CLASIFICADO

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA”

Instituto Distrital De Gestión De Riesgos Y Cambio Climático
IDIGER
Diagonal 47 No. 77 B – 09 Interior 11
PBX. (57 1) 4292800
idiger@idiger.gov.co
Bogotá D.C. - Colombia.

Representante de la consultoría: Ing. Mauricio Hernán Camargo
Supervisor: DEACIVIL SAS

INFORME FINAL BARRIO PARAÍSO.

GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A

CONTRATO 507 DE 2020

ORIGINAL

JUNIO DE 2021.

Nota Especial: “De acuerdo con el Artículo 20 de la Ley 23 de 1982, modificado por el Artículo 28 de la Ley 1450 de 2011, los Derechos de Autor pertenecen al IDIGER. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al director del IDIGER.

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
IDIGER	SUPERVISOR	CD
INTERVENTORÍA	DIRECTOR	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	CUERPO		EDICIÓN

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

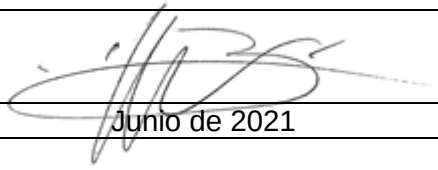
Elaborado por:	Ingeniero Edgar L Osorio D.
Firma:	
Fecha:	Junio de 2021
Aprobado por (Director de Consultoría):	Ingeniero Mauricio H. Camargo Chávez
Firma:	
Fecha:	Junio de 2021
Aprobado por (interventoría)	Ingeniero Daniel Eduardo Arias
Firma:	
Fecha:	Junio de 2021

TABLA DE CONTENIDO

1 GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS 14
2 INTRODUCCIÓN 18
3 OBJETIVOS 19
4 ALCANCE 20
5 ANTECEDENTES TÉCNICOS 21
6 LOCALIZACIÓN DE LOS SECTORES DE ESTUDIO 21
6.1 SITIO 2 PARAÍSO, LOCALIDAD DE CHAPINERO 21
7 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN ANTECEDENTE 21
7.1 SITIO 2 PARAÍSO, LOCALIDAD DE CHAPINERO 22
7.1.1 ZONIFICACIÓN POR AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA 51
7.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA OBTENIDA. 51
7.2.1 SITIO 2 PARAÍSO 52
8 HALLAZGOS DE LA VISITA 59
8.1 SITIO 2 PARAÍSO 59
9 TOPOGRAFÍA. 63
9.1 JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL 63
9.1.1 SECTOR 2 – PARAÍSO 63
9.2 INTRODUCCIÓN TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL. 67
9.3 OBJETIVOS 67
9.3.1 OBJETIVO GENERAL 67
9.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 67
9.4 LOCALIZACIÓN 67
9.5 DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA DEL PROYECTO 69
9.6 ESTUDIO TOPOGRÁFICO 69
9.6.1 MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES 69
9.7 GEORREFERENCIACIÓN 72
9.8 CÁLCULO Y POST PROCESO 73
9.8.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS ÉPOCA 2021.08 74
9.9 COORDENADAS ÉPOCA 2018.0 74

9.9.1 CALCULO VELOCIDADES Y COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2018.0 75
9.9.2 CONVERSIÓN DE COORDENADAS ELIPSOIDALES A CARTESIANAS ORIGEN MOSQUERA. 76
9.9.3 FICHAS LOCALIZACIÓN GPS. 77
9.10 POLIGONAL 78
9.11 LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO 81
9.12 LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO 82
9.13 EQUIPO Y SOFTWARE UTILIZADOS 83
9.14 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON. 83
10 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO 84
10.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO 84
10.2 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA 84
11 MODELO GEOLÓGICO PARAÍSO 86
11.1 GEOLOGÍA REGIONAL 86
11.1.1 ESTRATIGRAFÍA 86
11.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 88
11.2 GEOLOGÍA LOCAL 89
11.3 ESTRATIGRAFÍA 89
11.3.1 FORMACIÓN ARENISCA DE LABOR TIERNA (K2LT): 89
11.3.2 FORMACIÓN GUADUAS (K2P1G): 89
11.3.3 DEPÓSITO DE COLUVIÓN (QCO): 89
11.3.4 DEPÓSITO ALUVIAL (QA): 90
11.3.5 DEPÓSITO ANTRÓPICO (QRA): 90
11.4 EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA 90
11.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS GEOFORMAS 91
11.5.1 LEVANTAMIENTO GEOMORFOLÓGICO 91
11.6 ANÁLISIS MULTITEMPORAL 92
11.7 MODELO GEOLÓGICO 99
12 HIDROLOGÍA. 100
12.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL 100
12.1.1 PRECIPITACIÓN 100

12.1.2 TEMPERATURA MEDIA ANUAL 101
12.1.3 NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA 101
12.1.4 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA 102
12.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA 106
12.3 REVISIÓN DE ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA EN BOGOTÁ 106
12.4 SITIO 2 PARAÍSO 110
12.4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA 110
12.4.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO CON INFORMACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS 113
12.4.3 CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF) 118
12.5 CONDICIONES DE AGUA SUPERFICIAL Y SUB SUB-SUPERFICIAL (HIDROGEOLOGÍA) BOSQUE CALDERÓN Y PARAÍSO 120
12.5.1 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS 120
12.5.2 CONDICIONES DE USO ACTUAL 120
12.5.3 CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA TEXTURA DE LOS MATERIALES 120
12.5.4 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA 121
12.5.5 POSICIONES DE NIVELES DE AGUA O FACTORES RU (PRESIÓN DE POROS) EN CONDICIONES NORMALES. 121
12.5.6 POSICIONES DE NIVELES DE AGUA O FACTORES RU (PRESIÓN DE POROS) EN CONDICIONES EXTREMAS. 123
13 ESTUDIO GEOTÉCNICO SITIO 2 PARAÍSO 124
13.1 ASPECTOS SÍSMICOS 124
13.2 GEOLOGÍA LOCAL 126
13.2.1 ESTRATIGRAFÍA 126
13.3 GEOMORFOLOGÍA 127
13.3.1 PROCESOS MORFODINÁMICOS 128
13.4 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA 128
13.4.1 EXPLORACIÓN DIRECTA 129
13.4.2 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS 132
13.4.3 NIVEL FREÁTICO 135
13.4.4 RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 136

13.4.5 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT 137
13.4.6 EXPLORACIÓN INDIRECTA 139
13.4.7 ENSAYOS DE LABORATORIO 151
13.5 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 158
13.6 MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO 161
13.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 163
13.7.1 ANÁLISIS CONCEPTUAL DE ESTABILIDAD 163
13.7.2 CONSIDERACIONES PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 163
13.7.3 CONDICIÓN NORMAL 164
13.7.4 CONDICIÓN EXTREMA 164
13.7.5 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 165
13.7.6 SECCIONES DE ANÁLISIS. 166
13.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS 173
13.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 174
13.9.1 TIPO DE MATERIALES 174
13.9.2 RESULTADOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES 175
13.9.3 RECOMENDACIONES 175
14 LIMITACIONES 177
15 BIBLIOGRAFÍA: 178

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coordenadas delimitación del Polígono Paraíso – Localidad Chapinero..... 21
Figura 2. Fotografías asociadas a remoción en masa en la Carrera 39 No. 5-43. DI-2436. Mayo de 2005. DPAE (2005). 45
Figura 3. Desprendimiento de material, se observa la estratificación en dirección desfavorable a la con respecto a la dirección del talud. Diagonal 41 No. 5-43 Este. DI-2604. Enero de 2006. DPAE (2006). 45
Figura 4. Proceso de inestabilidad presentado en la avenida circunvalar con calle 42. DI-2673. Marzo de 2006. DPAE (2006). 46
Figura 5. Deformación de la estructura de muro de contención en gaviones. Avenida Circunvalar con 42. DI-2673. Marzo de 2006. DPAE (2006). 46
Figura 6. Panorámica del área inestable, las líneas punteadas indican los flancos del deslizamiento y la flecha la dirección del movimiento. En el talud superior de la vía se observan señales de inestabilidad, nótese las ondulaciones del terreno y algunos escarpes

suavizados. Fotografía asociada a remoción en masa en la Av. Circunvalar con Calle 39. DI-2945. Junio de 2006. FOPAE (2006)..... 47
Figura 7. Hundimiento de 10 cm aproximadamente, generado por el deslizamiento en el flanco izquierdo. Fotografía asociada a remoción en masa en la Av. Circunvalar con Calle 39. DI-2945. Junio de 2006. FOPAE (2006)..... 47
Figura 8. Levantamiento del andén ubicado en la parte inferior del muro de gaviones en la Av. Circunvalar con Calle 39. DI-2945. Junio de 2006. FOPAE (2006). 48
Figura 9. Desprendimiento de materiales en la Transversal 7ª Este 39-93. DI-2976. Abril de 2006. FOPAE (2006). 48
Figura 10. Desprendimiento de material de talud en el costado occidental de la cancha de microfútbol. Fotografía asociada a remoción en masa en la Diagonal 41 No. 5-43 Este. DI-4077. Abril de 2009. FOPAE (2009)..... 49
Figura 11. Localización del área evaluada en la Avenida Circunvalar entre calles 38 y 40 en el barrio El Paraíso de la Localidad de Chapinero. Vista en planta del deslizamiento. Fotografía asociada a remoción en masa en la Av. Circunvalar entre calles 38 y 40. DI-4168. Mayo de 2009. FOPAE (2009). 49
Figura 12. Deslizamiento y flujo de lodos en la Transversal 7 Este a la Carrera 5 Este entre la Calle 38 y la Diagonal 39, DI-4943. Noviembre de 2010 y febrero de 2011. FOPAE (2010 y 2011)..... 50
Figura 13. Vista desde el costado sur de la corona del deslizamiento, que muestra evidencias de avance retrogresivo. Fotografía asociada a remoción en masa en la Transversal 7A Este entre Diagonal 39 y Diagonal 40 y Sector calle 42 con Transversal 1 Este, DI-5148. Febrero de 2011. FOPAE (2011)..... 50
Figura 14. Zonificación por amenaza por remoción en masa para el área de estudio Sitio 2 Paraíso. IDIGER (2018)..... 51
Figura 15. Plano de Redes de Gas-VANTI. 55
Figura 16. Mapas Estratégicos de Ruido-Bosque Calderón. 56
Figura 17. Análisis de Parámetros RCHB. 57
Figura 18. Mapa Entrega del Canal Sucre-Barrio Paraíso..... 58
Figura 19. Programas Sociales-Barrio Bosque Calderón Tejada. 59
Figura 20. Vista en planta del área de estudio del sitio 2. 60
Figura 21. Flujo de tierras en un depósito de ladera cercano al cauce de la quebrada El Chulo. (4°37'35.21"N, 74° 3'25.71"O). 64
Figura 22 Evidencia de la invasión del cauce de la quebrada..... 64
Figura 23 Evidencia de la invasión de la zona de ronda de la quebrada El Chulo (Margen izquierda) con un camino de acceso a viviendas. En este sector se presenta una pendiente lateral fuerte sobre la cual se realiza la disposición de materiales de construcción y escombros por parte de la comunidad. 64
Figura 24 Evidencia de ocupación de cauce (corona de talud de la margen izquierda de la quebrada El Chulo) y vegetación frondosa. 65
Figura 25 Construcciones en zona de ronda de la quebrada. 65
Figura 26 Talud de la margen derecha de la quebrada El Chulo con pendiente escarpada y presencia de rellenos antrópicos que requiere ser evaluado..... 65

Figura 27 Vista hacia al oriente en dirección aguas arriba de la quebrada El Chulo, se aprecia la vegetación abundante en las márgenes de la quebrada. 65
Figura 28. Imagen de la ronda de la quebrada El Chulo. Sector Paraíso. 66
Figura 29. Localización tramo Bosques. 68
Figura 30. Localización tramo Paraíso. 69
Figura 31. Dimensiones requeridas para mojones en concreto, Fuente Norma NS30-V5.3 – EAAB. 70
Figura 32. Registro demarcación placas. 70
Figura 33 Localización puntos GPS 1 y 2 Tramo Paraíso. 71
Figura 34. Localización puntos GPS3 y 4 Tramo Bosques. 71
Figura 35. Localización puntos GPS. 72
Figura 36. Esquema de Determinación GPS - Reporte Calculo TOPCON TOOLS. 74
Figura 37. MAGNA SIRGAS PRO 4.2 – Cálculo de Velocidades con la función Calculo Archivo. 75
Figura 38. Coordenadas Geocéntricas - Cálculo de velocidades - Época 2021.24. 76
Figura 39. Ejemplo Calculo Coordenadas Planas Cartesianas. 77
Figura 40. Ficha Localización GPS. 78
Figura 41. Esquema poligonal tramo Bosques. 80
Figura 42. Esquema poligonal tramo Paraíso. 81
Figura 43. Ficha Levantamiento Topográfico. 82
Figura 44. GPS TOPCON GR5. 83
Figura 45. Estación Total STONEX R1 PLUS. 83
Figura 46. Mapa geológico regional. Modificado de INGEOMINAS- 1997. 87
Figura 47. Fotografía aérea IGAC año 1955. Esc. 1:4000. 94
Figura 48. Fotografía aérea IGAC año 1984. Esc. 1:4000. 95
Figura 49. Ortofoto año 2021. Esc. 1:4000. 97
Figura 50. Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos. Esc. 1:4000. 98
Figura 51. Precipitación media anual para el departamento Cundinamarca. 100
Figura 52. Temperatura media anual (°C) en el departamento de Cundinamarca. 101
Figura 53. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca. 102
Figura 54. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca. 102
Figura 55. Clasificación Climática del departamento de Cundinamarca. 103
Figura 56. Precipitación total anual en la ciudad de Bogotá D.C. 104
Figura 57. Distribución de la Temperatura media anual. 105
Figura 58. Precipitación media anual estudio IDEAM-FOPAE. 107
Figura 59. Precipitación media anual estudio Euscátegui-IDIGER. 108
Figura 60. Temperatura media anual estudio IDEAM-FOPAE. 109
Figura 61. Número de días con lluvia medio anual estudio Euscátegui-IDIGER. 109
Figura 62. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Bosque Calderón. 110
Figura 63. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Paraíso. 111
Figura 64. Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2. 114
Figura 65. Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios 1 y 2. 115
Figura 66. Promedio mensual anual de la precipitación sitio 1 y 2. 117

Figura 67. Variación espacial de la Precipitación media anual sitios 1 y 2. 117
Figura 68. Temperatura máxima y mínima mensual promedio para sitio 1 y 2. 118
Figura 69. Curva IDF estación El Granizo para sitios 1 y 2. 119
Figura 70. Zonificación por respuesta sísmica para el sitio 2 Paraíso 125
Figura 71. Localización de exploración del subsuelo – sitio 2 130
Figura 72. Registro fotográfico de algunas de las muestras obtenidas de los sondeos .. 132
Figura 73. Variación del valor de N del ensayo de SPT con la profundidad 137
Figura 74. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito antrópico 138
Figura 75. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito aluvial 138
Figura 76. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito coluvial 139
Figura 77. Localización de líneas de refracción sísmica– sitio 2 140
Figura 78. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-1 (Velocidad en km/s) 141
Figura 79. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-1 141
Figura 80. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-2 (Velocidad en km/s) 142
Figura 81. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-2 143
Figura 82. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-3 (Velocidad en km/s) 144
Figura 83. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-3 144
Figura 84. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-4 (Velocidad en km/s) 145
Figura 85. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-4 146
Figura 86. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-5 (Velocidad en km/s) 147
Figura 87. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-5 147
Figura 88. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-6 (Velocidad en km/s) 148
Figura 89. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-6 149
Figura 90. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-7 (Velocidad en km/s) 150
Figura 91. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-7 150
Figura 92. Variación de la humedad y los límites de Atterberg con la profundidad 152
Figura 93. Carta de plasticidad para los materiales cohesivos presentes en el sitio 2 153
Figura 94. Variación del peso unitario con la profundidad 154
Figura 95. Variación del peso específico con la profundidad 155

Figura 96. Variación del contenido de gravas, arenas y finos con la profundidad 156
Figura 97. Variación de la cohesión drenada y el ángulo de fricción con la profundidad 157
Figura 98. Variación resistencia a la compresión en roca con la profundidad 158
Figura 99. Determinación de parámetros de resistencia para arcillolita de la Formación Guaduas 160
Figura 100. Mapa de geología y secciones de análisis A-A' (Sentido Oriente – Occidente) y B-B' (sentido Oriente – Occidente) 161
Figura 101. Sección A-A' (Sentido Oriente – Occidente) 162
Figura 102. B-B' (sentido Oriente – Occidente) 162
Figura 103 Localización en planta de secciones de análisis. 166
Figura 104. Sección A-A'. Modelo geotécnico 167
Figura 105. Sección A-A'. Condición normal. FS=1.52 168
Figura 106. Sección A-A'. Condición extrema con agua. FS=0.56 168
Figura 107. Sección A-A'. Condición extrema con sismo. FS=1.04 169
Figura 108. Sección B-B'. Condición normal. FS=1.15 169
Figura 109. Sección B-B'. Condición extrema con agua. FS=0.60 170
Figura 110. Sección B-B'. Condición extrema con sismo. FS=0.85 170
Figura 111. Sección C-C'. Condición normal. FS=1.32 171
Figura 112. Sección B-B'. Condición extrema con agua. FS=0.82 171
Figura 113. Sección B-B'. Condición extrema con sismo. FS=1.20 172
Figura 114. Sección C-C' escenario con obras. Condición normal. FS=1.58 172
Figura 115. Sección B-B'. Condición extrema con sismo. FS=1.12 173

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Revisión de información de diagnósticos técnicos del IDIGER para el sitio 2 Paraíso. 24
Tabla 2 – Información Secundaria Suministrada Por Entidades. 51
Tabla 3 – Registro fotográfico de visita sitio Paraíso. 61
Tabla 4 – Registro fotográfico de visita sitio Paraíso. 64
Tabla 5 – Coordenadas aproximadas del polígono para Topografía. 66
Tabla 6 – Coordenadas Base IGAC- Geocéntricas - semana 2148. 73
Tabla 7 Coordenadas Geográficas época 2021.08. 74
Tabla 8 - Coordenadas Planas Cartesianas Origen Bogotá 2011 – 2018.0. 76
Tabla 9 – Unidades Geomorfológicas. 92
Tabla 10 – Clasificación de acuerdo con índice de compacidad. 112
Tabla 11 – Clasificación de acuerdo con el factor de forma de Horton. 112
Tabla 12 – Coeficiente de compacidad y factor de forma cuencas sitios 1 y 2. 112
Tabla 13 – Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2 113
Tabla 14 – Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios1 y 2 114

Tabla 15 – Parámetros de ajuste para la ecuación de la curva IDF estación El Granizo. 119
Tabla 16 – Valores curva IDF estación El Granizo. 119
Tabla 18 – Paraíso. 122
Tabla 19 – Parámetros sísmicos del espectro de respuesta para el sitio 2 Barrio Paraiso 124
Tabla 20 –Unidades Geomorfológicas 128
Tabla 21 – Localización de sondeos sitio 2 129
Tabla 22 – Profundidad del nivel freático 135
Tabla 23 – Localización de líneas de refracción sísmica Paraíso 139
Tabla 24 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-1 142
Tabla 25 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-2 143
Tabla 26 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-3 145
Tabla 27 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-4 146
Tabla 28 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-5 148
Tabla 29 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-6 149
Tabla 30 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-7 151
Tabla 31 – Resumen de ensayos de laboratorio ejecutados. 151
Tabla 32 – Materiales geológicos encontrados en el sitio 2 158
Tabla 33 – Parámetros geotécnicos para materiales en el sitio 2 160
Tabla 34 – Factores de seguridad para evaluar la amenaza por remoción en masa 164
Tabla 35 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad 165
Tabla 36 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad para la sección C-C’ con obras 176

ANEXOS:

ANEXO 1. SOLICITUD DE INFORMACIÓN A ENTIDADES.

CARPETA DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN POR POLÍGONO

ANEXO 2. RESPUESTA ENTIDADES

CARPETA DE RESPUESTA A LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN POR POLÍGONO

ANEXO 3. EXPLORACIÓN DEL SUB SUELO

INFORME DE LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

CARPETA POR POLÍGONO CON

ENSAYOS DE LABORATORIO

REGISTROS DE EXPLORACIÓN

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

ANEXO 4. REGISTRO FOTOGRÁFICO.

REGISTRO FOTOGRÁFICO POR POLÍGONO

ANEXO 5. TOPOGRAFÍA

CONVENCIONAL

ARCHIVOS RINEX

CÁLCULOS, AJUSTE DE PROCESAMIENTO DIFERENCIAL GPS

CÁLCULOS, AJUSTE POLIGONALES

CERTIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

DATOS CRUDOS ESTACIONES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS TOPOGRÁFICOS (ESTACIÓN TOTAL, NIVEL, GPS)

PLANOS TOPOGRÁFICOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO

TARJETA PROFESIONAL Y CERTIFICADO DE VIGENCIA

DRON

CARPETA POR POLÍGONO CON:

CAD (PLANOS)

INFORME

REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO 6. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

CARPETA POR POLÍGONO CON PLANOS TEMÁTICOS

ANEXO 7 HIDROLOGÍA

CARPETA POR SECTOR CON:

INFORMACIÓN ESTACIONES

INFORMACIÓN CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

INFORMACIÓN DE DRENAJES

INFORMACIÓN DE REDES

ANEXO 8 COBERTURA Y USO DEL SUELO

PLANO TEMÁTICO.

ANEXO 9 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.

CARPETA POR POLÍGONO CON PLANO DE ZONIFICACIÓN.

ANEXO 10 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

CARPETA POR SITIO CON CORRIDAS SLIDE Y PLANO DE LOCALIZACIÓN DE SECCIONES

1 GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS

°C : Grados centígrados

a : Angulo de inclinación de la superficie

Ac : Acanalado

AD : Abanico disectado

Afr : Afloramiento rocoso

Al : Área en contacto con el suelo p L Db

An : Anillado, Antracnosis

B : Bifurcado

BB : Bifurcaciones basales

Cav : Cavidad

Ch : Chancros

cm : Centímetro

Co : Conservar

D : Ancho o diámetro del caisson

D.C : Distrito Capital

DANE : Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DC : Carga por peso propio

D_C : Descortezado

D_d : Densidad de drenaje

DDR : Desgarre de rama

DEF : Deficiente estado físico

Des : Descope

DV : Desplazamientos verticales

E : Este, Empujes laterales

EAAB : Empresa de Acueducto y Alcantarilla de Bogotá

EH : Empuje horizontal

EQ : Carga de sismo

ER : Excesiva ramificación

Es : Módulo de Elasticidad del suelo

ETP : Evapotranspiración

f : Angulo de fricción del material de corte*

Fis : Fisura

FRM : Fenómenos por remoción en masa

FS : Factor de seguridad

GDI : Grados de inclinación

Go : Gomosis

Gri : Grietas

ha : Hectárea

He : Herbivoría

$H_{estrato}$: Espesor o altura del estrato

Hw : Altura del nivel de agua

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IDF : Intensidad-Duración-Frecuencia

IDIGER: Instituto de gestión de riesgos y cambio climático

IDRD : Instituto Distrital de Recreación y Deporte

IDU : Instituto de desarrollo urbano

IGAC : Instituto Geográfico Agustín Codazzi

IIV : Interferencia infraestructura vial

IMU : Interferencia infraestructura de mobiliario urbano

INVIAS: Instituto Nacional de Vías

IP : Índice de plasticidad

IRa : Interferencia redes de acueducto

IRe : Interferencia redes eléctricas

Iwp : Factores de influencia.

JBB : Jardín Botánico de Bogotá

K : Permeabilidad

K2E1g : Formación Guaduas

Ka : Coeficiente de presión activa

Kc : Índice de compacidad

Kf : Factor de forma

Kh : Coeficiente de aceleración sísmica

km : Kilometro

km^2 : Kilómetro cuadrado

Kv : Coeficiente de aceleración vertical (g)

LA : Ladera antrópica

LC : Ladera coluvial

LL : Límite liquido

LP : Límite plástico

LRS : Línea de refracción sísmica

LS : Sobre carga vehicular

m : Metros

M# : Número de material

m/s : metros por segundo

m^2 : metro cuadrado

m^3 : metro cubico

MI : Muy inclinado

MM : Movimientos en masa

mm : Milímetros

mm/h : Milímetro por hora

Mon : Montículo

Mpa : Mega pascales

msnm : Metros sobre el nivel del mar

N : Norte

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

N (golpes/pie) : Número de golpes por pie

Na : No apreciable, Ninguna de las anteriores

Nc : Factor de capacidad de carga

NE : Norte-Este

NF : Nivel freático

NI : Ninguna

NO : Normal

NR : No se reporta nivel freático

NS : Norte-Sur

NSR : Norma Sismo resistente Colombiana 2010

NW : Norte-Oeste

P (mm): Precipitación

P# : Número de perfil

PM_{10} : Parte por millón

PMA : Plan de manejo ambiental

POT : Plan de ordenamiento territorial

PV : Peligro de volcamiento

Q : Caudal

q' : Tan-1(Kh/(1-Kv))

Qal : Aluvión reciente

Qda : Depósito antrópico

Qdp : Depósito de pendiente

Qft : Depósito fluvio-torrencial

qp : Resistencia unitaria de punta

Qs : Resistencia unitaria por fricción

Q_{sadm} : Carga de diseño transferida al componente friccional

Qsra : Suelo residual arcilloso

Qwp : Carga tomada en la punta del pilote bajo condición de carga de trabajo.

RCD : Residuos de construcción y demolición

Ro : Royas

RQD : Rock Quality Desgination

ru : Relación de presión de poros y esfuerzo total

Rv : Red vial y territorios asociados

S : Sur

S# : Número de sondeo

S% : Pendiente

SDA : Secretaría Distrital de Ambiente

SIC : Sistemas de Información Ambiental de Colombia

SPT : Ensayo de penetración estándar

Su : Resistencia al corte no drenada

Su : Resistencia al corte no drenada

t : Toneladas

T° : Temperatura

Tc : Tiempo de concentración

TE : Tratamiento especial

TI : Tratamiento integral

TR : Periodo de retorno

Tuc : Tejido urbano continuo

UPZ zonal	:	Unidad de planeamiento	ZMPA preservación ambiental	:	Zona de manejo y
v suelo	:	Relación de Poisson del	ZP	:	Zona de pendiente
W	:	Oeste	ZRH	:	Zona de ronda hidráulica
Wn	:	Humedad natural	μ	:	Presión de poros
Ymax máxima	:	Altura de socavación	Ɣ	:	Peso específico
			φ	:	Ángulo de fricción interna

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como fin mostrar los resultados de los trabajos adelantados en el polígono Barrio Paraíso priorizado por el IDIGER en el marco del contrato "Caracterización Geológica Geotécnica en Sectores Prioritarios de las Localidades Chapinero y Usme para la Evaluación de Amenaza y Riesgo por Movimientos en Masa"

El día 26 de enero de 2021 se realizó la visita inicial a los cuatro (4) sitios que componen el estudio con el fin de efectuar un recorrido a los diferentes polígonos del contrato y tomar la información sobre antecedentes de inestabilidad y problemáticas de movimiento en masa que se tienen en cada uno los sitios objeto de estudio por parte del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). La visita fue ejecutada por el Personal de Geodinámica Ingeniería en compañía de los Ingenieros Faber y Esteban del IDIGER. Los sectores visitados corresponden a los polígonos:

1) Bosque Calderón Tejada de la Localidad de Chapinero.

2) Paraíso de la Localidad de Chapinero.

3) Villa Juliana de la localidad de Usme

4) Villa Juliana de la Localidad de Usme.

A continuación, se presenta los resultados para la entrega del informe final del polígono Barrio Paraíso en el numeral 3 se establece el alcance de este informe.

3 OBJETIVOS

- Efectuar la caracterización geológica y geotécnica del polígono.
- Realizar la evaluación de amenaza por movimientos de remoción en masa del sitio prioritario, de acuerdo con los requerimientos del anexo técnico del contrato y la resolución 227 de 2006.
- Revisar y analizar los estudios técnicos y antecedentes del área de estudio delimitada por el IDIGER.
- Establecer las condiciones morfológicas y topográficas actuales por medio de tecnologías convencionales y modelo digitales de terreno.
- Realizar los estudios detallados de geología, geomorfología, evaluación de drenaje superficial, uso del suelo y amenaza sísmica, con el fin de tener insumos básicos para la evaluación de las condiciones de estabilidad.
- Identificar y caracterizar los procesos de inestabilidad presentes en la zona de estudio, valorando su magnitud, grado de actividad y posible evolución, estableciendo los factores detonantes y contribuyentes de los procesos actuales y potenciales de inestabilidad del terreno en el área de estudio.
- Efectuar la investigación geotécnica y la caracterización física y mecánica de los materiales presentes en la zona de estudio, por medio de perforaciones mecánicas, ensayos geofísicos y ensayos de laboratorio de suelos.
- Realizar la determinación del problema con base en los aspectos temáticos que se identifiquen en cada una de las áreas de estudio y de forma consecuente con los mecanismos de falla presentes y potenciales.
- Formular los Modelos Geológicos – Geotécnicos, la zonificación geotécnica y elaborar los análisis de estabilidad respectivos que permitan establecer la condición de estabilidad actual y futura por movimientos en masa.
- Realizar recomendaciones indicativas de actuación sobre las zonas de condición crítica de seguridad frente a los en masa en función de los resultados de los análisis temáticos y de estabilidad.

4 ALCANCE

Para el proyecto de “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA” en el informe Final el alcance corresponde a lo descrito en el anexo técnico del informe numeral 3.

5 ANTECEDENTES TÉCNICOS

En el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá (SIRE), se registran documentos técnicos y respuestas oficiales para los cuatro (4) polígonos de estudios y sus sectores aledaños. En los cuales se puede establecer que hay evidencias de una problemática de movimientos en masa que pueda comprometer la estabilidad y habitabilidad de viviendas o la funcionalidad de infraestructura. Además, hay indicios de movimientos en masa de carácter local asociados principalmente a una intervención del territorio desarrollada bajo condiciones poco técnicas y deficiencias en el manejo del drenaje. Es por ello que se requiere profundizar en la información técnica que permita delimitar adecuadamente los mecanismos de falla, en el numeral 6 se indican la totalidad de la información antecedente suministrada a esta consultoría.

6 LOCALIZACIÓN DE LOS SECTORES DE ESTUDIO

6.1 SITIO 2 PARAÍSO, LOCALIDAD DE CHAPINERO

VERTICE	PUNTO_X	PUNTO_Y	VERTICE	PUNTO_X	PUNTO_Y	VERTICE	PUNTO_X	PUNTO_Y
0	102738,75	104943,71	13	102904,76	104746,49	26	102515,30	104813,46
1	102721,91	104947,28	14	102904,67	104696,20	27	102552,41	104839,49
2	102733,57	104973,54	15	102965,10	104655,65	28	102585,89	104844,87
3	102734,06	104981,84	16	102933,46	104599,90	29	102653,36	104778,19
4	102736,61	104990,71	17	102895,15	104568,37	30	102689,88	104733,74
5	102742,27	105009,09	18	102828,58	104553,51	31	102742,26	104754,38
6	102750,60	105033,51	19	102769,91	104566,25	32	102738,51	104815,79
7	102755,33	105050,14	20	102709,93	104574,49	33	102740,04	104880,01
8	102776,61	105104,72	21	102655,76	104529,82	34	102759,68	104880,01
9	102926,65	105036,08	22	102616,89	104512,09	35	102738,75	104943,71
10	102887,86	104961,68	23	102564,31	104576,40			
11	102829,95	104892,11	24	102549,97	104618,37			
12	102836,48	104780,86	25	102523,32	104687,82			

Figura 1. Coordenadas delimitación del Polígono Paraíso – Localidad Chapinero.

Fuente IDIGER 2020

7 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN ANTECEDENTE

A partir de la revisión de la información disponible para el área de estudio consistente en Diagnósticos Técnicos emitidos por el IDIGER (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático), los cuales se encuentran disponibles en la biblioteca virtual del SIRE (Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático) en la página web http://bibliotecadigital.sire.gov.co y en el Geoportal de la entidad mencionada, se

presenta a continuación el análisis de las información existente, los tipos de movimiento que se han presentado en el sector y las principales afectaciones que han ocurrido como resultado de la materialización de los movimientos en masa.

7.1 SITIO 2 PARAÍSO, LOCALIDAD DE CHAPINERO

Para el caso del área de estudio correspondiente al Sitio 2 Paraíso fueron consultados 49 diagnósticos técnicos registrados entre los años 1999 a 2018, de los cuales se elaboró para el presente estudio adelante se resumen los campos de código del Diagnóstico, Fecha de elaboración, localización, Descripción, tipo de evento, causas y las afectaciones que se produjeron. Es importante mencionar que varios de los diagnósticos hacen referencia a condiciones estructurales de las viviendas que no han sido afectadas por movimientos de remoción en masa.

Para el barrio Paraíso se identifican procesos de remoción en masa del tipo caída de escombros, caída de bloques, desprendimiento de suelos de taludes de corte, reptación, deslizamiento traslacional, flujos de tierra, así como también reportes de desbordamiento de la Quebrada El Chulo que recorre el área de estudio en dirección NE – SW. En general se puede mencionar como características contribuyentes a la inestabilidad del terreno las siguientes: saturación de materiales luego de eventos de lluvias, alta pendiente del terreno, estado de meteorización del perfil de suelo, ejecución de cortes para la conformación de la explanación de viviendas, falta de obras de contención y de manejo de aguas superficiales y subsuperficiales, obstrucción de cunetas, como también el aporte de aguas servidas directamente sobre el terreno, la deforestación y desconfinamiento del terreno por construcción de nuevas edificaciones.

Adicionalmente de la revisión de la información se establece que para la construcción de las viviendas en el barrio se han realizado cortes y rellenos del terreno, que no siguen una especificación técnica y por tanto son susceptibles de presentar falla por sobrecargas en el terreno (viviendas de 2 y 3 pisos), o saturación del material en especial durante la temporada de lluvias.

A manera de ejemplo de los eventos de remoción en masa que se han presentado en el polígono de estudio, se tiene el desprendimiento de materiales desde la parte media de la ladera y en dirección hacia la cancha de microfútbol, luego de un evento de fuertes precipitaciones el 23 de mayo de 2005.

De igual manera se puede citar el deslizamiento que se vienen presentando en la avenida circunvalar con calle 42, (fuera del área de estudio) y sobre el cual se han construido una serie de medidas de contención y drenaje. A este proceso se suma el deslizamiento complejo que se presenta sobre la avenida circunvalar entre calles 38 y 40 desde el año 2006 (DI-2945), con reactivación en el año 2009 (DI-4084y DI-4168), dicho movimiento está asociado a una familia de diaclasas, en el que afloran liditas (parte superior) y arenisca (parte inferior) en el que se observan flujos de detritos que aportan material al cono de deyección.

También se registró en abril de 2009 un proceso de remoción en masa tipo traslacional con flujo de lodos y detritos, involucrando un volumen de material limo arcilloso de aproximadamente 10 ^{m3}, los cuales se desprendieron de la parte alta y media de un talud de corte al parecer realizado para la adecuación del terreno y posterior emplazamiento de una cancha deportiva, tal como se muestra en la

Tabla 1 – Revisión de información de diagnósticos técnicos del IDIGER para el sitio 2 Paraíso.

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
1	CAR-686	23 de septiembre de 2006	Diagonal 41 No 2 - 91	El predio se registró en la base de datos del IDIGER con el antecedente DI-983 y en el programa de reasentamiento de familias localizadas en zonas de alto riesgo no mitigable. Los muros de la vivienda de un piso, presentan colapso especialmente en la zona sur, y los que se encuentran sobre la placa no tienen confinamiento y presentan agrietamientos evidenciando problemas de estabilidad que ponen en peligro la seguridad de los peatones o transeúntes. En el costado sur existe un talud receptor de escombros con inestabilidad en los mismos.	Caída de escombros desde talud inestable	Sobrecargas en el talud	Diagonal 41 No 2 – 91 AMENAZA RUINA en los elementos principales y su estructura no es recuperable.
2	CAR-2439	12 de marzo de 2014	Transversal 7A este # 39-44	Los antecedentes para el Concepto son: DI-2528, DI-2591, DI-5708 y RO-61466. Al momento de la visita, el inmueble se encuentra habitado, y confinado con elementos de madera aserrada en buenas condiciones sin fisuras o agrietamientos. Los muros del baño no tienen aparejo por lo cual podría presentar colapso. En líneas generales no se observa daño en la estructura de la edificación, sin embargo se observa un leve deterioro generalizado en algunos de los elementos de madera aserrada expuestos a la intemperie por lo que requieren de un mantenimiento preventivo.	Falla en talud de corte en predio con dirección Transversal 7A este # 39-44	Excavación para conformación de vivienda	Se recomienda a los propietarios o responsables del inmueble realizar: Mantenimiento, Estabilización del talud de Corte, mejoramiento de las condiciones de los muros de mampostería y realizar un seguimiento de las condiciones de estabilidad.
3	CT-6460	08 de mayo de 2012	Transversal 1 Este No 41 -28	De acuerdo al plano normativo la zona se encuentra en una zona de Amenaza Media por procesos de	En el predio objeto del CT-6460, vacío, no	--	--

				remoción en masa, donde se proyectó la construcción de una edificación de nueve pisos en un área de 3330.3 m2, con sistema de cimentación mediante zapatas y micro pilotes con una profundidad máxima de excavación de 4.5 m. El predio se emplaza muy cerca al contacto entre las arcillolitas abigarradas de la Formación Guaduas Conjunto Superior (KTgs) y las areniscas friables de color pardo a blanco de la Formación Cacho (Tpc). Del estudio de suelo de la firma Constructora Miranda Gómez, se encontró el nivel freático a 4.5 m	fue posible identificar procesos de remoción en masa, por la alta densidad de vegetación, sin embargo se observa que en el lote vacío contiguo en el costado suroriental se presentan formas irregulares del terreno, posiblemente asociadas a procesos de reptación.		
4	CT-6609	10 de octubre de 2012	Calle 41 No 5 – 08 Este	En el momento de la visita técnica se encontró un lote vacío, con trabajo de excavación para cimentación y de instalación de mampostería, así como acopio de materiales. El sector presenta pendiente alta sin daños o patologías que permitan identificar o definir la presencia de procesos de inestabilidad geotécnica	--	--	--
5	CT-7948 Actualiza el CT-3533	14 de abril de 2015	Desarrollo La Isla – Barrio El Paraíso	Se evidenció alta humedad de los materiales, causada por el manejo inadecuado de aguas de escorrentía en la cabeza de la ladera. En sectores aledaños al desarrollo se han localizado polígonos de intervención, por ejemplo, hacia el sur se determinó un avance en el proceso de inestabilidad (2-002 Barrio El Paraíso), caracterizado por un aumento en el	Caída de bloques de roca areniscas.	Saturación de materiales	

				desplazamiento del terreno a lo largo de la superficie de falla, hacia el norte y oeste (2-008 av circunvalar con calle 41) se presentó el desprendimiento de fragmentos rocosos incluyendo suelo granular y fragmentos rocosos de arenisca.			
6	DI-553	5 de Enero de 1999	Diagonal 43 No 1 a 20	A la altura de la Diagonal 43 con carrera 1 A Este, sobre un talud de corte al costado oriental de la vía, de aproximadamente 8 m de alto, se presentó como consecuencia de lluvias fuertes, el desprendimiento de unos 50 m3, de suelo residual y bloques de arenisca con tamaño del orden de 1 m, los cuales rodaron hasta invadir la calzada de la Diagonal 43. Se generaron además grietas de tracción en la parte superior del Talud, muy cercanas a una vivienda de una planta.	Flujo de tierras Caída de materiales	Grietas de tracción Fuertes lluvias	Diagonal 43 No 1 a 20
7	DI-735	29 de septiembre de 1999	Transversal 42 # 5 – 39 Este	Como resultado de la combinación de construcciones de bajas especificaciones técnicas, vertimientos de aguas servidas a media ladera y falta de control de aguas lluvias, se presentan numerosas infiltraciones en el terreno, que generan puntos de inestabilidad potencial. En las zonas aledañas se observa reptación e incluso algunas pequeñas coronas de deslizamiento.	Reptación de la ladera Desprendimientos de suelo	Falta de manejo de aguas lluvias Infiltración en el terreno	Transversal 42 # 5 – 39 Este
8	DI-983	26 de Julio de 2000	Diagonal 41 con Transversal 2 Este	El sector está conformado por una ladera de pendiente suave que se torna fuerte hacia el oriente, presentando un cambio en el límite con las viviendas del sector oriental, donde afloran areniscas de la Formación Plaeners y en algunos	Deslizamiento traslacional Deslizamiento rotacional	Fuerte pendiente topográfica del terreno Presencia de depósitos coluviales	Diagonal 41 No 2 – 91 Este

				sectores es posible encontrar depósitos coluviales. Hacia el costado norte de la ladera se evidencia afectación por el fenómeno de remoción en masa existente en la zona, el cual corresponde a un deslizamiento de carácter traslacional. En la zona sur del sector se evidencia un movimiento de carácter rotacional que compromete el costado oriental de la ladera así como la Av Circunvalar, ubicada hacia el extremo occidental del barrio			
9	DI-1056	31 de enero de 2001	Diagonal 41 con Transversal 2 Este	. El principal fenómeno de remoción puede clasificarse como un deslizamiento complejo del depósito cuaternario, de grandes proporciones, el cual puede ser parte del gran deslizamiento del Parque Nacional. Sobre esta masa en movimiento se identificaron una serie de deslizamientos locales y superficiales, así: Un deslizamiento rotacional en el flanco noroccidental, una serie de flujos de tierra que involucran en buena parte rellenos antrópicos, en el centro del deslizamiento principal y un deslizamiento traslacional en el flanco suroriental.	Deslizamiento rotacional y deslizamiento traslacional	Presencia de depósitos coluviales	Predios localizados en el extremo oriental de la Diagonal 41 con Transversal 2 Este
10	DI-1735	16 de abril de 2003	Transversal 6 este No 39 - 09	Deslizamiento traslacional de la capa vegetal (pasto, raíces y limo orgánico) que cubren las rocas de la formación Guaduas (Ksg) que afloran en el sector, cuyos detonantes fueron el corte mayor a 6.0 m de altura, efectuado por los propietarios del predio para conformar la explanación de una vivienda prefabricada, y ruptura del tubo de acueducto que	Deslizamiento traslacional	Altura de corte mayor a 6.0 m Rotura de un tubo de acueducto	Transversal 6 este No 39 - 09

				llega a la vivienda y que aportó gran cantidad de agua al suelo superficial.			
11	DI-2420	24 de Mayo de 2005	Transversal 8 este No 40 - 25	En el primer nivel de la vivienda referida, ingresó agua de la parte frontal como consecuencia de la ruptura de una tubería de PVC de acueducto oficial. Debido a esto, se presentó el colapso de un muro de confinamiento de la fachada en el tercer nivel en una sección de 4m de longitud y 1.5 m de altura. Como consecuencia de la erosión de los materiales que recubrían la tubería de acueducto se presentó también la exposición de las mangueras de conducción de gas.	Falla de muro de contención	Saturación del terreno ocasionada ruptura de tubería PVC de agua.	Transversal 8 este No 40 - 25
12	DI-2436	23 de mayo de 2005	Calles 39 # 5 - 43	Deslizamiento de 2 m3 de suelo residual de arcillolita, causado por incremento en la saturación del material debido a las lluvias acumuladas, que afectó la parte frontal de la vivienda, construida en material de recuperación y ubicada frente al predio con nomenclatura Calle 39 # 5 – 43. El evento destruyó el acceso a la vivienda y un panel en madera y teja de zinc que sirve de muro en el frente de la vivienda.	Desprendimiento de materiales	Saturación del terreno Fuertes precipitaciones	Calles 39 # 5 - 43
13	DI-2496	05 de octubre de 2005	Diagonal 40A # 2 - 69 Este (Mz8-Pr5), Diagonal 40A # 2 - 61 Este(Mz8-Pr6)	El sector objeto del presente diagnóstico se ubica sobre una ladera de pendiente alta y corresponde a un asentamiento urbano de tipo consolidado. La ladera está constituida por un coluvión sobre la formación guaduas, afectado por deslizamientos sobre el material coluvial y deslizamientos locales superficiales sobre esta masa de	Deslizamientos locales superficiales	Intervención antrópica como el vertimiento de aguas servidas, la deforestación y desconfinamiento por excavaciones.	Diagonal 40A # 2 - 69 Este (Mz8-Pr5), Diagonal 40A # 2 - 61 Este(Mz8-Pr6)

				material, de tipo rotacional, traslacional y flujos			
14	DI-2591	15 de diciembre de 2005	Transversal 7 A Este # 39 - 44	Falla del talud frontal de la vivienda de la referencia, generando un pequeño flujo de tierra debido a la saturación de los materiales de relleno realizado para el emplazamiento de la vivienda, como consecuencia de las fuertes lluvias presentadas en el sector en las horas de la tarde del 15 de diciembre de 2005. El empuje de los materiales fallados rompió la tubería del alcantarillado domiciliaria de aguas servidas, disminuyéndose a su vez el área del patio de la vivienda por pérdida de material	Flujo de tierras	Saturación del terreno Fuertes precipitaciones del 15 de diciembre de 2005	Predio localizado en la Transversal 7 A Este # 39 - 44
15	DI-2604	11 de enero de 2006	Diagonal 41 # 5 – 43 Este	Deslizamiento traslacional de un volumen de aproximadamente 12 m3 de material rocoso y suelo a lo largo de la superficie de estratificación del macizo rocoso, lo cual generó el colapso de una estructura en material de recuperación que conformaba la zona de cocina y lavadero. El fenómeno ocurrió por causa de la constante infiltración de agua en la parte superior del talud, sumada a la disposición estructural desfavorable del talud por la altura del corte y la inclinación de los estratos rocosos a favor de la pendiente. Adicionalmente no se contaba con medidas de confinamiento o estabilización del mismo.	Deslizamiento traslacional	Infiltración de agua en la parte superior del talud Disposición estructural desfavorable del talud por la altura del corte y la inclinación de los estratos rocosos a favor de la pendiente	Diagonal 41 # 5 – 43 Este
16	DI-2673	04 de marzo de 2006	Avenida circunvalar con 42	Sobre el costado oriental de la avenida circunvalar con calle 42, se produjo un flujo proveniente de un talud con una altura aproximada de 15 m, litológicamente constituido por	Flujo de tierras Caída de rocas con diámetros de hasta 1 m sobre la	Infiltración de aguas de escorrentía que saturaron el material	Avenida circunvalar con 42

				fragmentos subangulares de arenisca con diámetros de hasta 1 m, embebidos en una matriz limo arenosa de color amarillento; involucrando un volumen aproximado de 150 m3, que no alcanzó a afectar la calzada de la vía por la presencia de una estructura en gavión. El proceso de inestabilidad se produjo por infiltración de aguas de escorrentía que saturaron el material, además de la presencia de un apique sin tapar localizado en la parte alta del talud. Otro aspecto que incidió en la falla del talud es su elevado ángulo de inclinación (60°)	avenida circunvalar	Elevado ángulo de inclinación (60°) de la ladera Evento de alta pluviosidad Reactivación del proceso de inestabilidad	
17	DI-2869	28 de junio de 2006	Calle 40 # 2 -36 Este	El sector evaluado corresponde a una ladera de pendiente media – alta, donde se encuentra un proceso con evidencias superficiales de reptación evidenciadas por irregularidad del terreno e inclinación de los árboles. El avance del movimiento puede estar influenciado por la falta de control de aguas de escorrentía superficial.	Reptación	Falta de control de aguas de escorrentía superficial.	Predio 7 – Manzana; Calle 40 No 2-40 (Pr 8 – Manzana 8); Calle 40 No 2 – 32 Este (Pr 9 – Manzana 8); Diagonal 40A No 2 – 61 Este (Pr 20 – Manzana 8).
18	DI-2945	21 de junio de 2006	Avenida Circunvalar con calle 39	El sector objeto de la evaluación técnica está ubicado sobre el flanco derecho de un cono de deyección que forma en general la geomorfología del Parque Nacional, localizado en la margen derecha del Río Arzobispo; conformado por bloques de arenisca embebidos en una matriz arcilloarenosa. El cono de deyección está limitado en el costado nororiental por un escarpe, asociado a una familia de diaclasas, en el que afloran liditas	Deslizamiento compuesto, Flujos de detritos	Meteorización del macizo rocoso	Avenida Circunvalar

