-A6	965090	979458	1.5	
GA-PD6-16-A7	965221	981198	1.5	
GA-PD6-29-P14	984796	966207	20	

Fuente: Elaboración propia

4.2. EXPLORACIÓN INDIRECTA

Con el objetivo de tener un mejor conocimiento de los materiales que conforman el perfil estratigráfico a lo largo del corredor y en complementación a la exploración directa se llevó a cabo la siguiente exploración indirecta a partir de líneas sísmicas, localizadas a lo largo de la Unidad Funcional 6.

TABLA 3 LÍNEAS SÍSMICAS UF6

LS-6-TC-77+500_A
LS-6-TC-77+500_B
LS-6-45-78+360
LS-6-46-79+100-A
LS-6-46-79+100_B
LS-6-47-79+310

LS-6-48-79+620_A
LS-6-48-79+620_B
LS-6-50-80+100
LS-6-51-80+660
LS-6-52-80+580-A
LS-6-52-80+580-B
LS-6-52-80+580-C
LS-6-55-82+200
LS-6-56-82+370-A
LS-6-56-82+370-B
LS-6-57-82+850-A
LS-6-57-82+850-B
LS-6-57-82+850-C
LS-6-58-83+070-A
LS-6-58-83+070-B
LS-6-58-83+070-C
LS-6-59-83+830
LS-6-60-84+270
LS-6-61-84+530
LS-6-63-85+110
LS-6-65-85+365
LS-6-66-85+700_A
LS-6-66-85+700_B
LS-6-68-87+170
LS-6-69-87+320
LS-6-70-87+515_A
LS-6-70-87+515_B
LS-6-70-87+515_C
LS-6-71-87+670
LS-6-MU-82+850

Fuente: propia

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

A partir de los sondeos realizados, se establecieron una serie de parámetros bajo los cuales se seleccionaron las muestras a las cuales se les llevaron a cabo ensayos de laboratorio con el objetivo de caracterizar los materiales que conforman el perfil estratigráfico a lo largo de la Unidad Funcional 6.

Por medio de los ensayos de laboratorio ejecutados, se pudieron establecer características de clasificación y parámetros de resistencia, en las muestras seleccionados. Los resultados de laboratorio fueron primordiales para la determinación de las propiedades de los materiales (Ver anexos).

Teniendo en cuenta la zonificación geológica se estableció la estratigrafía para cada una de las zonas y se determinó bajo un análisis estadístico de los resultados de laboratorio las propiedades de cada material, es importante tener en cuenta que de acuerdo a la naturaleza de los materiales se selecciona el percentil 50 o 70 de los datos.

Los resultados que se llevaron a cabo para la caracterización de materiales fueron:

- Propiedades índices (W, LL y LP)
- Composición granulométrica (%gravas, % arenas y % finos).
- Peso unitario.
- Compresión inconfiada.
- Carga puntual.
- Compresión simple
- Consolidación.

6. ZONIFICACIÓN

Una vez procesada y analizada toda la información anteriormente mencionada se realiza la siguiente zonificación:

6.1. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA

A partir del análisis geológico de la unidad funcional 6 se establecieron 3 zonas geológicas por medio de las cuales se localizaron las perforaciones ejecutadas para definir las áreas de afectación de cada una de ellas. En la tabla a continuación se describen los materiales geológicos y la caracterización morfológica y procesos morfodinámicos para cada una de las zonas. Información base para la determinación geotécnica de los materiales.

Zona geológico geotécnica	Material geológico	Morfología y procesos asociados
Z6-1	Rocas areniscas fracturadas de Pgf y areniscas competentes de la Formación labor y tierna Ksglt	Cortes en taludes escarpados, ocasionales caídas de rocas.
Z6-2	Lodolitas y arcillolitas muy meteorizadas (suelos residuales y saprolitos) con intercalaciones de capas de areniscas meteorizadas de la Fm lodolitas de Fusagasugá Pgf. Arcillolitas meteorizadas (saprolitos) de la Fm Guaduas Kpggu	Cortes a media ladera en terreno de Colinas onduladas, buzamientos en el sentido de la pendiente facilitan el flujo de agua hacia la vía.
Z6-3	Depósitos de coluvión Qc, sobre arcillolitas de Fm Fusagasugá Pgf.	Laderas con pendientes bajas, procesos de erosión y flujos de agua subsuperficial.