				(parte superior) y arenisca (parte inferior) en el que se observan flujos de detritos que aportan material al cono de deyección.			
19	DI-2976	22 de abril de 2006	Transversal 7A Este # 39 - 93	El sector evaluado corresponde a una ladera de pendiente media alta, donde en su parte media se localiza la vía que va en sentido paralelo al rumbo de dicha ladera. Hacia el costado occidental de la vía se encuentra la vivienda, caracterizada por ser una construcción de un nivel en mampostería simple. En el sector se presentó un flujo de tierra proveniente de un talud de corte el cual tiene una altura de 2 m y una inclinación mayor a los 60°, constituido por suelo residual y que a su vez hace parte de la vía, involucrando suelo residual con un volumen aprox de 3m3, el cual se depositó hacia la entrada principal de la vivienda del Señor Tovar, debido a la saturación del material por lluvias precedentes y a la falta de protección geotécnica en dicho talud.	Flujo de tierras	Saturación del material por lluvias precedentes y a la falta de protección geotécnica en dicho talud.	Transversal 7A Este # 39 - 93
20	DI-3017	1 de noviembre de 2006	Diagonal 41 # 2 – 72 Este (Mz7-Pr3	La vivienda presenta serios problemas estructurales evidenciados en los agrietamientos en las paredes interiores y exteriores de la vivienda, lo mismo que en las placas de entrepiso y cubierta, asociados directamente a las deformaciones que se están presentando en el terreno por procesos de remoción en masa.	--	--	Diagonal 42 # 2 – 72
21	DI-3726	18 de Junio de 2008	Diagonal 40 # 2 – 55 Este (Mz. 8 lote 20) Diagonal 40A # 2 – 61 Este (Mz. 8 lote 6	El sector en general es susceptible a la presencia de fenómenos de remoción en masa tipo reptación, evidenciándose inclinación en los árboles, formación de pequeños	Deslizamiento y caída de suelo	Vertimiento de las aguas servidas, deforestación y desconfinamiento por excavaciones	Diagonal 40 # 2 – 55 Este (Mz. 8 lote 20)

			Diagonal 40A # 2 – 69 Este (Mz. 8 lote 5	escarpes de deslizamientos, asociados entre otros a la intervención antrópica como el vertimiento de las aguas servidas, deforestación y desconfinamiento por excavaciones para el emplazamiento de las viviendas, advirtiéndose una condición de alto riesgo para estos predios y las familias que allí habitan.		para el emplazamiento de las viviendas	Diagonal 40A # 2 – 61 Este (Mz. 8 lote 6 Diagonal 40A # 2 – 69 Este (Mz. 8 lote 5
22	DI-4034	2 de diciembre de 2008	Calle 41 # 5 – 55 Este - Interior 1	Se presentó un desprendimiento de suelo residual y material de relleno de un talud entre predios privados, con altura de 3.5 a 5.0 m, en una longitud de 8m, con pendientes entre 65° y 75°, conformado superficialmente por material limo arcilloso y suelo orgánico, el cual presentaba como estructura de contención un muro en sacos de tierra, pero no contaba con un sistema para el manejo del drenaje superficial y subsuperficial y que posiblemente fue realizado para el emplazamiento de la vivienda.	Desprendimiento de suelo	Pendiente del terreno Falla de estructura de contención en sacos de tierra Fala de manejo de aguas	Calle 41 # 5 – 55 Este - Interior 1
23	DI-4077	1 de abril de 2009 y 15 de abril de 2009	Diagonal 41 # 5 – 43 Este	Se presentó un proceso de remoción en masa tipo traslacional con flujo de lodos y detritos, involucrando un volumen de material limo arcilloso de aproximadamente 10m3, los cuales se desprendieron de la parte alta y media de un talud de corte al parecer realizado para la adecuación del terreno y posterior emplazamiento de una cancha deportiva; talud de corte con pendiente aproximada de 80°, altura cercana a los 10m y longitud de aproximadamente 30m, a lo largo de los cuales no se identificaron sistemas de protección y/o estabilización, ni sistemas para el manejo de las aguas	Deslizamiento traslacional con flujo de lodos y detritos	Talud de corte para explanación de viviendas Pendiente del terreno de aproximadamente 80º Falta de obras de estabilización Falta de manejo de aguas	Poste de energía Cancha de microfútbol

				de escorrentía. Por otra parte el material impactó un poste el cual colapsó y se depositó en la cancha, sin dejar fisuras o grietas pero si comprometiendo su funcionalidad.			
24	DI-4084	17 de abril de 2009	Avenida Circunvalar con Calle 39	Condición de deslizamiento de un talud y hundimiento de la banca, costado oriental del parque, en cuya visita se observó una condición de hundimiento que tiene al momento una diferencia de nivel aproximada a los 10 cm y que presenta condiciones similares a las ya reportadas en el DI-2945 de 2006	Deslizamiento	Reactivación de movimiento del	Avenida Circunvalar con Calle 39
25	DI-4089	2 de abril de 2009	Carrera 5 Este # 40A – 25 Carrera 5 Este # 40A – 07	Se presentaron dos procesos de remoción en masa de carácter local tipo traslacional, con flujo de lodos y detritos involucrando en conjunto un volumen de material limo arcilloso de aproximadamente 8m3, los cuales se desprendieron de la parte alta de una ladera natural de aproximadamente 80° de inclinación, con una longitud de 15m y una altura aproximada de 20m. El material se depositó en la parte media de la ladera natural en comento, impactando en su recorrido árboles de la especie eucalipto, los cuales no evidencian pérdida de verticalidad	Deslizamiento traslacional, con flujo de lodos y detritos	Falta de obras de drenaje y estabilización del terreno	Carrera 5 Este # 40A – 25 Carrera 5 Este # 40A – 07
26	DI-4168	29 de mayo de 2009	Avenida Circunvalar entre calles 38 y 40	Se presenta un avance significativo en el deslizamiento compuesto identificado en el DI-2945, evidenciándose deformación y escalonamiento de la carpeta asfáltica en los flancos del deslizamiento, en el costado sur presenta hundimientos mayores a los 10 cm y en el flanco del costado Norte a la entrada del barrio un hundimiento entre 5 y 7 cm, así	Deslizamiento compuesto	No acatamiento de las recomendaciones del DI-2945 en lo referente a implementar adecuadas medidas de estabilización y/o protección de la	Avenida Circunvalar entre calles 38 y 40

				mismo con base en la inspección visual se observó que el escalonamiento de la vía es mayor a los 0.5 m; igualmente a lo largo del emplazamiento del muro en gaviones se observa el levantamiento de las losas en concreto y desplazamiento del bordillo de la carpeta asfáltica en el sentido paralelo al muro, como daño asociado a este se observó un alto grado de fisuramiento sobre la carpeta asfáltica.		ladera natural afectada por el proceso de remoción en masa de carácter general evaluado.	
27	DI-4347	14 de Abril de 2009 y 15 de Abril de 2009	Diagonal 39 # 5-46 Este	Se presentó el deslizamiento de aproximadamente 3m3 de material conformado por tierra, capa vegetal y relleno, el cual formaba parte del suelo de la zona de patio del costado sur de la vivienda de la referencia. La vivienda posee una ampliación en material de recuperación en el costado sur, la cual colinda con el sector donde se presentó el deslizamiento	Flujo de tierras	--	Diagonal 39 # 5-46 E
28	DI-4373	30 de noviembre de 2009	Calle 40 No 2 – 32 Este	Se evidenció un avance del agrietamiento en los muros divisorios y de cerramiento de la vivienda localizada en la Calle 40 No 2 – 32 Este, el cual corresponde al predio 009 de la manzana 8 de acuerdo al DI-2969; avance evidenciado por nuevas grietas con abertura de hasta 2 cm y longitud aprox de 2.5 m, de tendencia diagonal y pérdida de verticalidad de los mismos. Según la inspección visual realizada se identificaron grietas de tendencia horizontal en la pared frontal, con abertura cercana a los 1.5 cm. La falta de estructuras de estabilización ha deteriorado notablemente la vivienda.	Deslizamiento	Falta de obras de estabilización	Calle 40 No 2 – 32 Este

29	DI-4943	30 de noviembre de 2010, febrero 18, 25 y 26 de 2011	Transversal 7 Este a la carrera 5 Este entre la calle 38 y la diagonal 39	El proceso de remoción en masa de tipo compuesto que se presentó en el sector, compromete una ladera natural de hasta 40 m inclinada conformada por capa vegetal y suelo de relleno y tres viviendas en la parte baja. El primer evento se presentó el 30 de noviembre de 2010 con el desprendimiento rotacional y posterior flujo de aproximadamente 300 m3 de material en los predios correspondientes a la Diagonal 39 No 5 – 28 Este y la Diagonal 39 No 5-20 Este, generando un escarpe de15 m, descrito en el RO-37278.	Deslizamiento compuesto Deslizamiento rotación y flujo de detritos	Obstrucción de canales de drenaje	Transversal 7 Este a la carrera 5 Este entre la calle 38 y la diagonal 39
30	DI-5057	06 de enero de 2011	Diagonal 40A # 2 – 55 Este	Se presenta un avance retrogresivo del proceso de inestabilidad evidenciado en el DI-2945 de 2006, de tipo regional. Algunos predios recomendados a reasentamiento no han sido demolidos y presentan alto riesgo de colapso, como el ubicado en la Diagonal 40 A No 2-55 Este, que presenta un estado avanzado de deterioro estructural, evidenciado en grietas de longitudes de hasta 1.5 m y aberturas de hasta 3cm, además de asentamientos diferenciales en los niveles de entrepiso.	Deslizamiento	Meteorización del macizo rocoso	Diagonal 40A # 2 – 55 Este
31	DI-5092	06 de enero de 2011	Diagonal 40A # 2 – 35 Este	Deslizamiento evidenciado en el DI-2945 de 2006, de tipo regional. Aún hay predios que no han sido demolidos y presentan alto riesgo de colapso, como el ubicado en la Diagonal 40A no 2 -39 Este. Adicionalmente el predio de la Diagonal 40A No 2 – 35 adyacente al predio Diagonal 40 A No 2 – 39 presenta posibilidad de colapso.	Deslizamiento	Meteorización del macizo rocoso	Diagonal 40A # 2 – 55 Este

32	DI-5096	06 de enero de 2011	Calle 40 # 2 – 26 Este	Se encontró el deslizamiento evidenciado en el DI-2945 de 2006, el cual es de tipo regional e involucra predios del barrio Paraíso a la altura de la Transversal 2 Este entre la Calle 40 y la Diagonal 40A además de la Av. Circunvalar y sectores del parque nacional. Los predios afectados fueron incluidos en el programa de reasentamiento, en la actualidad algunos de ellos aún no han sido demolidos y presentan alto riesgo de colapso; como el del ubicado en la Calle 40 A No. 2 – 32 Este.	Deslizamiento	Meteorización del macizo rocoso	Diagonal 40A # 2 – 55 Este
33	DI-5148	08 de febrero de 2011	Diagonal 40 con transversal 2 Este	En este sector se ha evidenciado desde antes del año 2000, procesos de inestabilidad del terreno de grandes dimensiones tipo deslizamiento complejo con manifestaciones superficiales de reptamiento, inducidos posiblemente por vertimientos inadecuados de aguas residuales desde la parte media de la ladera, así como el manejo inadecuado de aguas de escorrentía. Dichos procesos de inestabilidad del terreno han tenido un avance retrogresivo en el tiempo.	Deslizamiento complejo Flujo de lodos	Inadecuado manejo de aguas de escorrentía.	Diagonal 40 con transversal 2 Este
34	DI-5531	15 de mayo de 2011	Trasversal 5 Este No. 40A – 25 Trasversal 5 Este No. 40A – 19 Trasversal 5 Este No. 40A – 07	Se presentó un proceso de remoción en masa de carácter general tipo traslacional con flujo de lodos y detritos, involucrando un volumen de material limo arcilloso de aproximadamente 400 m3, los cuales se desprendieron de la parte alta de una ladera natural, con pendiente pronunciada de aprox 80° de inclinación, con una longitud de 40 m y una altura aproximada de 40m. Es	Deslizamiento traslacional con flujo de lodos y detritos	Pendiente del terreno de 80º Fenómeno de remoción en masa retrogresivo	Trasversal 5 Este No. 40A – 25 Trasversal 5 Este No. 40A – 19 Trasversal 5 Este No. 40A – 07

				probable que el proceso obedezca a fenómenos de retrogresión del DI-4089.			
35	DI-5564	02 de junio de 2011	Vía Cerro El Cable desde el Barrio El Paraíso hasta Base de Guardia y Telecomunicaciones de la Policía Nacional	El día 2 de Junio de 2011, en compañía de la Secretaría Distrital de Ambiente y de la Corporación Autónoma Regional-CAR, se realizó un recorrido de la vía de acceso al Cerro El Cable desde el Barrio Paraíso y hasta la Base de Guardia y Telecomunicaciones de la Policía Nacional, con el ánimo de localizar puntos críticos en el trayecto susceptibles a condiciones de desprendimiento de material y/o deslizamientos, así como verificar las condiciones de transitabilidad de la vía carreteable. El punto de inicio es una zona de parqueo ubicada hacia la parte baja de la ladera y sobre la calle 42 a la altura de la carrera 5 Este en el Barrio Paraíso, para terminar en la entrada de la base de guardia y Telecomunicaciones de la Policía Nacional (K2+900). En el punto No. 5 (Punto K1+400) se identifica un proceso de remoción en masa que ha afectado parcialmente y en una franja de aproximadamente 20 mts de largo ubicada al costado	Desprendimientos de roca y suelo	Meteorización del macizo rocoso Agrietamiento por raíces	Vía de acceso al Cerro El Cable.

				occidental de la banca del carreteable de acceso al Cerro el Cable.			
36	DI-5613	14 de julio y 6 de agosto de 2011	Diagonal 40A No 2 - 42	Se ha identificado un avance en el proceso de inestabilidad que se presenta a la altura de la Diagonal 40 con Transversal 2 Este. Dicho avance se refleja en la clara definición de una grieta que aparece hacia el costado norte del predio con nomenclatura Dg. 40A No 2 – 35 Este, la cual ingresa por el costado sur-oriental al predio Dg 40A No 2-42 Este, pasa por la parte media de tres predios ya reasentados, y desciende por el costado oriental del sector hacia la Av. Circunvalar. En el periodo transcurrido entre febrero de 2011 y agosto del mismo año, se ha observado un aumento en el desplazamiento del terreno a lo largo de la superficie de falla descrita anteriormente, reflejado en el hundimiento del terreno en la corona del deslizamiento, que en este periodo de tiempo ha sido de por lo menos 0.6m, para llegar a un escarpe de falla cercano a 0.9 m de altura.	Deslizamiento y flujo de tierras		Diagonal 40A No 2 - 42
37	DI-5708	04 de agosto de 2011	Transversal 7A Este No 39-44	Se presentó el desprendimiento de suelo residual y material orgánico de un talud de corte de aproximadamente 1.5m de altura y 7m de longitud. El desprendimiento de material involucró un volumen cercano a los 2m3, el material desprendido impactó la estructura de la vivienda emplazada en el predio de la Transversal 7 A Este No 39-44, afectando la cocina y una habitación.	Desprendimiento de suelo	Falta de estructura de contención y de estabilización Falta de obras de drenaje Saturación de materiales	Transversal 7 A Este No 39-44

38	DI-6500	03 de diciembre de 2011	Diagonal 40 No 5A – 72 Este	Se presentó desprendimiento de aproximadamente 6,0 m3 de suelo residual y capa vegetal en un talud de corte entre predios privados de aproximadamente 5.0 m de altura, 8.0 m de longitud e inclinación superior a 60°, carente de obras de estabilización y drenaje. Los materiales desprendidos se depositan hacia la parte posterior de la vivienda emplazada en la parte baja del talud, y que corresponde al predio de la referencia, generando empujes sobre los muros de cerramiento de la edificación e impactando la cubierta de la misma.	Desprendimiento de suelo	Falta de estructura de contención y de estabilización Falta de obras de drenaje	
39	DI-7779	16 de Diciembre de 2014	Diagonal 40 A No 5 – 43 Este	Se identificó un avance en el proceso de remoción en masa observado desde Abril de 2009 y documentado en el DI-4077, con flujo de lodos, involucrando un volumen de material limo arcilloso de aprox. 3m3, los cuales se desprendieron de la parte alta y media del talud de corte al parecer realizado para la adecuación del terreno y posterior emplazamiento de una cancha deportiva; talud de corte con pendiente aproximada de 80° altura cercana a los 10m y longitud de aproximadamente 30m, el cual presentaba como sistema de contención, un muro con lonas de arena, confinado mediante mortero, de una altura aproximada de 0.6 m. El material desprendido se depositó sobre la cancha deportiva en comento, sin fisuras, grietas, deformaciones u otro tipo de afectación.	Deslizamiento y flujo de lodos	Talud de corte para adecuación del terreno para cancha deportiva Desconfinamiento del terreno	Diagonal 40 A No 5 – 43 Este

40	DI-7795	16 de Diciembre de 2014	Calle 41 No 5 – 44 Este (Campo) Calle 42 No 5 – 39 Este (Oficial)	Se identificó un avance en el proceso de remoción en masa observado desde Diciembre de 2012 y documento en el DI-6090, el cual se presentó en la ladera sobre la que descansa el predio que hace parte del lote mayor extensión ubicado en la Calle 42 No 5 – 39 Este. El desprendimiento involucró flujo de lodos y capa vegetal, con un volumen de material orgánico de aproximadamente 3.0 m3, los cuales provinieron de la parte alta de la ladera, que tiene una pendiente aproximada de 60°, altura cercana a los 20m y longitud de aproximadamente 300m, para la que no se observaron sistemas para el manejo de aguas de escorrentía superficial y/o subsuperficial, por otra parte material desprendido se depositó sobre el cauce de la quebrada el Chulo, que pasa por la parte baja de la misma, a unos 10 m de distancia.	Deslizamiento y flujo de lodos Caída de bloques de roca	Pendiente del terreno de 60º Fala de obras de drenaje superficial y subsuperficial	Calle 42 No 5 – 39
41	DI-7901	26 de noviembre de 2014	Cruce de la Avenida Circunvalar con la Transversal 1 Este	Se presentó un proceso de remoción en masa de carácter local, tipo desprendimiento superficial, de aproximadamente 1.5 m3, de un talud de corte reconformado con geo mantos de control de erosión y material vegetal, parte del material removido se depositó sobre una canaleta en concreto, que evacua aguas de escorrentía y del drenaje de un muro en concreto, localizado sobre el costado Oriental de la vía Circunvalar, en sentido Sur – Norte. El talud en comento, cuenta con una	Desprendimiento de suelos	Saturación de materiales Obstrucción de cunetas por caída de materiales	Cruce de la Avenida Circunvalar con la Transversal 1 Este

				altura aproximada de 6 m, longitud cercana a los 18 m y una pendiente de aproximadamente 70°. El material deslizado correspondía a la parte superficial del talud, que, al incrementar el nivel de saturación, posiblemente por las lluvias, las cuales discurren libremente, saturando los materiales y ocasionando su posterior desprendimiento, junto con el geo manto y el material vegetal, con los que había sido protegido el talud. Parte del material obstruyó la cuneta en concreto.			
42	DI-7964	04 de Marzo de 2015	Carrera 7 Este No 41-26 MJ 3	Hacia el costado occidental se encuentra una ladera de pendiente media, cubierta con material vegetal en el que se evidenciaron procesos de remoción en masa locales en el pie de la ladera.	Deslizamientos	Falta de obras de drenaje y estabilización	Carrera 7 Este No 41-26 MJ 3
43	DI-9025	12 de marzo de 2016	Diagonal 40 A con Transversal 5 Este	Se encontró evidencia de un desbordamiento de la quebrada El Chulo dada la presencia de sedimentos sobre el terreno y una cancha polideportiva. La quebrada El Chulo a la altura de la vivienda, se encuentra entubada en un tramo de 70m aproximadamente, al parecer a una profundidad de 5m y por debajo de la cancha polideportiva. La zona donde se ubica el punto de captación, se encuentra con acumulación de sedimentos, los cuales corresponden a material de arrastre de la parte alta de la quebrada generando el represamiento en un área de 80m2. Sobre el cabezal de salida de la mencionada tubería se identificó flujo de aguas, por lo cual es posible que el	Desbordamiento de la quebrada El Chulo Desprendimientos de suelo	Obstrucción de tubería en tramo enterrado de la Quebrada El Chulo Taludes de corte para el emplazamiento de viviendas	Diagonal 40 A con Transversal 5 Este

				tramo entubado de la quebrada El Chulo presente una obstrucción parcial. Dado el desbordamiento y según información de la comunidad se generó anegación de una vivienda aledaña, situación que pudo darse ya que la vivienda se encuentra en una cota relativamente inferior al punto de desbordamiento de la Quebrada El Chulo. Para el emplazamiento de las mencionadas viviendas se implementaron taludes de corte de tendencia vertical sin medidas de protección y contención. Las mencionadas viviendas se localizan dentro del cauce de la quebrada el Chulo por lo cual se favorecen los procesos.			
44	DI-9034	07 de Marzo de 2016	Diagonal 40 No 5A-68 Este	En el costado oriental del predio se observa un talud de corte realizado para la adecuación del predio y posterior emplazamiento de la vivienda, caracterizado por una altura de 1.5 m y una longitud cercana a los 6 m en el cual no se observan medidas de protección y/o contención y en la zona de transición del muro de cerramiento de la vivienda y el talud de corte no cuenta con obras para el manejo de las aguas de escorrentía.	Desprendimiento de suelo	Taludes de corte para el emplazamiento de viviendas Falta de obras de drenaje y estabilización del terreno	Diagonal 40 No 5A-68 Este
45	DI-9802	01 de noviembre de 2016	Avenida Circunvalar entre Calle 38 y 39	Se presentó el desprendimiento de un fragmento rocoso de tamaño cercano a los 0.8 m3, desde la parte alta del talud de corte vial de altura cercana a los 5m en una longitud aproximada de 10m con una inclinación cercana a los 60° conformado por fragmentos y bloques rocosos embebidos en matriz	Caída de bloques de roca	Meteorización de depósito coluvial	Costado occidental de la Av. Circunvalar, a la altura de la calle 39

				clasto soportada. El talud se ubica en el costado occidental de la Av. Circunvalar, a la altura de la calle 39, No hay infraestructura adicional expuesta.			
46	DI-9893	22 de noviembre de 2016	Diagonal 40 No 5A -00 Este	El predio se localiza en la parte media de una ladera, en una zona consolidada, con vías de acceso sin pavimentar, con servicios públicos básicos, sector en el cual se identifican edificaciones entre uno y tres niveles. Al costado norte de la edificación, se adelantan unas excavaciones para intervenir la Quebrada El Chulo, la cual en dicho sector se encuentra canalizada mediante tubería. Las actividades de intervención generaron daño y represamiento de agua contra la vivienda, situación que dio origen a socavación del material de cimentación de la vivienda en este sector y un asentamiento de la estructura; lo que pudiere dar origen al colapso parcial y/o total de la misma.	Socavación de cimientos de vivienda por represamiento de agua de la quebrada El Chulo, debido a actividades de intervención en el cauce de la quebrada	--	Diagonal 40 No 5A -00 Este
47	DI-10907	17 de Junio de 2017	Diagonal 40A No 2 - 43 Este	La vivienda se ubica en la parte alta de un talud objeto de intervenciones de estabilización al parecer por parte del Fondo de Desarrollo Local de la Alcaldía Local Chapinero, el cual cuanta con una pendiente cercana a los 60° y una altura de 8m en una longitud de 15m aproximadamente.	Desprendimiento de bolsacretos	Falla de obras de estabilización del talud	Diagonal 40A No 2 - 43 Este
48	DI-11261	14 de diciembre de 2017	Calle 42 No 5 – 87 Este	En la parte posterior del predio en el sector del patio, se identifica una ladera de pendiente alta la cual fue objeto de relleno posiblemente para mejorar el uso del mismo; el relleno está conformado por suelo residual y no se identifican medidas de	Desprendimiento de suelo	Falta de obras de protección, contención y drenaje Acción antrópica	Calle 42 No 5 – 87 Este

				contención, protección y drenaje. En el sector en mención se presentó un movimiento en masa que involucra un volumen de aproximadamente 4.5 m3, los cuales se depositan en la parte baja de la ladera, sin generar daños a viviendas e infraestructura pública. Se destaca que la parte baja de la ladera corresponde a terrenos baldíos en los que no se identifican construcciones por las condiciones topográficas que esta presenta.			
49	DI-11627	06 de abril de 2018	Costado Sur Transversal 7 Este No 39-12	Se presentan nuevos movimientos en masa en la parte frontal del predio, situación que se viene presentando desde el año 2010 y que había sido identificada en los documentos antecedentes donde se advirtió del avance a corto plazo. El movimiento involucra un volumen de material de 3.0 m3, que se alojan en la parte baja de la ladera, obstruyendo parcialmente una cuneta para el manejo de las aguas de escorrentía del sector.	Deslizamiento y desprendimiento de suelo	Precipitación abril de 2018 con un valor de 183.70 mm. Falta de mantenimiento de red de alcantarillado	Costado Sur Transversal 7 Este No 39-12

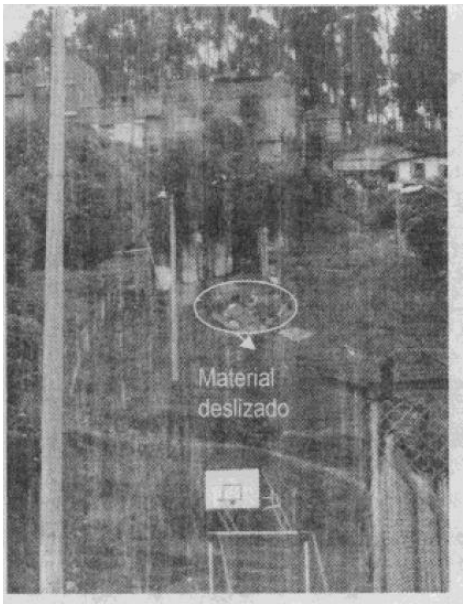


Figura 2. Fotografías asociadas a remoción en masa en la Carrera 39 No. 5-43. DI-2436. Mayo de 2005. DPAE (2005).



Fotografía 2. Detalle del desprendimiento de material, donde se indica la dirección de la estratificación del macizo rocoso desfavorable con respecto a la dirección de corte del talud.

Figura 3. Desprendimiento de material, se observa la estratificación en dirección desfavorable a la con respecto a la dirección del talud. Diagonal 41 No. 5-43 Este. DI-2604. Enero de 2006. DPAE (2006).

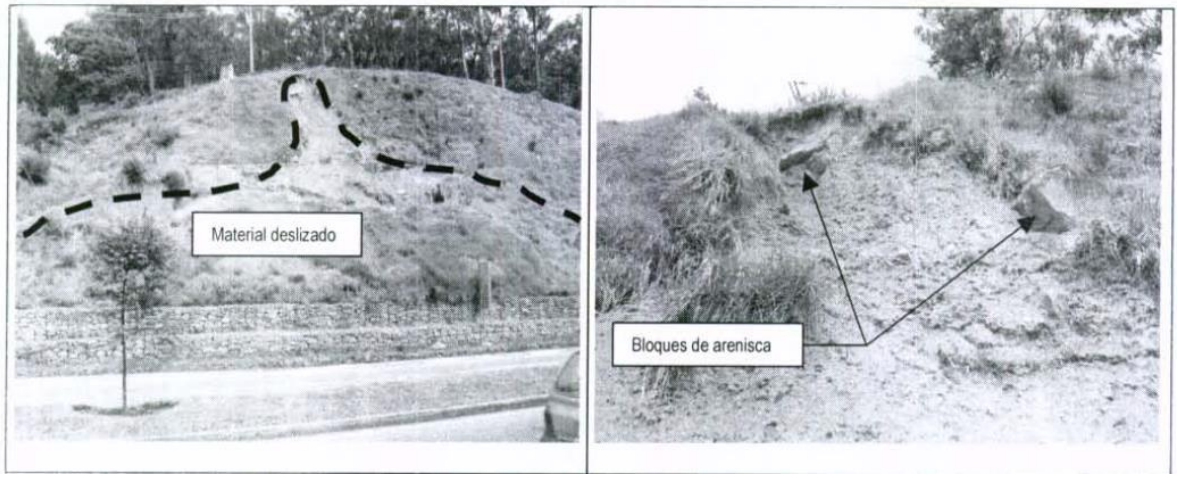


Figura 4. Proceso de inestabilidad presentado en la avenida circunvalar con calle 42. DI-2673. Marzo de 2006. DPAE (2006).

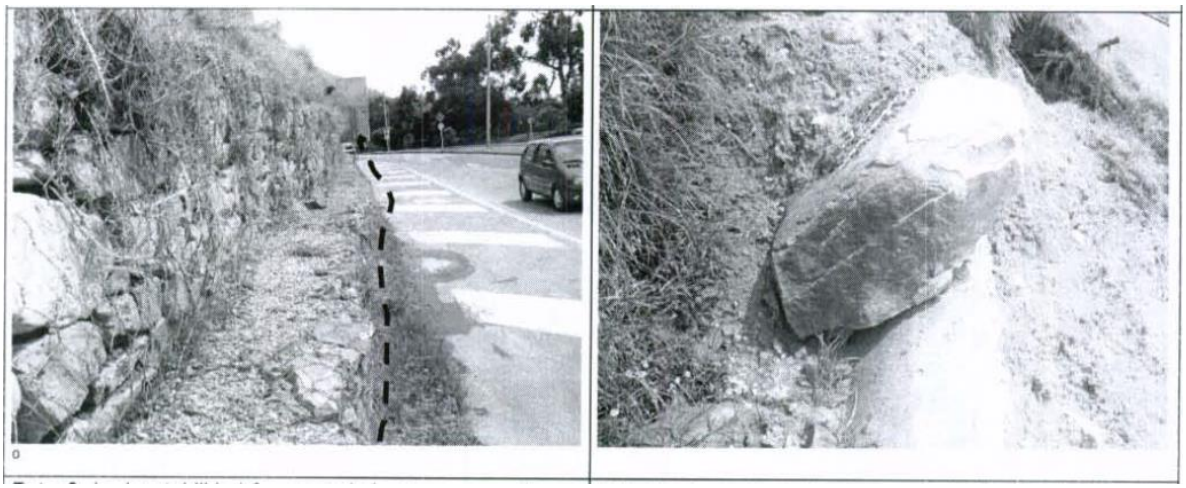


Figura 5. Deformación de la estructura de muro de contención en gaviones. Avenida Circunvalar con 42. DI-2673. Marzo de 2006. DPAE (2006).

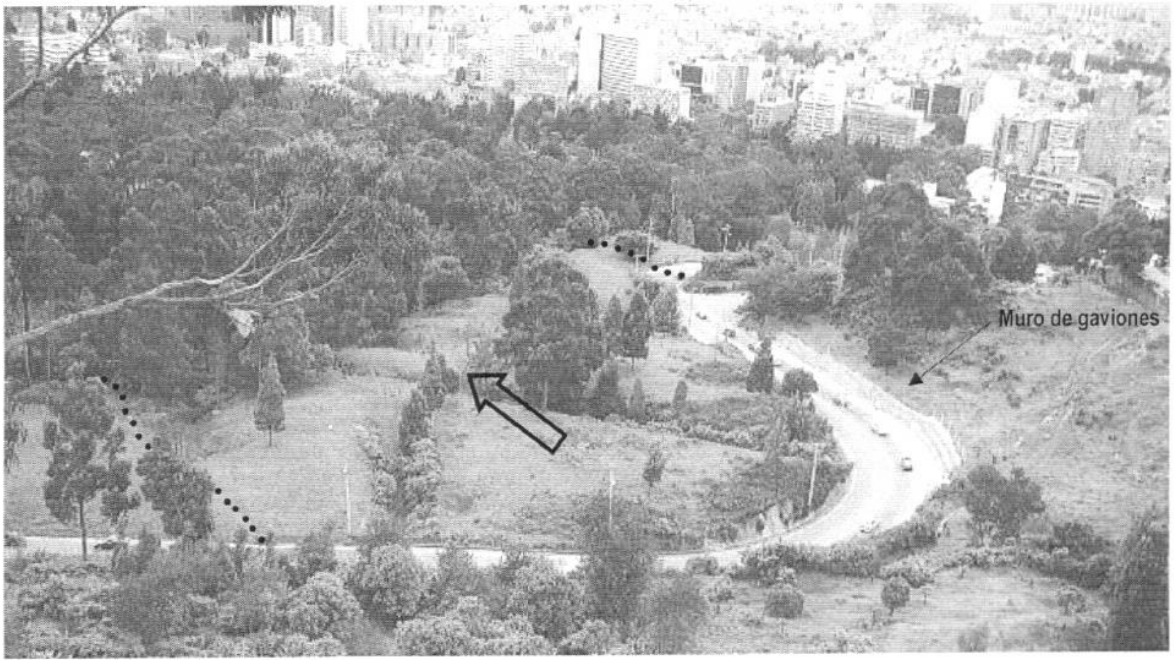


Figura 6. Panorámica del área inestable, las líneas punteadas indican los flancos del deslizamiento y la flecha la dirección del movimiento. En el talud superior de la vía se observan señales de inestabilidad, nótese las ondulaciones del terreno y algunos escarpes suavizados. Fotografía asociada a remoción en masa en la Av. Circunvalar con Calle 39. DI-2945. Junio de 2006. FOPAE (2006).

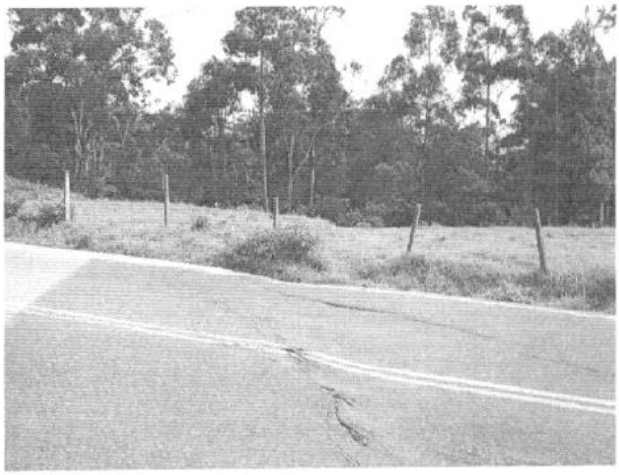


Figura 7. Hundimiento de 10 cm aproximadamente, generado por el deslizamiento en el flanco izquierdo. Fotografía asociada a remoción en masa en la Av. Circunvalar con Calle 39. DI-2945. Junio de 2006. FOPAE (2006).

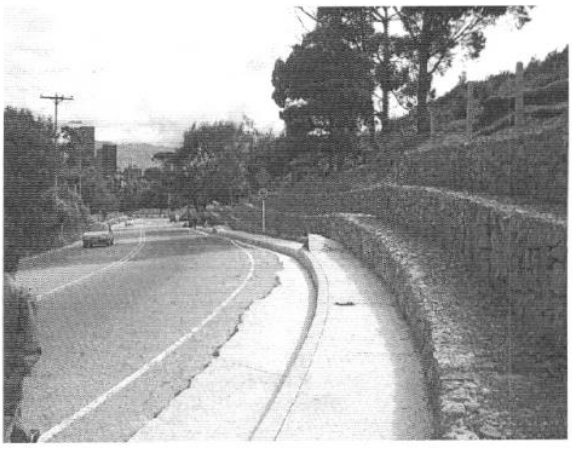


Figura 8. Levantamiento del andén ubicado en la parte inferior del muro de gaviones en la Av. Circunvalar con Calle 39. DI-2945. Junio de 2006. FOPAE (2006).



Figura 9. Desprendimiento de materiales en la Transversal 7ª Este 39-93. DI-2976. Abril de 2006. FOPAE (2006).

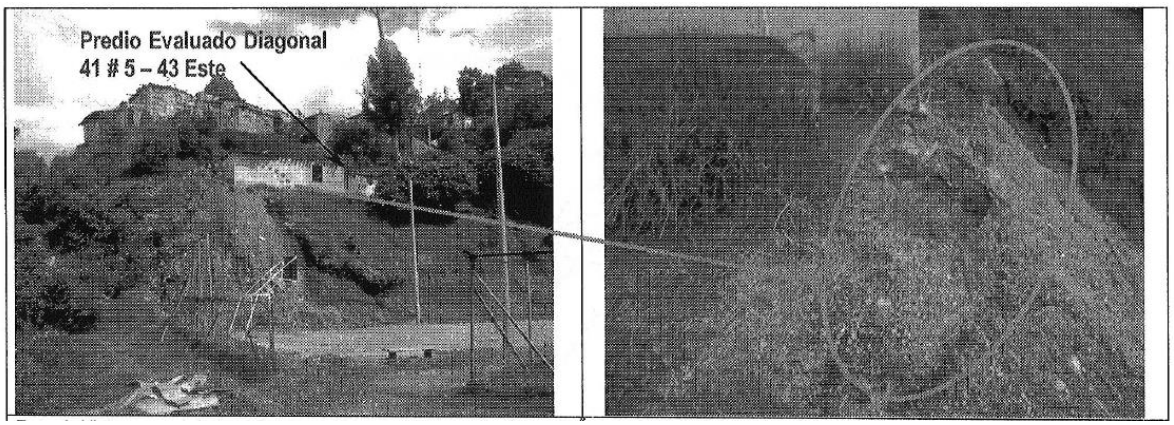


Figura 10. Desprendimiento de material de talud en el costado occidental de la cancha de microfútbol. Fotografía asociada a remoción en masa en la Diagonal 41 No. 5-43 Este. DI-4077. Abril de 2009. FOPAE (2009).

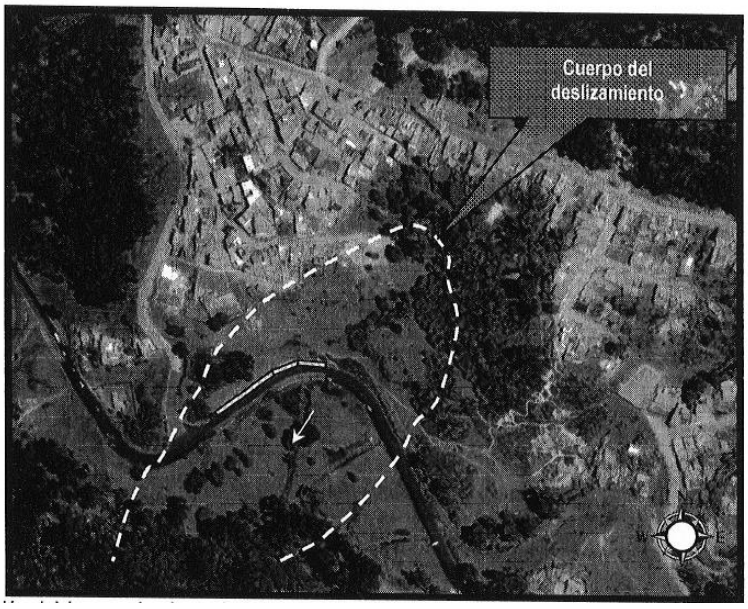


Figura 11. Localización del área evaluada en la Avenida Circunvalar entre calles 38 y 40 en el barrio El Paraíso de la Localidad de Chapinero. Vista en planta del deslizamiento. Fotografía asociada a remoción en masa en la Av. Circunvalar entre calles 38 y 40. DI-4168. Mayo de 2009. FOPAE (2009).

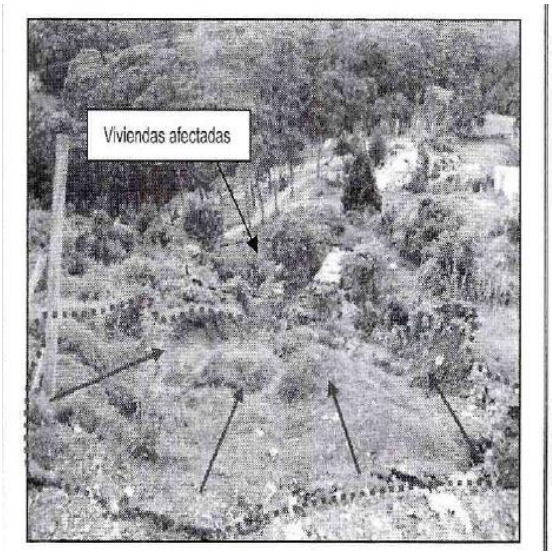


Figura 12. Deslizamiento y flujo de lodos en la Transversal 7 Este a la Carrera 5 Este entre la Calle 38 y la Diagonal 39, DI-4943. Noviembre de 2010 y febrero de 2011. FOPAE (2010 y 2011).

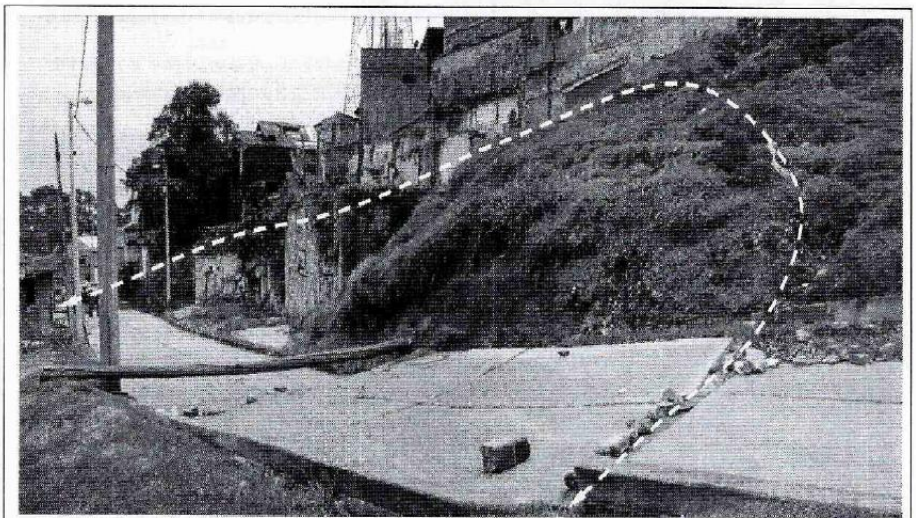


Figura 13. Vista desde el costado sur de la corona del deslizamiento, que muestra evidencias de avance retrogresivo. Fotografía asociada a remoción en masa en la Transversal 7A Este entre Diagonal 39 y Diagonal 40 y Sector calle 42 con Transversal 1 Este, DI-5148. Febrero de 2011. FOPAE (2011).

7.1.1 ZONIFICACIÓN POR AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA

De acuerdo con el mapa de amenaza por movimientos de remoción en masa vigente desde el año 2018 (IDIGER, 2018), el área de estudio para el sitio 2 Paraíso presenta áreas en categoría de amenaza alta y media.

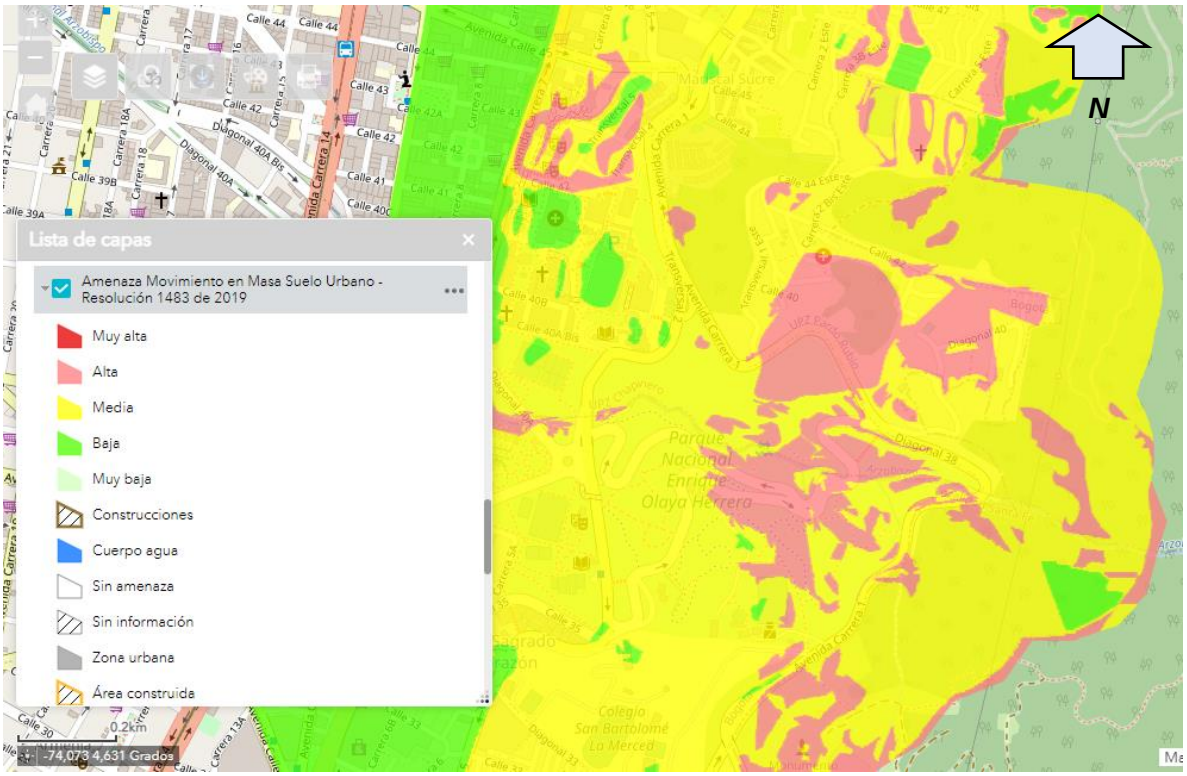


Figura 14. Zonificación por amenaza por remoción en masa para el área de estudio Sitio 2 Paraíso. IDIGER (2018).

7.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA OBTENIDA.

Tabla 2 – Información Secundaria Suministrada Por Entidades.

INFORMACIÓN SECUNDARIA SUMINISTRADA POR ENTIDADES	
Entidad	Contenido
SDHT	Información asociada a posibles lotes dentro de los polígonos de estudio, involucrados en proyectos de la SDHT

ERU	Información asociada a posibles zonas dentro de los polígonos de estudio, involucrados en proyectos del ERU
EAAB	Información asociada a las redes de alcantarillado y acueducto existentes o proyectadas para diseño, construcción y/o mejoramiento dentro de los polígonos de estudio por parte de EAAB
IDU	Información asociada a los CIV's que detallen la malla vial existente o proyectada para mejoramiento y/o construcción dentro de los polígonos de estudio.
SDA	Información asociada a los niveles indicadores de ruido, calidad del aire, zonas de protección, rondas hidráulicas, entre otros, los cuales tuvieran influencia en los polígonos de estudio.
CAJA DE VIVIENDA POPULAR	Información relacionada a predios involucrados en programas o procesos de mejoramiento de vivienda o definidos como zonas de territorio priorizado, dentro de los polígonos de estudio.
SDP	Información relacionada las zonas delimitadas o marcadas como espacio público por parte de SDP, así como los usos del suelo establecidos para los polígonos de estudio.
IDRD	Información relacionada a los programas de espacio para recreación y participación de las comunidades pertenecientes a los barrios pertenecientes a los polígonos de estudio
VANTI	Información asociada a las redes de gas existentes o proyectadas para diseño, construcción y/o mejoramiento dentro de los polígonos de estudio por parte de VANTI.

7.2.1 SITIO 2 PARAÍSO

7.2.1.1 SECRETARÍA DEL HÁBITAT

De los 16 vértices que conforman el polígono, 9 vértices están fuera de cualquier polígono de monitoreo, mientras que 1 de los vértices está ubicado en el límite del polígono del Parque Nacional; los puntos restantes se encuentran en el polígono de monitoreo

'COLINDANCIA VILLAS DEL CERRO-087', dicho polígono fue incorporado en octubre del 2008 y está clasificado como de prevención.

El polígono de estudio cuenta con un área de 13.2 ha, con condiciones de suelo rural (13 Ha), zona de amortiguación y protección ambiental por la quebrada El Chulo (0.1 Ha) y ronda hidráulica por la quebrada el Chulo (0.16 Ha); también cuenta con afectación por corredor ecológico de ronda en el Canal Sucre (0.83 ha) y una franja de adecuación de los Cerros Orientales de Bogotá (13.2 Ha), esta última definida por la resolución 1441 del 12 abril de 2006 de la CAR. En cuando al tema correspondiente a amenazas por movimiento en masa en zona urbana se tienen 1.96 Ha en nivel alto, 10.93 ha en nivel medio y 0.32 ha en nivel bajo. Finalmente, se debe mencionar que el polígono presenta un total de 13 ocupaciones, de las cuales 5 son de tipo consolidada, 3 de tipo lote y 5 de tipo provisional.

También, el polígono de estudio está fuera de los Territorios Priorizados de Mejoramiento Integral ya que no se encuentra dentro del Programa Estructurante de Vivienda de Interés Social del POT, el cual es aplicado en zonas legalizadas con origen ilegal de estratos 1 y 2 y que tienen tratamiento urbanístico de mejoramiento integral de las UPZ tipo 1, por lo tanto, la Subdirección de Barrios de la SDHT no puede intervenir en el barrio de estudio ya que no está considerado como zona de priorización.

7.2.1.2 DADEP:

La zona que está definida por el polígono de estudio, tiene ligado un conjunto de áreas constituidas como *Bienes De Uso Público y/o Destinados Al Uso Público* en el Inventario General de Espacio Público y Bienes Fiscales del Distrito Capital, el cual está a cargo del DADEP. Estos tienen en su mayoría, el respectivo certificado, con ítems tales como nomenclatura, localidad, barrio catastral, código de sector y CHIP, además de la información urbanística y el RUPI-Registro Único del Patrimonio Inmobiliario. Finalmente, se cuenta con un archivo Shapefile con información geográfica y cartográfica con la información de cada zona descrita en los certificados mencionados anteriormente.

7.2.1.3 EAAB:

La respuesta dada por parte de EAAB, sobre el polígono de estudio, este pertenece a la Zona 2, de acuerdo a la clasificación dada por la entidad, allí la EAAB no tiene planeado la realización de obras o renovación de las redes a corto y/o mediano plazo.

No obstante, en lo relacionado a la información de redes existentes, se realiza la consulta de estas, a través del geoportal del EAAB (https://www.acueducto.com.co/wassigue1/VisorBaseEAB/), el cual brinda información sobre la redes de acueducto y alcantarillado existentes en cada uno de los polígonos de estudio con los respectivos datos como lo son diámetros, material, estado de red, longitud de tramo, código, entre otros.

7.2.1.4 ERU:

A partir de la respuesta dada por parte de la entidad, el polígono no está dentro de algún de los programas y/o proyectos manejados por el ERU.

7.2.1.5 IDU:

Es necesario, como primera medida, la identificación de cada una de las vías que están dentro del polígono de estudio, para ello se realiza la respectiva consulta en el geoportal del IDU (SIGIDU- https://idu.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6950db8fa2d440ffbb3946c468eaae4a), donde se encuentra la información de las vías existentes. Adicionalmente, mediante los datos abiertos del IDECA, es posible conseguir información en formato Shapefile de la malla vial de la zona.

7.2.1.6 CAJA DE VIVIENDA POPULAR:

De acuerdo a la información proporcionada, es posible afirmar que, en la zona de estudio en la actualidad, no existe algún predio en programas o proceso de mejoramiento de mejoramiento de vivienda, así como tampoco se encuentra en zonas de priorización de la SDHT, ni procesos de resentimientos.

7.2.1.7 IDRD:

El polígono de estudio, se encuentra en la UPZ 90 Pardo Rubio, en la cual existen los programas sociales y comunitarios relacionados al proyecto de inversión 7851 “Recreación y deporte para la formación ciudadana en Bogotá”, dentro de los cuales están *Vacaciones Recreativas*, *Parques para la cultura ciudadana, Eco aventuras, Recorriendo mi ciudad, Reconociendo nuestras habilidades, Círculos lúdicos, Recréate en familia, Recreolympiadas* y *Red sensibilizándonos.* Estas actividades van dirigidas a los diferentes grupos poblacionales de la ciudad.

7.2.1.8 VANTI:

En la actualidad, existen redes de gas construidas de ¾ ‘’, 1’’ y 2’’, las cuales están ubicadas en el espacio público de la zona de estudio, tal como están representados en los planos suministrados por la entidad, los cuales sirven como orientación y, por lo tanto, la confirmación de las condiciones reales de las redes allí existentes, debe ser comprobada en visitas a campo en el proceso de exploración. Adicionalmente, se debe consultar el Plan de Prevención de Daños de Situaciones Anómalas a la Red de Distribución e Instalaciones auxiliares.

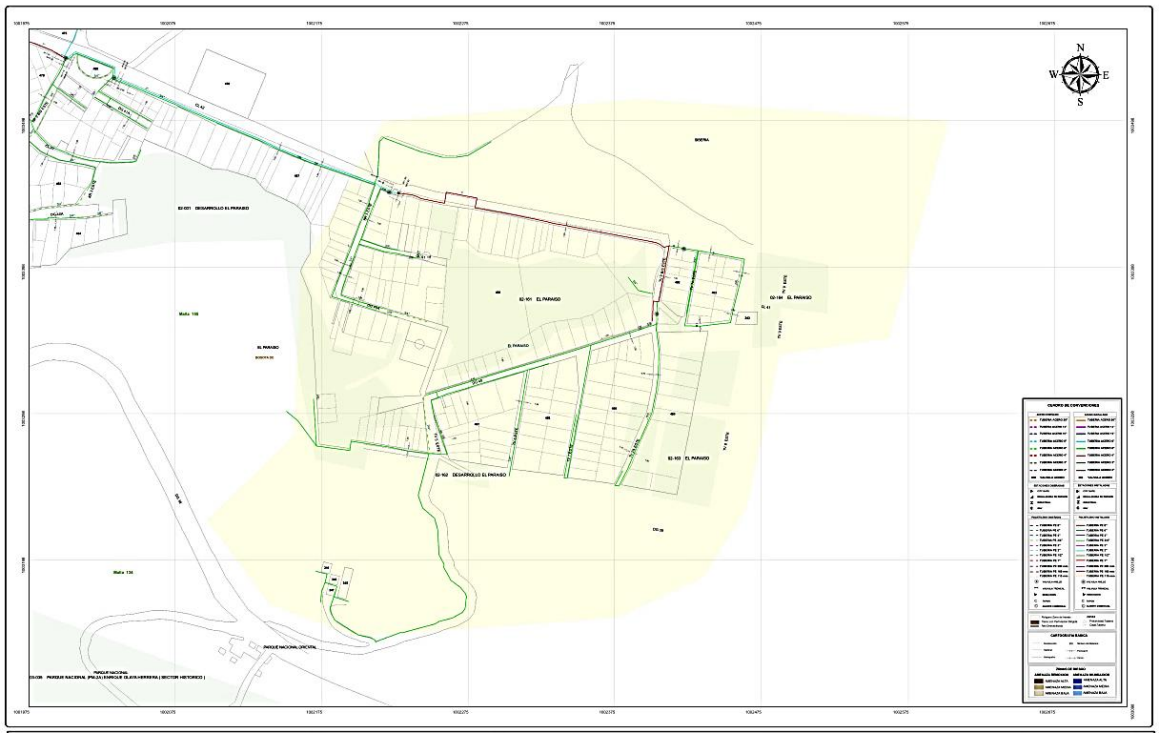


Figura 15. Plano de Redes de Gas-VANTI.
Fuente: Documento de Respuesta-VANTI.

7.2.1.9 SECRETARIA DE AMBIENTE:

7.2.1.9.1 EMISIÓN DE RUIDO:

En la zona de estudio hay información relacionada a los niveles de ruido, representados en por medio de Mapas Estratégicos de Ruido-MER. La información allí registrada se basa en los indicadores acústicos que definen el ruido ambiental en Colombia, es decir, *Nivel de Presión Sonora Día-LD* y *Nivel de Presión Sonora Noche-LN;* dichos niveles de ruido ambiental representan la actividad de fuentes sonoras en la zona como el tráfico aéreo y vehicular, actividades industriales, comerciales y de servicios.

Adicionalmente, la información consignada en los MER contiene información recolectada entre 2016 y 2017, por lo tanto, estos pueden ser utilizados como base para comparaciones asociadas al cambio en los niveles de ruido ambiental en la zona de interés, así como también, pueden ser utilizados para la planeación del uso y ocupación del suelo.

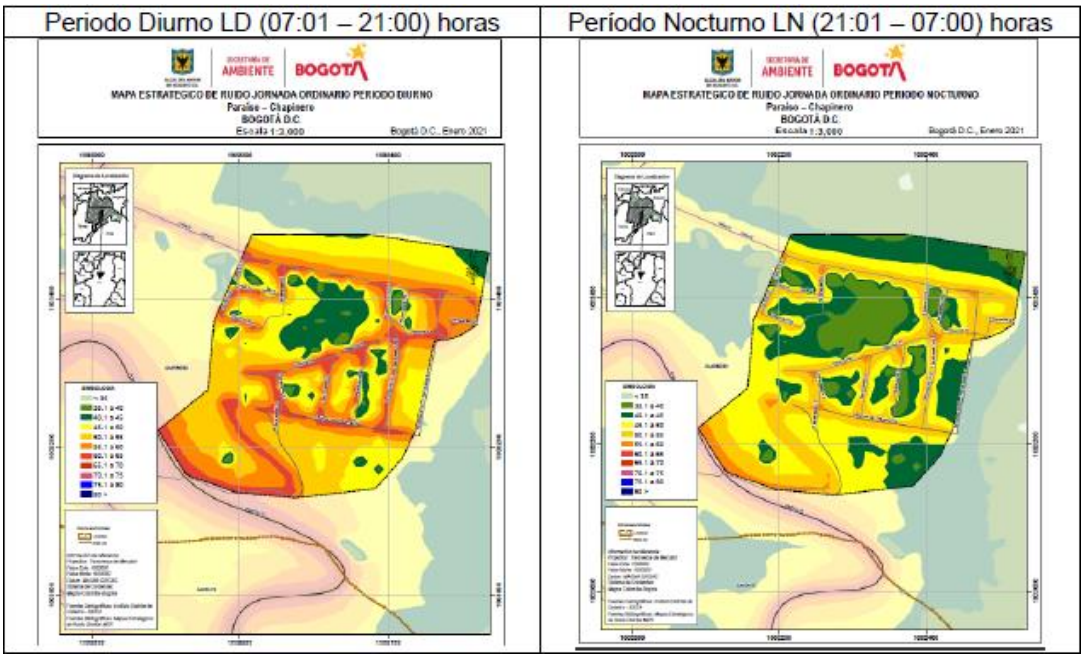


Figura 16. Mapas Estratégicos de Ruido-Bosque Calderón.

Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Ambiente.

Por otro lado, las normas que rigen todo lo relacionado a niveles e indicadores de ruido ambiental son el artículo 22 de la Resolución 0627 de 2006, la cual establece la normativa nacional de emisión de ruido y ruido ambiental; artículo 66 de la Ley 99 de 1993 y el artículo 13 de la Ley 768 de 2002, donde se establece la implementación de mapas de ruido para zonas con más de cien mil habitantes. También actúa como reglamento en Colombia la Norma Nacional de Ruido, con el cual se evalúa la afectación del ruido sobre el ser humano.

7.2.1.9.2 CALIDAD DEL AIRE:

Los estudios de calidad del aire se realizan mediante la Red de Monitoreo de Calidad del Aire-RMCAB, distribuida en el área urbana de la ciudad con 19 estaciones fijas; estas toman datos de concentración de contaminantes como material particulado y gases, además de variaciones meteorológicas como dirección y velocidad del viento, precipitación, temperatura, presión y radiación solar. No obstante, se debe aclarar que no hay registros para una zona específica en la ciudad y debe valerse de las estaciones más cercanas a la zona de estudio, en este caso para la localidad de Chapinero, donde se encuentra el polígono a intervenir, se debe utilizar la información de las estaciones *Min Ambiente* y Móvil 7 ma; dichos informes pueden ser consultados en el link http://rmcab.ambientebogota.gov.co.

7.2.1.9.3 ZONAS DE MANEJO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL-ZMPA:

La información relacionada a ZMPA se encuentra en la base de Datos del IDECA, donde es posible acceder a información en formato Shapefile del Sistema Hídrico de Bogotá, Rondas Hídricas, Corredores Ecológicos de Ronda, coberturas de suelo, entre otros; esta información se puede consultar y descargar en los siguientes enlaces:

- https://www.ideca.gov.co/buscador?topic=All&metadata=All&newest=All&entity=All&resource=All&content_type=map&sort_by=created&sort_order=DESC
- https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/mapa-de-referencia
- http://www.ambientebogota.gov.co/

7.2.1.9.4 HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y CLIMATOLOGÍA:

En el polígono de estudio se encuentra una zona de 0.108 Km2 en casi la totalidad del barrio Paraíso; allí se localiza la Quebrada El Chulo del afluente del Río Salitre. La SDA no tiene información específica sobre dicha quebrada, sin embargo, existe información de la calidad de agua obtenida de una de las estaciones de monitoreo (Parque Nacional) de la Red de Calidad Hídrica de Bogotá-RCHB, además de la entrega del tributario Canal Sucre al Río Salitre. Se debe mencionar que la información relacionada al análisis de los determinantes está dividida en dos tipos los cuales se muestran a continuación:

Determinantes de la calidad	
TIPO I	Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo Total, Grasas y Aceites, Nitrógeno total Kjeldahl, Nitritos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Tensoactivos, Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura y Conductividad.
TIPO II	Alcalinidad, Arsénico Total, Bario Total, Cadmio Total, Cianuro Total, Cinc Total, Cobre Total, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO_5, DQO, Dureza Total, Fenoles Totales, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Manganeso Total, Mercurio Total, Níquel Total, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total Kjeldahl, Nitritos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo Total, Tensoactivos, Sólidos Suspendidos Totales, Sulfuros y Temperatura.

Figura 17. Análisis de Parámetros RCHB.

Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Ambiente.

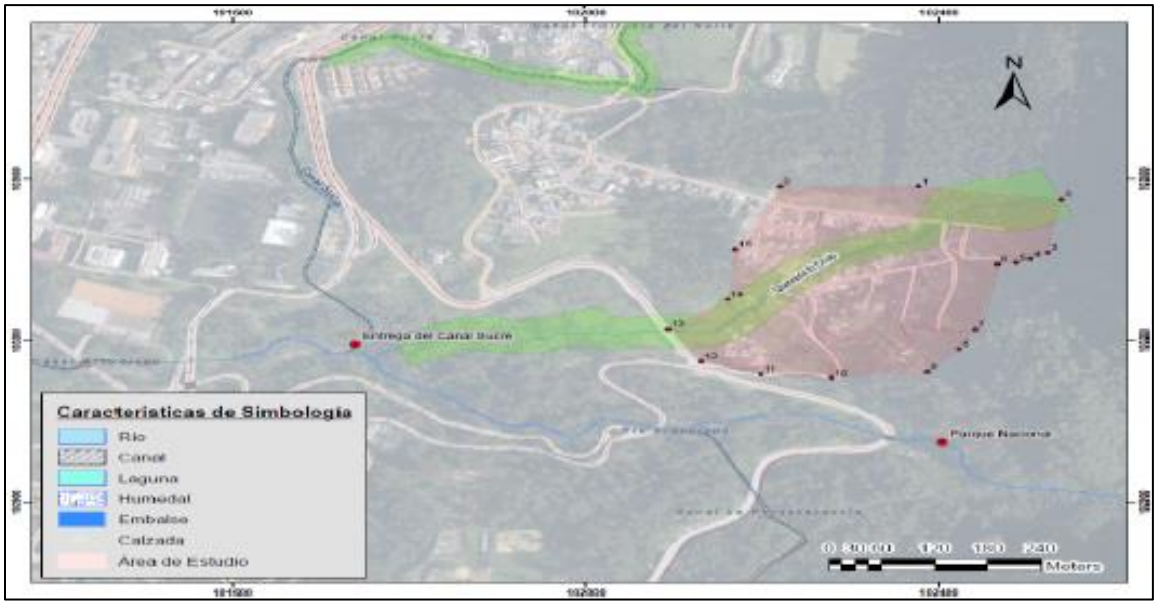


Figura 18. Mapa Entrega del Canal Sucre-Barrio Paraíso.

Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Ambiente.

7.2.1.9.5 PROGRAMAS SOCIALES Y COMUNITARIOS:

En la siguiente figura se mencionan los programas sociales desarrollados en la localidad de Chapinero por parte de la OPEL:

LOCALIDAD	BARRIO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FECHA	ASISTENTES
CHAPINERO	EL PARAISO	Se desarrollo una jornada ambiental en el Colegio San Martin de Porres, en donde se socializó el programa ECOLECTA liderado por la Secretaría de Ambiente, con el objetivo de que los estudiantes conozcan los elementos eléctricos y electrónicos reciclables y su disposición adecuada.	25/07/2019	169
CHAPINERO	EL PARAISO	Se desarrolló una jornada Ambiental en el Colegio I.E.D. San Martin de Porres en el marco del reconocimiento del territorio y los valores ambientales de la localidad de Chapinero.	05/08/2019	207
CHAPINERO	EL PARAISO	Se continuó con el ejercicio de recolección de elementos eléctricos y electrónicos en el marco del programa ECOLECTA, con una segunda jornada de socialización con los estudiantes y docentes.	11/09/2019	287

LOCALIDAD	BARRIO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FECHA	ASISTENTES
CHAPINERO	EL PARAISO	En articulación desde el Consejo Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático, la Alcaldía Local de Chapinero, Secretaría Distrital de Ambiente, Defensa Civil Colombiana, y la delegada comunitaria CLGR, se realizó un encuentro con estudiantes de los distintos cursos del colegio San Martín de Porres, para socializar los riesgos por remoción en masa a los que esta expuesto el colegio.	05/03/2020	23
CHAPINERO	EL PARAISO	Se realiza acompañamiento a la Alcaldía Local de Chapinero en actividad relacionada con el embellecimiento del área de arrojo de escombros del barrio El Paraíso. Se brindó información a la comunidad relacionada con separación en la fuente y frecuencias de recolección.	10/08/2019	6

Figura 19. Programas Sociales-Barrio Bosque Calderón Tejada.
Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Ambiente.

7.2.1.10 SECRETARÍA DE PLANEACIÓN:

Por medio de la Resolución 1126 de diciembre de 1996, el barrio Paraíso fue legalizado y, además, el plano de loteo está identificado como No. CH 29/4-00 y se ubica en el área urbana de Bogotá; adicionalmente, la zona de estudio presenta amenaza alta por remoción en masa, de acuerdo a la Resolución 0751 de junio de 2018, donde se realizó la actualización del Mapa 3 *"Amenaza por Remoción en Masa"* del Decreto Distrital 190 de 2004, a partir de los estudios realizados por el IDIGER. Así mismo, una parte del polígono de estudio está en zona de afectación a causa de la ronda y zona de manejo ambiental de la Quebrada El Chulo, según lo estipulado en la Resolución 408 de enero de 2008.

8 HALLAZGOS DE LA VISITA

8.1 SITIO 2 PARAÍSO

El área de estudio se ubica en la localidad de Chapinero entre la Diagonal 38 y la Calle 42, y entre la Carrera 5 E y Transversal 8 E, en una zona de pendiente moderada a fuerte entre el 32% al 80% con dirección principalmente NW-SE, el proyecto varía entre las cotas 2707 a 2824 msnm. El ancho promedio del polígono es de 293 m, y la longitud del mismo es de 360 m, para un área aproximada de 10.8 Ha.

En el polígono Paraíso se encontraron edificaciones de 1 y hasta 4 pisos, construidas principalmente en mampostería, así como también viviendas en material de recuperación. El área de estudio limita por el norte y oriente con el sector conocido como Siberia, por el sur con el Parque Nacional, y por el occidente con Paraíso y Siberia.

En el polígono de estudio se identificaron tres problemáticas principalmente, la primera se relaciona con la estabilidad de las márgenes de las quebradas y cauces menores que drenan el área de estudio y que confluyen hacia un sector donde se canaliza la quebrada El Chulo, con una alcantarilla de 36" y una longitud aproximada de 35 m. Sobre dicha canalización ha sido construido un relleno el cual da lugar a una cancha de microfútbol sobre la zona de ronda de dicho cauce.

El segundo aspecto tiene que ver con la estabilidad y posibilidad de movimientos en masa de los depósitos coluviales y fluvioglaciares que se identifican entre la parte baja y media del área de estudio, y sobre los cuales existe presión por parte de terceros para ser ocupados y desarrollados informalmente.

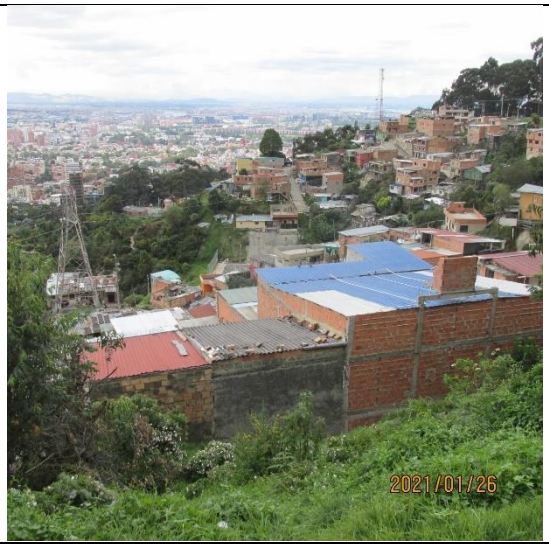
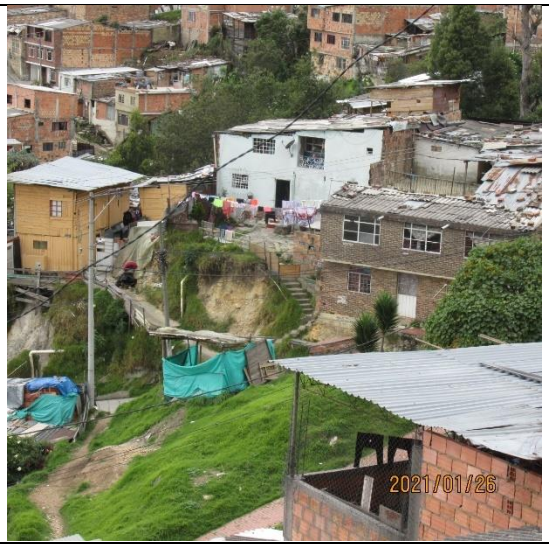
El tercer punto está asociado con los taludes de corte que han sido realizados para la explanación del terreno durante la construcción de viviendas, dichos taludes no cuentan con obras de contención, así como también están expuestos a posibles aportes de aguas servidas desde tuberías PVC que se observaron durante la visita de campo.

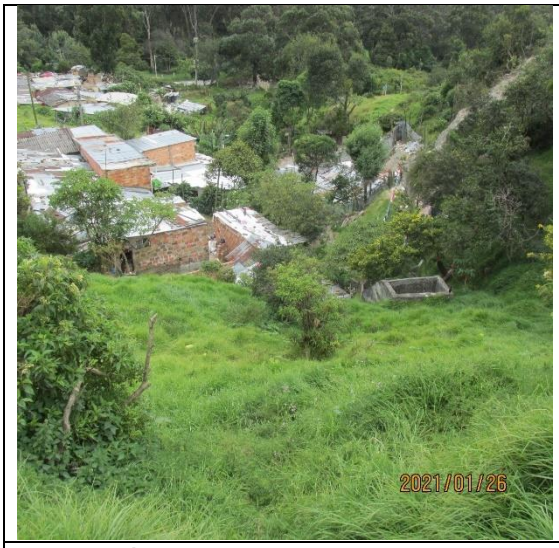


Figura 20. Vista en planta del área de estudio del sitio 2.

Fuente Google Earth (2021).

Tabla 3 – Registro fotográfico de visita sitio Paraíso.

	
Fotografía 1 – Vista general del área de estudio desde el costado sur del polígono. Hacia la parte central de la fotografía la cancha de microfútbol.	Fotografía 2 – Taludes de corte sin protección y tuberías de drenaje expuestas.
	
Fotografía 3 – Viviendas en material de recuperación en el costado oriental del área de estudio.	Fotografía 4 – Construcción de cimientos en roca para vivienda.



Fotografía 5 – Zona de descarga de la canalización de la quebrada en zona de depósito coluvial.



Fotografía 6 – Estructura existente para manejo de aguas de la quebrada aguas arriba de la canalización con tubería de diámetro aproximado de 36”.



Fotografía 7 – Alcantarilla para canalización de quebrada.

Fuente Geodinámica (2021).

9 TOPOGRAFÍA.

9.1 JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL

9.1.1 SECTOR 2 – PARAÍSO

En el área de Paraíso se han presentado procesos de remoción en masa cerca del cauce de la quebrada El Chulo, en periodos de alta pluviosidad puede presentarse socavación lateral y de fondo, tomando en cuenta que esta corriente evacua agua lluvia que viene desde la parte alta de la ladera. En diciembre de 2014 se presentó un flujo de tierras en una ladera de la quebrada, una vivienda presentó colapso de una alcoba, baño y parte de la cocina.

Aunque se construyeron obras hidráulicas se presentó un desbordamiento de la quebrada, al parecer por la presencia de sedimentos en el pozo construido, la inundación se presentó en el terreno cercano a la cancha polideportiva.

Durante la visita de campo se evidencio principalmente a lo largo del cauce de la Quebrada El Chulo, la presencia de taludes con pendiente escarpada, la disposición de materiales y escombros de construcción en la corona de los taludes de las márgenes de la quebrada, construcción de viviendas con palafitos en madera, y procesos de erosión del cauce. En adelante se presentan las evidencias de los aspectos mencionados anteriormente, que justifican la realización de la topografía convencional en este sector del Sitio 2 Paraíso.

En el mes de enero se reconoció la presencia de un deslizamiento tipo flujo de tierras de carácter local en una ladera cercana al lecho de la quebrada El Chulo

Se recomienda realizar un levantamiento topográfico detallado del tramo de la quebrada donde se pueden presentar procesos de remoción en masa.



Figura 21. Flujo de tierras en un depósito de ladera cercano al cauce de la quebrada El Chulo. (4°37'35.21"N, 74° 3'25.71"O).

Tabla 4 – Registro fotográfico de visita sitio Paraíso.

	
Figura 22 Evidencia de la invasión del cauce de la quebrada	Figura 23 Evidencia de la invasión de la zona de ronda de la quebrada El Chulo (Margen izquierda) con un camino de acceso a viviendas. En este sector se presenta una pendiente lateral fuerte sobre

	la cual se realiza la disposición de materiales de construcción y escombros por parte de la comunidad. 4°37'36.52"N, 74° 3'21.79"O
	
Figura 24 Evidencia de ocupación de cauce (corona de talud de la margen izquierda de la quebrada El Chulo) y vegetación frondosa. 4°37'35.93"N, 74° 3'22.23"O	Figura 25 Construcciones en zona de ronda de la quebrada. 4°37'35.93"N, 74° 3'22.23"O
	
Figura 26 Talud de la margen derecha de la quebrada El Chulo con pendiente escarpada y presencia de rellenos antrópicos que requiere ser evaluado. 4°37'35.60"N, 74° 3'26.25"O	Figura 27 Vista hacia al oriente en dirección aguas arriba de la quebrada El Chulo, se aprecia la vegetación abundante en las márgenes de la quebrada. 4°37'35.51"N, 74° 3'25.36"O

Las coordenadas aproximadas de este polígono de levantamiento son según google Earth 2021:

Tabla 5 – Coordenadas aproximadas del polígono para Topografía.

VÉRTICE	NORTE	ESTE
1	4º37’35.62”	74º03’27.06”
2	4º37’38.07”	74º03’21.28”
3	4º37’36.36”	74º03’21.12”
4	4º37’34.01”	74º03’26.55”



Figura 28. Imagen de la ronda de la quebrada El Chulo. Sector Paraíso.

El área aproximada a levantar equivale a los 8754 m^2. Y se remite en KMZ para su visualización

9.2 INTRODUCCIÓN TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL.

Dando alcance a los requerimientos técnicos del contrato, se elaborarán los estudios topográficos detallados del área de proyecto en cumplimiento de la normatividad existente y las necesidades específicas del proyecto, actividades que comprenden georreferenciación, densificación de puntos de control con poligonales de control, toma de información planimétrica y altimétrica con topografía convencional.

Una vez analizadas las condiciones particulares del proyecto y en atención al análisis particular de esta consultoría, se adopta como área de proyecto la comprendida y designada por la entidad contratante

9.3 OBJETIVOS

9.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el estudio topográfico detallado del área necesaria para elaborar los estudios y diseños del proyecto CARACTERIZACION GEOLOGICA Y GEOTECNICA EN SECTORES PRIORITARIOOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACION DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA en cumplimento de los exigido en la norma NS30-v5.3

9.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Planeación, materialización y posicionamiento GPS, para establecer el plano el plano de referencias georreferenciado, de la zona de proyecto
- Elaborar el estudio altimétrico y planimétrico a detalle del área de influencia del proyecto.
- Elaborar los Modelos Digitales del Terreno (MDT), informes, anexos topográficos y planos necesarios como insumo determinante en la elaboración de los estudios y diseños objeto de la presente orden de servicio.

9.4 LOCALIZACIÓN

Las zonas de proyecto se encuentran localizadas en la localidad número dos de Chapinero, dividido en dos tramos, tramo Paraíso y tramo Bosque Calderón ubicados en los barrios Paraíso Bajo y Bosque Calderón respectivamente.

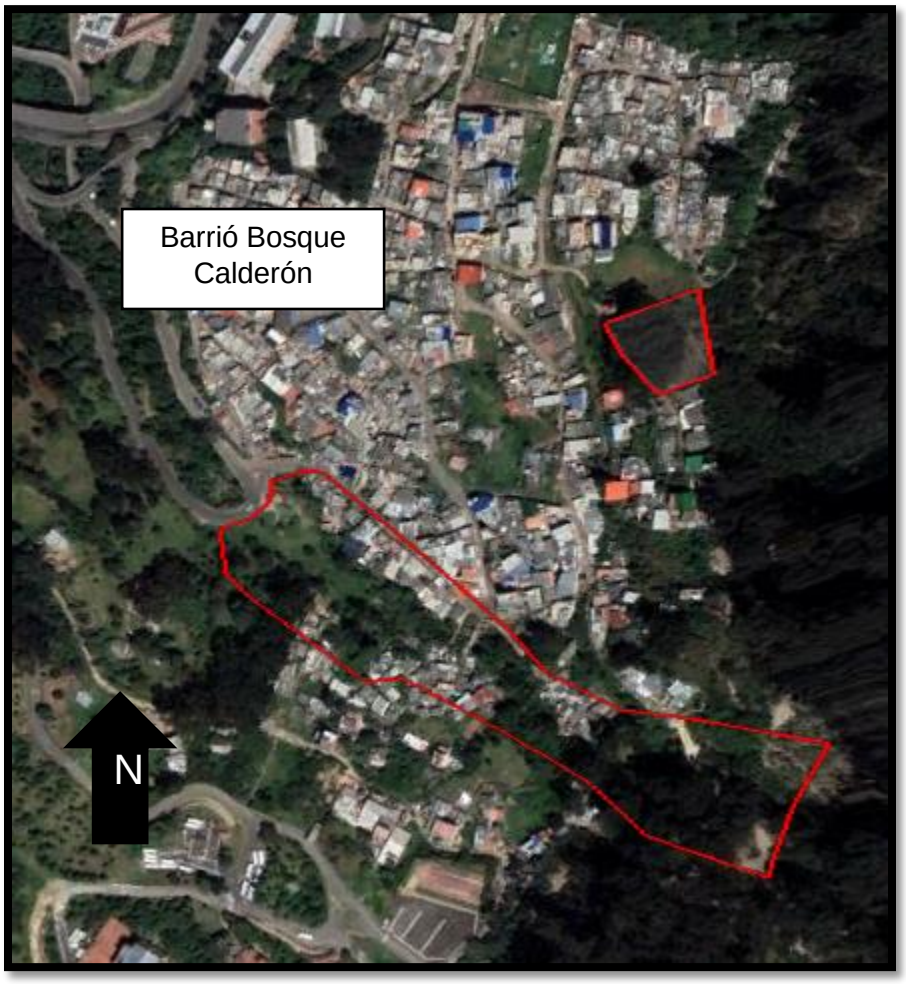


Figura 29. Localización tramo Bosques.