En la Tabla 4, se presenta la zonificación geológica diferenciando las sub zonas por longitudes de tramo

Tabla 4 Zonificación geológica

PR inicio	PR Final	Calzada del PR - PK	PK inicio	PK Final	Material geológico	Caracterización Morfológica.	Zona geotécnica	Longitud de tramo (m)
PR77+200	PR78+300	Derecha	K00+000	K00+900	Depósitos de coluvión Qc que recubren lodolitas y arcillolitas meteorizadas de la Fm Fusagasugá Pgf.	taludes de corte al margen interno de Calzada derecha. No se evidencian procesos morfodinámicos de mayor magnitud.	Z6-3	900
PR78+300	PR78+440	Derecha	K00+900	K01+020	Arcillolitas rojizas meteorizadas de la Formación lodolitas de Fusagasugá Pgf.	Terreno fuertemente intervenido en ladera erosional, posibles flujos de agua subsuperficiales.	Z6-2	120
PR78+440	PR79+700	Derecha	K01+020	K02+000	Depósitos de coluviones Qc, que recubren arcillolitas meteorizadas con capas de areniscas de la Fm Fusagasugá.	Procesos de inestabilidad por desconfiamiento y socavación lateral del río Subia.	Z6-3	980
PR79+700	PR80+050	Derecha	K02+000	K02+850	Lodolitas y arcillolitas rojizas muy meteorizadas de la Formación lodolitas de Fusagasugá Pgf.	Cortes de taludes de gran altura, presencia de procesos de erosión hídrica por escorrentía, surcos y cárcavas.	Z6-2	850
PR80+050	PR80+400	Derecha	K02+850	K02+750	Arcillolitas rojizas meteorizadas de la Fm Fusagasugá, con areniscas intercaladas. Pgf	Vía a media ladera con flujos de agua subsuperficiales. Presencia de inestabilidades en talud superior por aguas escorrentías.	Z6-3	-100
PR80+400	PR81+030	Izquierda	K02+750	K03+240	Areniscas con intercalaciones de arcillolitas de la formación Fusagasugá Pgf	corte a media ladera con escarpes de roca competente con procesos de erosión hídrica, erosión diferencial, caídas de rocas y flujos de tierras por acción hídrica.	Z6-1	490
PR81+030	PR82+100	Izquierda	K03+240	K04+330	Depósitos coluviales Qc, sobre arcillolitas de la Formación Fusagasugá Pgf.	Ladera erosiva con flujos de agua subsuperficial, favorecidos por buzamientos desfavorables en el sentido de la pendiente hacia la vía.	Z6-3	1090
PR82+100	PR82+350	Izquierda	K04+330	K04+590	Arcillolitas y lodolitas muy meteorizadas con capas de areniscas intercaladas de la fm Lodolitas de Fusagasugá Pgf.	Cortes de taludes con presencia de procesos de erosión hídrica por escorrentía, erosión diferencial, surcos y cárcavas.	Z6-2	260