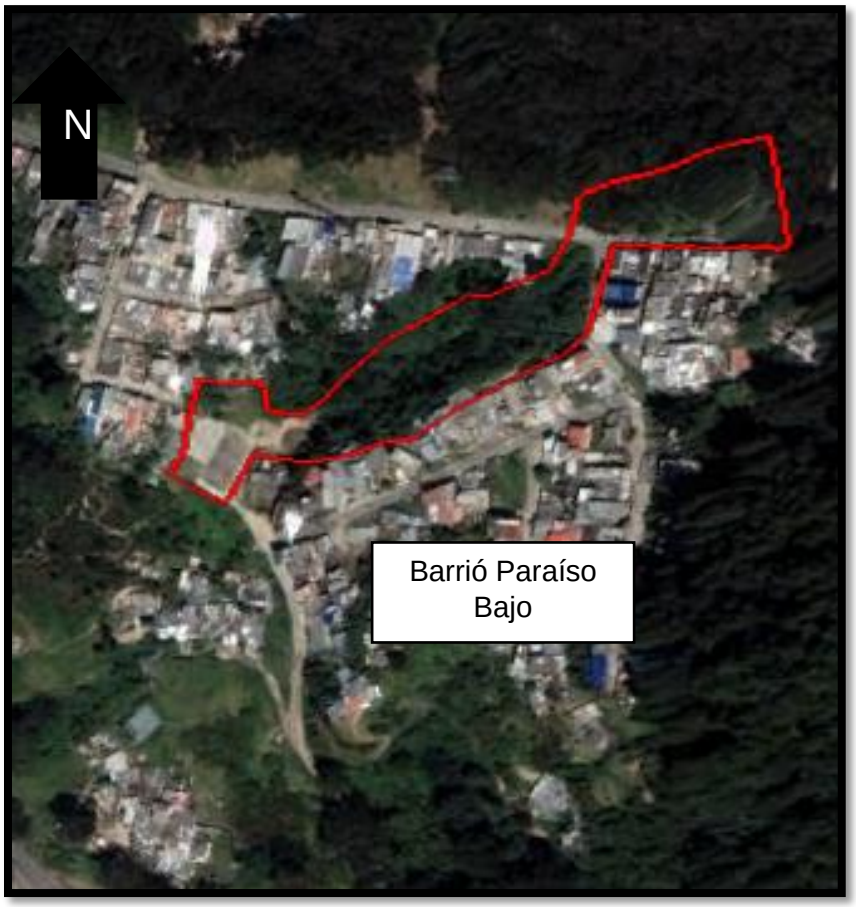


Figura 30. Localización tramo Paraíso.

9.5 DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA DEL PROYECTO

El área objeto de este estudio cuenta con un área aproximada de 6.8 Ha, se caracteriza por ser un terreno montañoso con cambios de pendientes elevadas, los elementos más representantes dentro de la zona de estudio son unas quebradas que atraviesan la zona de estudio.

9.6 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

9.6.1 MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES

Para la implementación del marco de referencia georreferenciado, se determinó el posicionamiento de 4 puntos GPS, los cuales fueron materializados a partir de la incrustación de placas de aluminio debidamente marcada con el número del punto, contrato

y fecha de instalación en cumplimiento de las dimensiones determinadas en la norma NS03-V5.3.

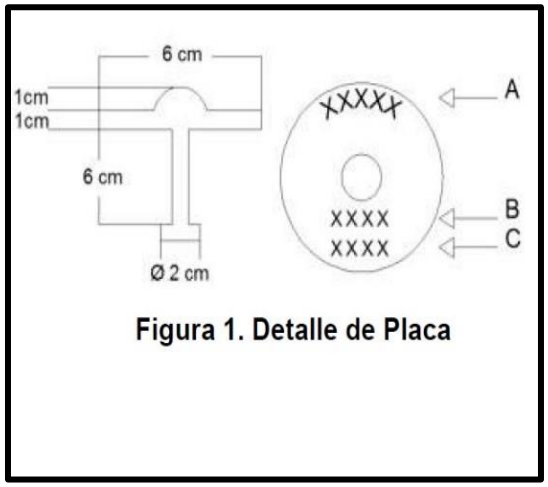


Figura 31. Dimensiones requeridas para mojones en concreto, Fuente Norma NS30-V5.3 – EAAB.



Figura 32. Registro demarcación placas.

Los tres puntos GPS 1 GPS 2 se instalaron sobre la diagonal 40, constituyendo los puntos base para realizar los levantamientos del tramo Paraiso.



Figura 33 Localización puntos GPS 1 y 2 Tramo Paraíso.

Los tres puntos GPS 3, GPS 4 se instalaron sobre la carrera 4 Este, constituyendo los puntos base para realizar los levantamientos del tramo Bosques.



Figura 34. Localización puntos GPS3 y 4 Tramo Bosques.

9.7 GEORREFERENCIACIÓN

La Georreferenciación del proyecto se realizó el día 23 de marzo 2021 mediante la implementación de un sistema de referencia compuesto por puntos GPS con coordenadas Norte, Este y Cota, ligado a Red Geodésica Nacional, sistema MAGNA-SIRGAS, PLANAS CARTESIANAS, ORIGEN BOGOTÁ.

La red de Puntos GPS base para la georreferenciación del proyecto se implementó de acuerdo a la metodología establecida en términos de referencia, para lo cual se materializaron placas de aluminio debidamente marcadas dispuestas en pares (punto y señal de azimut).



Figura 35. Localización puntos GPS.

Para la generación del plano de referencia de primer orden se posicionaron los puntos utilizando simultáneamente cuatro equipos GPS doble frecuencia, marca TOPCON GR-5, en modo estático, con doble determinación a partir de las bases ACTIVAS del IGAC BOGA y BOGT, en cesiones de dos horas de rastreo.

Las coordenadas de las bases activas fueron descargadas de la página SIRGAS, http://www.sirgas.org/pt/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/, avalada por el IGAC, encargada de obtener la solución de las coordenadas semanales de las estaciones SIRGAS-CON, ajustadas para el uso de levantamientos topográficos en América Latina.

Para ajuste de la red utilizaron las coordenadas publicadas por el IGAC correspondientes a los siguientes datos de referencia:

Tabla 6 – Coordenadas Base IGAC- Geocéntricas - semana 2148.

PUNTO	X (m)	Y(m)	Z(m)
BOGA	1744517.14246	-6116050.98863	512581.15145
BOGT	1744398.87406	-6116037.00910	512731.92489

IBG SOLUTION ALIGNED TO IGS14 - FINAL COMBINATION - WEEK 2148 07-APR-21 21:54

LOCAL GEODETIC DATUM: IGb14 EPOCH: 2021-03-10 12:00:00

NUM STATION NAME X (M) Y (M) Z (M) FLAG

93 BOGA 41901M002 1744517.14246 -6116050.98863 512581.15145 A

96 BOGT 41901M001 1744398.87406 -6116037.00910 512731.92489 A

9.8 CÁLCULO Y POST PROCESO

El cálculo del posicionamiento se realiza por el método de POST-PROCESO DIFERENCIAL, con la ayuda del software Topcon Tools v.7.5.1, a partir del cual se encuentra la solución fija para cada punto derivando coordenadas elipsoidales época 2018.0 para cada uno de los vértices posicionados.

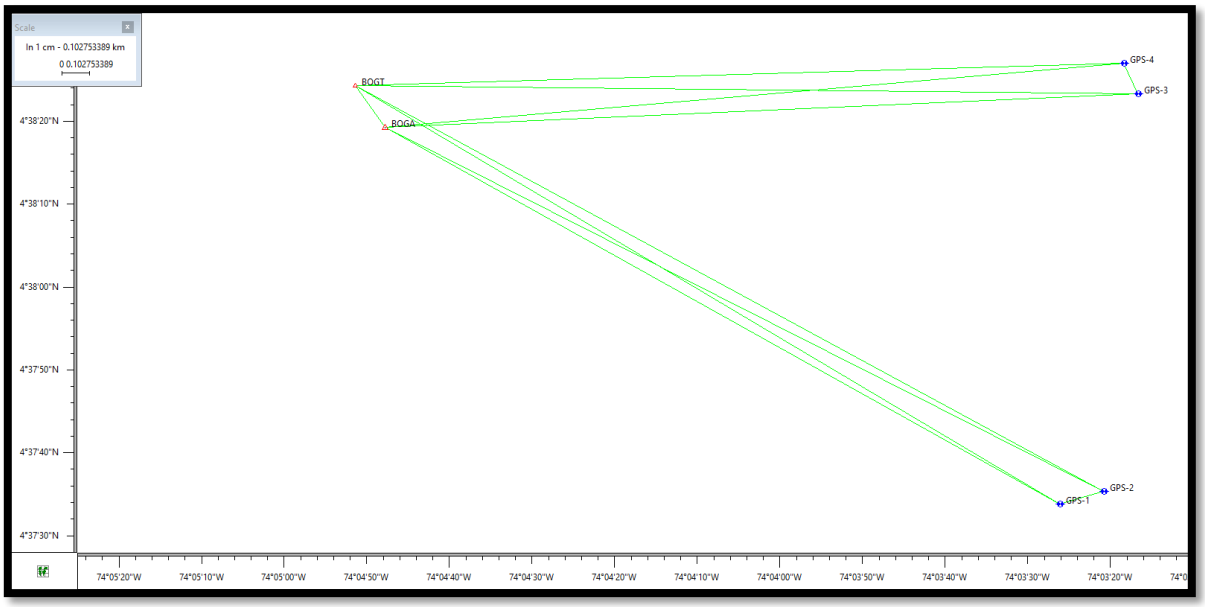


Figura 36. Esquema de Determinación GPS - Reporte Calculo TOPCON TOOLS.

9.8.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS ÉPOCA 2021.08

Una vez calculadas las coordenadas geocéntricas en la época 2018.0 con ayuda del Software MAGNA SIRGAS PRO 4.2 se realiza la transformación de coordenadas.

Tabla 7 Coordenadas Geográficas época 2021.08.

IDIGER			
TABLA	COORDENADAS GEODESICAS WGS-84 EPOCA 2021.24		
NAME	LATITUDE	LONGITUDE	ELEV. ELIPSOIDAL
GPS-01	4°37'33.794904547"N	74°03'26.185657013"W	2752.055
GPS-02	4°37'35.303706679"N	74°03'20.859644261"W	2804.397
GPS-03	4°38'23.277370238"N	74°03'16.723585647"W	2684.456
GPS-04	4°38'27.014695293"N	74°03'18.370402034"W	2674.173

9.9 COORDENADAS ÉPOCA 2018.0

Una vez calculadas las coordenadas geocéntricas en la época 2018.0 con ayuda del Software MAGNA SIRGAS PRO 4.2 se realiza la transformación de coordenadas.

9.9.1 CALCULO VELOCIDADES Y COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2018.0

Una vez definidos las coordenadas para la época 2021.24, con ayuda del software MAGNA SIRGAS PRO 4.2, se definen las velocidades para cada uno de los puntos calculados y se realiza el cálculo correspondiente para dar traslado de las coordenadas geodésicas, a la época 2018.0, correspondiente a la usada oficialmente en la cartografía nacional.



Figura 37. MAGNA SIRGAS PRO 4.2 – Cálculo de Velocidades con la función Calculo Archivo.

PUNTO	COORDENADAS GEOCENTRICAS WGS-84								
	EPOCA 2021.24			VELOCIDADES MAGNA			EPOCA 2018.0		
NAME	X	Y	Z	Vx	Vy	Vz	X	Y	Z
GPS-01	1747007.48816	-6115604.95760	511200.08919	0.0024	0.0018	0.0136	1747007.480398	-6115604.963429	511200.045181
GPS-02	1747178.70443	-6115606.41456	511250.52617	0.0024	0.0018	0.0136	1747178.696662	-6115606.420387	511250.482158
GPS-03	1747235.77826	-6115341.92830	512710.27015	0.0024	0.0018	0.0136	1747235.770491	-6115341.934126	512710.226142
GPS-04	1747181.58523	-6115337.08891	512823.91009	0.0024	0.0018	0.0136	1747181.577459	-6115337.094735	512823.866081

Figura 38. Coordenadas Geocéntricas - Cálculo de velocidades - Época 2021.24.

9.9.2 CONVERSIÓN DE COORDENADAS ELIPSOIDALES A CARTESIANAS ORIGEN MOSQUERA.

Una vez transformadas las coordenadas geocéntricas a la a la época 2018.0 con ayuda del software MAGNA SIRGAS PRO 4.2, se realizan la transformación a coordenadas PLANAS CARTESIANAS, ORIGEN BOGOTÁ, valores finales con los cuales se realizará la georreferenciación de toda la información derivada del estudio topográfico objeto del presente informe.

Tabla 8 - Coordenadas Planas Cartesianas Origen Bogotá 2011 – 2018.0.

Coordenadas Planas Cartesianas Época 2018.0				
ORIGEN	PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
Cartesianas Bogotá	GPS-01	103299.951	102249.477	2725.355
Cartesianas Bogotá	GPS-02	103346.337	102413.696	2777.697
Cartesianas Bogotá	GPS-03	104820.559	102541.037	2657.856
Cartesianas Bogotá	GPS-04	104935.399	102490.245	2647.573

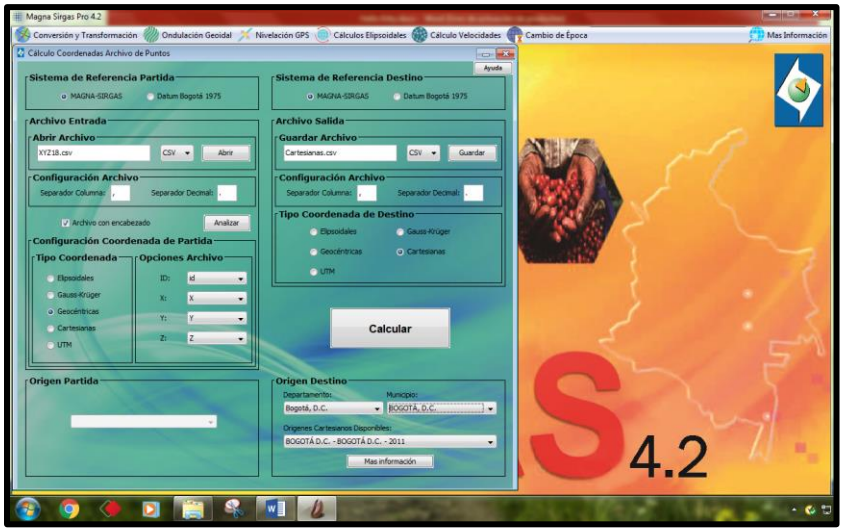


Figura 39. Ejemplo Calculo Coordenadas Planas Cartesianas.

9.9.3 FICHAS LOCALIZACIÓN GPS.

Para el registro de cada uno de los puntos o mojones posicionados se implementó una ficha de localización en la cual se relacionan, DATUM de cálculo, coordenadas geodésicas, coordenadas PLANAS CARTESIANAS, localización general, traslado de época y registro fotográfico, las cuales se relacionan en el ANEXO 5, del presente documento.

		NOMBRE DEL PUNTO	FECHA
		GPS-1	26-03-2021
		SITIO	EL PARAISO
PAIS	CLIENTE	PROYECTO	
COLOMBIA	GEODINAMICA	EL PARAISO	
ORIGEN		SISTEMA	EQUIPO
CENTRAL		MAGNA SIRGAS - PLANAS CARTESIANAS	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS			
NORTE		ESTE	ELEVACIÓN
105 629.179		99 919.912	2 553.128
LATITUD	LONGITUD	ALT. ELIP	MODELO GEOIDAL
4°37'33.73798"N	74°03'26.42632"W	2 576.256	GEOCOL2004
PARAMETROS GEODÉSICOS			
PROYECCIÓN CARTOGRAFICA		SISTEMA DE REFERENCIA	
Proyección	TRANSVERSAL MERCATOR	Origen	CENTRAL
Origen	BOGOTA	Elipsoide	WGS 84
Falso Norte	109320.650m	Semieje Mayo	6378137.000 m
Falso Este	92334.879m	Achatamiento	298.257222101
Latitud Origen	04º 40' 49.75000"N	Unidad de Me	METROS
Longitud Origen	74º 08' 47.73000"W		
Factor de Escala	1.0		
DESCRIPCIÓN LOCALIZACIÓN			
ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN		FOTOGRAFÍA	
IMPRONTA			







Figura 40. Ficha Localización GPS.

9.10 POLIGONAL

Con base en los puntos materializados en los tramos en estudio, se trazarán las poligonales bases, estas poligonales se extenderán a lo largo del corredor y serán controladas con cuatro (4) lecturas de distancia atrás y adelante, al igual que dos (2) lecturas en directo y dos (2) lecturas en inverso, de ángulos horizontales y verticales.

Para gestionar los levantamientos topográficos se elaborarán una poligonal de control cerrada para cada tramo, estas partirán de un par de GPS con coordenadas conocidas y cierra en los mismos puntos de partida.

Para lograr la densificación de puntos sobre toda el área de proyecto correspondiente al área de estudio con los cuales se facilite la radiación de todos los detalles del predio y en cumplimiento del requerimiento sobre la longitud máxima de cada poligonal, 2.0 Km., se materializo 1 poligonal de control debidamente cerrada para cada tramo en estudio.

Para el presente estudio se elaboraron dos poligonales cerradas, con estación total de topografía, por el método topográfico de ÁNGULOS OBSERVADOS, realizando una serie de lectura en cada vértice de la poligonal de ANGULOS DIRECTOS y ANGULOS INVERSOS.

A partir de cada uno de los ángulos observados en cada vértice de la poligonal se realiza el cálculo estableciendo los ángulos definidos como una estructura de datos con CEROS ATRÁS, estableciendo el valor del Angulo directo, inverso y el promedio, con cada uno de estos datos se realiza el cálculo de la poligonal para establecer la precisión encontrada con cada uno de ellos, definiendo el grupo de datos que garantice la precisión, cierre angular y cierre lineal de la poligonal final.

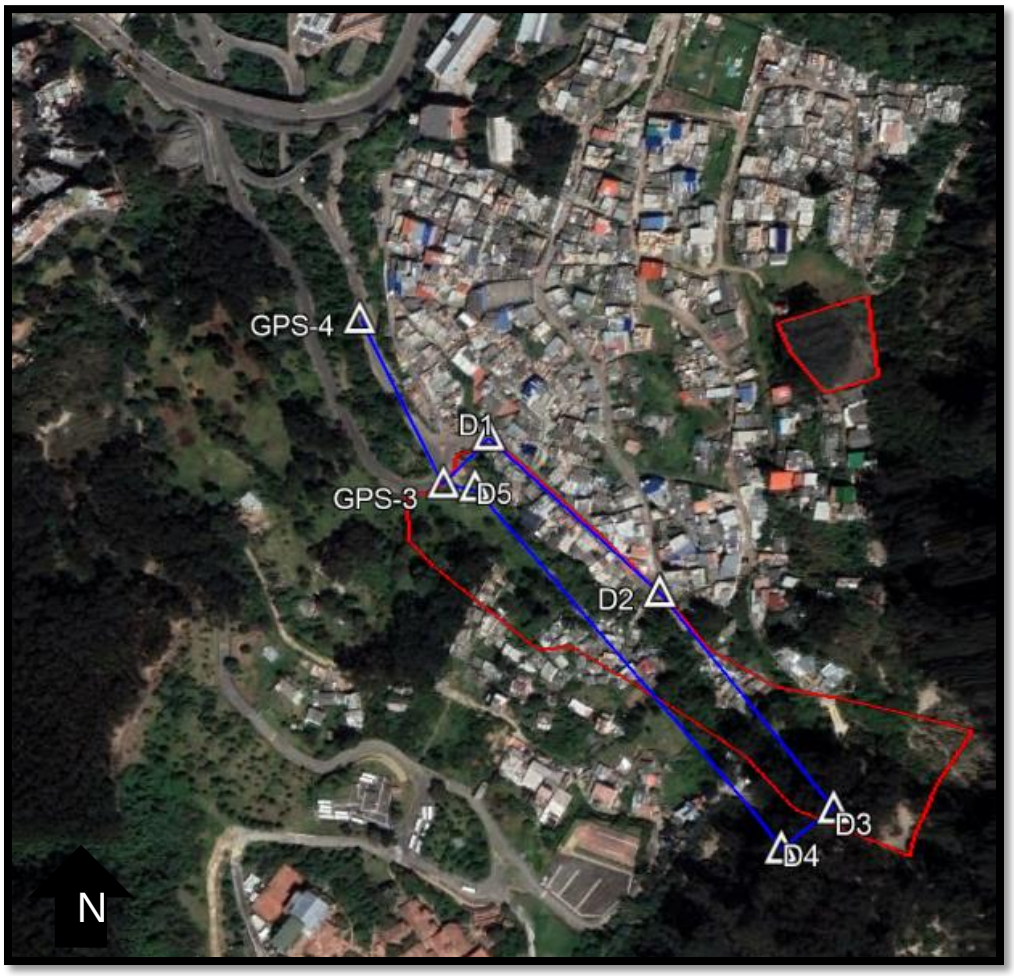


Figura 41. Esquema poligonal tramo Bosques.

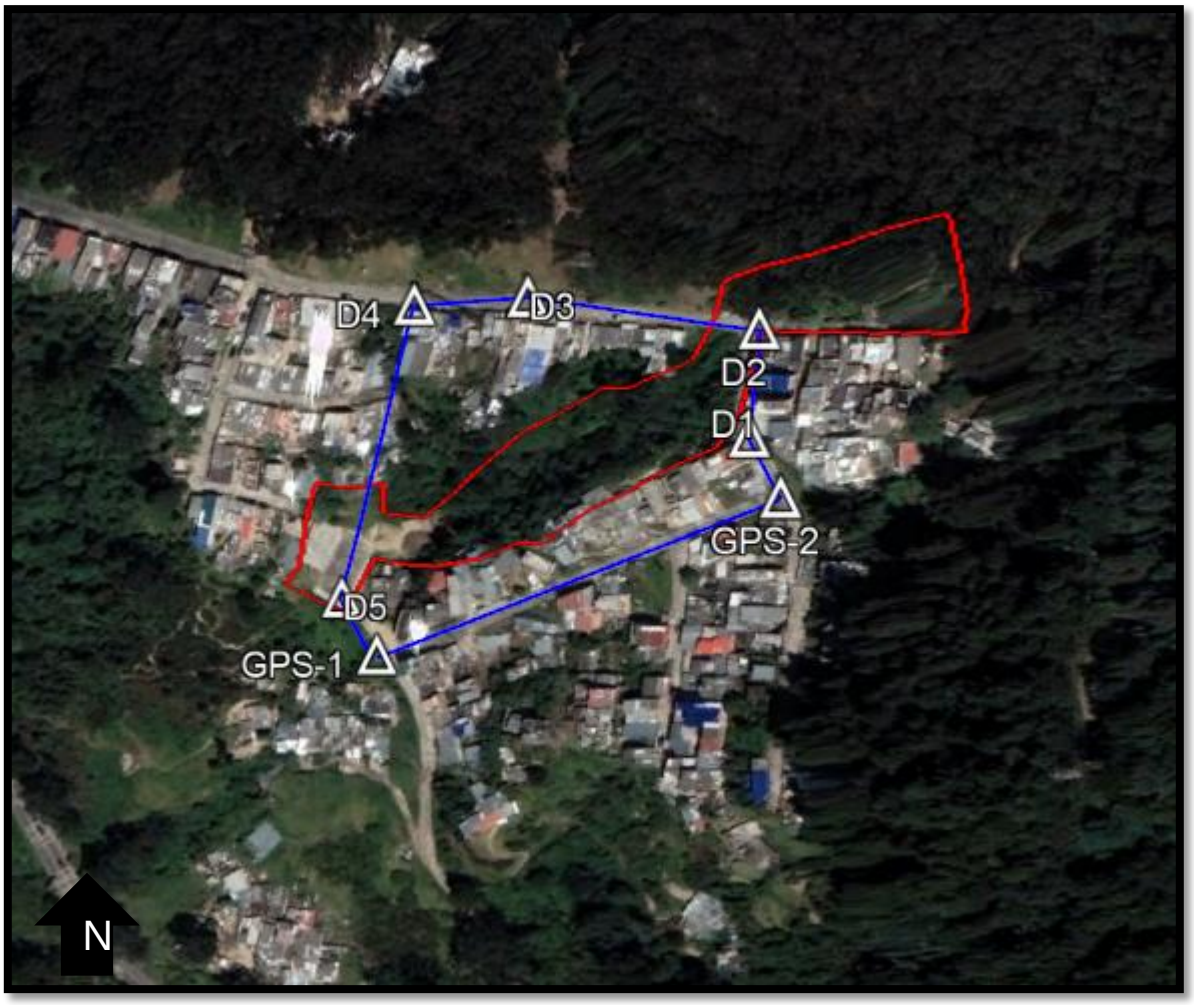


Figura 42. Esquema poligonal tramo Paraíso.

9.11 LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

Con las coordenadas de los puntos de amarre calculados y debidamente ajustadas se procede por el método de radicación a realizar el registro de cada uno de los detalles presente en planimetría en toda el área del proyecto, tales como: jarillones, cercas (Alambre de púa, metálica, madera, lamina), paramentos, contorno de construcciones existentes dentro del corredor del proyecto, levantamiento detallado de los cauces de los caños existentes, (bordes, fondo, cota de lámina de aguas), detalle de las estructuras existentes (puentes, pontones, Alcantarillas de cajón), obras de arte detallando sus cotas bateas y diámetro de tuberías, muros de contención, gaviones, defensas metálica, elementos de amueblamiento urbano, zona de árboles, árboles importantes presentes en la zona, y en general los detalles que afecten el diseño definitivo del proyecto.



Figura 43. Ficha Levantamiento Topográfico.

9.12 LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO

Para la representación altimétrica del terreno en este proceso de diseños, se graficaron curvas de nivel cada 0.50 metros basado en el modelo digital del terreno (M.D.T.) generado a partir de la toma de una nube de puntos tridimensionales radiados con la estación total de topografía la cual cumple con el concepto de redundancia y exactitud.

Esta actividad se realizó radiando puntos que determinan con alto grado de detalle las características topográficas del terreno, detallando, corona, patas de talud y niveles de terreno en una densidad equivalente a un punto cada 10, radiando para cada área de estudio más de 2.318 puntos.

Como resultado se entrega un archivo digital extensión XML con el total del modelo digital como insumo base para la medición y elaboración de los estudios y diseños objeto del presente contrato.

9.13 EQUIPO Y SOFTWARE UTILIZADOS

Para la realización del estudio topográfico se utilizaron tres estaciones totales de topografía con captura electrónica de datos y equipos GPS doble frecuencia, correspondientes a las siguientes referencias:

- Estación Total STONEX R1-PLUS, serial: DL10706.
- GPS Topcon GR5.



Figura 44. GPS TOPCON GR5.



Figura 45. Estación Total STONEX R1 PLUS.

Las certificaciones de los equipos en relación se presentan en el ANEXO 5 del presente documento.

9.14 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON.

Al ser esta una actividad propia de cada polígono se presenta un informe por cada uno en el anexo 5.

10 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

10.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Luego del reconocimiento de campo y de la evaluación de información existente, se propondrá un programa de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio, tendiente a identificar los materiales en cada uno de los sitios de estudio, de esta manera por medio de perforaciones, apiques, y trincheras se determinaran el espesor de capas, la resistencia en campo de los materiales y se seleccionaran muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio para medir propiedades índice, de resistencia y deformabilidad de los suelos y rocas obtenidos de la exploración del subsuelo.

Se evaluará la presencia de depósitos cuyo comportamiento geotécnico sea de importancia en la estabilidad de la ladera, por lo cual se requiere realizar perforaciones en zonas donde se identifiquen deslizamientos antiguos.

Además de la exploración directa, se realizará la investigación del subsuelo por métodos indirectos (líneas de refracción sísmica, MASW) que permiten una precisa definición del modelo geológico – geotécnico, en cuento a la determinación de capas de diferente rigidez y comportamiento geotécnico.

Toda la información obtenida en la etapa de exploración servirá para verificar, reajustar o afinar el modelo geológico inicial y para obtener una zonificación geotécnica preliminar que se ajustará posteriormente con los resultados de ensayos de laboratorio y con los análisis de estabilidad.

A partir de lo anterior se generan perfiles estratigráficos de perforaciones, trincheras, y apiques, con la información de la descripción del tipo de suelo, características de resistencia, consistencia, compacidad, numero de golpes del ensayo de SPT, porcentaje de recobro y medición del parámetro de RQD. De igual forma se registrara el nivel del agua obtenido en las perforaciones.

10.2 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA

A partir de la integración de la información sobre los aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, de exploración del subsuelo y de resultados de ensayos de laboratorio, se deberán generar planos a escalas 1:1000 con curvas de nivel cada 1.0 m o de mayor detalle, donde se presenten las zonas homogéneas en términos de su comportamiento geotécnico que permitan identificar patrones de comportamiento.

En cada una de las zonas se deberán determinar entre otros aspectos los mecanismos actuales y potenciales de inestabilidad, composición y distribución estratigráfica de los materiales y su relación con las condiciones geológicas, geomorfológicas, de drenaje, identificación de comportamientos típicos ante diferentes solicitaciones, evaluación de parámetros representativos de resistencia y determinar las relaciones esfuerzo-deformación, etc.

La zonificación elaborada debe orientar la selección de los sitios puntuales y las secciones transversales sobre los cuales se realizarán los análisis detallados de estabilidad. Para cada una de las unidades definidas se debe establecer y describir el respectivo modelo geológico-geotécnico; cada uno de estos modelos debe ser cotejado con la información existente de informes anteriores y la obtenida del reconocimiento geológico del sector y de la exploración geotécnica realizada, para garantizar su validez.

El modelo es el resultado del análisis y la interpretación de la información obtenida de los estudios básicos, combinados con el trabajo de exploración geotécnica y caracterización de materiales mediante ensayos de campo y/o laboratorio. A partir de lo anterior se generarán planos planta y perfil, que muestren la distribución geométrica y estratigráfica, nivel freático y parámetros determinados para cada estrato.

De acuerdo con los resultados de la exploración del subsuelo y de las características de las muestras obtenidas, se realizará el plan de ensayos de laboratorio para hacer una adecuada caracterización geomecánica de los materiales presentes en el área. Para los materiales tipo suelo, se deberán definir los ensayos se realizan a cada muestra, entre otros: determinación del contenido de humedad, peso unitario, peso específico de sólidos, granulometría, límites de Atterberg, corte directo y triaxial; para materiales tipo roca: peso unitario, compresión simple y carga puntual

11 MODELO GEOLÓGICO PARAÍSO

11.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La información de la geología regional fue tomada del mapa geológico de la microzonificación sísmica de Bogotá, (INGEOMINAS, 1997); el área evaluada forma parte de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá, se ubica junto al denominado cerro del Cable, el sector estudiado y sus alrededores está conformado por rocas sedimentarias de edad Cretáceo afectadas por plegamiento y fallamiento; en forma discordante sobre las rocas Cretáceas reposan depósitos Cuaternarios. La secuencia sedimentaria aflorante hace parte de las Formaciones Plaeners y Guaduas.

En relación con el marco tectónico, la secuencia sedimentaria presente hace parte del flanco occidental de un Anticlinal no denominado, que corresponde a una estructura estrecha con orientación N5˚E, afectada por fallas.

El barrio Paraíso se encuentra asentado sobre una ladera integrada por rocas sedimentarias plegadas, localmente sobre las rocas se presentan depósitos recientes.

11.1.1 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas presentes en el área estudiada y los alrededores, corresponden a rocas de la Formación Arenisca Labor-Tierna y Guaduas, estás unidades se encuentran recubiertas por depósitos recientes. A continuación, se realizará una descripción de las unidades presentes.

Formación Plaeners (Ksgp):

Aflora como una franja que hace parte de los Cerros Orientales, conforma la mayor parte de una estructura Anticlinal estrecha de poca longitud, la unidad se destaca geomorfológicamente porque su presencia ocasiona un escarpe fuerte, la Formación Plaeners está integrada por una secuencia de arcillolitas silíceas, limolitas y algunos niveles de areniscas cuarzosas; el espesor de la unidad se ha estimado en 220 m. (INGEOMINAS, 1997).

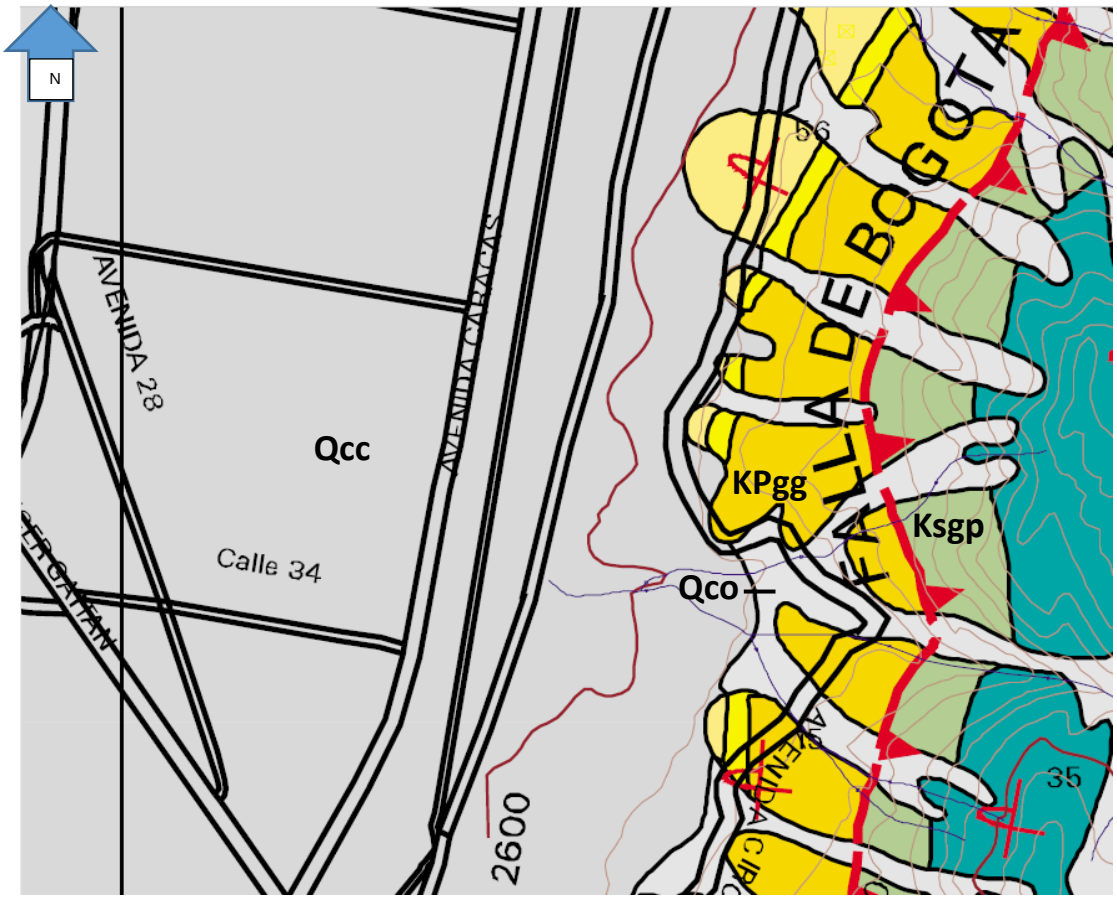
El contacto inferior de la Formación Plaeners con la infrayacente Formación Arenisca Dura es concordante, el contacto superior, con la suprayacente Formación Arenisca de Labor es fallado. Su edad es estimada como Maastrichtiano inferior (Pérez & Salazar, 1971).

Formación Guaduas (KPgg)

La Formación Guaduas corresponde a la secuencia que suprayace al Grupo Guadalupe y es infrayacida por la Arenisca del Cacho, la unidad presenta geoformas onduladas de pendiente suave. La Formación Guaduas está integrada por tres conjuntos, El inferior predominantemente arcilloso, el intermedio con predominio arenoso y el superior arcilloso;

en el sector de los Cerros Orientales aflora el conjunto superior, integrado por una secuencia de arcillolitas de color gris y amarillo rojizo a morado por meteorización, con esporádicas intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano medio estratificadas en capas finas a medias; el espesor reportado es cercano a los 300 m.

El contacto inferior de la Formación Guaduas con la Formación Arenisca de labor es fallado, el contacto superior con la formación Arenisca del Cacho es disconforme, el ambiente de depósito de la unidad corresponde a un ambiente marino transicional, su edad se considera Maestrichtiano Superior-Paleoceno inferior (Sarmiento 1992).



Leyenda

Ksgp	Formación Plaeners	Qdp	Depósito de Coluvión
KPgg	Formación Guaduas	Qcc	Complejo de conos

Figura 46. Mapa geológico regional. Modificado de INGEOMINAS- 1997.

Depósitos de coluvión (Qdp)

En el sector evaluado, en la parte media y baja de la ladera se presenta un depósito de coluvión integrado por bloques de arenisca en una matriz arenosa, este material es producto de la erosión de los niveles de areniscas del Grupo Guadalupe y las arcillolitas de la Formación Guaduas, que han sido desprendidos por acción de la gravedad, transportadas desde la parte alta y depositadas en la parte baja de la ladera.

11.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las condiciones estructurales presentes en el sector evaluado determinan una condición tectónica medianamente compleja, se presenta una secuencia sedimentaria plegada y fallada. Los elementos estructurales se describen a continuación.

- Anticlinal Volcado

La secuencia sedimentaria presente hace parte del flanco occidental de un pliegue anticlinal volcado con una orientación promedio N 5 a 10˚E, que se encuentra afectado por la falla de Bogotá. La secuencia sedimentaria presente se encuentra invertida, donde la formación Arenisca de Labor-Tierna se ubica por debajo de la formación Plaeners, adicionalmente la estructura se encuentra afectada por la traza de la falla de Bogotá que desplaza la estructura y pone en contacto las Formaciones Arenisca de Labor-Tierna y Guaduas.

La zona evaluada hace parte del flanco occidental de un anticlinal sin denominar, corresponde a una estructura anticlinal estrecha, con una extensión en superficie cercana a los 7 km, que se encuentra afectada por la presencia de fallas con orientación NW-SE y E-W, que la desplazan y la dividen en varios segmentos. La zona es estudio se ubica en el flanco occidental de un anticlinal estrecho de 2.4 Km de longitud, corresponde al principal elemento estructural del área; presenta una orientación N5˚E.

FALLA DE BOGOTÁ

La falla de Bogotá corresponde a una falla de cabalgamiento con dirección aproximada NS A NNE, que afecta el flanco occidental del Anticlinal de Bogotá - flanco oriental del Sinclinal de Usme, la falla presenta su plano inclinado al oriente, con transporte tectónico hacia el occidente, pone a cabalgar rocas del Grupo Guadalupe sobre rocas de edad Terciaria pertenecientes al conjunto medio de la formación Guaduas.

Datos estructurales

Los planos de estratificación descansan con dirección un rumbo general de N10E, con buzamientos entre 40 y 55 grados hacia el W, medidos en afloramientos sobre la vía de acceso al cerro del Cable y sobre una vía interna donde aflora la formación Guaduas; el hecho de que el sector evaluado este completamente urbanizado no permite la observación directa de la disposición espacial de las unidades geológicas.

11.2 GEOLOGÍA LOCAL

El área evaluada forma parte del Piedemonte los Cerros Orientales de Bogotá, afloran rocas sedimentarias de edad Cretáceo afectadas por plegamiento y fallamiento, la unidad de roca está recubierta por depósitos de edad Cuaternario. La secuencia sedimentaria aflorante hace parte de las Formaciones Arenisca de Labor-Tierna y Guaduas; los depósitos Cuaternarios presentes son depósitos de coluvión y rellenos antrópicos.

El barrio Paraíso se encuentra asentado sobre una ladera en un sector de contrapendiente estructural, la secuencia estratigráfica esta invertida producto del volcamiento de una estructura anticlinal, integrada por niveles de areniscas cuarzosas, ya arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas; localmente sobre las rocas se presenta un depósito de pendiente generado por la caída de bloques de arenisca. En parte de la zona construida en superficie se encuentran depósitos antrópicos asociados a la adecuación de terrenos para urbanizar y la disposición de desechos de construcción.

11.3 ESTRATIGRAFÍA

Las labores de exploración realizadas en el desarrollo del presente estudio han permitido establecer la presencia de unidades de roca y suelo en el área evaluada, la secuencia presente en el suelo y subsuelo se describe a continuación:

11.3.1 FORMACIÓN ARENISCA DE LABOR TIERNA (K2LT):

Unidad integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, de color gris claro a blanco amarillento, cementadas, estratificadas en capas gruesas, con intercalaciones de arcillolitas de color gris en capas finas, que aflora en la ladera abrupta, más arriba del barrio y sobre la vía de acceso al cerro del Cable, donde se presenta una parte la secuencia litológica.

En el talud presente en la ladera aflora la secuencia invertida donde se observa la Formación Arenisca de Labor-Tierna, integrada por una secuencia de areniscas de grano medio de color gris, estratificadas en capas de espesor grueso, con intercalaciones de arcillolita gris, estratificada en capas finas, seguidas de arenisca cuarzosa de grano medio a grueso, estratificada en capas gruesas.

11.3.2 FORMACIÓN GUADUAS (K2P1G):

En gran parte del polígono evaluado aflora la parte media de la Formación Guaduas, integrada por niveles de arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas de grano fino; En los sondeo 2, 6 y 11 se atravesó una secuencia de areniscas de grano fino con matriz arcillosa; en los sondeos 7, 9 y 10 se perforó una secuencia de arcillolitas alteradas, que en profundidad cambiaban a arcillolitas de color gris con colores rojizos por alteración.

11.3.3 DEPÓSITO DE COLUVIÓN (QCO):

Unidad heterogénea integrada por niveles de arenas, limos y fragmentos de arenisca, producto de la erosión de los niveles de areniscas de la Formación Arenisca de Labor-

Tierna que fueron transportadas por acción gravitacional desde la parte alta, y por fragmentos de arcillolitas y areniscas de la Formación Guaduas.

Este depósito fue reconocido en el subsuelo en los sondeos exploratorios 1, 6, 7, y 8; en el sondeo exploratorio 1, este depósito alcanzó un espesor de 7 m, en el sondeo 6 de 5.5, en el sondeo 7 de 8 m y en el sondeo 8 de 13 m.

11.3.4 DEPÓSITO ALUVIAL (QA):

Un depósito aluvial de edad reciente de carácter local se detectó en la parte central del polígono como una franja estrecha, localizada en el cauce de una corriente intermitente que evacua las aguas lluvias de la ladera; esta unidad de detectó en los sondeos 3 y 4, debajo de un relleno antrópico. El depósito está integrado por gravas finas a medias con cantos de areniscas en una matriz areno arcillosa, el espesor de este depósito es mayor a 7 m.

11.3.5 DEPÓSITO ANTRÓPICO (QRA):

Unidad heterogénea integrada por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas y escombros de construcción, esta unidad fue registrada en los sondeos exploratorios 3, 4 y 10. En el sondeo 3 el relleno antrópico registró un espesor de 7 m, en el sondeo 4 un espesor de 2 m y en el sondeo 10 de 2.7 m.

11.4 EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA

Un estudio geomorfológico tiene por objeto describir las formas del terreno, explicar su génesis, esto incluye su origen y evolución, establecer la naturaleza de los materiales que constituyen las geoformas y describir los procesos geomorfológicos modeladores.

El sector estudiado presenta un relieve montañoso, hace parte de una estructura anticlinal cuya presencia conformó un macizo estructural plegado, sobre el que se generaron geoformas denudativas y agradaciónales originadas por procesos de meteorización, erosión y actividad antrópica.

La morfología presente corresponde al producto de rocas sedimentarias afectadas por plegamiento, el proceso orogénesis conformo un pliegue anticlinal que posteriormente se vio afectado por los procesos erosivos, favorecidos por la combinación de una pendiente alta y materiales sueltos; la erosión transportó material desde la parte alta hacia la parte baja de la ladera.

La actividad humana inicio removiendo la cubierta vegetal, luego intervino los depósitos extrayendo arenas para construcción del depósito presente en la ladera, cuando la zona tenía un carácter rural, posteriormente se llevó a cabo la modificación de las geoformas presentes, mediante el trazado de vías, la división del predio en lotes, construcción de vías de acceso y la construcción de viviendas, además dispuso materiales sobrantes sobre las laderas adyacentes a las viviendas, para conformar vías de acceso peatonal y vehicular.

11.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS GEOFORMAS

La región de los Cerros Orientales evaluados se presenta en forma de sierra anticlinal de morfología montañosa de dirección aproximada norte – sur, con elevaciones sobre la sabana de Bogotá de 130 a 350 m. El sector evaluado hace parte del flanco occidental de la estructura anticlinal, se caracteriza por conformar una contrapendiente estructural donde la pendiente del terreno se empina de 35° hasta 50°. En la parte baja de la ladera se presenta una zona de relieve bajo, con pendientes de 10° a 20° de inclinación, donde se emplazaron depósitos de ladera.

Se describen las condiciones generales de la ladera, sin tener en cuenta la intervención antrópica, teniendo en cuenta que el polígono de interés se encuentra ubicado en un área urbanizada. Esta zona no se clasifica en subunidades debido a sus constantes modificaciones por acciones antrópicas.

11.5.1 LEVANTAMIENTO GEOMORFOLÓGICO

La clasificación de las principales formas del terreno se ha definido como la expresión dinámica del relieve por fuerzas endógenas de la tierra que han actuado a través del tiempo geológico y modelado por agentes externos, especialmente de tipo climático, evidenciados en la denudación del relieve, la modelación de geoformas estructurales, agradaciónales, denudativas, y la intervención antrópica.

La cartografía geomorfológica se realiza sin tener en cuenta la intervención antrópica, que modificó la ladera original y la llenó de construcciones, con el objeto de establecer las unidades geomorfológicas presentes y sus condiciones de estabilidad.

En el sector evaluado se destacan cuatro unidades geomorfológicas, que se detallan y describen a continuación. (Ver mapa geomorfológico).

- Contrapendiente estructural denudada (Slcp): Corresponde a una geoforma de origen estructural en un sector de contrapendiente, donde el buzamiento de la estratificación ocurre en sentido opuesto a la pendiente del terreno; la ladera presenta una pendiente abrupta a escarpada. Los procesos morfodinámicos presentes corresponden a erosión leve en sectores desprovistos de vegetación y caída de bloques por desconfinamiento.

- Ladera de acumulación (Dlac): Corresponde a una geoforma de origen agradacional, generada por la acumulación de materiales rocosos provenientes de la parte alta, presenta una ladera con pendientes onduladas irregulares; los procesos morfodinámicos presentes corresponden a erosión leve a severa.

- Valle aluvial (Dva): corresponde a una geoforma de origen denudativo que generó mediante entalle sobre rocas blandas un valle aluvial en “V” de carácter incipiente, corresponde al cauce de una corriente de pendiente baja, los procesos morfodinámicos presentes corresponden a socavación lateral y de fondo.

La siguiente Tabla describe las características de las unidades geomorfológicas identificadas:

Tabla 9 – Unidades Geomorfológicas.

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO	MORFOLOGÍA	MORFOGÉNESIS	PROCESOS MORFODINÁMICOS
Contrapendiente Estructural denudada	Slcp	Abrupta	Estructural	Caída de bloques
Ladera de acumulación	Dlac	Ondulada irregular	Agradacional	Erosión leve a severa
Valle aluvial	Dva	Plana	Denudativa	Socavación lateral y de fondo

- Procesos Morfodinámicos

Los procesos morfodinámicos que se identificaron en el área evaluada corresponden a procesos erosivos, generados por la ausencia periódica de cobertura vegetal. Estos procesos fueron identificados en las áreas abiertas como vías y predios baldíos, teniendo en cuenta que gran parte del polígono estudiado se encuentra ocupado por construcciones.

- Procesos de Erosión

Se definen como el grupo de eventos por medio de los cuales el material rocoso o suelos son desprendidos, disueltos y removidos con influencia de agentes externos a lo largo de un eje lineal, en la imagen de satélite se identificaron sectores localizados donde se observan procesos de erosión en surcos, temporal de carácter local, que fácilmente desaparecen al ser cubiertos por vegetación.

11.6 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Para realizar el análisis multitemporal se utilizaron dos juegos de fotografías aéreas, y una Ortofoto, las fotografías aéreas corresponden al vuelo C–743, en escala 1:9000 de enero de 1955, fotos 975, 976 y 977, y el vuelo C-2122, en escala 1:17.780 de marzo de 1984, fotos 246, 247 y 248; La Ortofoto es del 2021 y fue adquirida mediante dron para el presente trabajo.

Las fotografías aéreas y la Ortofoto, se interpretaron individualmente y luego se llevaron a una escala idéntica con el objeto de establecer los cambios que se presentaron en el polígono evaluado y zonas próximas, a lo largo de un periodo de tiempo de 66 años, en relación con los procesos morfodinámicos, la ubicación de edificaciones y la red de drenaje.

En la fotografía del año 1955 se observa una red de drenaje poco densa, bien integrada, de forma sub-paralela, con la presencia de una cubierta vegetal arbustiva y arbórea en la mayor parte del polígono evaluado, para la época ya existía una cantera que empezaba le proceso de extracción de arena para la construcción. Se observa la presencia de senderos peatonales que eran utilizados por personas que habitaban en algunas construcciones informales de una sola planta, que se presentan dispersas en el área. (Ver fotografía aérea IGAC 1955).

En relación con los procesos morfodinámicos se observa la presencia de erosión concentrada en forma localizada en parte de las laderas, manifiesta como erosión en surcos, que afecta zonas desprovistas de vegetación por las que desciende el agua lluvia desde la parte alta. En las laderas donde se ubicará el barrio Paraíso, no se observan procesos de remoción en masa.

En la fotografía del año 1984 se observa que el proceso de intervención en las laderas se aceleró, desapareció la totalidad de la cubierta arbustiva, solamente prevalecen algunos árboles aislados, el proceso de explotación de canteras artesanales para arenas continuó, se trazaron dos vías de acceso, se aprovecharon las arenas sueltas presentes en la ladera y se inició la explotación en de una cantera en la parte central del predio donde explotaba la roca arenisca.

En relación con los procesos morfodinámicos se observa la presencia de erosión laminar y en surcos en forma localizada en sectores sin cobertura vegetal, en la parte alta y media de la ladera. Las construcciones informales desaparecieron, la cantera que estaba en el sector norte desapareció y el sector donde estaba emplazada ya había iniciado un proceso de recuperación. Colindando con el límite sur del polígono se observa el trazado de la futura vía circunvalar. (Ver fotografía aérea IGAC 1984).

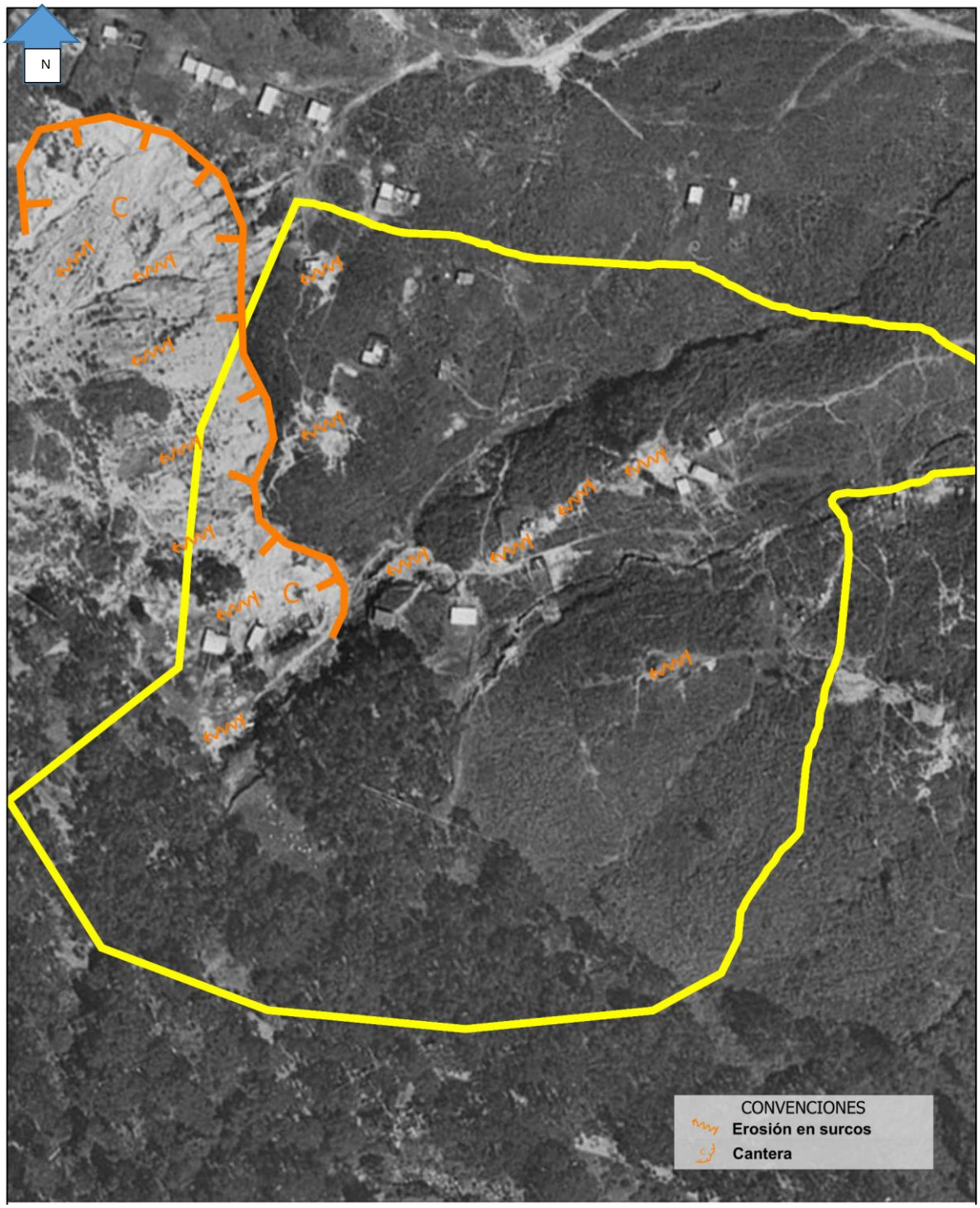


Figura 47. Fotografía aérea IGAC año 1955. Esc. 1:4000.

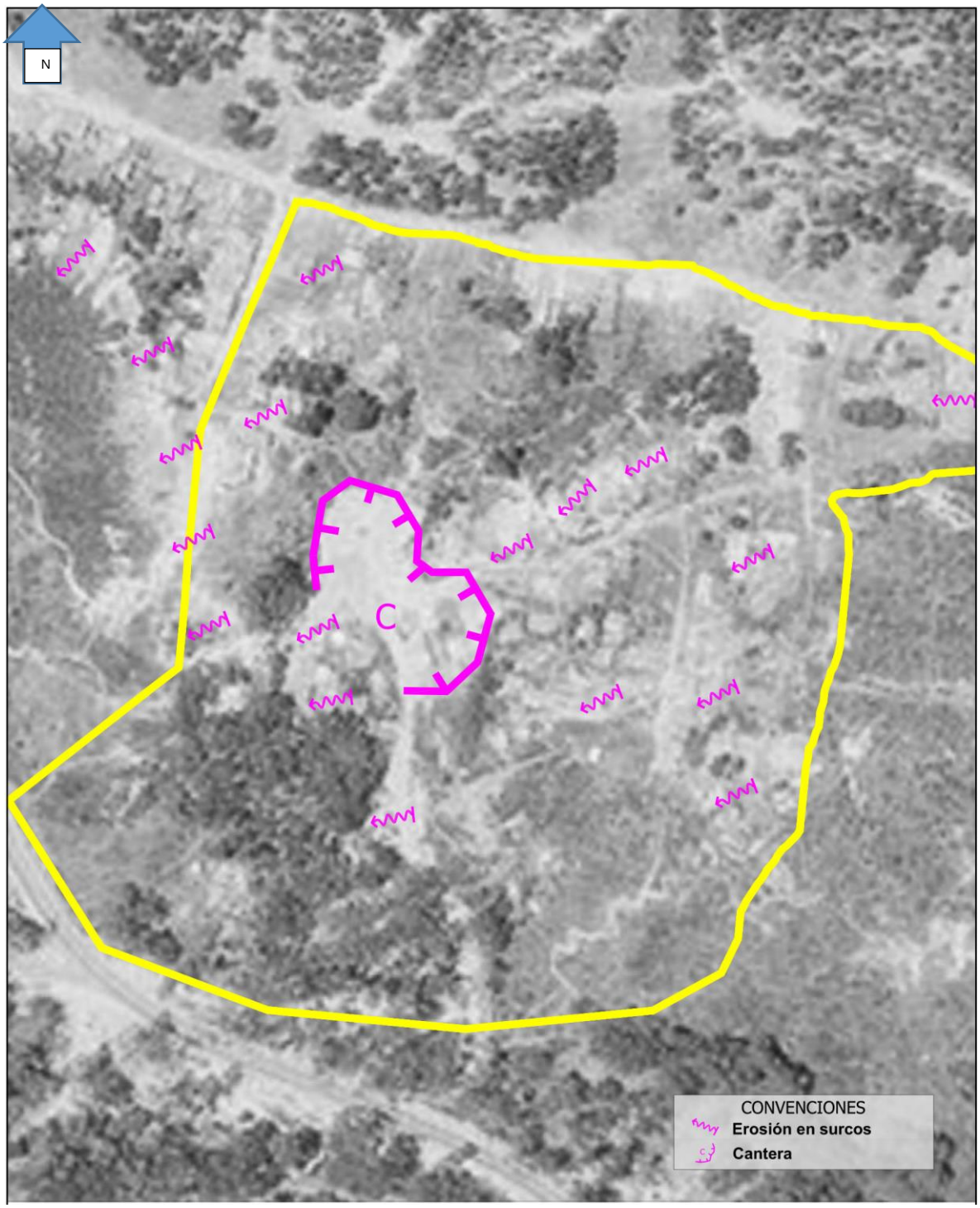


Figura 48. Fotografía aérea IGAC año 1984. Esc. 1:4000.

En la ortofoto del año 2021 se observa que en general el área del polígono presenta un proceso recuperación de la cubierta vegetal, arbustiva y arbórea, otros sectores aparecen recubiertos por pastos. La explotación de canteras para la obtención de arenas desapareció, los antiguos frentes de explotación están en un proceso de recuperación.

En parte del polígono se observa que el proceso de urbanización se ha completado en su totalidad, se han realizado construcciones de varias plantas, con elevada densidad en algunos sectores.

se construyeron vías de acceso vehicular al barrio, una en el sector norte desde la que se accede a la parte alta y otra en el sector sur a la que se accede a la parte baja del barrio, se construyeron vías intermedias que comunican los dos accesos. El barrio cuenta con servicio de alcantarillado, energía eléctrica, y gas natural en algunos sectores, las vías principales están recubiertas con pavimento rígido. (Ver Ortofoto).

En relación con los procesos morfodinámicos se observa la presencia de erosión laminar y en surcos en forma localizada en sectores sin cobertura vegetal, en la parte alta y media de la ladera. La red de drenaje fue modificada, se construyó una canalización de parte del lecho de las corrientes intermitentes y en el sector central se construyó un colector para manejar las aguas lluvias.

En la siguiente figura se observa el resultado del análisis multitemporal de los procesos morfodinámicos, en color naranja se marcan los procesos del año 1977, en color fucsia los procesos del año 1984 y en color rojo los procesos del año 2021.

Los procesos morfodinámicos presentes en el polígono evaluado para el periodo analizado corresponden a procesos erosivos, de carácter local, tipo erosión difusa y concentrada que se manifiestan por la presencia de erosión laminar y en surcos, procesos que se presentan en sectores desprovistos de vegetación, corresponde a procesos de corta duración, asociados a flujo de agua lluvia.

Adicionalmente se registró la presencia de canteras que explotaban arenas para la construcción, se retiraron las arenas que integraban el depósito de pendiente y se ocasionó una modificación de la forma de las laderas.

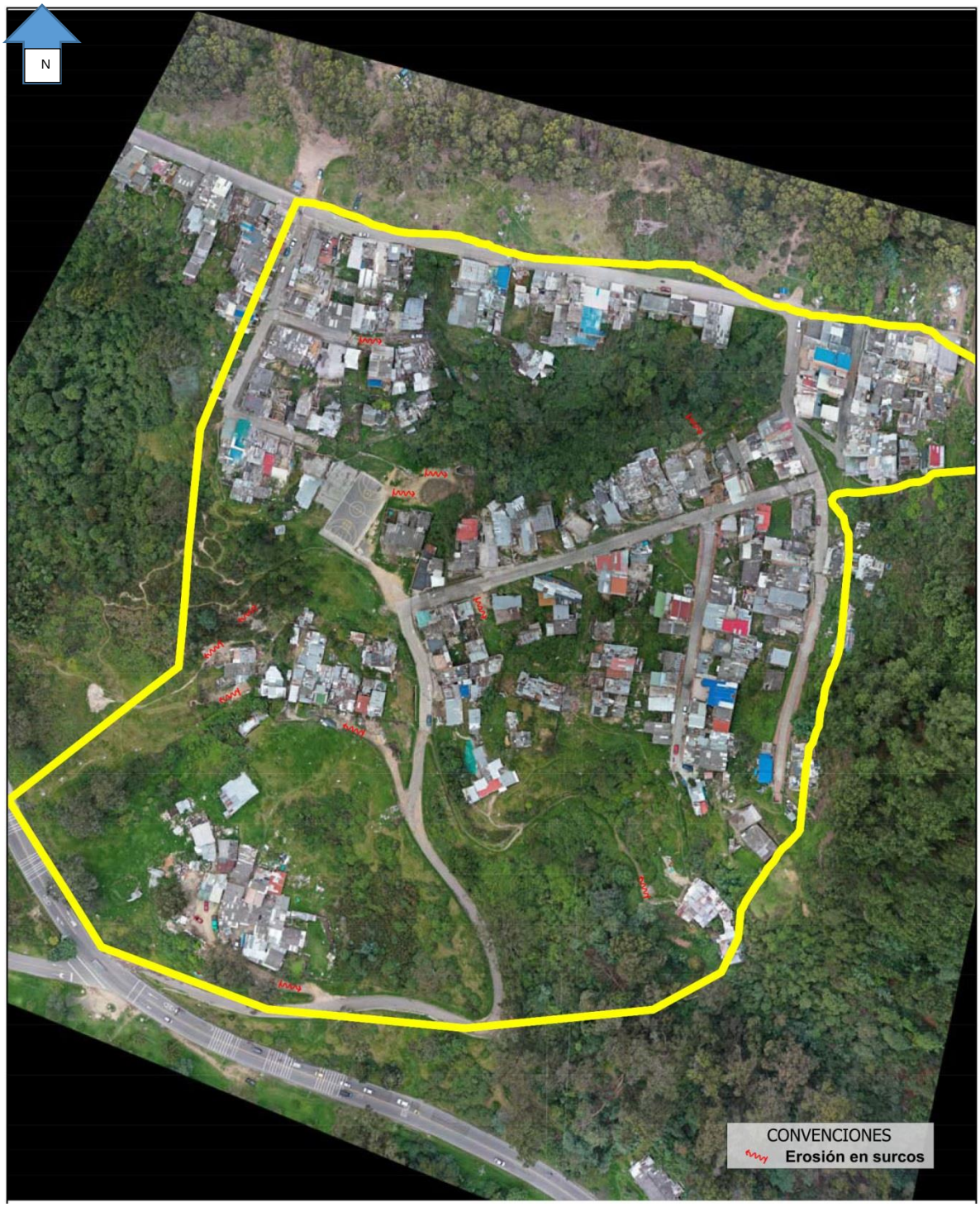


Figura 49. Ortofoto año 2021. Esc. 1:4000.

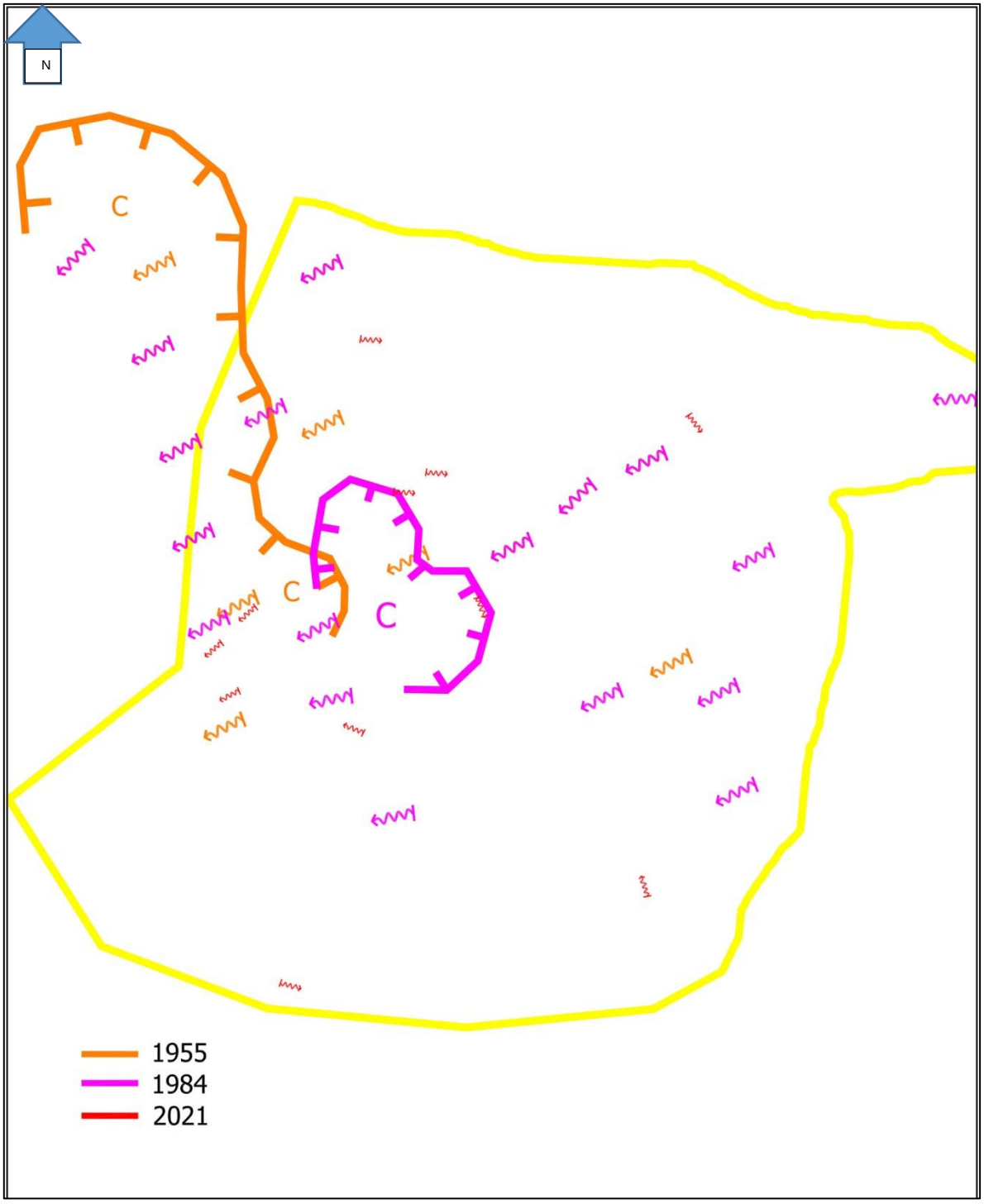


Figura 50. Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos. Esc. 1:4000.

11.7 MODELO GEOLÓGICO

El área evaluada hace parte de un área montañosa plegada, donde se originó una estructura anticlinal volcada y fallada, modelada por procesos de erosión que removieron los materiales sueltos, transportándolos hasta la parte baja y originando un depósito de pendiente. La ladera donde se ubica el barrio Paraíso hacía parte de una zona rural con una cubierta vegetal arbustiva, en el año 1950 se inicia la construcción de vías de acceso hasta la parte baja de la ladera; en el año 1955 ya se encontraba en explotación 1 cantera que extraía arena en forma artesanal.

En el año 1984 gran parte de la cubierta vegetal arbustiva ha desaparecido, quedando únicamente parches de vegetación en sectores localizados, y en sectores próximos en la parte baja.

En el 2021 se observa que las canteras de arena desaparecieron y el proceso de urbanización se ha completado en su totalidad en parte del polígono evaluado, se han realizado construcciones con densidad importante. El barrio cuenta con vías de acceso vehicular, además presenta vías de acceso pavimentadas, tiene red de acueducto y alcantarillado, energía y teléfono.

Las viviendas fueron construidas cerca de las antiguas vías de acceso a las canteras y los sitios de acopio de materiales. El proceso constructivo de las viviendas incluía inicialmente retirar la capa vegetal y parte de los materiales sueltos de la superficie, como el terreno a construir se ubicaba en una ladera, había que realizar un corte para tener una zona horizontal donde adelantar la construcción, los materiales sobrantes de las excavaciones fueron llevados fuera del área y en algunos casos dispuestos en las vías de acceso.

El levantamiento topográfico, el estudio de refracción sísmica y los sondeos exploratorios realizados permitieron la elaboración de dos secciones geológicas donde se trasladó la información relacionada con la litología atravesada por las perforaciones.

La sección A-A’ se realizó en el sector norte relacionando los resultados de los sondeos exploratorios S 2, S 6 y S 11. En superficie se registró un depósito de coluvión integrado por arena limosa, arcilla y cantos a bloques de arenisca, el espesor promedio es de 4.5 m. Infrayaciendo el depósito se encuentra una secuencia de areniscas de grano fino y arcillolitas alteradas y arcillolitas frescas, que hacen parte del miembro medio de la Formación Guaduas. (Ver mapa geología Local).

La sección B-B’ se realizó en el sector sur relacionando los resultados de los sondeos exploratorios S 3, S 4 y S 10, en superficie se registró un relleno antrópico integrado por arenas, limos y fragmentos de desechos de construcción. En los sondeos S 3 y S 4 se registró la presencia de un depósito aluvial.

El modelo geológico está representado en las secciones que acompañan al mapa de geología local

12 HIDROLOGÍA.

12.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL

A continuación, se presenta la descripción del comportamiento general de las condiciones de precipitación, temperatura, número de días con lluvia, y clima, con base en el Atlas Climatológico del IDEAM.

12.1.1 PRECIPITACIÓN

La Ilustración 9-2, describe el comportamiento de la precipitación total anual en el departamento de Cundinamarca. La región se caracteriza por tener un régimen de precipitaciones medio, con rangos entre 500 y 9000 mm donde predominan condiciones de precipitación entre 500-1000 mm; para la zona central se presenta un menor régimen de precipitaciones llegando a un mínimo de 500 mm en un período anual, y en la zona suroriental las zonas con mayores precipitaciones llegando a 9000 mm.

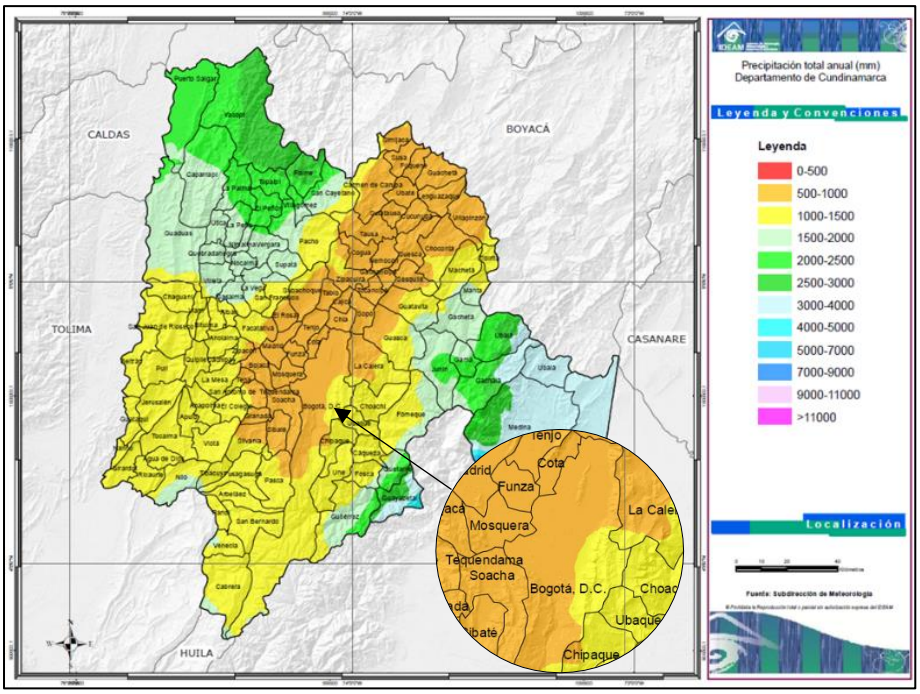


Figura 51. Precipitación media anual para el departamento Cundinamarca.

Fuente: IDEAM, 2014.

Para la zona norte de Bogotá, la precipitación presenta un rango bajo respecto a los valores nacionales establecidos por el IDEAM, arrojando valores promedio entre 500 a 1000 mm, que aumentan hacia los cerros orientales de la ciudad.

12.1.2 TEMPERATURA MEDIA ANUAL

La temperatura media anual del departamento es ampliamente variada (ver Ilustración 9-3), cambiando de zonas donde no se superan los 8°C hasta llegar por encima de los 28 °C. La zona más fría del departamento se encuentra en el centro y de allí aumenta a los extremos, especialmente hacia el este donde se concentran temperaturas medias del orden de los 20 °C, y la franja este del departamento que colinda con Caldas y Tolima con temperaturas de 28° C.

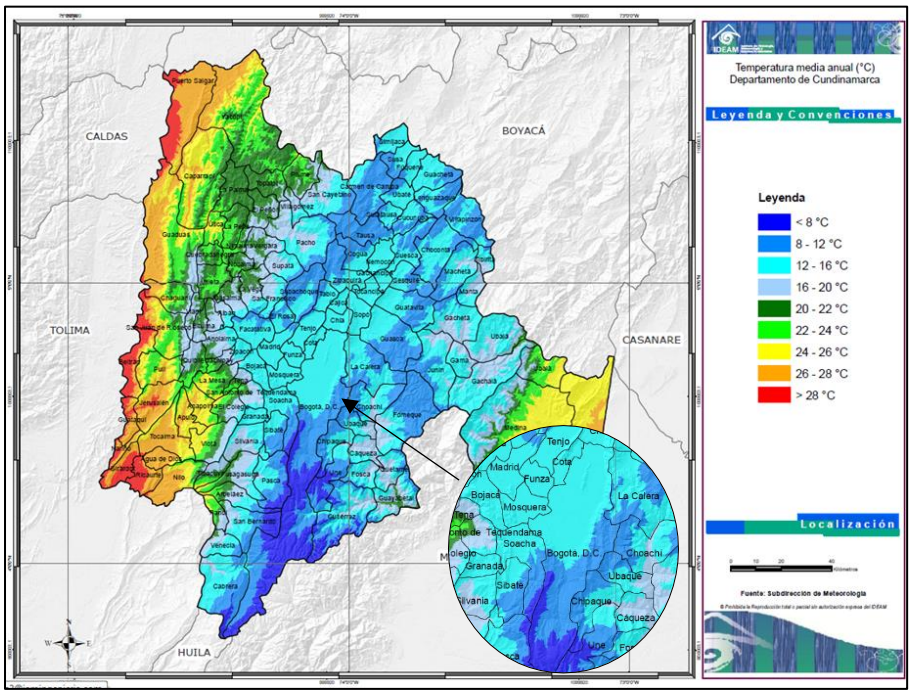


Figura 52. Temperatura media anual (°C) en el departamento de Cundinamarca.

Fuente: IDEAM, 2014.

La zona objeto de estudio, ubicada al norte de la ciudad de Bogotá, describe rangos invariables de temperatura en condiciones frías y templadas con valores entre los 12°C y 16°C. Al suroriente de la ciudad se presentan temperaturas más frías con valores inferiores a los 8°C.

12.1.3 NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA

El número de días de lluvia al año en la mayoría del departamento de Cundinamarca es superior a 100 días y en una gran extensión con rangos entre los 200 y 250 días. De igual manera, se puede notar que la mayor parte de la zona central del departamento conserva las mismas características diferenciándose en el extremo occidental con un menor número de días con lluvia.

Figura 53. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca.

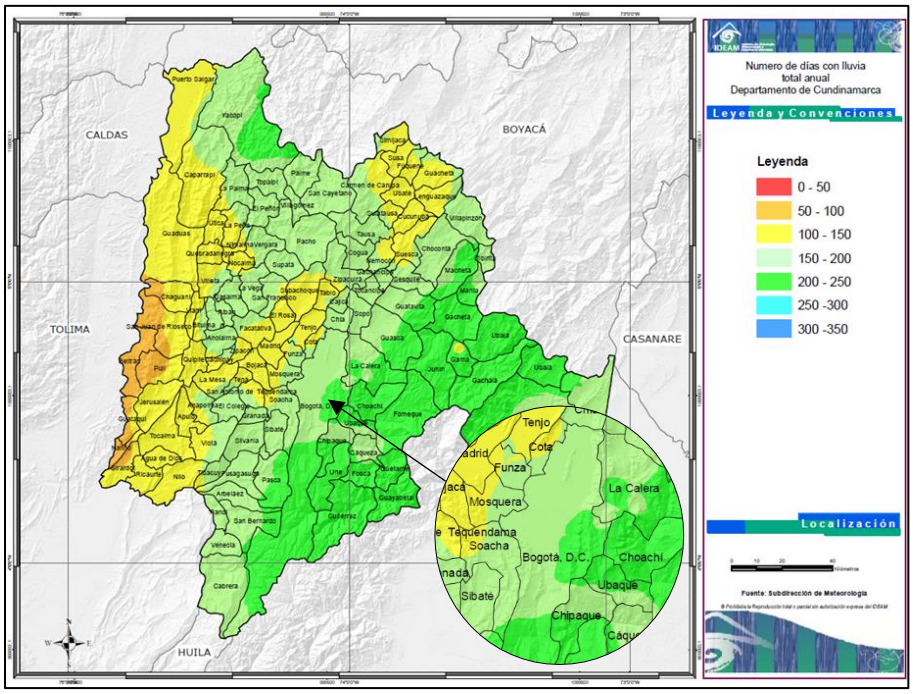


Figura 54. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca.

Fuente: IDEAM, 2014.

12.1.4 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

De acuerdo con el mapa de clasificación climática para el municipio de Cundinamarca, el departamento presenta una gran variedad de climas que se caracterizan principalmente por ser bastante húmedos en la zona central y tendencia cálida semihúmeda en sus extremos nororientales y noroccidentales.

El norte de la ciudad de Bogotá, presenta condiciones frías semiáridas y semihumedas, esta última presente en el extremo nororiental de la ciudad. A su vez se observa la variación en el incremento a condiciones más frías en el sur de la ciudad.

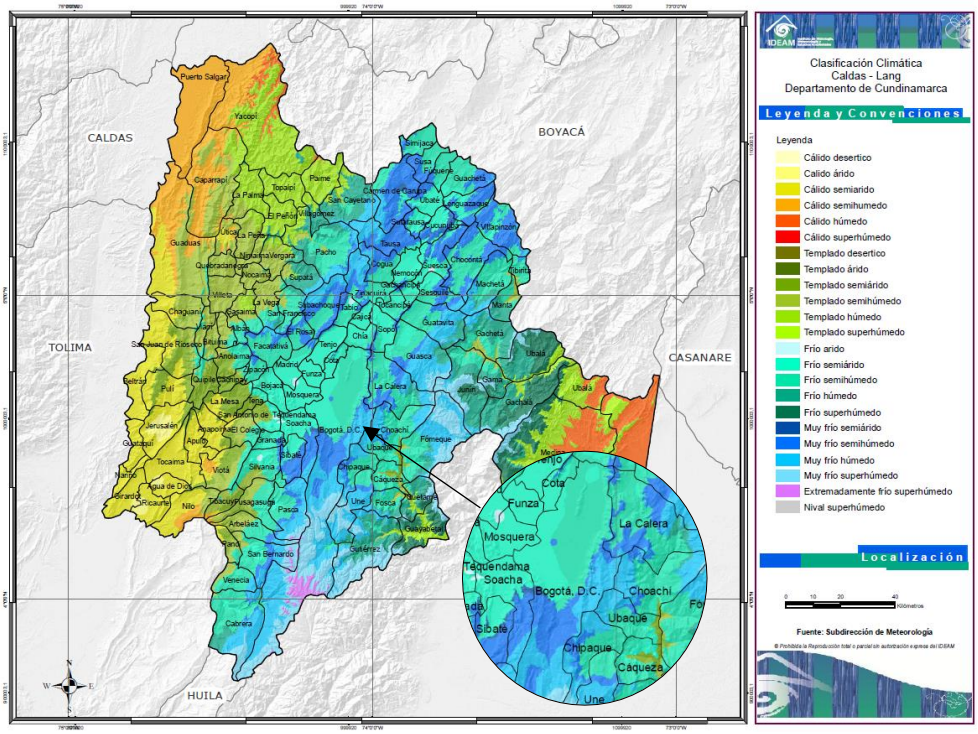


Figura 55. Clasificación Climática del departamento de Cundinamarca.

Fuente: IDEAM, 2014.

A partir de los estudios a nivel distrital realizados por Veloza Franco (2013) y el IDEAM (2007) denominados “Sistema de Modelamiento Hidrogeológico del Distrito Capital” y “Caracterización Climática de Bogotá y Cuenca Alta del Río Tunjuelo”, respectivamente, se hace la caracterización climática.

Bogotá presenta un comportamiento de la precipitación y la temperatura marcado fuertemente por la orografía, los cerros orientales y la localidad de Sumapaz, las zonas más altas del distrito, presentan mayores precipitaciones y menor temperatura. En términos generales la mayor parte del territorio presenta precipitaciones entre los 750 y 1000 mm anuales mientras que la temperatura oscila entre los 12 y los 15° C.

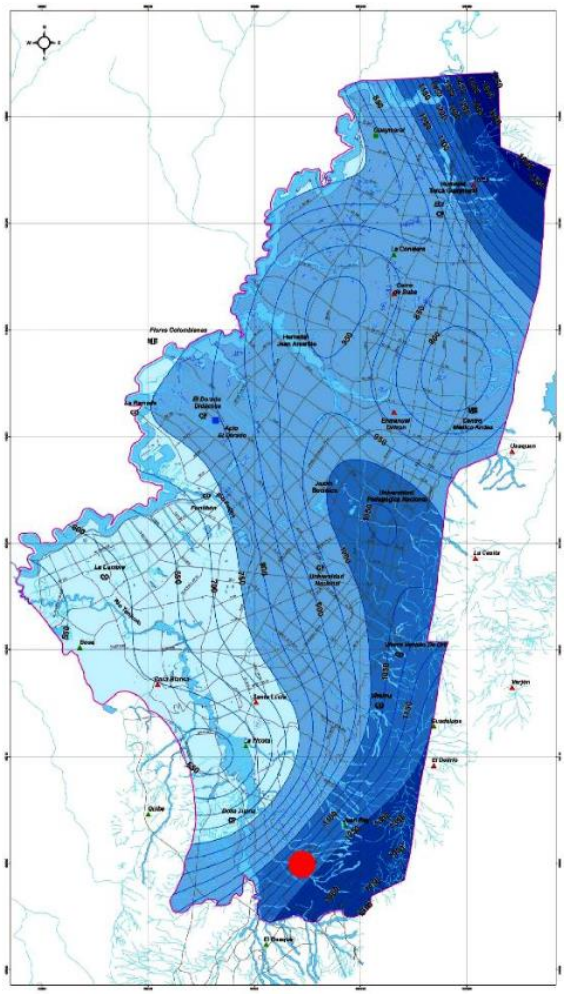


Figura 56. Precipitación total anual en la ciudad de Bogotá D.C.

Fuente: Veloza Franco, 2013.

Para las condiciones particulares de precipitación en el polígono de estudio, se utilizaron las estaciones climatológicas presentadas, con los resultados diarios de cada estación se procede a la estimación de la precipitación media anual (mm) y su espacialización con el uso de isolíneas.

De igual manera, la estimación de la temperatura media anual se apoya en el documento técnico del estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo elaborado por el IDEAM, y el Fondo de Prevención y Atención Emergencias del año 2005.