PR82+350	PR82+470	Izquierda	K04+590	K04+710	Depósitos de coluvión.	laderas largas de formas cóncava, que aloja masa inestable.	Z6-3	120
PR82+470	PR82+870	Izquierda	K04+710	K05+100	Lodolitas y arcillolitas meteorizadas con capas de areniscas intercaladas, Fm Fusagasugá Pgf.	Taludes de corte altos, evidentes afloramientos de agua desde el talud superior a la cuneta vial.	Z6-2	390
PR82+870	PR83+300	Izquierda	K05+100	K05+570	Depósitos de coluvión Qc, sobre arcillolitas de Fm Fusagasugá Pgf.	Presencia de inestabilidades de la banca en el margen externo de la calzada derecha.	Z6-3	470
PR83+300	PR86+090	Izquierda	K05+570	K08+355	Lodolitas y arcillolitas meteorizadas con capas de areniscas intercaladas, Fm Fusagasugá Pgf.	Laderas de pendientes moderadas, con presencia de procesos de erosión asociados a escorrentía superficial y procesos de remoción en masa de mayor magnitud.	Z6-2	2785
PR86+090	PR86+720	Izquierda	K08+355	K09+000	Depósitos de coluvión Qc, sobre arcillolitas de Fm Fusagasugá Pgf.	Terrenos de morfología semiplana con pendientes muy bajas.	Z6-3	
PR86+720	PR87+350	Izquierda	K09+000	K09+500	Arcillolitas meteorizadas de la Fm Fusagasugá Pgf.	Cortes a media ladera con flujos de agua.	Z6-2	500
PR87+350	PR87+720	Izquierda	K09+500	K09+860	Depósitos de coluvión Qc	Laderas en reptación. Presencia de procesos de remoción en masa de gran magnitud en el talud superior.	Z6-3	360
PR87+720	PR87+800	Izquierda	K09+860	K10+000	Lodolitas meteorizadas de la Fm Fusagasugá (Pgf)	Procesos erosivos por acción hídrica.	Z6-2	140
PR87+800	PR89+150	Izquierda	K10+000	K11+330	Depósitos de coluvión sobre arcillolitas meteorizadas de Fm losolitas de Fusagasugá Pgf y de Formación guaduas Kpggu.		Z6-3	1330
PR89+150	PR89+300	Izquierda	K11+330	K11+500	Arcillolitas de la Fm Guaduas Kpggu.	Zona urbanizada con rellenos antrópicos a nivel de la vía.	Z6-2	170
PR89+300	PR90+500	Izquierda	K11+500	K12+700	Depósitos de coluvión sobre Arcillolitas de la Fm Guaduas.	Laderas con pendientes bajas, procesos de erosión y flujos de agua subsuperficial.	Z6-3	1200
PR90+500	PR91+300	Izquierda	K12+700	K13+480	Arcillolitas de Fm Guaduas Kpgg.	Zonas parcialmente escarpadas en Arenisca y terrenos de pendiente moderada en arcillolitas.	Z6-2	780

PR91+300	PR92+185	Izquierda	K13+480	K14+385	Depósitos de coluvión sobre Arcillolitas de la Fm Guaduas.	Laderas con pendientes bajas, procesos de erosión y flujos de agua subsuperficial.	Z6-3	905
PR92+185	PR92+400	Izquierda	K14+385	K14+600	Rocas competentes, areniscas de la Formación Labor y tierna Kslt	Taludes con actividades de extracción de materiales	Z6-1	215
PR92+400	PR94+650	Izquierda	K14+600	K16+920	Arcillolitas de Fm Guaduas	Colinas onduladas buzamientos en el sentido de la pendiente facilitan el flujo de agua hacia la vía.	Z6-2	2320
PR94+650	PR96+900	Izquierda	K16+920	K19+100	Rocas areniscas de la Formación Labor y tierna, fracturadas.	vía con talud superior de cortes escarpados sobre roca competente.	Z6-1	2180

Fuente: elaboración propia

6.2. ZONIFICACIÓN GEOTECNICA

Partiendo de la zonificación geológica y teniendo en cuenta la localización de cada uno de los sondeos ejecutados fue posible determinar columnas estratigráficas para cada uno, en cada una de las zonas mencionadas en el capítulo anterior.