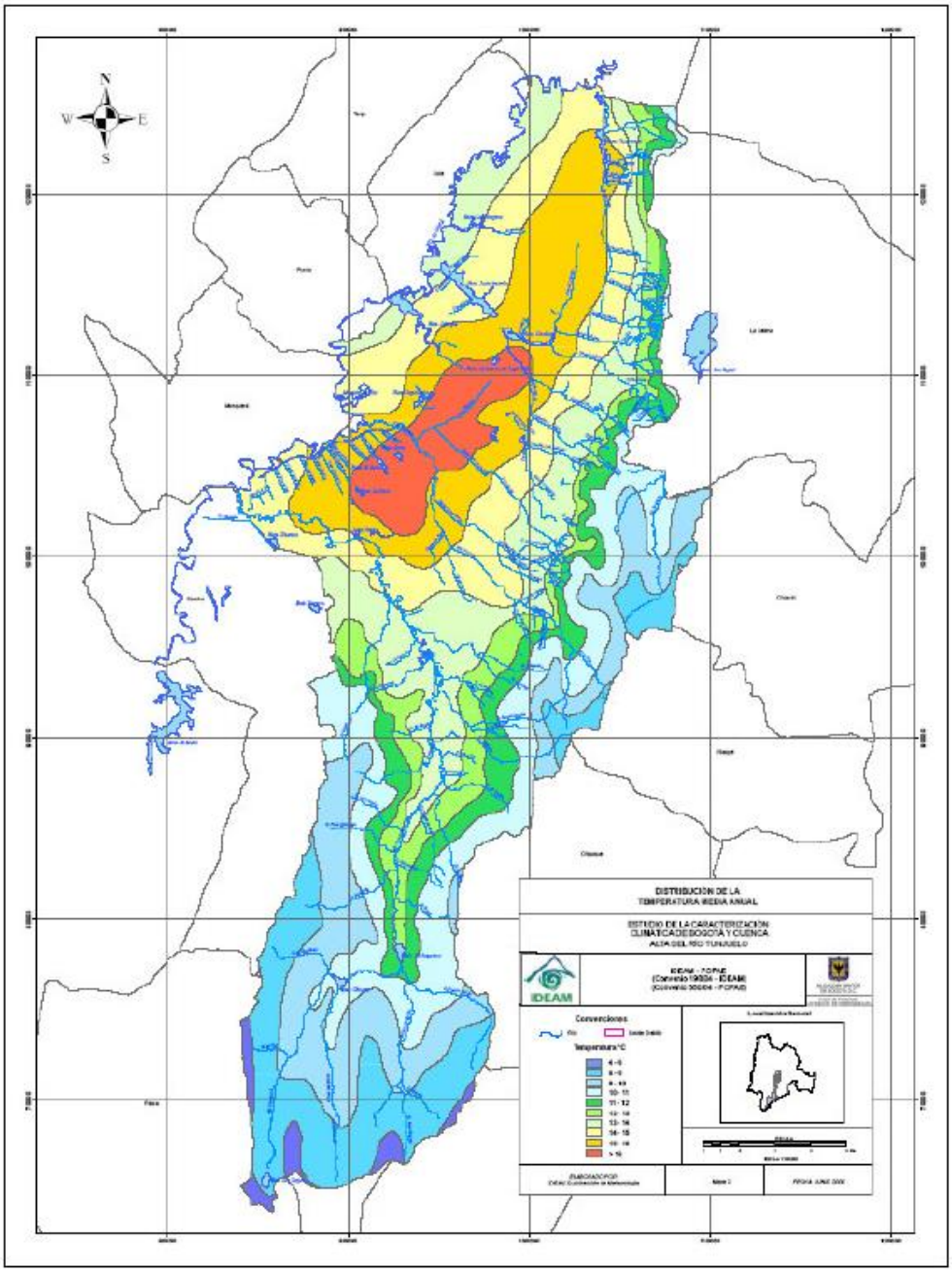


Figura 57. Distribución de la Temperatura media anual.

Por el número de estaciones climatológicas y su cercanía al polígono de estudio, no es posible presentar un análisis preciso de la variación espacial de la temperatura, por lo que

la descripción de las condiciones de esta magnitud se desarrolla a nivel de las estaciones COL ABRAHAM LINCOL [21206500] y ESCUELA COL INGENIERIA [21206050].

12.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

Para realizar la caracterización hidrológica se lleva a cabo de manera preliminar la revisión de información secundaria en especial de estudios de caracterización climática en la ciudad cuya autoría de dichos estudios este dada principalmente por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, quien es la entidad encargada de la generación de información técnico-científica referente a este tema en el país. Asimismo, se elabora una caracterización del comportamiento de parámetros climáticos, en especial de precipitación, en los sitios de interés a partir de los registros de estaciones climatológicas, pluviométricas y pluviograficas, más cercanas a los polígonos a evaluar. Adicionalmente se realiza una caracterización física de la cuenca a la que pertenece cada uno de los cuatro polígonos y se estiman las curvas IDF asociadas a la zona. Dada la proximidad existente entre el polígono 1-Bosque Calderón y 2-Paraíso, y el polígono 3-Villa Juliana y 4-Cajita de los Sochez se elabora el análisis diferenciando estas dos zonas y no necesariamente por polígono como se evidencia en las siguientes secciones.

12.3 REVISIÓN DE ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA EN BOGOTÁ

De acuerdo a la revisión de información secundaria para el tema de caracterización climática de la ciudad de Bogotá se resaltan dos estudios: "*Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo*" elaborado por el convenio 198/04 IDEAM - IDIGER (antes FOPAE) en el año 2004[1] y los resultados del estudio "*Caracterización climatológica de Bogotá, como un aporte al fortalecimiento de la red hidrometeorológica de Bogotá (RHB)"* hecho por Euscátegui en 2019[2] como parte del contrato 431 de 2019-IDIGER.

De acuerdo a IDEAM-FOPAE (2004), la precipitación media anual en los sitios 1 y 2 presentan valores entre 1000 y 1100 mm principalmente. Para los sitios 3 y 4 este parámetro varía entre los dos polígonos teniendo precipitaciones menores para el sitio 3 ubicado más al costado occidental de la ciudad, y cuya precipitación está por el orden de los 800 a los 900 mm, y para el sitio 4 entre los 1000 y 1100mm, esto puede observarse en la Figura 58.

[11] IDEAM-FOPAE. (2004). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATICA+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa

[2] Euscátegui, C. (2019). Caracterización climatológica de Bogotá, como un aporte al fortalecimiento de la red hidrometeorológica de Bogotá (RHB). Disponible en: https://www.idiger.gov.co/documents/20182/558631/Caract+Climatol%C3%B3gica+-+Bogot%C3%A1+%281%29.pdf/b5dbcea1-d291-40a0-8ee8-71ca322edcab

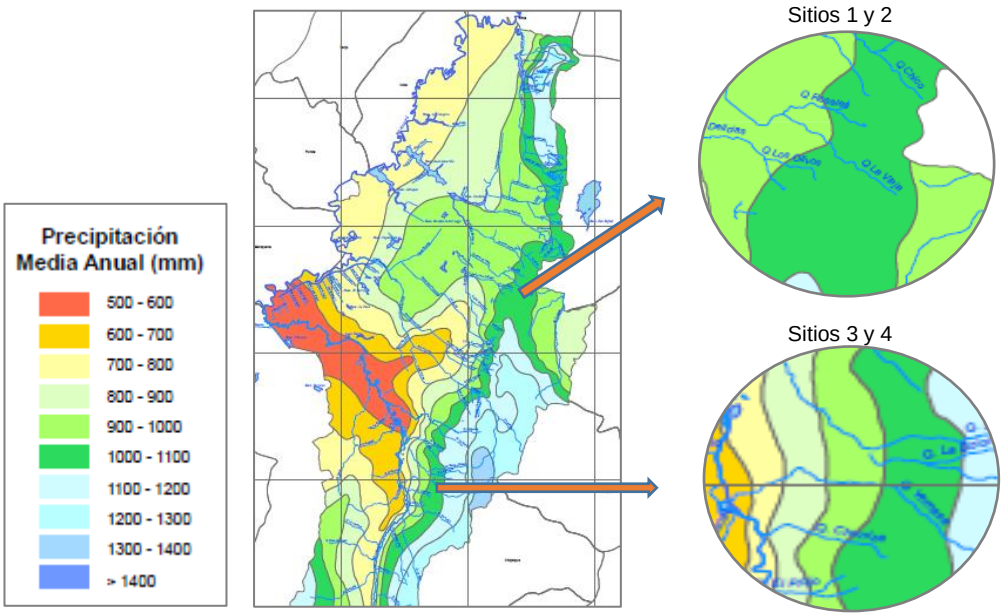


Figura 58. Precipitación media anual estudio IDEAM-FOPAE.
Fuente: Modificado de IDEAM-FOPAE, 2004.

Por otra parte, de acuerdo a Euscátegui (2019), los sitios 1 y 2 localizados en la localidad de Chapinero, tienen una precipitación media anual entre 1100 y 1300 mm, el sitio 3 presenta precipitaciones en el rango de 700 a 800 mm, y por último el sitio 4 tiene valores entre 1000 y 1100 mm aproximadamente. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura.

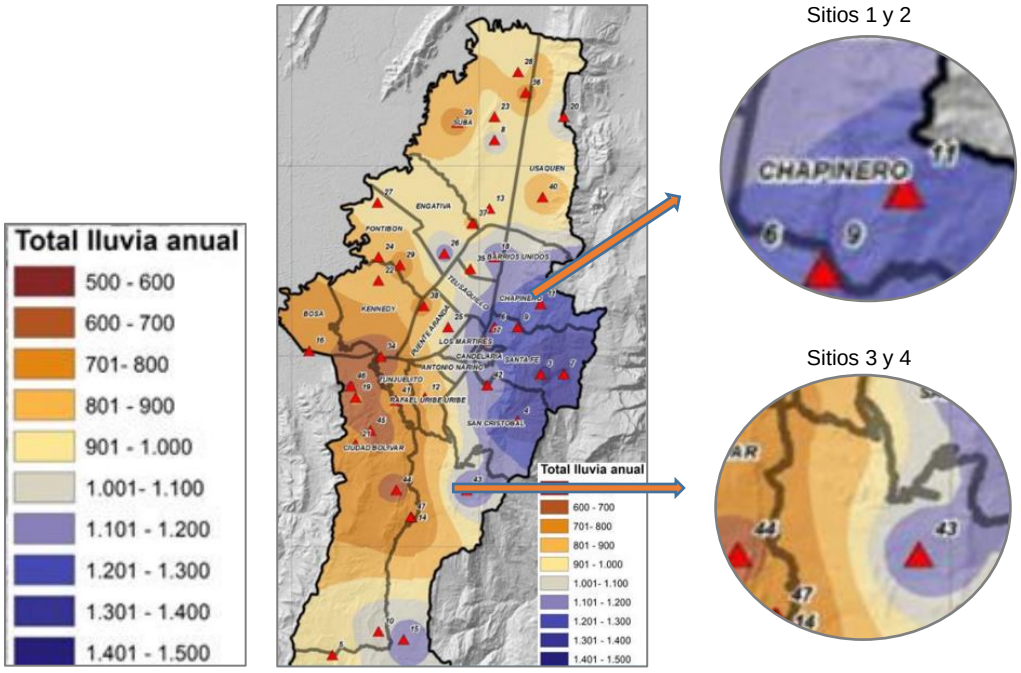


Figura 59. Precipitación media anual estudio Euscátegui-IDIGER.
Fuente: Modificado de Euscátegui-IDIGER, 2019.

En cuanto al parámetro de temperatura media anual IDEAM-FOPAE (2004) estableció que tanto para la zona donde se localiza los polígonos de Bosque Calderón y Paraíso, como Villa Juliana y Cajita de los Sochez la temperatura tiene un rango entre 11 y 14ºC, como se puede observar en la Figura 60. Por otra parte, de acuerdo al estudio hecho por Euscátegui (2019) el número de días lluvia anual promedio tiene valores de entre los 220 y 240 días para los polígonos Bosque Calderón y Paraíso, y para Villa Juliana y Cajita de los Sochez el rango esta entre de los 180 y 220 días aproximadamente como se evidencia en la Figura 61.

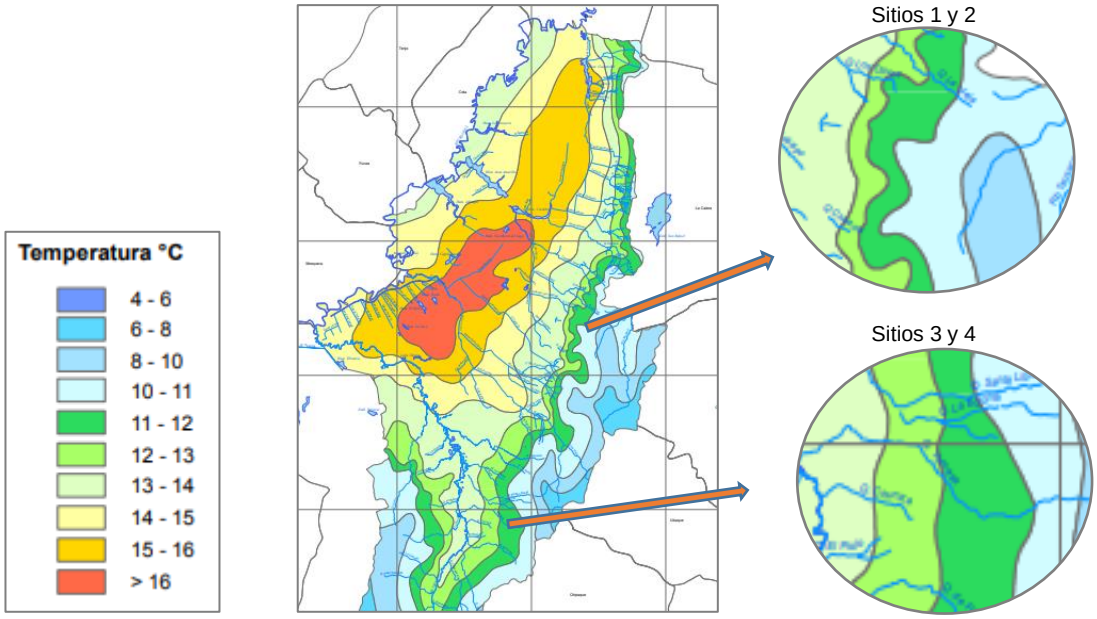


Figura 60. Temperatura media anual estudio IDEAM-FOPAE.
Fuente: Modificado de IDEAM-FOPAE, 2004.

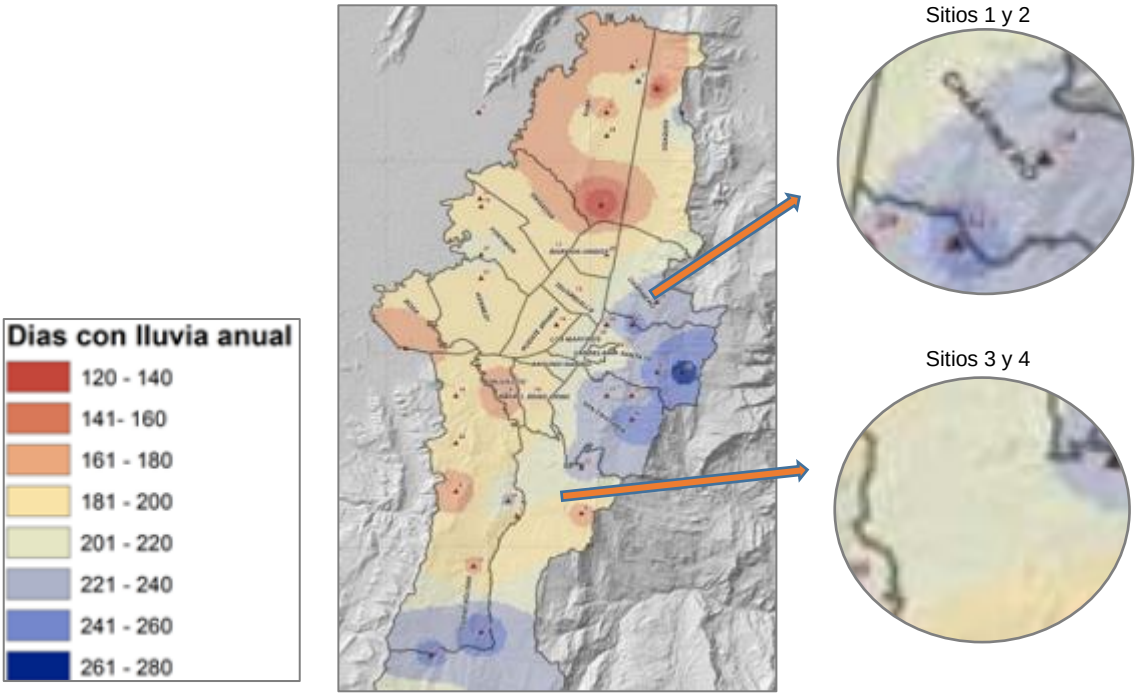


Figura 61. Número de días con lluvia medio anual estudio Euscátegui-IDIGER.
Fuente: Modificado de Euscátegui-IDIGER, 2019.

12.4 SITIO 2 PARAÍSO

12.4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA

La caracterización física de la cuenca permite entender el comportamiento de esta a través de la determinación de parámetros morfométricos que describen las características de forma de la cuenca y su relación con el comportamiento de los caudales que transitan por ella. Para esto se debe tener la delimitación de las subcuencas que hacen parte de la zona a analizar. A continuación se presentan las cuencas a las que pertenece los sitios 1 y 2, y sus correspondientes características principales.

El polígono Bosque Calderón se encuentra localizado en la cuenca de la quebrada Las Delicias, perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Salitre). El área de la cuenca es de 362,2 Ha y su perímetro es de 12,3 km. En cuanto a la quebrada Las Delicias, ésta tiene una longitud de 4165 m y presenta una pendiente media aproximada de 15,9%. Dicha quebrada atraviesa el desarrollo en sentido sureste-noroeste visto en dirección del flujo, cuyo tramo de cauce tiene una longitud aproximada de 488 m.

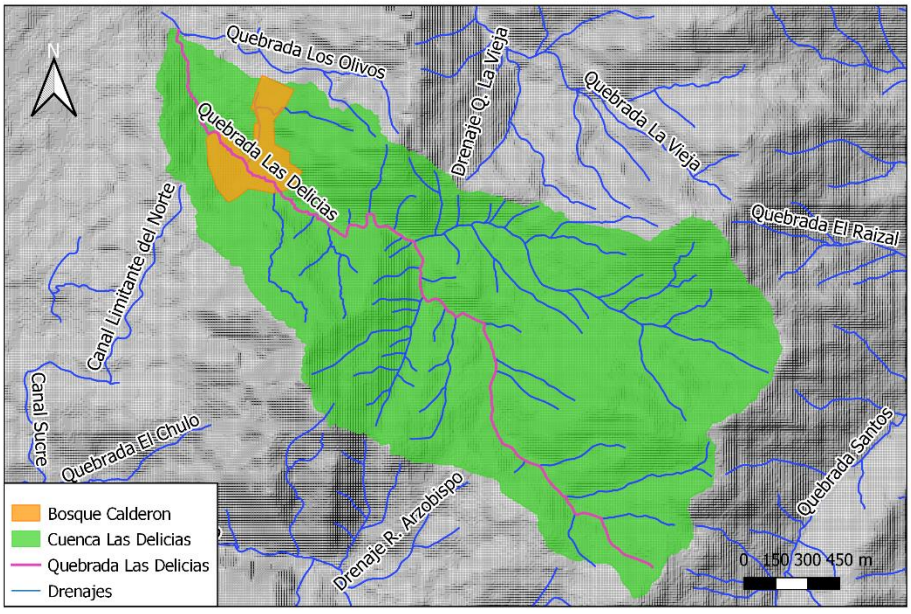


Figura 62. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Bosque Calderón.
Fuente: Elaboración propia.

El polígono Paraíso se encuentra localizado en la subcuenca de la quebrada El Chulo, en la cuenca alta del río Arzobispo, perteneciente a su vez a la cuenca hidrográfica del río

Salitre. El área de la cuenca es de 336,4 Ha, su perímetro es de 11,9 km, y la longitud y pendiente de su cauce principal es de 4,3 km y 14,1% respectivamente. Por otra parte, la subcuenca El Chulo, afluente directo del río Arzobispo tiene un área de 30,4 Ha y un perímetro de 3,5 km. Esta quebrada tiene 899 m de longitud y 23,5% como valor promedio de pendiente. Dicha quebrada atraviesa el desarrollo en sentido noreste-suroeste visto en dirección de aguas arriba a aguas abajo, cuyo tramo del cauce dentro del polígono presenta una longitud aproximada de 520 m.

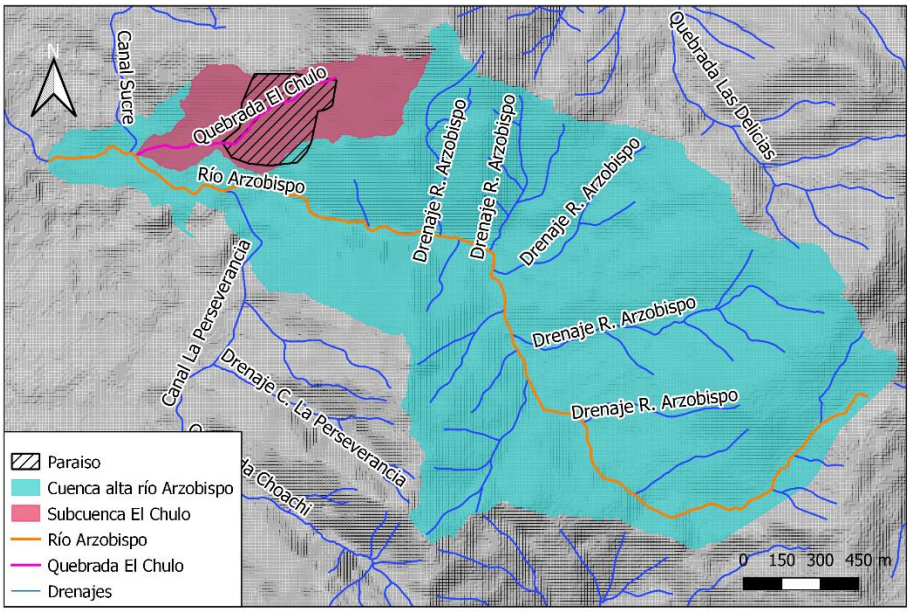


Figura 63. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Paraíso.
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, uno de los índices que se calculan para entender el comportamiento del escurrimiento de una cuenca es el coeficiente de compacidad, el cual está definido por la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo (de radio R), que tiene la misma área que la cuenca hidrográfica. Según lo expuesto por Campos (1992)[3] una cuenca tiende a ser redonda si el índice de compacidad es menor a 1,5, y alargada para valores mayores, como se muestra en la clasificación de la Tabla 10.

$$K_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

El grado de aproximación a la unidad indicará la tendencia a concentrar altos volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo

[3] Campos, A. (1992). Procesos del Ciclo Hidrológico. 2 ed., México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 33-34

cual quiere decir que entre más bajo sea el coeficiente de compacidad, mayor será la concentración de agua dada la simetría de la cuenca. En la Tabla 12 se presentan los resultados.

Tabla 10 – Clasificación de acuerdo con índice de compacidad.
Fuente: Campos, 1992.

Clase de forma	Índice de compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1 - 1,25	Casi redondeada a oval - redondeada
Clase II	1,26 - 1,5	Oval - redondeada a oval oblonga
Clase III	1,5 a más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

El factor de forma es otro parámetro morfométrico que expresa la relación existente entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal. A medida que el área aumenta, la relación del factor de forma tiende a disminuir, lo cual indica una tendencia hacia el alargamiento, de las cuencas grandes.

$$H_f = \frac{A}{L^2}$$

La forma de la mayoría de las cuencas hidrográficas tiende a ser similar a la de una pera, sin embargo, se compara la forma de la cuenca con la de un círculo equivalente porque, para una misma lluvia, una cuenca circular tiene mayor potencial de producir caudal pico de mayor magnitud debido a su simetría. De acuerdo con la clasificación de la Tabla 11, se establece para cada cuenca el factor de forma el cual se presenta en la Tabla 12.

Tabla 11 – Clasificación de acuerdo con el factor de forma de Horton.
Fuente: Campos, 1992.

Valores aproximados	Forma de la cuenca
>0,22	Muy Alargada
0,22 - 0,3	Alargada
0,3 - 0,37	Ligeramente Alargada
0,37 - 0,45	Ni Alargada ni Ensanchada
0,45 - 0,6	Ligeramente Ensanchada
0,6 - 0,8	Ensanchada
0,8 - 1,2	Muy Ensanchada
> 1,2	Rodeando el desagüe

Tabla 12 – Coeficiente de compacidad y factor de forma cuencas sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

Sitio	Cuenca	Coeficiente de compacidad - Kc		Factor de forma de Horton - Hf	
1-Bosque Calderón	Quebrada Las Delicias	1,82	Clase III	0,21	Alargada

Sitio	Cuenca	Coeficiente de compacidad - Kc		Factor de forma de Horton - Hf	
2-Paraíso	Cuenca Alta Río Arzobispo	1,84	Clase III	0,18	Muy Alargada
2-Paraíso	Quebrada Piojo	1,77	Clase III	0,38	Ni Alargada ni Ensanchada

12.4.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO CON INFORMACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

12.4.2.1 INVENTARIO Y SELECCIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS EN LA ZONA

Para la caracterización hidrológica, climatológica y en especial del comportamiento de la precipitación en la zona es necesaria la revisión de las series de registros de las estaciones hidrometeorológicas operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB-ESP. Es por esto que en primera instancia se realizó un inventario de todas las estaciones que estuvieran en la zona, para analizar los datos que puedan incidir de manera relevante en la descripción del clima en el área a evaluar.

Tabla 13 – Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2
Fuente: Elaboración propia

N°	Entidad	Código	Nombre Estación	Categ.	Elevación (m)	Fecha instalación	Estado
1	IDEAM	21205710	JARDÍN BOTÁNICO - AUT	CO	2552	14/09/1974	Activa
2	IDEAM	21206040	ESAP	ME	2553	15/04/1985	Suspendida
3	IDEAM	21205012	UNIVERSIDAD NACIONAL - AUT	CP	2556	18/08/2004	Activa
4	IDEAM	21201600	SEDE IDEAM KRA 10	PG	2685	14/09/1986	Suspendida
5	EAAB	2120111	USAQUÉN SANTA ANA	PG	2647	01/01/1929	Activa
6	EAAB	2120196	CASA DE BOMBAS SALITRE	PG	2580	01/01/1975	Activa
7	EAAB	2120569	CAMA VIEJA	PG	2680	01/11/1957	Activa
8	EAAB	2120023	SAN DIEGO	PG	2700	01/01/1946	Activa
9	EAAB	2120032	EL GRANIZO	PG	3125	01/09/1947	Activa

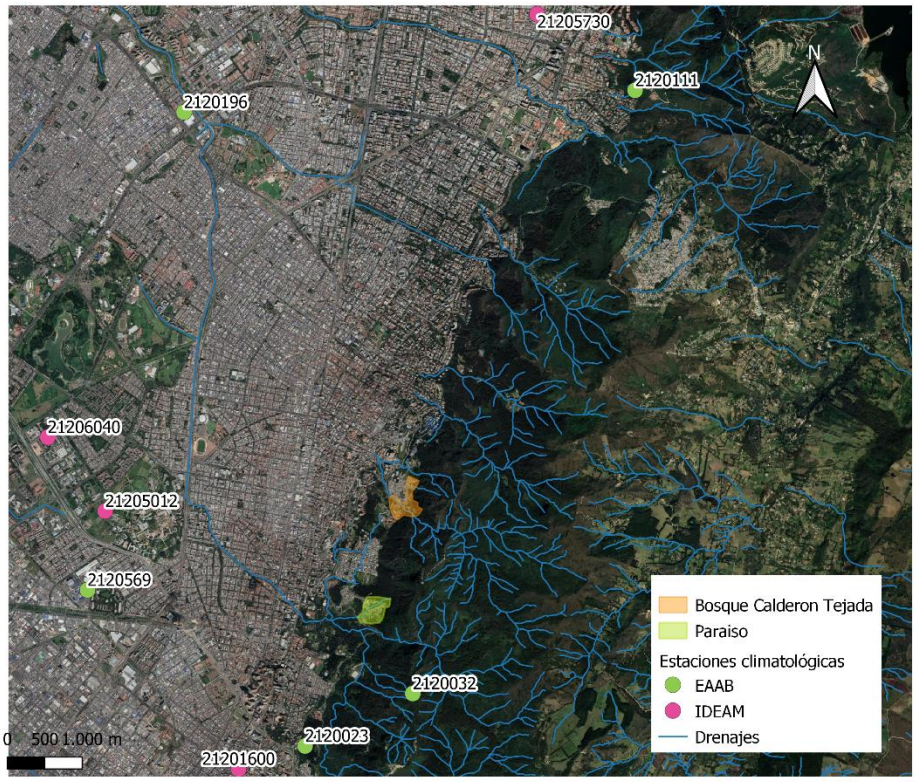


Figura 64. Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

Al revisar las estaciones enunciadas se procedió a seleccionar las estaciones con mayor proximidad a los polígonos de interés que tuvieran un registro de datos de ser posible mínimo de 30 años según lo dispuesto por la Organización Meteorológica Mundial – OMM[4], y que su ubicación permitiera realizar una interpolación para la especialización de los parámetros de precipitación en la zona. Es relevante mencionar que los drenajes que hacen parte de la cuenca donde se localiza los polígonos analizados no presentan estaciones limnimétricas o limnigráficas que permitan realizar un estimativo de caudal por medio de estos registros. Las estaciones seleccionadas para este estudio están consignas, según los criterios anteriormente mencionados.

Tabla 14 – Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios1 y 2
Fuente: Elaboración propia

N°	Entidad	Código	Nombre Estación	Tipo	Elevación	Fecha instalación	Estado
1	IDEAM	21205710	JARDÍN BOTÁNICO - AUT	CO	2552	14/09/1974	Activa

[4] Organización Meteorológica Mundial, OMM. (2018). Guía de prácticas meteorológicas.

N°	Entidad	Código	Nombre Estación	Tipo	Elevación	Fecha instalación	Estado
5	EAAB	2120111	USAQUÉN SANTA ANA	PG	2647	01/01/1929	Activa
6	EAAB	2120196	CASA DE BOMBAS SALITRE	PG	2580	01/01/1975	Activa
7	EAAB	2120569	CAMAVIEJA	PG	2680	01/11/1957	Activa
8	EAAB	2120023	SAN DIEGO	PG	2700	01/01/1946	Activa
9	EAAB	2120032	EL GRANIZO	PG	3125	01/09/1947	Activa

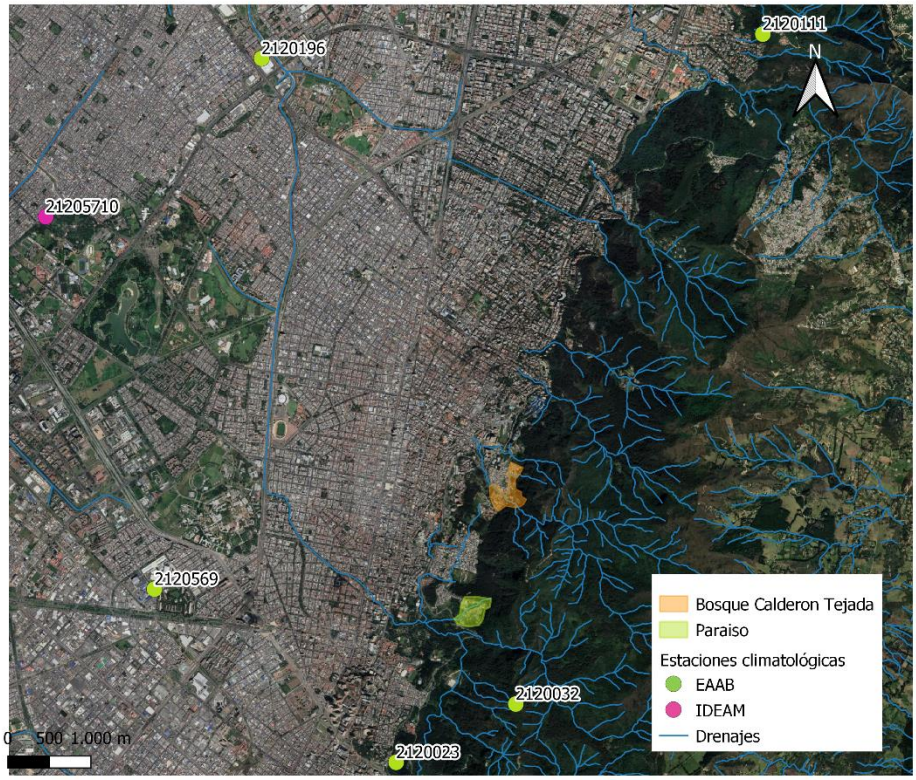


Figura 65. Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia

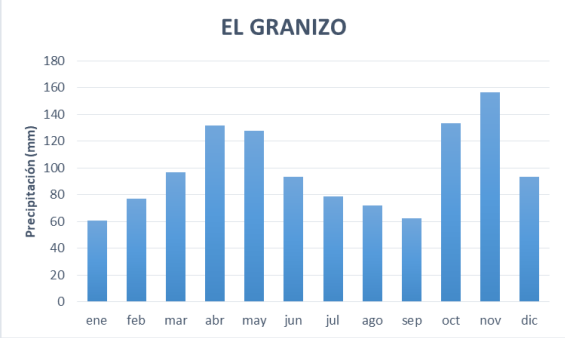
12.4.2.2 PRECIPITACIÓN

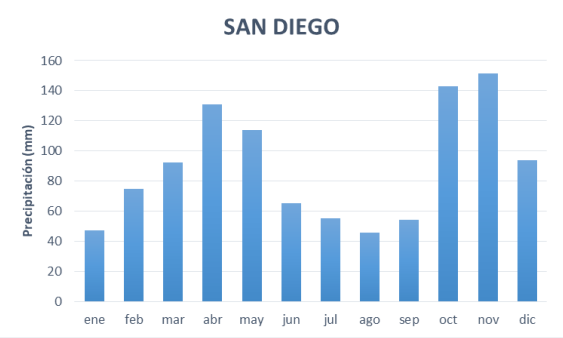
La caracterización de la precipitación se realiza a partir de los datos registrados por las estaciones climatológicas, pluviométricas y pluviográficas de la zona. Lo que se busca en el desarrollo de este numeral es caracterizar tanto temporal como espacialmente el comportamiento de la precipitación de la zona y así identificar posibles regímenes de lluvia o comportamientos que sean representativos de las diferentes áreas de análisis.

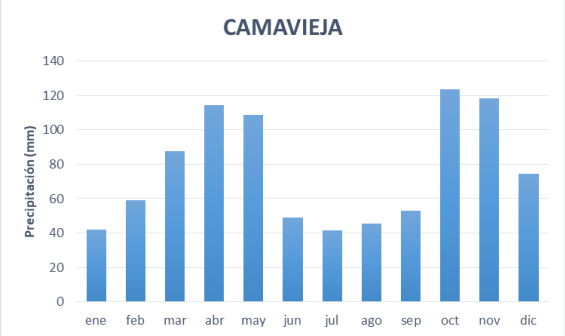
Para el análisis de la precipitación media mensual multianual se utilizan los registros de las estaciones que permitan obtener isoyetas que cubran los sitios evaluados. Sin embargo, se plantea que los datos de la estación más cercana a los polígonos es la que mejor representa

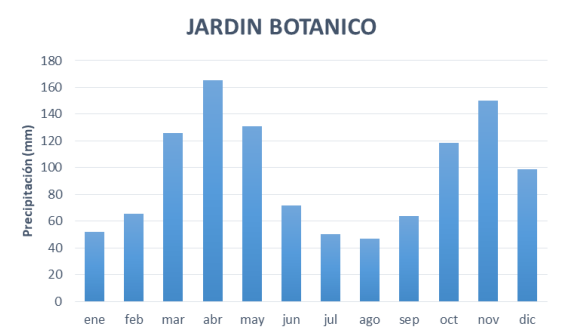
el comportamiento de la precipitación por ser sitios puntuales y de menor extensión dentro de la ciudad de Bogotá.

De acuerdo a la ubicación de las estaciones seleccionados para evaluar espacialmente el comportamiento de la precipitación se pudo concluir que los sitios 1 y 2 tienen un régimen bimodal, condición típica de la región Andina, dada la evidencia de dos picos de lluvias en los meses de abril-mayo, octubre y noviembre, cuyo comportamiento es característico en gran parte de la ciudad de Bogotá. Según las gráficas de la Figura 66 los valores más altos de precipitación mensual se encuentran por el orden de los 160 mm especialmente en el mes de noviembre, y la temporada de menos lluvias se encuentra en el primer mes del año y los primeros meses del segundo semestre con valores cercanos a los 40 mm. La estación que mejor representa el comportamiento de la precipitación en el sitio 1 y 2 localizados en la localidad de Chapinero es la estación El Granizo operada por la EAAB-ESP, en donde se tiene menores precipitaciones en el mes de septiembre y mayores en el mes de noviembre, cuyos valores promedio mensuales anuales están entre el rango de 60 a 160 mm.









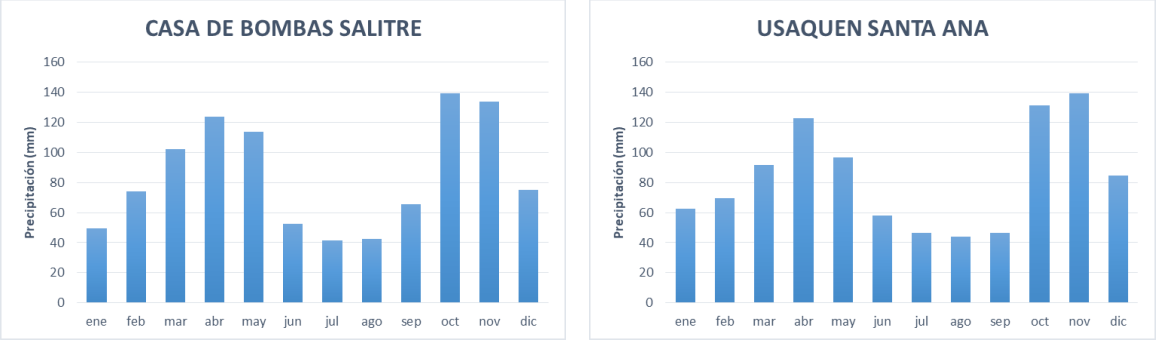


Figura 66. Promedio mensual anual de la precipitación sitio 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

La precipitación media anual varía entre 1000 y 1100 mm/año donde la precipitación presenta valores más altos hacia el sitio 2 como se observa en la Figura 67.

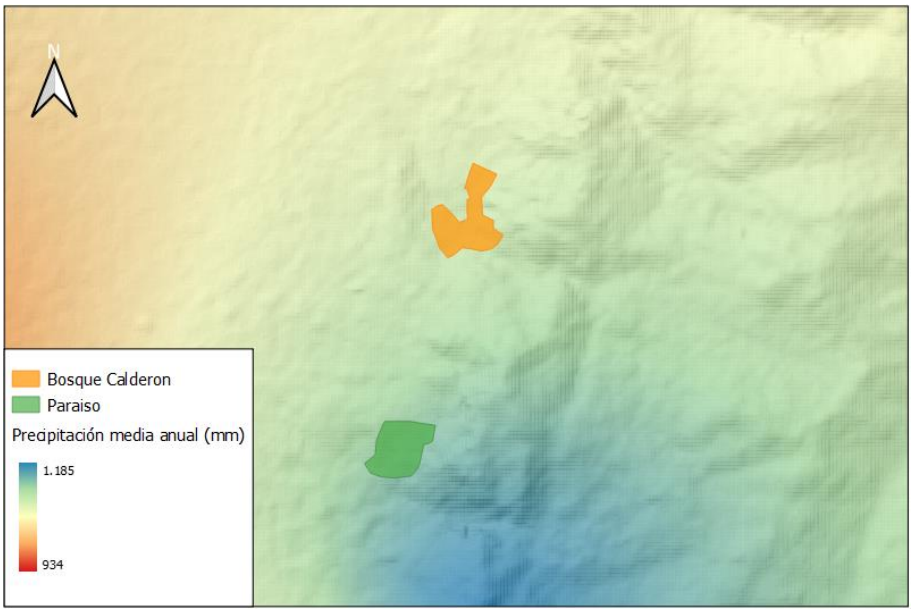


Figura 67. Variación espacial de la Precipitación media anual sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia

12.4.2.3 TEMPERATURA

La estación climatológica más cercana a los sitios 1 y 2, con registros de temperatura no menor a 10 años para poder realizar análisis estadísticos según lo recomendado por la OMS es la estación Jardín Botánico (Código: 21205710) operada por el IDEAM. Del análisis de los datos aportados por la estación se pudo establecer que los valores promedios de

temperatura máxima y mínima son de 21ºC y 9ºC respectivamente, cuyo comportamiento mensual se a continuación

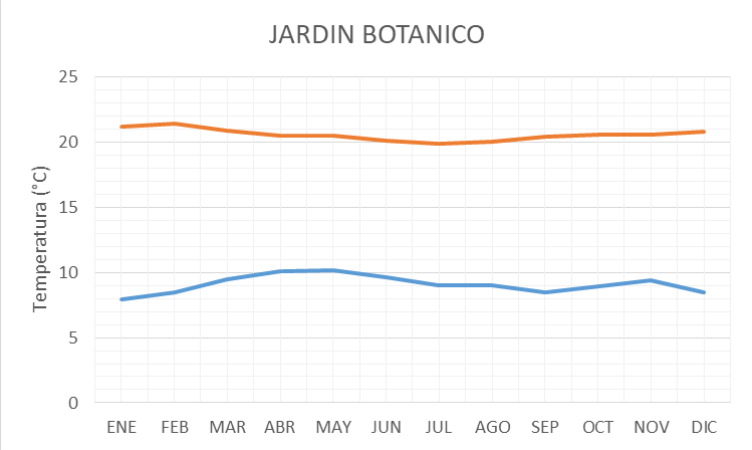


Figura 68. Temperatura máxima y mínima mensual promedio para sitio 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

12.4.3 CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) hace parte de los insumos básicos más utilizados en la estimación de caudales de diseño de obras de drenaje, en la estimación de las tormentas de diseño en sitios donde debido a la falta de información de registros de caudal se hace necesario implementar modelos lluvia escorrentía para el cálculo de los caudales máximos, y en los estudios de amenazas naturales como movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, dado que las curvas IDF se constituyen en una herramienta necesaria para la estimación de la magnitud de los eventos cuyo detonante puede estar ligado con la precipitación, considerando escenarios probables con base en las intensidades máximas de la lluvia para distintos intervalos de tiempo en un mismo sitio y con distintas períodos de retorno.

Las curvas IDF para los polígonos analizados se establecieron de acuerdo al estudio de tormentas elaborado por INGETEC (2015)[5], que estableció los parámetros de ajustes de las curvas para las estaciones localizadas en el Distrito. De acuerdo a este estudio, los valores de intensidad máxima de precipitación para cada una de las duraciones evaluadas se ajustaron a la distribución de probabilidad Gumbel por medio del método de los momentos ponderados de probabilidad. Para el cálculo de la ecuación de las curvas IDF de cada una de las estaciones se usaron los resultados del ajuste estadístico y se realizaron estimaciones por el método de mínimos cuadros, por medio del cual se obtuvo los parámetros de la siguiente ecuación, donde se relacionan valores de intensidad máxima anual con los valores de duración de aguacero y período de retorno.

[5] INGETEC-EAAB. (2015). Estudio y revisión de las curvas IDF y del análisis espacial de las tormentas curvas PADF para la Sabana de Bogotá.

$$I = \frac{C\ T^m}{D^e + f}$$

Donde, I es la Intensidad de precipitación [mm/hora], T es el período de retorno [Año], D es la duración del evento [min] y c,e,f,m son los parámetros del ajuste. En la Tabla 15 se resume los parámetros de ajuste para la ecuación de la curva IDF para la estación seleccionada dentro del análisis; se presenta la Curva IDF para la estación El Granizo aplicable para los sitios 1 y 2, y en la Tabla 16 los correspondientes valores de la misma.

Tabla 15 – Parámetros de ajuste para la ecuación de la curva IDF estación El Granizo.
Fuente: INGETEC, 2015.