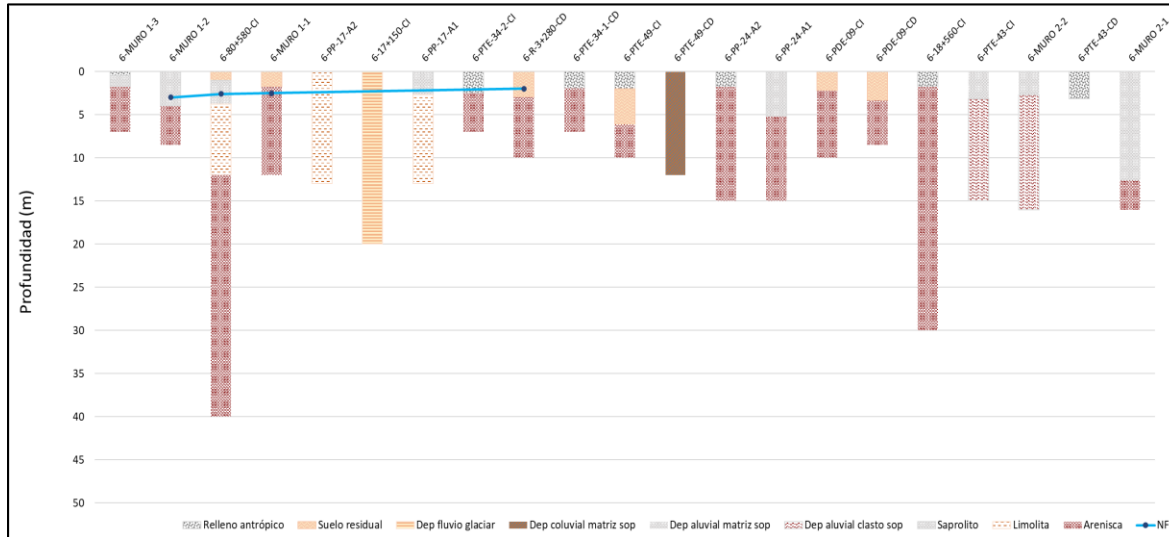
Teniendo como base la geología determinada y los resultados de laboratorio de las muestras de los sondeos ejecutados en la UF6 se realizó un análisis estadístico diferenciando los materiales que conforman el perfil estratigráfico en profundidad (Ver anexos), para la determinación de parámetros se tuvo en cuenta el percentil que se ajustara mejor al comportamiento del material.

En los anexos se compilan los resultados del análisis de datos realizados con el objetivo de determinar parámetros geomecánicos para cada uno de los materiales presentes en cada una de las zonas determinadas por el área geológica. De acuerdo a la naturaleza del material se realizó una agrupación de datos por tipo de material según el registro de campo y las propiedades índice obtenidas del laboratorio, una vez se contaba con la secuencia estratigráfica se definen propiedades mecánicas a partir de resultados de laboratorio como compresión confinada, corte directo, carga puntual, compresión simple y consolidaciones. En el caso que solo se cuente con resultado de propiedades índice (humedad y límites) se consultó bibliografía y se determina un rango de parámetros de acuerdo al comportamiento de los materiales.

Como resumen se presentan a continuación las columnas estratigráficas de cada una de las zonas geológico – geotécnicas y las propiedades definidas para los materiales encontrados en la zona respectiva.

• Z6-1

FIGURA 2 COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS Z6-1 UF6



Fuente. Elaboración propia

Tabla 5 Parámetros Z6-1

MATERIAL	PARÁMETROS Z6-1		
Relleno antrópico	W	6,82	12,93
	LL	NL	
	LP	NP	

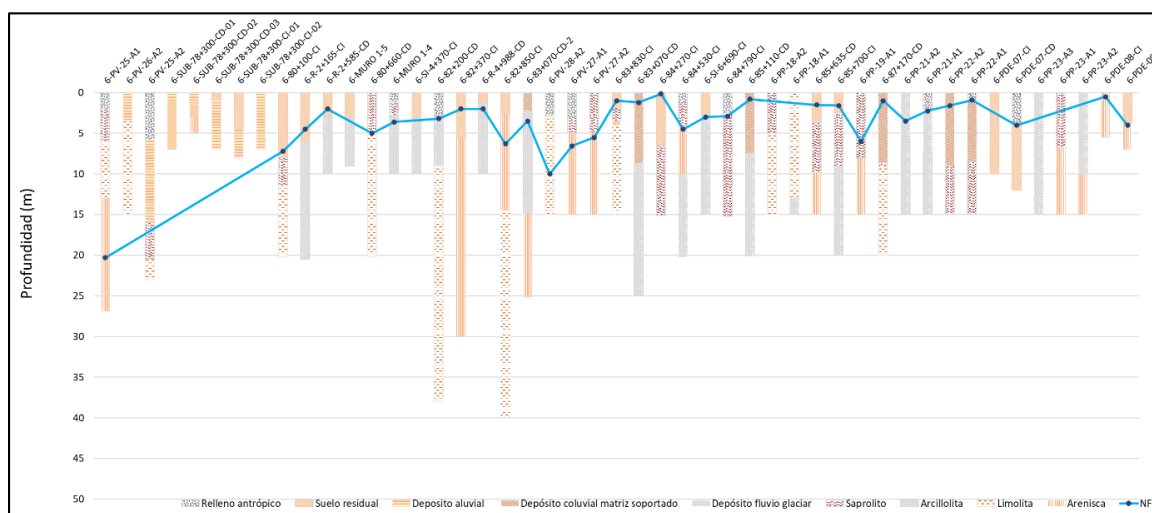
	γ (Kn/m3)	19,2	
	ϕ (°)	20	25
	c (kPa)	1	8
Suelo residual (arcilloso)	γ (kN/m3)	máx.	18,30
		prom	16,90
		min	13,30
		percentil 0,7	17,25
	ϕ (°)	18,62	
	c (kPa)	64,22	
	qu (kPa)	402,46	
	Cc	0,51	
Depósito fluvio glacial	W	5	24
	LL	42	43
	LP	16	20
	γ (Kn/m3)	19	21,2
	ϕ (°)	35	43
	c (kPa)	0	1
Depósito coluvial matriz soportado	γ (kN/m3)	max	23,60
		prom	20,07
		min	18,20
		percentil 0,7	18,32
	ϕ (°)	28,25	
	c (kPa)	53,08	
	qu (kPa)	303,22	
Depósito aluvial matriz soportado	γ (kN/m3)	max	18,40
		prom	17,38
		min	16,40
		percentil 0,7	16,75
	ϕ (°)	31,41	
	c (kPa)	37,49	
	qu (kPa)	87,28	
Depósito aluvial clasto soportado	γ (kN/m3)	max	24,00
		prom	23,27
		min	22,60
		percentil 0,7	22,96
	Qu (MPa)	max	121,50
		prom	56,64
		min	6,08
		percentil 0,5	49,49
	ϕ (°)	26	

	c (kPa)	26,98	
Saprolito de limolita	γ (kN/m ³)	max	23,80
		prom	20,73
		min	18,30
		percentil 0,7	19,38
	qu (kPa)	135,135	
	Qu (MPa)	39,98	
Limolita	Qu (MPa)	max	23,64
		prom	12,12
		min	5,14
		percentil 0,5	5,88
	γ (Knm ³)	25,9	
	ϕ (°)	40,31	
	c (kPa)	39,104	
Arenisca	γ (kN/m ³)	max	25,70
		prom	22,84
		min	16,64
		percentil 0,7	22,78
	Qu (MPa)	max	101,16
		prom	27,42
		min	1,49
		percentil 0,3	34,86
	ϕ (°)	20,822	
	c (kPa)	69,21408	

Fuente. Elaboración propia

- 6-2

FIGURA 3 COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS Z6-2 UF6



Fuente. Elaboración propia

Tabla 6 Parámetros Z6-2

MATERIAL	PARÁMETROS Z6-2		
Relleno antrópico	γ (Kn/m3)	max	23,44
		prom	20,12
		min	16,90
		percentil 0,7	19,36
	ϕ (°)	18	32
	c (kPa)	1	8
Suelo residual arcilloso	γ (Kn/m3)	max	21,70
		prom	19,12
		min	17,05
		percentil 0,5	18,90
	ϕ (°)	max	23,10
		prom	19,29
		min	17,05
		percentil 0,5	18,90
	c (kPa)	max	118,39
		prom	69,08
		min	18,57
		percentil 0,7	59,01
	qu (kPa)	90,937	
Depósito aluvial	γ (Kn/m3)	max	25,20
		prom	21,86
		min	18,20
		percentil 0,5	20,6
	Compresión Simple (Mpa)	max	54,60
		prom	15,51
		min	4,40
		percentil 0,7	5,684
Depósito coluvial matriz soportado	γ (Kn/m3)	max	20,50
		prom	20,02
		min	19,10
		percentil 0,7	20,10
	ϕ (°)	17,13	
	c (kPa)	15,15	
	qu (kPa)	36,67	
Depósito fluvio glaciar	γ (Kn/m3)	max	23,32
		prom	21,11
		min	15,28
		percentil 0,5	21,34
	qu (kPa)	max	252,03