NOMBRE DE ESTACIÓN	CÓDIGO	c	e	f	m
EL GRANIZO	2120032	3204,5	0,98	34,7	0,124

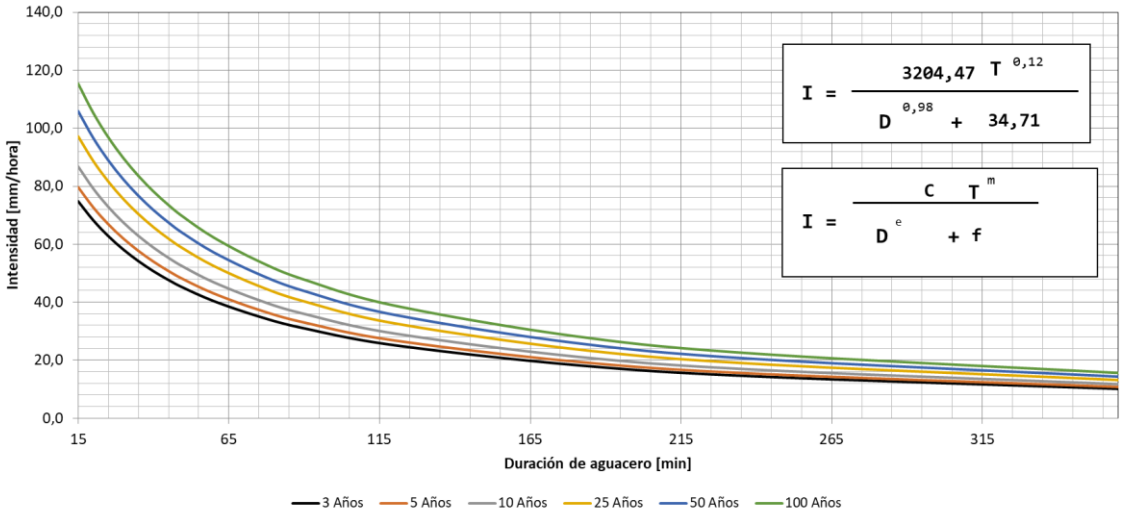


Figura 69. Curva IDF estación El Granizo para sitios 1 y 2.
Fuente: Modificado de INGETEC, 2015.

Tabla 16 – Valores curva IDF estación El Granizo.
Fuente: Modificado de INGETEC, 2015.

		Duración (min)																
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90	120	180	240	360
Período de Retorno	3	92,7	82,8	74,8	68,3	62,8	58,2	54,2	50,7	47,6	44,9	40,4	35,1	31,0	25,2	18,3	14,4	10,1
	5	98,8	88,2	79,7	72,7	66,9	61,9	57,7	54,0	50,7	47,9	43,0	37,3	33,0	26,8	19,5	15,4	10,8
	10	107,6	96,0	86,8	79,2	72,9	67,5	62,8	58,8	55,3	52,2	46,9	40,7	36,0	29,2	21,3	16,7	11,8
	25	120,5	107,6	97,2	88,7	81,6	75,6	70,4	65,9	61,9	58,4	52,5	45,6	40,3	32,7	23,8	18,7	13,2
	50	131,3	117,2	105,9	96,6	88,9	82,3	76,7	71,8	67,4	63,6	57,2	49,6	43,9	35,6	25,9	20,4	14,3
	100	143,0	127,7	115,4	105,3	96,9	89,7	83,5	78,2	73,5	69,3	62,3	54,1	47,8	38,8	28,3	22,2	15,6

12.5 CONDICIONES DE AGUA SUPERFICIAL Y SUB SUB-SUPERFICIAL (HIDROGEOLOGÍA) BOSQUE CALDERÓN Y PARAÍSO

12.5.1 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS

El barrio Paraíso se encuentra asentado sobre una ladera en un sector de contrapendiente estructural, la secuencia estratigráfica esta invertida producto del volcamiento de una estructura anticlinal, integrada por niveles de areniscas cuarzosas, ya arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas; localmente sobre las rocas se presenta un depósito de pendiente generado por la caída de bloques de arenisca. En parte de la zona construida en superficie se encuentran depósitos antrópicos asociados a la adecuación de terrenos para urbanizar y la disposición de desechos de construcción.

El barrio Bosque Calderón se encuentra asentado sobre una ladera en un sector de contrapendiente estructural, la secuencia estratigráfica esta invertida producto del volcamiento de una estructura anticlinal, integrada por niveles de areniscas cuarzosas, estratificadas en capas gruesas con intercalaciones de Lodolitas grises, en capas finas a medias; localmente sobre las rocas se presenta un depósito de pendiente generado por la caída de bloques de arenisca. En la mayor parte de la zona construida en superficie se encuentran depósitos antrópicos asociados a la adecuación de terrenos para urbanizar y desechos de construcción.

12.5.2 CONDICIONES DE USO ACTUAL

Los polígonos evaluados están destinados fundamentalmente a la vivienda urbana, la mayor parte se encuentra urbanizado desde hace mucho tiempo, subsisten algunas zonas verdes localizadas en la parte alta de taludes con pendiente abrupta y en un cerro localizado al oriente, que están destinadas a la recreación pasiva.

12.5.3 CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA TEXTURA DE LOS MATERIALES

Uno de los objetivos primordiales de un estudio hidrogeológico es determinar y cuantificar en lo posible la capacidad de las unidades geológicas presentes en un área para almacenar y trasmitir agua subterránea; para la caracterización de las unidades hidrogeológicas se recurrió a información litológica de cada una de las unidades geológicas presentes en el predio evaluado y los resultados de las sondeos exploratorios realizados.

En general se identifican como acuíferos, a las unidades geológicas que permiten el almacenamiento y la transmisión de agua subterránea; acuitardos a las unidades geológicas que pueden almacenar agua, pero que la transmiten muy lentamente en comparación con los acuíferos, y acuicludos a las unidades geológicas que no permiten el almacenamiento, ni la transmisión de agua subterránea y se consideran impermeables

12.5.4 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Para la realización de las consideraciones hidrogeológicas se tuvo en cuenta la geología, la exploración del subsuelo, hidrología y comportamiento climático del sector. El área de estudio se ubica en una ladera, que se encuentra inclinada hacia el NW, el agua lluvia que cae en el predio es evacuada fácilmente debido a las condiciones morfológicas presentes, fluye pendiente abajo, se encauza por el sistema de drenaje que evacua fácilmente el agua y la lleva hacia el occidente

El predio evaluado presenta un clima frio, con temperatura promedio de 12.6 °C, la precipitación media anual es de 1093 mm, en relación con la infiltración de agua lluvia se puede afirmar que corresponde a un valor bajo, dado que gran parte del área se encuentra ocupada por construcciones y vías de acceso, que conforman zonas impermeables, donde se presentará escorrentía del agua lluvia.

La Formación Arenisca de labor Tierna presente en el subsuelo, integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, se comporta en el subsuelo como un acuífero, adicionalmente a la permeabilidad primaria hay que adicionarle una permeabilidad secundaria por fracturamiento.

El suelo residual arcilloso se comporta como un acuitardo, debido a su composición arcillosa. El depósito de pendiente, integrado por fragmentos a bloques de arenisca en matriz areno arcillosa y niveles de arenas y limos, se comporta como un acuífero pobre.

El depósito antrópico integrado por materiales arcillosos mezclados con desechos de construcción se comporta como un acuitardo.

12.5.5 POSICIONES DE NIVELES DE AGUA O FACTORES RU (PRESIÓN DE POROS) EN CONDICIONES NORMALES.

En las exploraciones realizadas no se encontró la presencia de nivel freático, que indique la presencia de saturación de agua subterránea en alguna de las unidades presentes en el subsuelo.

Dado que no se encontró nivel freático por definición el parámetro de presión de poros en condiciones normales es igual a cero.

Tabla 17 – Paraíso.

SONDEO	NIVEL FREÁTICO.
1	14-03-2021 16:00 NIVEL FREÁTICO 2.80 m 15-03-2021 7:00 NIVEL FREÁTICO 3.95 m 15-03-2021 10:00 NIVEL FREÁTICO A 2.10 m
2	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
3	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
4	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
5	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
6	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
7	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
8	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
9	26-03-2021 17:00 NIVEL FREÁTICO 3,80 27-03-2021 7:00 NIVEL FREÁTICO 3,30 m
10	NO SE ENCONTRÓ NIVEL FREÁTICO.
11	06-03-2021 17:00 NIVEL FREÁTICO 7.90 m 17-03-2021 7:00 NIVEL FREÁTICO 8.00 m

12.5.6 POSICIONES DE NIVELES DE AGUA O FACTORES RU (PRESIÓN DE POROS) EN CONDICIONES EXTREMAS.

En condiciones de lluvias críticas, la lluvia será fácilmente evacuada debido a las condiciones morfológicas de la ladera y no podrá acumularse en las unidades presentes en el subsuelo debido a su condición impermeable.

Dado que no se encontró nivel freático, por definición el parámetro de presión de poros es cero o menor de cero si se tienen presiones de poros negativas. Sin embargo, en los depósitos superficiales de hasta 0.9 m de espesor se observó una humedad alta, lo que implica lluvias extremas en muchos años, por lo cual se consideraron como saturados y se obtuvo un parámetro de presión de poros de 0.65. (9.8KN/m²/15KN/²).

.

13 ESTUDIO GEOTÉCNICO SITIO 2 PARAÍSO

13.1 ASPECTOS SÍSMICOS

De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Decreto 523 de 2010), para el sitio 2 Paraíso se evidencia que la mayor parte del área de estudio la cubre la unidad definida como Cerros, mientras que hacia el costado sur del polígono en la zona entre la Transversal 5 Este y la Avenida Circunvalar, la unidad que se presenta corresponde a Depósitos de ladera. Los parámetros de diseño sísmico para un período de retorno de 475 años para cada una de las zonas se muestran en la Tabla 18. Desde el punto de vista de efectos locales de acuerdo con la microzonificación sísmica las unidades de Cerros y Depósitos de ladera pueden presentar amplificación de onda sísmica por efecto topográfico.

Tabla 18 – Parámetros sísmicos del espectro de respuesta para el sitio 2 Barrio Paraiso

Parámetro sísmico	Cerros	Depósito de ladera
Periodo Corto, Tc, (s)	0.62	0.66
Periodo Largo (TL)	3.00	3.00
Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (A0)	0.18	0.22
Coeficiente de Amplificación en Periodos Cortos (Fa)	1.35	1.65
Coeficiente de Amplificación en Periodos Largos (Fv)	1.30	1.70

Fuente: Decreto 523 de 2010, Microzonificación sísmica de Bogotá

Para los análisis de estabilidad en condición seudoestática se utilizará un valor de 0.8 de la aceleración horizontal pico en superficie, dando cumplimiento a lo estipulado en el numeral 3.4.1 de la resolución 227 de 2006 y a la Tabla H.5.2.-1 de la NSR-10.

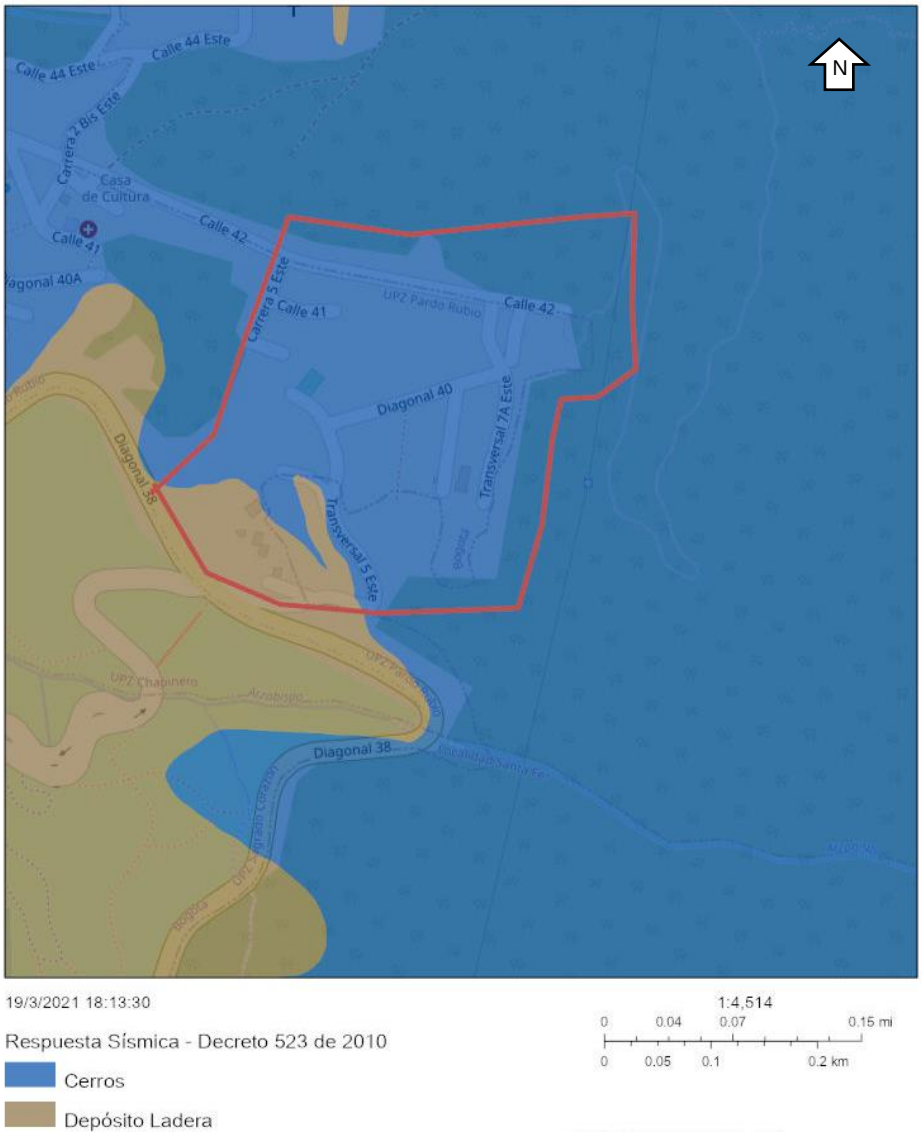


Figura 70. Zonificación por respuesta sísmica para el sitio 2 Paraíso

Fuente: Decreto 523 de 2010

13.2 GEOLOGÍA LOCAL

El área evaluada forma parte del Piedemonte los Cerros Orientales de Bogotá, afloran rocas sedimentarias de edad Cretáceo afectadas por plegamiento y fallamiento, la unidad de roca está recubierta por depósitos de edad Cuaternario. La secuencia sedimentaria aflorante hace parte de las Formaciones Arenisca de Labor-Tierna y Guaduas; los depósitos Cuaternarios presentes son depósitos de coluvión y rellenos antrópicos.

El barrio Paraíso se encuentra asentado sobre una ladera en un sector de contrapendiente estructural, la secuencia estratigráfica esta invertida producto del volcamiento de una estructura anticlinal, integrada por niveles de areniscas cuarzosas, ya arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas; localmente sobre las rocas se presenta un depósito de pendiente generado por la caída de bloques de arenisca. En parte de la zona construida en superficie se encuentran depósitos antrópicos asociados a la adecuación de terrenos para urbanizar y la disposición de desechos de construcción.

13.2.1 ESTRATIGRAFÍA

Las labores de exploración realizadas en el desarrollo del presente estudio han permitido establecer la presencia de unidades de roca y suelo en el área evaluada, la secuencia presente en el suelo y subsuelo se describe a continuación:

13.2.1.1 FORMACIÓN ARENISCA DE LABOR TIERNA (K2LT):

Unidad integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, de color gris claro a blanco amarillento, cementadas, estratificadas en capas gruesas, con intercalaciones de arcillolitas de color gris en capas finas, que aflora en la ladera abrupta, más arriba del barrio y sobre la vía de acceso al cerro del Cable, donde se presenta una parte la secuencia litológica.

En el talud presente en la ladera aflora la secuencia invertida donde se observa la Formación Arenisca de Labor-Tierna, integrada por una secuencia de areniscas de grano medio de color gris, estratificadas en capas de espesor grueso, con intercalaciones de arcillolita gris, estratificada en capas finas, seguidas de arenisca cuarzosa de grano medio a grueso, estratificada en capas gruesas.

13.2.1.2 FORMACIÓN GUADUAS (K2P1G):

En gran parte del polígono evaluado aflora la parte media de la Formación Guaduas, integrada por niveles de arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas de grano fino; En los sondeos 2, 6 y 11 se atravesó una secuencia de areniscas de grano fino con matriz arcillosa; en los sondeos 7, 9 y 10 se perforó una secuencia de arcillolitas alteradas, que en profundidad cambiaban a arcillolitas de color gris con colores rojizos por alteración.

13.2.1.3 DEPÓSITO DE COLUVIÓN (QCO):

Unidad heterogénea integrada por niveles de arenas, limos y fragmentos de arenisca, producto de la erosión de los niveles de areniscas de la Formación Arenisca de Labor-Tierna que fueron transportadas por acción gravitacional desde la parte alta, y por fragmentos de arcillolitas y areniscas de la Formación Guaduas.

Este depósito fue reconocido en el subsuelo en los sondeos exploratorios 1, 6, 7, y 8; en el sondeo exploratorio 1, este depósito alcanzó un espesor de 7 m, en el sondeo 6 de 5.5, en el sondeo 7 de 8 m y en el sondeo 8 de 13 m.

13.2.1.4 DEPÓSITO ALUVIAL (QA):

Un depósito aluvial de edad reciente de carácter local se detectó en la parte central del polígono como una franja estrecha, localizada en el cauce de una corriente intermitente que evacua las aguas lluvias de la ladera; esta unidad de detectó en los sondeos 3 y 4, debajo de un relleno antrópico. El depósito está integrado por gravas finas a medias con cantos de areniscas en una matriz areno arcillosa, el espesor de este depósito es mayor a 7 m.

13.2.1.5 DEPÓSITO ANTRÓPICO (QRA):

Unidad heterogénea integrada por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas y escombros de construcción, esta unidad fue registrada en los sondeos exploratorios 3, 4 y 10. En el sondeo 3 el relleno antrópico registró un espesor de 7 m, en el sondeo 4 un espesor de 2 m y en el sondeo 10 de 2.7 m.

13.3 GEOMORFOLOGÍA

En el sitio 2 Paraíso se destacan cuatro unidades geomorfológicas, que se detallan en la Tabla 19 y se describen a continuación.

- Contrapendiente estructural denudada (Slcp): Corresponde a una geoforma de origen estructural en un sector de contrapendiente, donde el buzamiento de la estratificación ocurre en sentido opuesto a la pendiente del terreno; la ladera presenta una pendiente abrupta a escarpada. Los procesos morfodinámicos presentes corresponden a erosión leve en sectores desprovistos de vegetación y caída de bloques por desconfinamiento.

- Ladera de acumulación (Dlac): Corresponde a una geoforma de origen agradacional, generada por la acumulación de materiales rocosos provenientes de la parte alta, presenta una ladera con pendientes onduladas irregulares; los procesos morfodinamicos presentes corresponden a erosión leve a severa.

- Valle aluvial (Dva): corresponde a una geoforma de origen denudativo que generó mediante entalle sobre rocas blandas un valle aluvial en “V” de carácter incipiente,

corresponde al cauce de una corriente de pendiente baja, los procesos morfodinámicos presentes corresponden a socavación lateral y de fondo.

La Tabla 19 describe las características de las unidades geomorfológicas identificadas:

Tabla 19 –Unidades Geomorfológicas

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO	MORFOLOGÍA	MORFOGÉNESIS	PROCESOS MORFODINÁMICOS
Contrapendiente Estructural denudada	**Slcp**	Abrupta	Estructural	Caída de bloques
Ladera de acumulación	**Dlac**	Ondulada irregular	Agradacional	Erosión leve a severa
Valle aluvial	**Dva**	Plana	Denudativa	Socavación lateral y de fondo

Fuente: Autor

13.3.1 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Los procesos morfodinámicos que se identificaron en el área evaluada corresponden a procesos erosivos, generados por la ausencia periódica de cobertura vegetal. Estos procesos fueron identificados en las áreas abiertas como vías y predios baldios, teniendo en cuenta que gran parte del polígono estudiado se encuentra ocupado por construcciones.

- Procesos de Erosión

Se definen como el grupo de eventos por medio de los cuales el material rocoso o suelos son desprendidos, disueltos y removidos con influencia de agentes externos a lo largo de un eje lineal, en la imagen de satélite se identificaron sectores localizados donde se observan procesos de erosión en surcos, temporal de carácter local, que fácilmente desaparecen al ser cubiertos por vegetación.

13.4 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Con el fin de conocer la estratigrafía del área de estudio, e identificar las potenciales superficies de falla del terreno, se llevó a cabo un programa de exploración directa con once (11) perforaciones mecánicas entre 7 y 15 m de profundidad, trincheras y apiques de 1.5 m de profundidad, así mismo se realizaron siete (7) líneas de refracción sísmica con longitudes entre 46 y 110 m.

13.4.1 EXPLORACIÓN DIRECTA

Se realizaron once (11) perforaciones mecánicas, cuatro (4) apiques y seis (6) trincheras distribuidos en el área de estudio, sobre los cuales se llevó un registro detallado de los materiales encontrados que incluyo: descripción del material, color, humedad, plasticidad, consistencia o densidad, presencia de materia orgánica y posición del nivel freático en caso de presentarse.

Cada muestra obtenida fue: clasificada, rotulada, adecuadamente empacada para conservar sus propiedades y enviada al laboratorio. Los registros estratigráficos de campo se presentan en el Anexo 3. La localización y profundidad de cada uno de los sondeos mecánicos se incluye en la Tabla 20.

En la Figura 71 se muestra la localización de sondeos y líneas de refracción sísmica ejecutadas para el proyecto.

Tabla 20 – Localización de sondeos sitio 2

Sondeo	Coordenadas		Profundidad alcanzada (m)	Nivel freático (m)
	Este (m)	Norte (m)		
S-1	1002258.895	1003455.350	8.0	2.1
S-2	1002246.260	1003402.516	9.0	No apareció
S-3	1002212.049	1003330.330	13.0	6.3
S-4	1002240.098	1003298.078	9.0	No apareció
S-5	1002194.175	1003253.229	13.0	6.3
S-6	1002372.014	1003371.802	9.0	9.0
S-7	1002149.793	1003154.933	12.0	No apareció
S-8	1002310.988	1003308.831	13.0	No apareció
S-9	1002275.240	1003146.336	9.5	3.3
S-10	1002411.161	1003266.137	10.05	No apareció
S-11	1002461.090	1003360.440	10.0	7.9

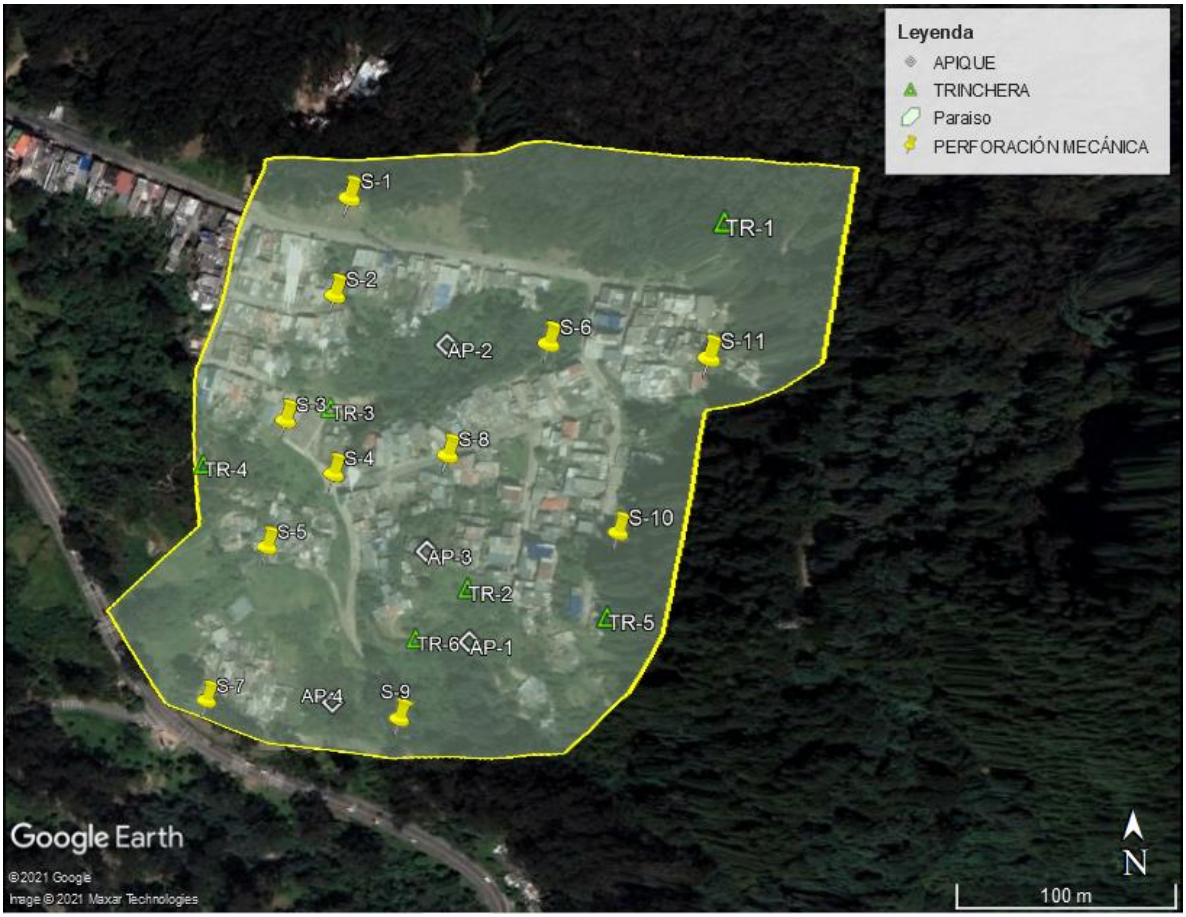
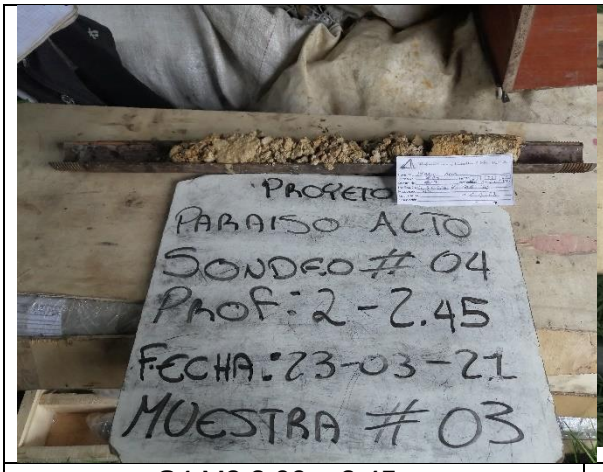


Figura 71. Localización de exploración del subsuelo – sitio 2

	
S2 M1 0.40 – 0.85 m	S2 M9 3.50 – 5.0 m



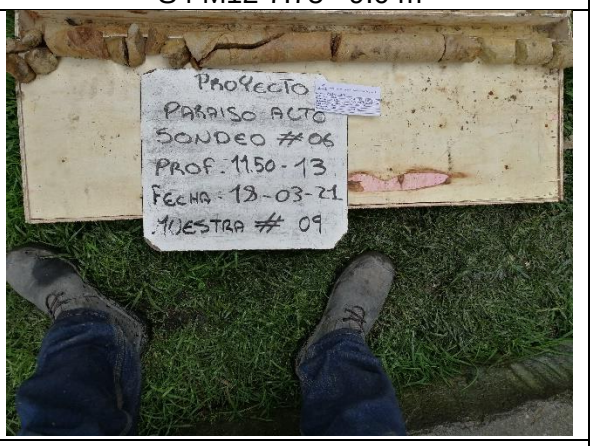
S4 M3 2.00 – 2.45 m



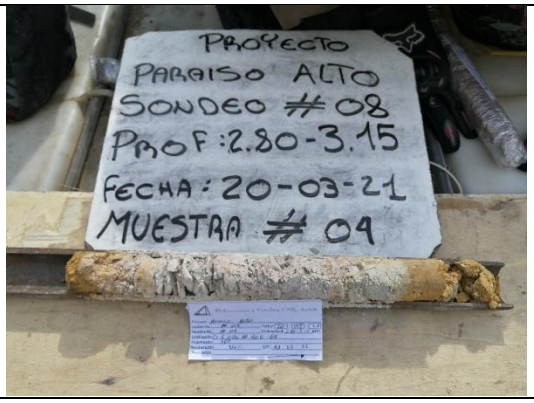
S4 M12 7.75– 9.0 m



S6 M3 3.05 – 4.5 m



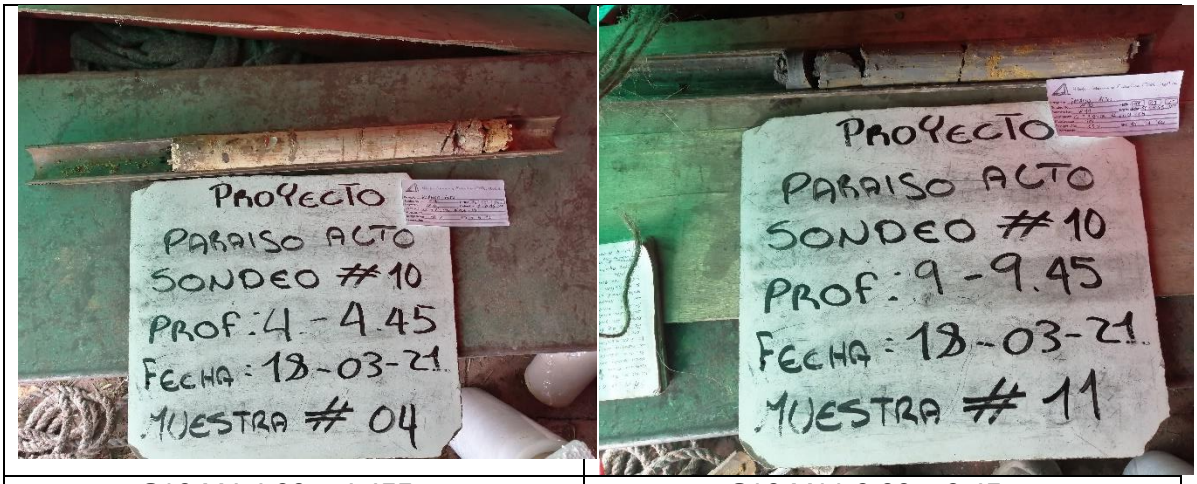
S6 M9 11.5– 13.0 m



S8 M4 2.80 – 3.15 m



S8 M16 11.6– 13.1 m



S10 M4 4.00 – 4.455 m	S10 M11 9.00 – 9.45 m

Figura 72. Registro fotográfico de algunas de las muestras obtenidas de los sondeos

13.4.2 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Sondeo 1

El sondeo S-1 localizado en el costado noroccidental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 0.8 m se tiene una capa de relleno compuesto por limo arcilloso con arena de grano fino y gravas, y presencia de raíces. Luego entre 0.8 y 1.25 se presenta una capa de limo con algo de gravas, de humedad baja y consistencia dura con valores de N campo entre 42 a 55 golpes/pie. Luego aparece entre 1.25 y 1.70 m de profundidad una capa de arena de compacidad media con N campo de 29 golpes/pie, luego entre 1.7 y 2.85 m se tiene una capa de arcilla de humedad baja y consistencia muy firme con valores de N campo entre 25 y 30 golpes/pie. Luego entre 2.85 y 4.05 m de profundidad se presenta una capa de arena de compacidad media con N campo de 30 golpes/pie. Enseguida aparece entre 4.05 y 4.65 m una capa de arcilla de humedad baja y consistencia dura con N campo de 62 golpes/pie, luego se presenta entre 4.65 y 6.00 una capa de bloques de arenisca clastosoportados, luego entre 6.00 y 8.00 m se tiene una capa de arcilla de humedad media y consistencia dura con valores de N campo entre de 25 a 70 golpes/pie. Entre 6.60 y 7.05 m se tiene una capa de arena con gravas de compacidad densa. El nivel freático se registra entre 2.1 a 3.95 m de profundidad.

Sondeo 2

El sondeo S-2 localizado en el costado occidental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 0.4 m se presenta una capa de relleno en arcilla con gravas, luego entre 0.40 y 0.85 m se tiene una capa de arcilla arenosa con gravas, de humedad media y consistencia dura con valor de N campo de 54 golpes/pie. A partir de los 0.85 m y hasta los

9.0 m se presenta un depósito coluvial compuesto por bloques de arenisca en matriz arcillosa con valores de RQD entre 16 a 58%. No se registra el nivel freático en el sondeo.

Sondeo 3

El sondeo S-3 localizado en la zona de la cancha múltiple del costado occidental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 7.4 m de profundidad se presenta un relleno compuesto por arcilla limosa con arena y gravas y escombros de ladrillo, de humedad media a alta con la profundidad, de consistencia variable entre blanda a firme con valores de Ncampo entre 3 a 17 golpes/pie, es importante mencionar que entre 4.20 y 5.20 m el relleno presenta una consistencia dura con Ncampo de 68 golpes/pie. A partir de 7.40 m y hasta los 13.00 se presenta un coluvión conformado por bloques de arenisca en matriz de arcilla limo arenosa con gravas fina, de humedad media y plasticidad media, de consistencia dura. El nivel freático se encuentra a 6.3 m de profundidad.

Sondeo 4

El sondeo S-4 se localiza en el costado occidental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 0.9 m de profundidad se presenta un relleno en limo con grava, luego entre 0.9 y 1.3 m de profundidad aparece una capa de relleno en arcilla con gravas, de humedad media, y consistencia firme, con Ncampo de 10 golpes/pie, luego entre 1.3 a 7.45 m se presenta un capa de limo con gravas, de humedad media y consistencia variable entre firme a dura con la profundidad, con valores de Ncampo entre 17 y 69 golpes/pie. Enseguida aparece entre 7.60 y 9.0 m una capa de bloques de arenisca clastosoportados en matriz de arcilla de consistencia dura. No se registra el nivel freático.

Sondeo 5

El sondeo S-5 se localiza en el costado occidental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 1.1 m de profundidad se tiene una capa de relleno compuesto por limo arcillo arenoso con gravas finas, de humedad media, y compacidad densa. Luego entre 1.1 y 4.6 m se presenta una capa de limo arcillo arenosos con gravas y bloques de arenisca friables, de humedad media y consistencia variable entre media a firme con valores de Ncampo entre 6 a 23 golpes/pie. Luego entre 4.6 y 7.2 m de profundidad se presenta una arcilla limo arenosa con gravas, de humedad media y consistencia firme a muy firme con valores de Ncampo entre 11 a 23 golpes/pie. Luego entre 7.2 y 10.10 m de profundidad se tiene una capa de bloques de arenisca en matriz arcillo arenosa, de humedad media y consistencia dura. Por último, entre 10.10 y 13.0 m se presenta una arcilla limosa con arena fina, de humedad media y consistencia dura con valores de Ncampo entre 40 y 52 golpes/pie. El Nivel freático se presenta a 6.3 m de profundidad.

Sondeo 6

El sondeo S-6 localizado en la parte central del polígono de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 1.5 m se obtuvo una capa de relleno compuesto por arcilla y material orgánico, presencia de raíces y escombros. Luego entre 1.5 y 1.95 m se tiene una

capa de arcilla de humedad media y consistencia dura, luego a partir de 1.95 y 13.0 m se presenta un coluvión conformado por bloques de arenisca clastosoportado en matriz limo con gravas de humedad media y consistencia dura. El Nivel freático aparece a 9.0 m de profundidad.

Sondeo 7

El sondeo S-7 localizado en el costado sur occidental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 1.30 m se obtuvo un relleno compuesto por limo arenoso con gravas de y escombros, luego entre 1.30 y 2.45 m se presenta un limo areno arcilloso con gravas de arenisca friables, de humedad media y consistencia media con valores de Ncampo entre 5 a 8 golpes/pie. Luego entre 2.45 y 3.20 m de profundidad se tiene una capa de limo arenoso con gravas finas, de humedad media y consistencia dura con Ncampo de 36 golpes/pie, luego entre 3.20 a 8.4 m se presenta una capa de coluvión compuesto por bloques y fragmentos de arenisca en matriz de arcilla arenosa. Por último, entre 8.4 y 12.0 m se encontró arcillolita de humedad media y consistencia dura. No se encontró el nivel freático.

Sondeo 8

El sondeo S-8 localizado en la parte central del polígono de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 0.70 m se obtuvo un relleno compuesto por limo arenoso con gravas de arenisca friables y raíces, luego entre 0.70 y 1.90 m se presenta un limo areno arcilloso con gravas friables, de humedad media y consistencia muy firme con valores de Ncampo 17 a 39 golpes/pie. Luego entre 1.90 y 2.80 m de profundidad se tiene una capa de arena limo arcillosa con gravas finas, de humedad media y compacidad media con Ncampo de 23 golpes/pie, luego entre 2.80 a 10.15 m se presenta una capa de limo arenoso con gravas de arenisca friables, de humedad media, y consistencia dura con valores de Ncampo entre 21 a 98 golpes/pie. Por último, entre 10.15 y 13.0 m se presenta una capa de bloques de arenisca con gravas en matriz de limo arenoso de humedad media. No se registra el nivel freático, debido a la pérdida total del agua durante la perforación.

Sondeo 9

El sondeo S-9 localizado en el costado sur del área de estudio, se presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 1.9 m de profundidad se encontró una capa de limo con gravas, de humedad media, plasticidad media y consistencia muy firme con valores de Ncampo entre 26 a 28 golpes/pie. Luego entre 1.90 y 4.70 m de profundidad aparece una capa de arcilla de humedad media, y consistencia dura con valores de Ncampo entre 28 a 60 golpes/pie. Por último entre 4.70 y 9.50 m se obtuvo una capa de arcillolita fisurada de consistencia dura. El nivel freático aparece entre 3.3 a 3.8 m de profundidad.

Sondeo 10

El sondeo S-10 localizado en el costado oriental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 2.80 m de profundidad aparece un relleno compuesto por una

mezcla de limos, arenas y gravas, de humedad media y consistencia firme. Luego entre 2.8 y 4.0 m se tiene una capa de limo con arena y gravas, de humedad alta, y consistencia firme con Ncampo de 10 golpes/pie. Enseguida se encontró entre 4.0 a 9.2 m una capa de arcilla con arena y gravas finas, de humedad media y consistencia muy firme a dura con la profundidad, con valores de Ncampo entre 21 a 37 golpes/pie. Por último, entre 9.20 y 10.05 se obtuvo arcillolita de humedad alta y consistencia dura. No apareció el nivel freático.

Sondeo 11

El sondeo S-11 localizado en el costado oriental del área de estudio, presenta la siguiente estratigrafía: entre 0.0 y 2.0 m de profundidad se tiene una capa de limo orgánico, luego entre 2.0 y 5.7 se obtuvo una capa de limo con algo de gravas, de humedad media y consistencia firme con valores de Ncampo entre 10 a 17 golpes/pie. Por último, entre 5.7 a 10.0 m se presenta una capa de coluvión compuesto por bloques de arenisca con gravas, clastosoportado con relleno en arcilla. El nivel freático se registra entre 7.9 y 8.0 m de profundidad.

13.4.3 NIVEL FREÁTICO

En el área de estudio del polígono 2 se observa que el nivel freático varía entre 2.1 a 9.0 m en el costado oriental de área.

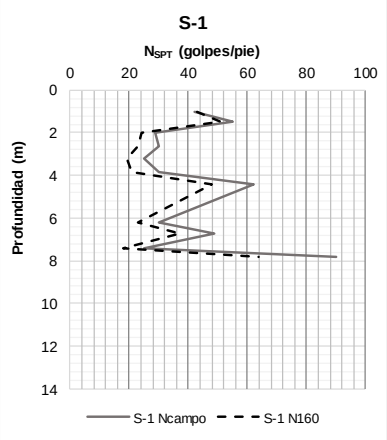
Tabla 21 – Profundidad del nivel freático

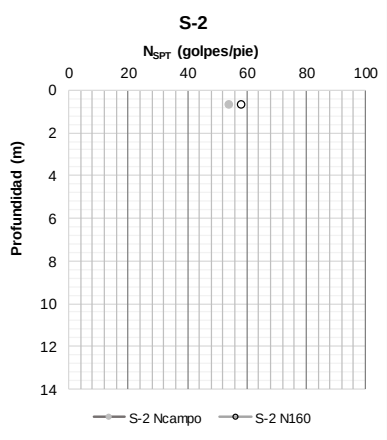
Sondeo	Nivel freático (m)
S-1	2.1
S-2	No apareció
S-3	6.3
S-4	No apareció
S-5	6.3
S-6	9.0
S-7	No apareció
S-8	No apareció
S-9	3.3
S-10	No apareció
S-11	7.9

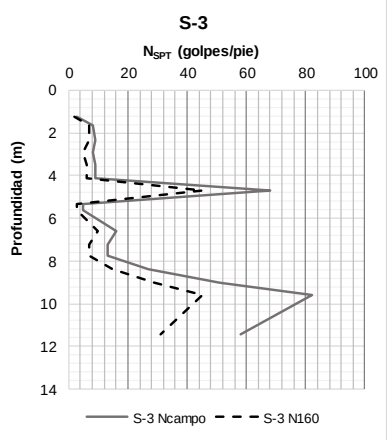
Fuente Geodinámica (2021)

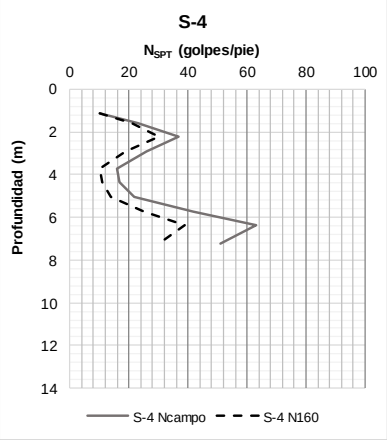
13.4.4 RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

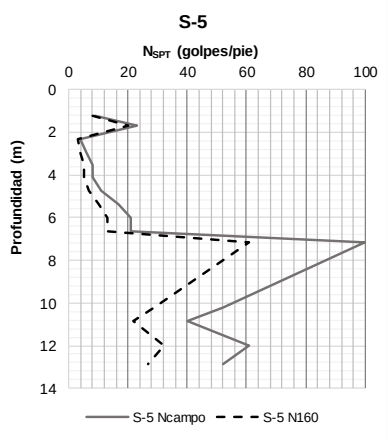
Durante la ejecución de los sondeos se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar SPT del cual se obtuvo valores de N (golpes/pie) que permiten correlacionar con la consistencia de los materiales arcillosos y la densidad de los materiales granulares. De esta manera se obtuvo la variación en profundidad del valor N para cada uno de los sondeos, encontrándose que con la profundidad los valores de N aumentan hasta alcanzar valores mayores a 40 golpes/pie.