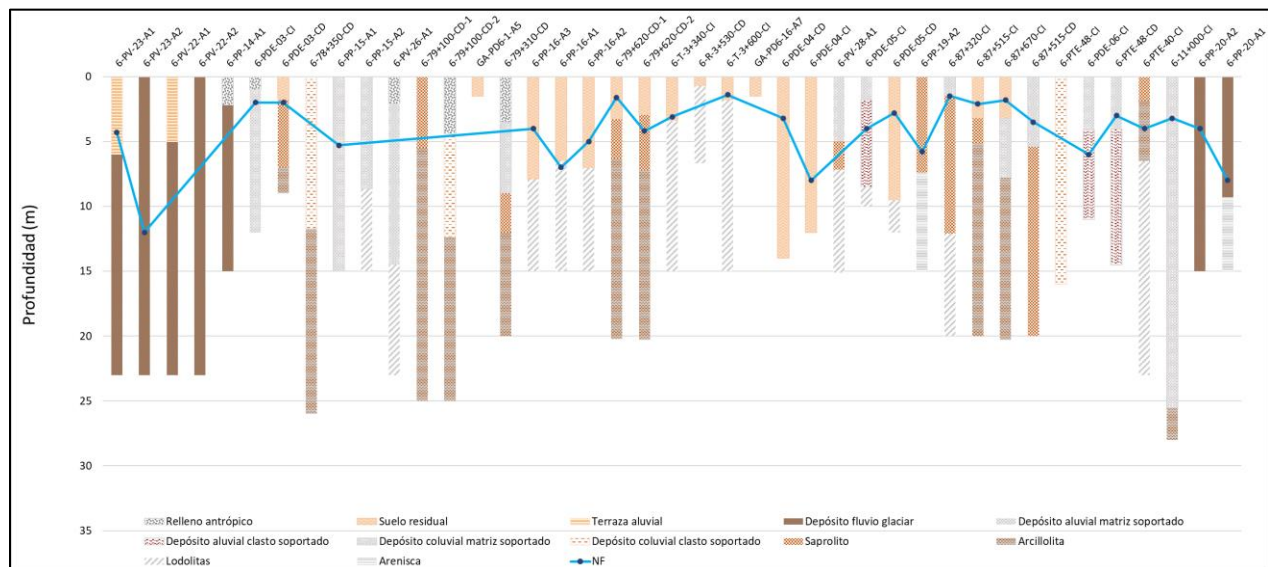
		prom	139,11
		min	58,83
		percentil 0,5	115,71
Saprolito	γ (Kn/m3)	max	24,72
		prom	20,77
		min	17,70
		percentil 0,5	20,72
	qu (kPa)	max	1890,76
		prom	300,44
		min	45,00
		percentil 0,5	95,40
	Qu (MPa)	8,5	
	ϕ (°)	29,51	
	c (kPa)	32,2608	
Arcillolita	γ (Kn/m3)	max	26,00
		prom	22,68
		min	14,64
		percentil 0,5	23,70
	qu (kPa)	max	795,30
		prom	355,44
		min	92,18
		percentil 0,5	267,13
	Qu (MPa)	max	72,03
		prom	13,46
		min	0,25
		percentil 0,3	10,81
	ϕ (°)	21,15	
	c (kPa)	54,93	
Limolitas	γ (Kn/m3)	max	26,30
		prom	24,36
		min	21,50
		percentil 0,5	25,00
	qu (kPa)	max	330,01
		prom	205,60
		min	124,54
		percentil 0,5	183,93
	Qu (MPa)	max	109,24
		prom	17,53
		min	0,54
		percentil 0,2	14,18
Arenisca	γ (Kn/m3)	max	25,20

		prom	23,55
		min	21,20
		percentil 0,5	24
	Qu (MPa)	max	81,25
		prom	25,86
		min	3,02
		percentil 0,5	22,975
	qu (kPa)	183,445	

Fuente. Elaboración propia

- Z6-3

FIGURA 4 COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS Z6-3 UF6



Fuente. Elaboración propia

Tabla 7 Parámetros Z6-3

MATERIAL	PARÁMETROS Z6-3		
Relleno antrópico	γ (Kn/m3)	max	19,90
		prom	18,60
		min	16,43
		percentil 0,5	19,47
	qu (kPa)	265,73	
	ϕ (°)	17	28
	c (kPa)	1	8
	W	24	18,1
	LL	34	22
	LP	20,2	18

Suelo residual (arcilloso)	γ (Kn/m3)	max	23,52
		prom	18,97
		min	15,10
		percentil 0,6	17,84
	ϕ (°)	max	31,80
		prom	25,85
		min	20,72
		percentil 0,7	24,16
	c (kPa)	max	128,07
		prom	60,69
		min	8,83
		percentil 0,7	23,92
	qu (kPa)	132,88	
	Cc	0,17	
Terraza aluvial	γ (Kn/m3)	19,925	
	qu (kPa)	169,65	
	W	17	12
	LL	25	23
	LP	15	13
Depósito fluvio glacial	γ (Kn/m3)	max	25,10
		prom	20,23
		min	15,80
		percentil 0,7	19,10
	ϕ (°)	max	35,88
		prom	26,06
		min	23,06
		percentil 0,7	23,58
	c (kPa)	max	57,78
		prom	42,56
		min	18,57
		percentil 0,7	35,92
	qu (kPa)	max	89,24
		prom	55,11
		min	40,21
		percentil 0,7	45,42
	Qu (MPa)	max	96,24
		prom	52,71
		min	2,80
		percentil 0,7	46,99
Depósito aluvial	γ (Kn/m3)	max	22,90
		prom	19,21

matriz soportado		min	16,80
		percentil 0,7	17,78
	ϕ (°)	23,331	
	c (kPa)	47,658	
	Qu (Mpa)	58,44	
Depósito aluvial clasto soportado	γ (Kn/m3)	max	22,90
		prom	21,23
		min	18,20
		percentil 0,7	20,84
	Qu (Mpa)	62,115	
Depósito coluvial matriz soportado	γ (Kn/m3)	max	24,37
		prom	20,38
		min	18,44
		percentil 0,7	19,52
	qu (kPa)	max	89,24
		prom	61,58
		min	46,70
		percentil 0,7	53,72
	ϕ (°)	24,165	
	c (kPa)	33,437	
	Qu (Mpa)	52,57	
Depósito coluvial clasto soportado	γ (Kn/m3)	max	25,10
		prom	21,71
		min	18,60
		percentil 0,7	19,75
	ϕ (°)	25,76	
	c (kPa)	56,85	
	Qu (Mpa)	2,80	
Saprolito	γ (Kn/m3)	max	24,70
		prom	21,37
		min	16,30
		percentil 0,7	20,91
	qu (kPa)	max	298,90
		prom	171,58
		min	42,25
		percentil 0,7	70,42
	ϕ (°)	39,02	
	c (kPa)	42,0368	
	Qu (Mpa)	4,48	
Arcillolita	γ (Kn/m3)	max	25,10
		prom	23,79

		min	22,20
		percentil 0,7	22,95
	Qu (Mpa)	max	22,56
		prom	7,79
		min	1,86
		percentil 0,5	3,77
	qu (kPa)	193,19	
Lodolita	γ (Kn/m3)	max	26,20
		prom	23,75
		min	20,07
		percentil 0,7	23,26
	qu (kPa)	max	134,35
		prom	98,33
		min	63,74
		percentil 0,7	72,57
	Qu (MPa)	max	69,60
		prom	15,39
		min	0,72
		percentil 0,5	7,98
Arenisca	γ (Kn/m3)	21,92	
	qu (kPa)	202,96	

Fuente. Elaboración propia

Remitirse a los anexos para ver el resultado del análisis de resultados de laboratorio y la definición de parámetros por material para cada una de las zonas geológicas – geotécnicas de la Unidad Funcional 6.

7. CONCLUSIONES

- El documento presenta los resultados de zonificación geológica – geotécnica determinada a partir de las investigaciones de campo, resultados de exploración directa e indirecta, resultados de ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas en la exploración y los análisis geológicos y geotécnicos del comportamiento de los diferentes materiales presentes en la unidad funcional 6 perteneciente a la *AMPLIACION DEL TERCER CARRIL – DOBLE CALZADA BOGOTÁ- GIRARDOT*.
- La Unidad Funcional 6 contempla la rehabilitación de la calzada existente y la ampliación a tercer carril entre el Puente Río Blanco (Silvania) en el PR77+560 y el acceso a Granada en el PR96+480.
- El corredor vial está localizado en el bloque Valle Medio del Magdalena-Guaduas y el bloque Anticlinorio de Villeta, donde afloran unidades roca principalmente del Cretácico Superior, Paleógeno Superior y Neógeno Inferior. La Unidad Funcional 6 se encuentra en el bloque Sabana de Bogotá, cuyas unidades litológicas influyentes son Formación Labor y Tierna (Kslti), Formación Guaduas (KPggu), Lodolitas de Fusagasugá (Pgf), Aluviones recientes (Qal) y Depósitos Coluviales (Qco).
- El análisis geológico y geotécnico para la determinación de los materiales que conforman el perfil estratigráfico en la unidad funcional 6 se realizó en base a los resultados de la campaña de exploración directa constituida por 102 perforaciones y exploración indirecta con 36 líneas sísmicas. De igual manera para la determinación de propiedades geomecánicas de los suelos, se tuvieron en cuenta los resultados de ensayos de campo (SPT) y ensayos de laboratorio, con el objetivo de realizar un análisis estadístico por zona geológica definida y material encontrado.
- Con el objetivo de tener el control de las estructuras que pueden llegar a verse afectadas por procesos de socavación en el año 2020 se desarrolló una campaña de exploración en Puentes conformada por 5 perforaciones y para sitios inestables conformado por 5 sondeos; a la fecha se encuentran en ejecución las perforaciones de sitios inestables por este motivo una vez se cuente con los resultados de laboratorio serán incluidas dentro del análisis de zonificación sin embargo los resultados de laboratorios de las perforaciones para socavación fueron incluidos dentro de la zonificación Geológica – Geotécnica de la UF6.
- A partir de la información geológica de la zona, visitas de campo y análisis geológico por parte del área de geología se establecieron 3 zonas geológicas en la unidad funcional 6, diferenciadas por el material geológico encontrado, características morfológicas y procesos morfodinámicos presentados, como se muestra en la siguiente tabla.

Zona geológico geotécnica	Material geológico	Morfología y procesos asociados
Z6-1	Rocas areniscas fracturadas de Pgf y areniscas competentes de la Formación labor y tierna Ksglt	Cortes en taludes escarpados, ocasionales caídas de rocas.

Z6-2	Lodolitas y arcillolitas muy meteorizadas (suelos residuales y saprolitos) con intercalaciones de capas de areniscas meteorizadas de la Fm lodolitas de Fusagasugá Pgf. Arcillolitas meteorizadas (saprolitos) de la Fm Guaduas Kpggu	Cortes a media ladera en terreno de Colinas onduladas, buzamientos en el sentido de la pendiente facilitan el flujo de agua hacia la vía.
Z6-3	Depósitos de coluvión Qc, sobre arcillolitas de Fm Fusagasugá Pgf.	Laderas con pendientes bajas, procesos de erosión y flujos de agua subsuperficial.

- Partiendo de la zonificación geológica y teniendo en cuenta la localización de cada uno de los sondeos ejecutados fue posible determinar columnas estratigráficas para cada una de las zonas geológicas. De la misma manera se realizó la agrupación de resultados de laboratorio por zona geológica, con el objetivo de determinar las propiedades geomecánicas de los materiales que conforman cada uno de los perfiles estratigráficos mencionados. Como resultado de lo anteriormente expuesto; en el capítulo 6.2 se presenta la zonificación geológica geotécnica mostrando las columnas estratigráficas de cada sondeo y las propiedades de los materiales por zona.
- En los anexos se encuentra todo el análisis realizado por zona geológica – geotécnica y el resultado de los mismos.