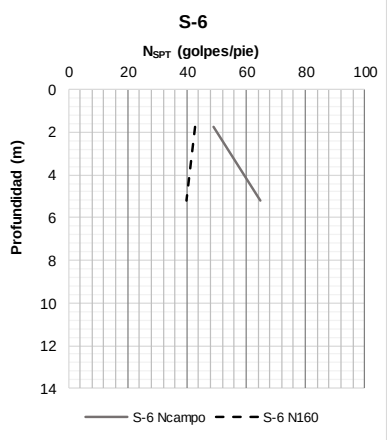












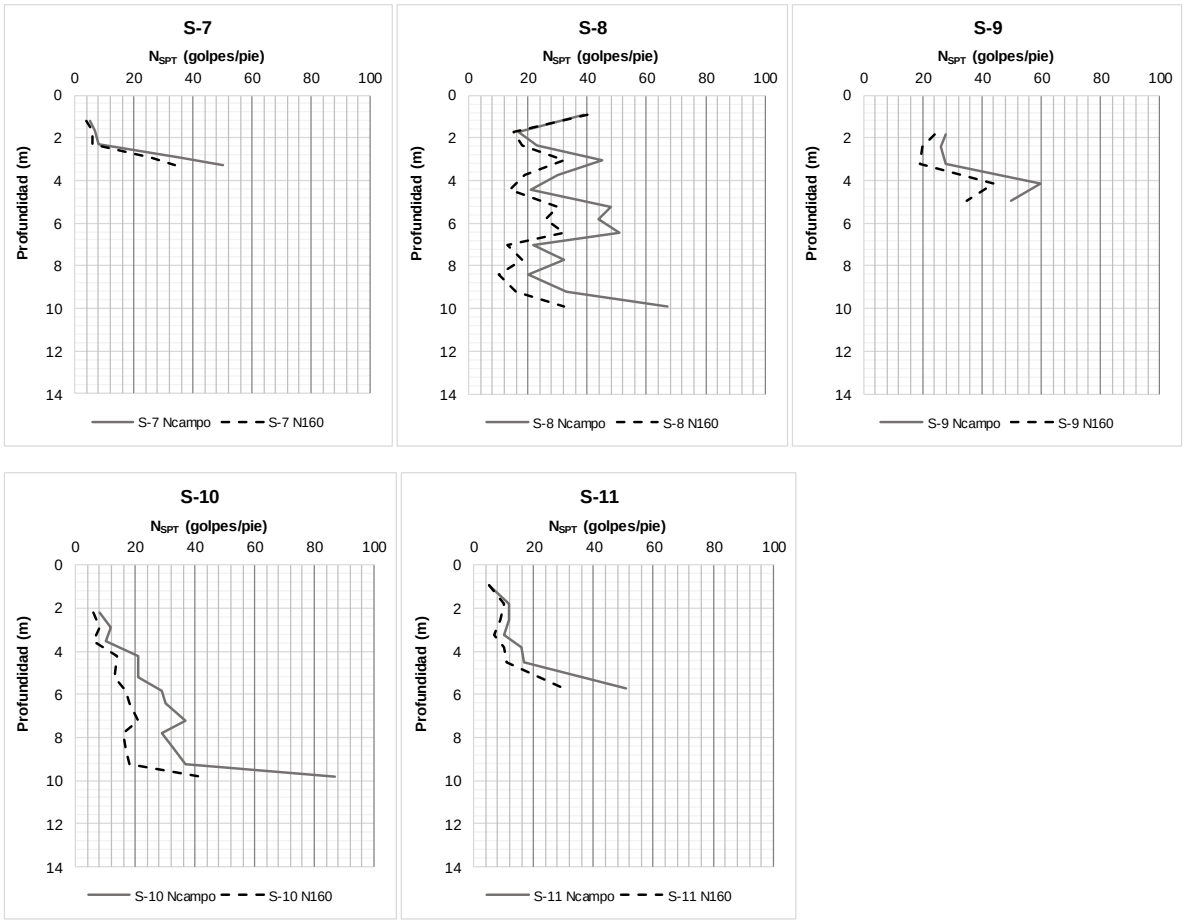


Figura 73. Variación del valor de N del ensayo de SPT con la profundidad

Fuente Geodinámica (2021)

13.4.5 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Con la metodología propuesta por González, A. J. (1999), se estimaron los parámetros c' y ϕ' de manera aproximada por tipo de material. Este método consiste en graficar puntos (σv', τ) en planos Mohr – Coulomb, donde los coeficientes de la regresión lineal corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados. El esfuerzo efectivo vertical se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geostático total y la presión de poros y, el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente estimado como se describió anteriormente.

A continuación, se muestran de la Figura 74 a Figura 76 los resultados de la regresión lineal y el ángulo de fricción obtenido para los materiales de depósito antrópico, depósito aluvial y depósito coluvial.

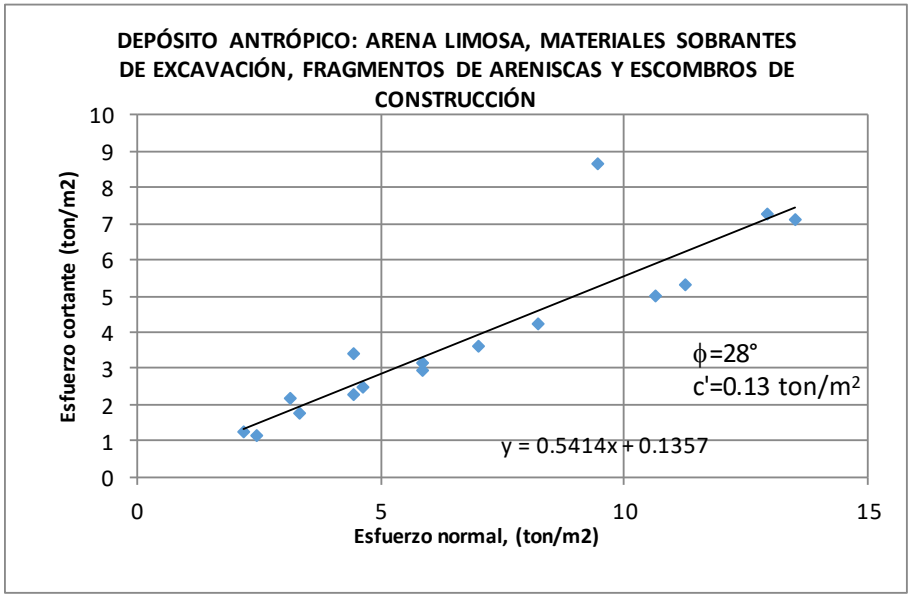


Figura 74. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito antrópico

Fuente Geodinámica (2021)

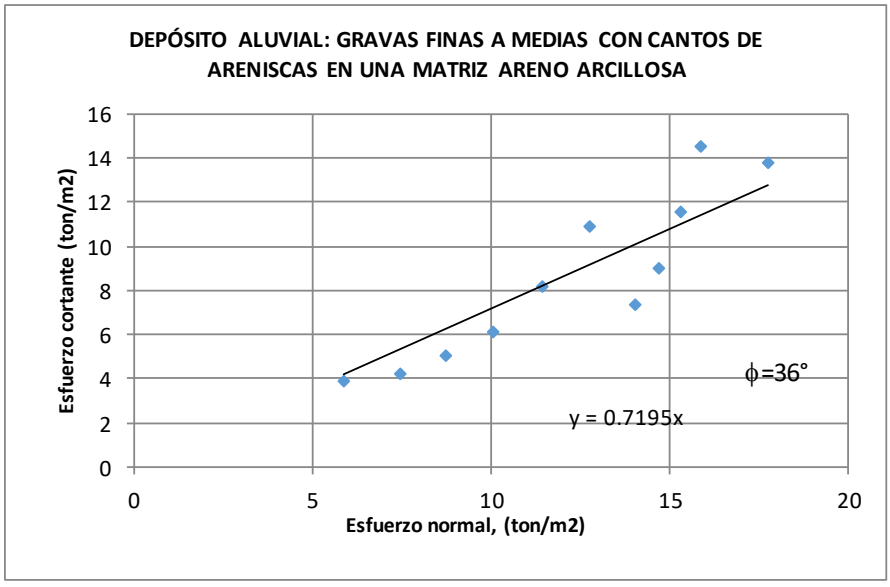


Figura 75. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito aluvial

Fuente Geodinámica (2021)

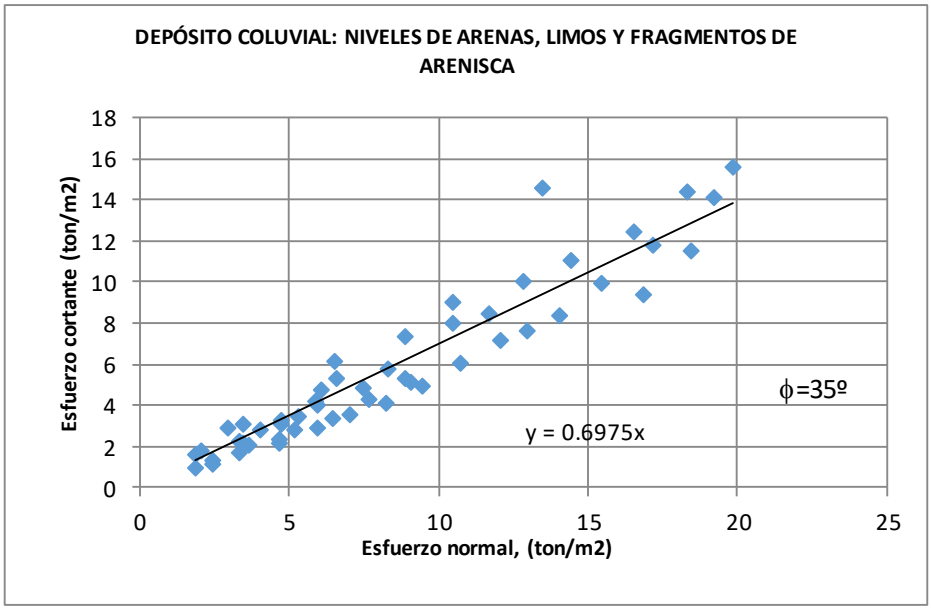


Figura 76. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito coluvial

Fuente Geodinámica (2021)

13.4.6 EXPLORACIÓN INDIRECTA

Para el sitio 2 se ejecutaron siete (7) líneas de geofísica con la realización de los ensayos de MASW y refracción sísmica, tendientes a obtener el perfil de velocidades de ondas de corte (Vs) y ondas longitudinales (Vp). A continuación, en la Tabla 22. se presentan las coordenadas de inicio y fin de cada una de las líneas, así como en la Figura 77. Localización de líneas de refracción sísmica– sitio 2la localización en planta de cada una de las siete (7) líneas geofísicas. Los resultados de la interpretación del ensayo que se representan por medio de perfiles de velocidad de ondas P y S se muestran de en las siguientes figuras, junto con el análisis de los resultados y al final se incluye la correlación con cada uno de los sondeos realizados, con el fin de identificar los contactos entre materiales. El informe de geofísica se incluye en el Anexo 3.

Tabla 22 – Localización de líneas de refracción sísmica Paraíso

Descripción	Punto	Coordenadas		Longitud (m)
		Este (m)	Norte (m)	
LRS-1	Inicio	1002393.16	1003221.56	92
	Fin	1002410.24	1003311.36	
LRS-2	Inicio	1002321.14	1003464.39	110
	Fin	1002212.18	1003480.31	

Descripción	Punto	Coordenadas		Longitud (m)
		Este (m)	Norte (m)	
LRS-3	Inicio	1002258.68	1003226.2	69
	Fin	1002185.55	1003248.09	
LRS-4	Inicio	1002392.38	1003412.76	46
	Fin	1002383.505	1003362.99	
LRS-5	Inicio	1002264.335	1003356.69	58
	Fin	1002209.411	1003333.13	
LRS-6	Inicio	1002243.367	1003233.06	58
	Fin	1002284.424	1003154.43	
LRS-7	Inicio	1002178.902	1003139.17	69
	Fin	1002246.144	1003132.76	

Fuente Geodinámica (2021)

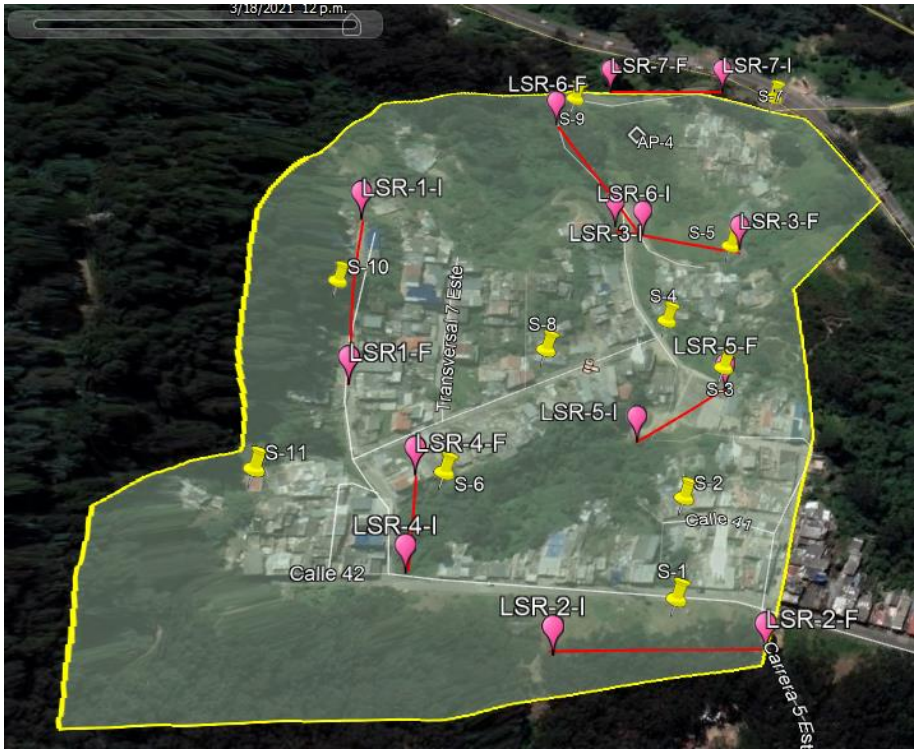


Figura 77. Localización de líneas de refracción sísmica– sitio 2

Línea de refracción sísmica 1

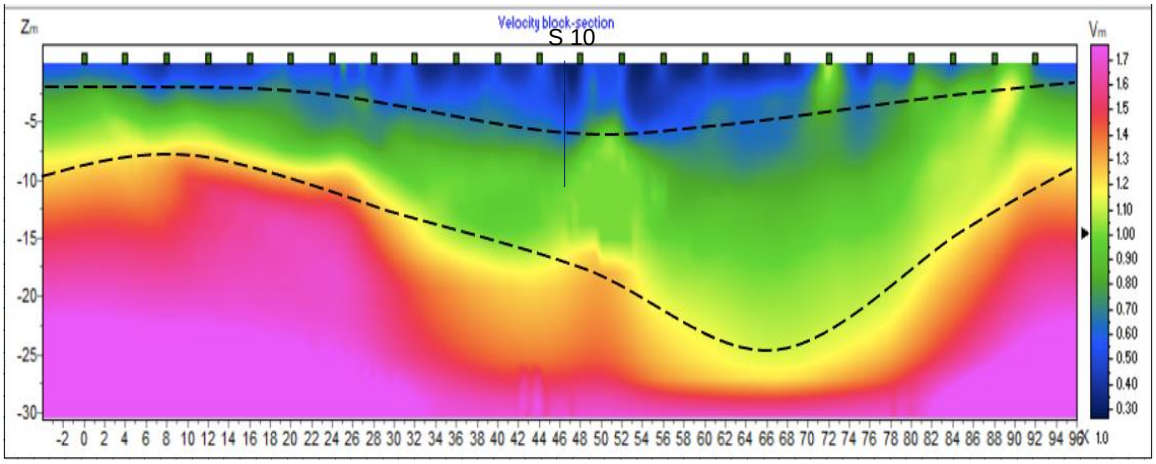


Figura 78. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-1 (Velocidad en km/s)

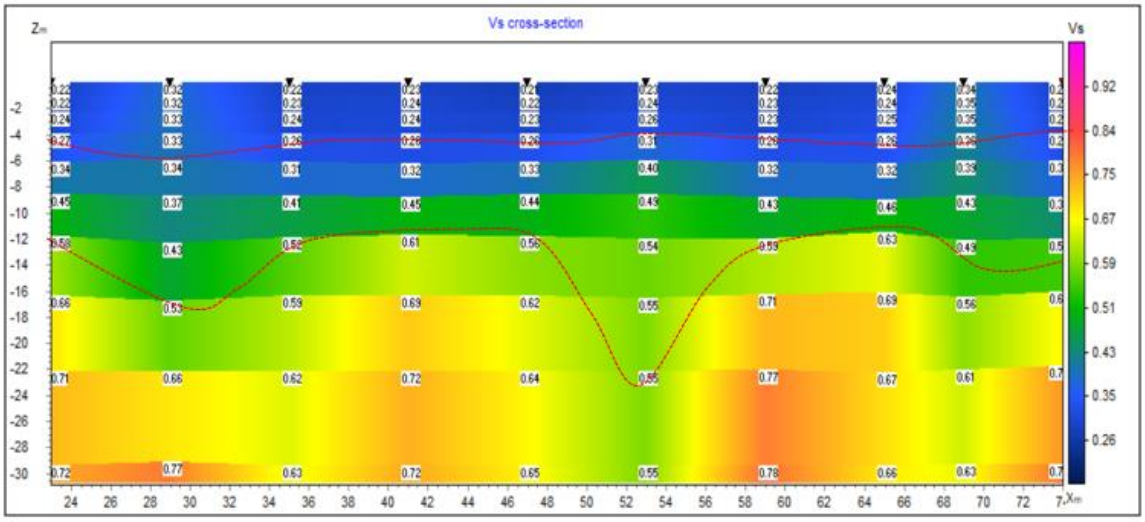


Figura 79. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-1

Tabla 23 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-1

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	210	19.8	2.02	400	0.31	89.0	233.2
1.0	2.3	1.7	220	19.1	1.95	400	0.28	94.4	242.3
2.3	3.9	3.1	230	18.9	1.92	400	0.25	101.7	254.9
3.9	6.1	5.0	260	19.0	1.93	400	0.13	130.7	296.5
6.1	8.6	7.4	330	19.6	1.99	1000	0.44	217.1	624.8
8.6	11.8	10.2	440	20.4	2.08	1000	0.38	402.0	1109.5
11.8	16.3	14.1	560	21.0	2.14	1000	0.27	671.9	1708.6
16.3	22.1	19.2	620	21.2	2.16	1700	0.42	829.4	2361.0
22.1	29.4	25.8	640	21.1	2.15	1700	0.42	880.0	2494.7
29.4	30.0	29.7	650	21.0	2.14	1700	0.41	905.8	2562.4

Línea de refracción sísmica 2

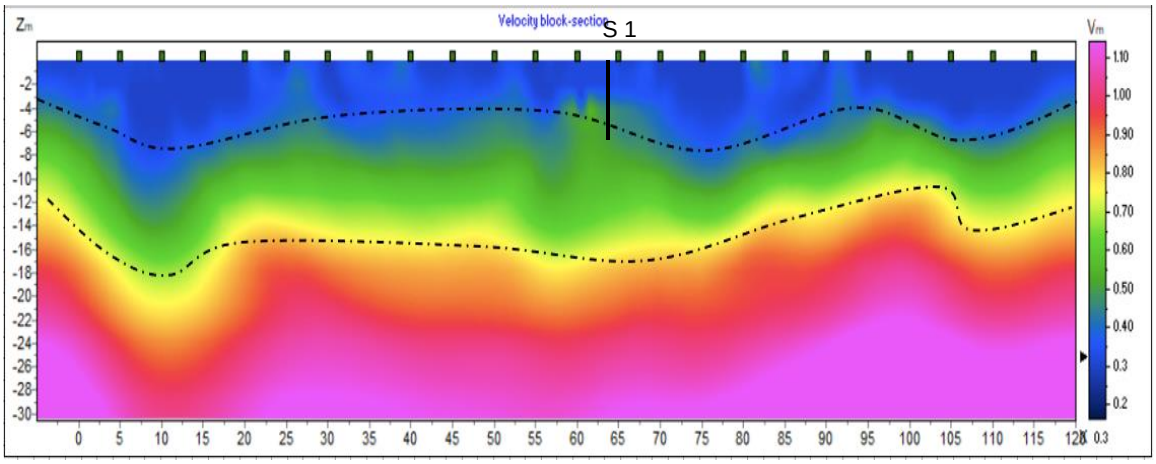


Figura 80. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-2 (Velocidad en km/s)

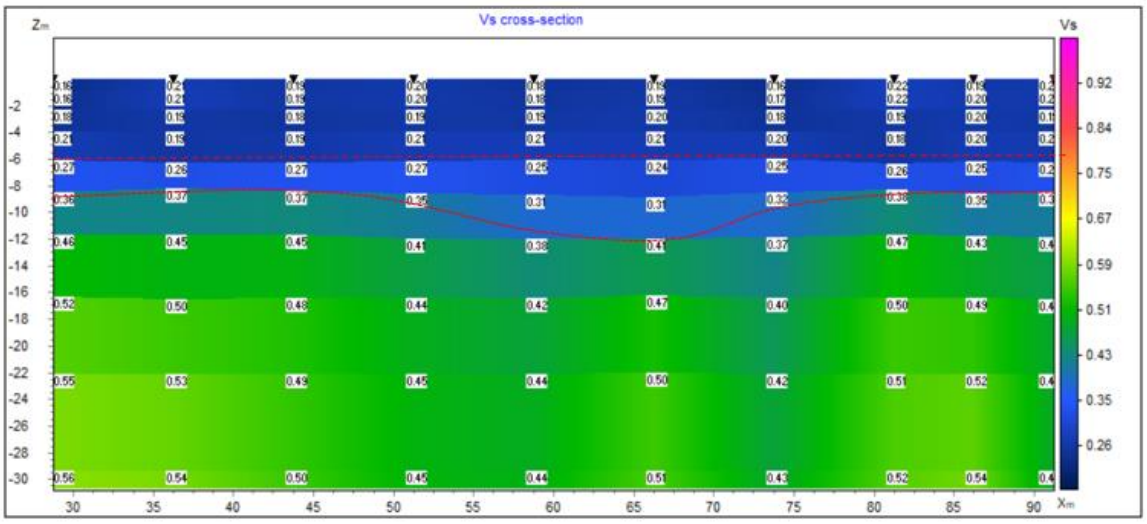


Figura 81. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-2

Tabla 24 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-2

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	180	19.2	1.96	400	0.37	63.6	174.6
1.0	2.3	1.7	180	18.4	1.88	400	0.37	60.8	167.0
2.3	3.9	3.1	190	18.2	1.85	400	0.35	66.9	181.1
3.9	6.1	5.0	210	18.2	1.85	400	0.31	81.8	214.3
6.1	8.7	7.4	250	18.6	1.89	400	0.18	118.2	278.8
8.7	12.0	10.4	310	19.1	1.95	600	0.32	187.0	493.0
12.0	16.4	14.2	380	19.6	2.00	600	0.17	288.6	672.6
16.4	22.1	19.3	420	19.8	2.01	1100	0.41	355.3	1005.2
22.1	29.4	25.8	440	19.7	2.01	1100	0.40	389.2	1093.5
29.4	30.0	29.7	440	19.6	2.00	1100	0.40	387.2	1088.0

Línea de refracción sísmica 3

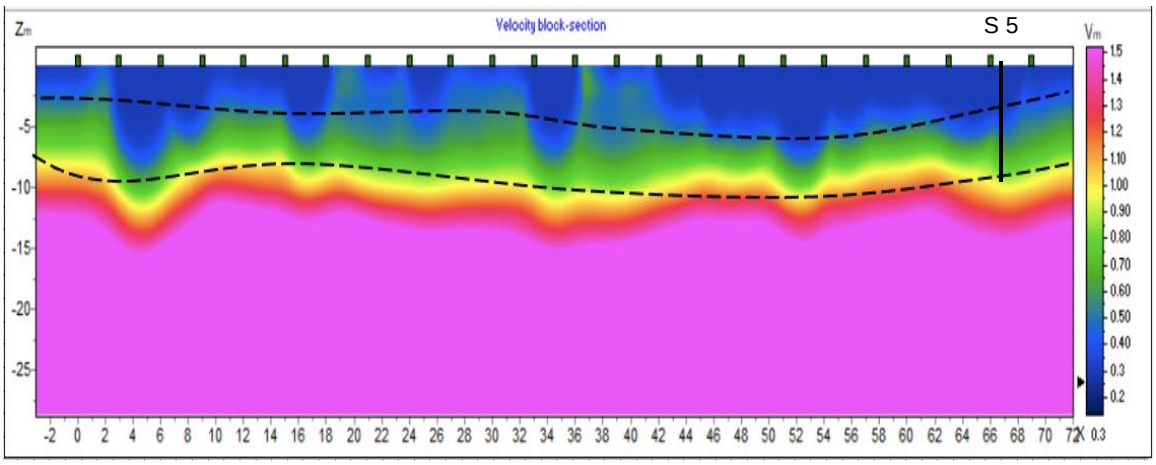


Figura 82. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-3 (Velocidad en km/s)

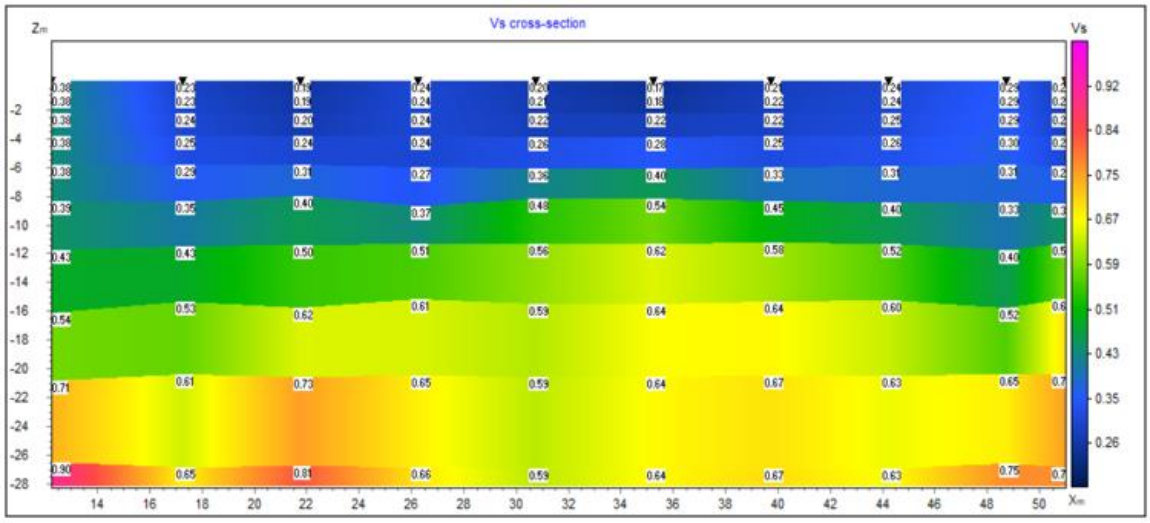


Figura 83. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-3

Tabla 25 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-3

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	220	20.0	2.04	400	0.28	98.5	252.9
1.0	2.3	1.7	210	19.0	1.93	400	0.31	85.3	223.4
2.3	4.0	3.2	220	18.7	1.90	400	0.28	92.2	236.6
4.0	6.1	5.1	260	19.0	1.93	400	0.13	130.7	296.4
6.1	8.2	7.2	360	19.9	2.03	800	0.37	262.8	721.7
8.2	11.3	9.8	480	20.7	2.11	800	0.22	486.5	1185.9
11.3	15.5	13.4	560	21.1	2.15	1500	0.42	672.9	1909.8
15.5	20.6	18.1	590	21.0	2.14	1500	0.41	746.3	2102.2
20.6	26.9	23.8	590	20.8	2.12	1500	0.41	739.4	2083.0
26.9	30.0	28.5	590	20.7	2.11	1500	0.41	735.0	2070.4

Línea de refracción sísmica 4

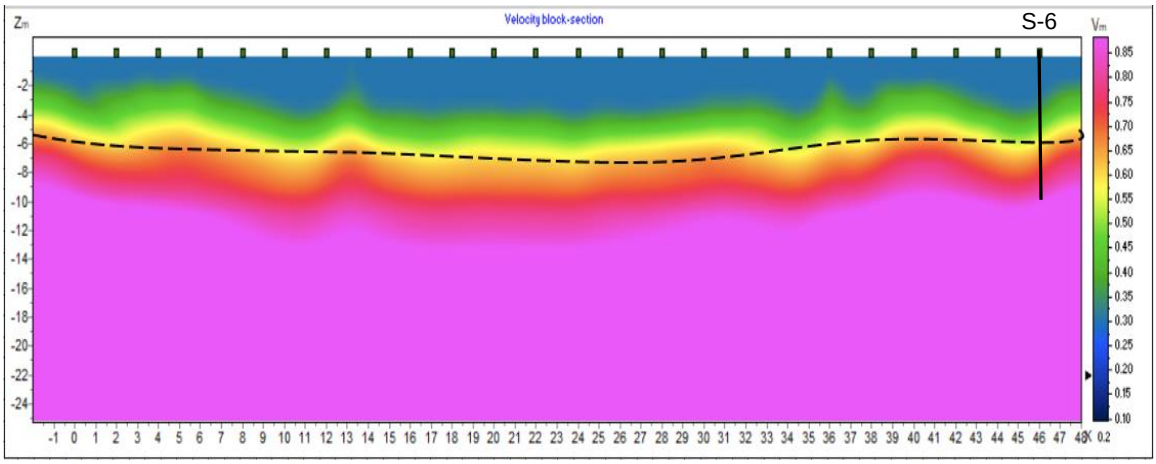


Figura 84. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-4 (Velocidad en km/s)

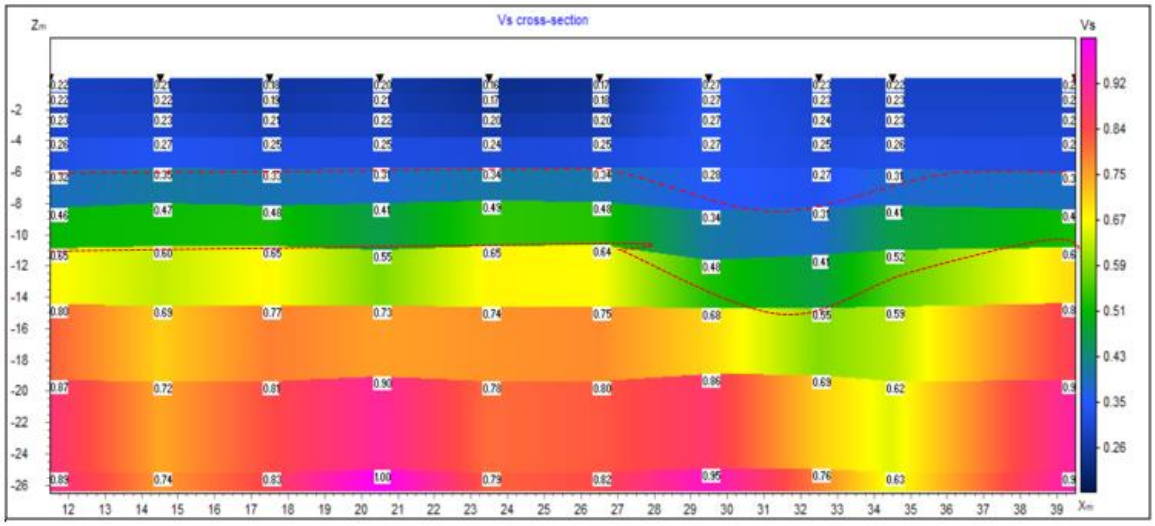


Figura 85. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-4

Tabla 26 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-4

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	160	18.8	1.92	350	0.37	49.1	134.4
1.0	2.2	1.6	170	18.2	1.86	350	0.35	53.7	144.5
2.2	3.8	3.0	200	18.4	1.87	350	0.26	74.9	188.5
3.8	5.7	4.8	240	18.7	1.91	350	0.06	109.9	232.1
5.7	7.9	6.8	340	19.7	2.01	850	0.40	232.4	652.9
7.9	10.7	9.3	490	20.8	2.12	850	0.25	509.6	1275.3
10.7	14.6	12.7	650	21.6	2.20		0.25	931.5	2328.8
14.6	19.4	17.0	740	21.9	2.23		0.25	1222.0	3054.9
19.4	25.0	22.2	780	21.9	2.23		0.25	1357.9	3394.7
25.0	30.0	27.5	790	21.8	2.22		0.25	1386.3	3465.8

Línea de refracción sísmica 5

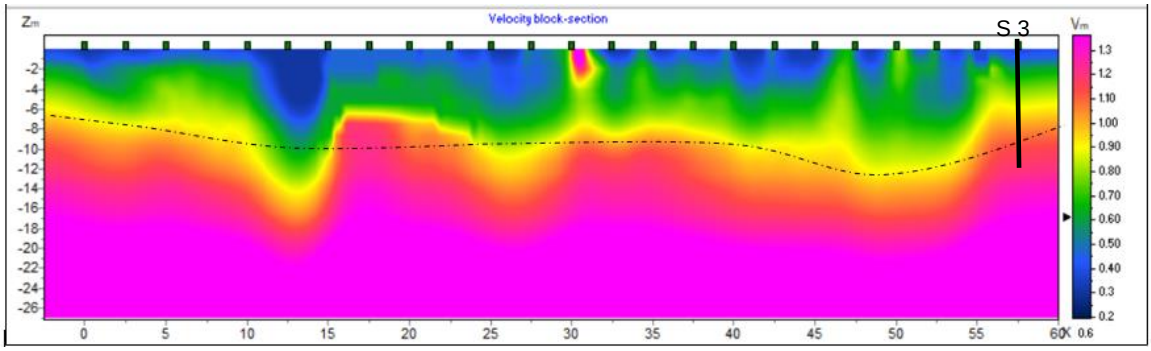


Figura 86. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-5 (Velocidad en km/s)

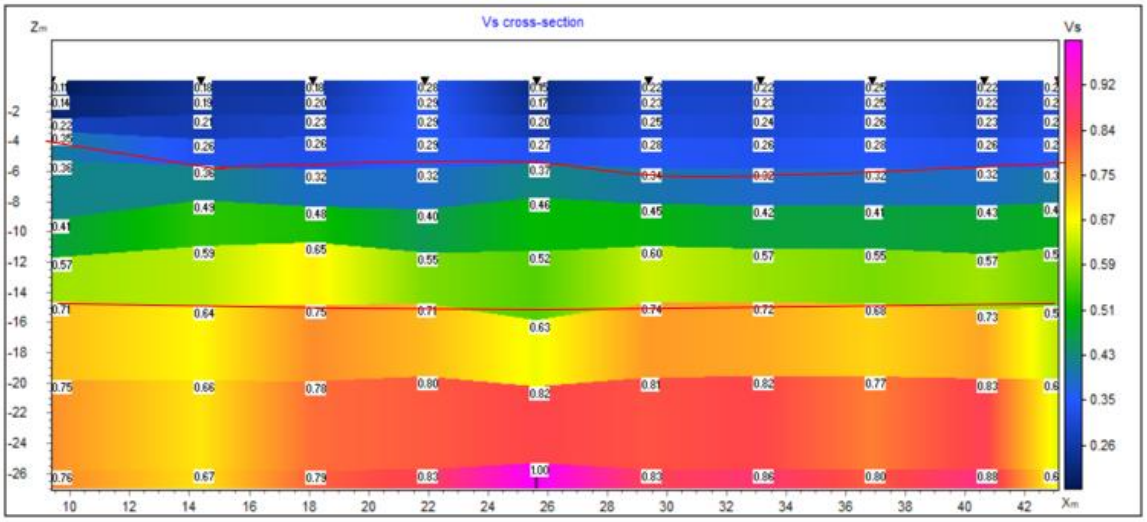


Figura 87. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-5

Tabla 27 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-5

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	280	20.8	2.12	700	0.40	166.6	468.0
1.0	2.2	1.6	290	20.2	2.05	700	0.40	172.8	482.6
2.2	3.8	3.0	290	19.7	2.01	700	0.40	169.0	472.1
3.8	5.8	4.8	290	19.4	1.98	700	0.40	166.2	464.3
5.8	8.6	7.2	320	19.5	1.98	700	0.37	203.2	555.8
8.6	11.4	10.0	400	20.0	2.04	1400	0.46	326.8	951.5
11.4	14.8	13.1	550	21.0	2.14	1400	0.41	647.6	1824.6
14.8	19.6	17.2	710	21.7	2.22	1400	0.33	1116.8	2963.7
19.6	25.8	22.7	800	22.0	2.24	1400	0.26	1433.3	3605.1
25.8	30.0	27.9	830	22.0	2.24	1400	0.23	1542.1	3790.5

Línea de refracción sísmica 6

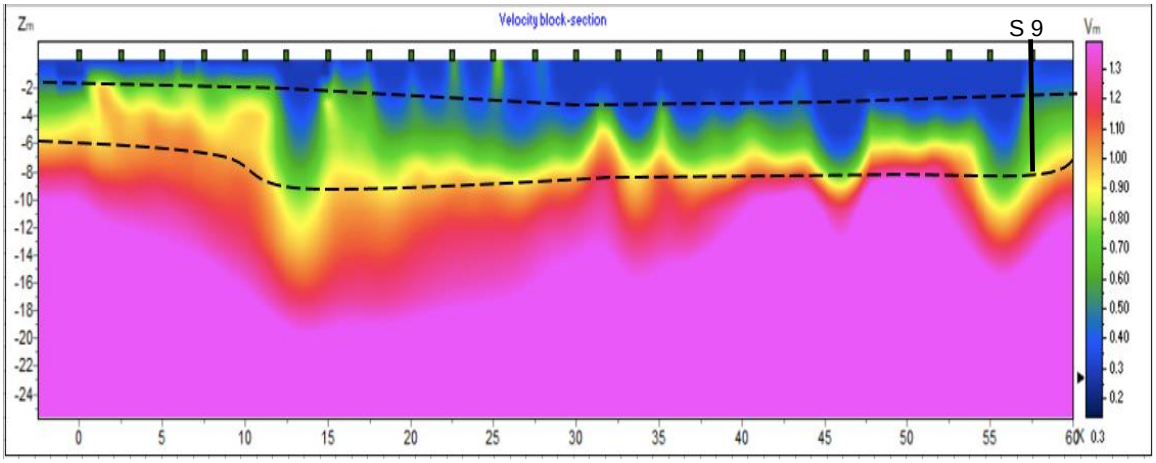


Figura 88. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-6 (Velocidad en km/s)

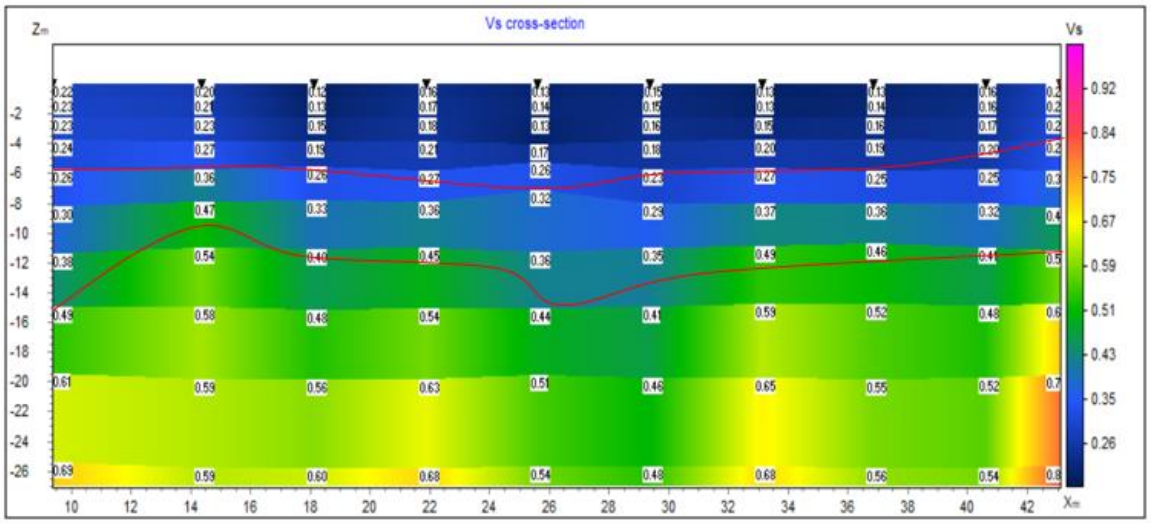


Figura 89. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-6

Tabla 28 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-6

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	130	18.1	1.84	700	0.48	31.1	92.3
1.0	2.2	1.6	140	17.5	1.79	700	0.48	35.0	103.6
2.2	4.1	3.2	130	16.8	1.71	700	0.48	28.9	85.7
4.1	5.2	4.7	170	17.5	1.78	700	0.47	51.5	151.3
5.2	7.2	6.2	260	18.8	1.92	700	0.42	129.7	368.2
7.2	11.3	9.3	320	19.3	1.97	1400	0.47	201.3	592.9
11.3	15.1	13.2	360	19.5	1.98	1400	0.46	257.1	753.2
15.1	19.6	17.4	440	20.0	2.04	1400	0.45	394.7	1140.7
19.6	25.7	22.7	510	20.3	2.07	1400	0.42	539.4	1535.8
25.7	30.0	27.9	540	20.4	2.08	1400	0.41	606.6	1713.8

Línea de refracción sísmica 7

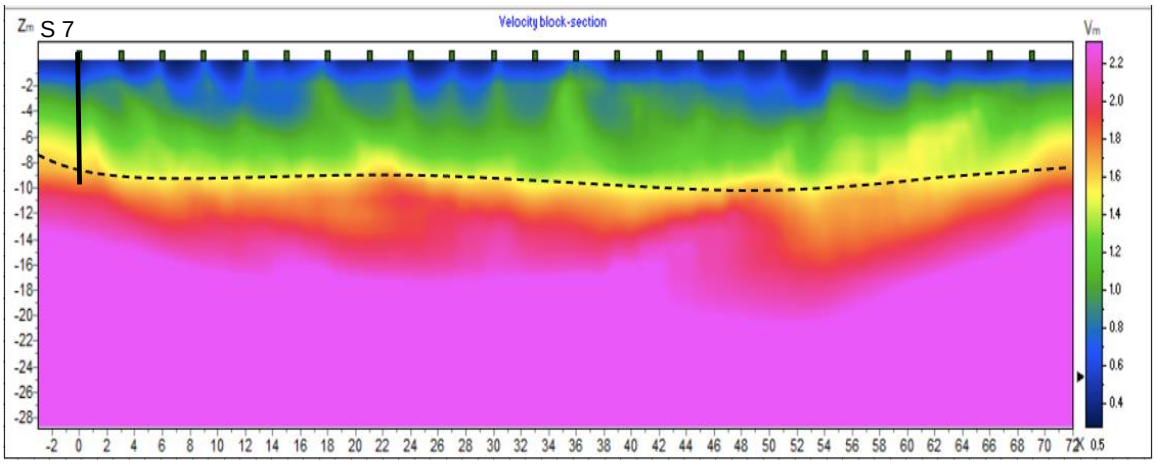


Figura 90. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-7 (Velocidad en km/s)

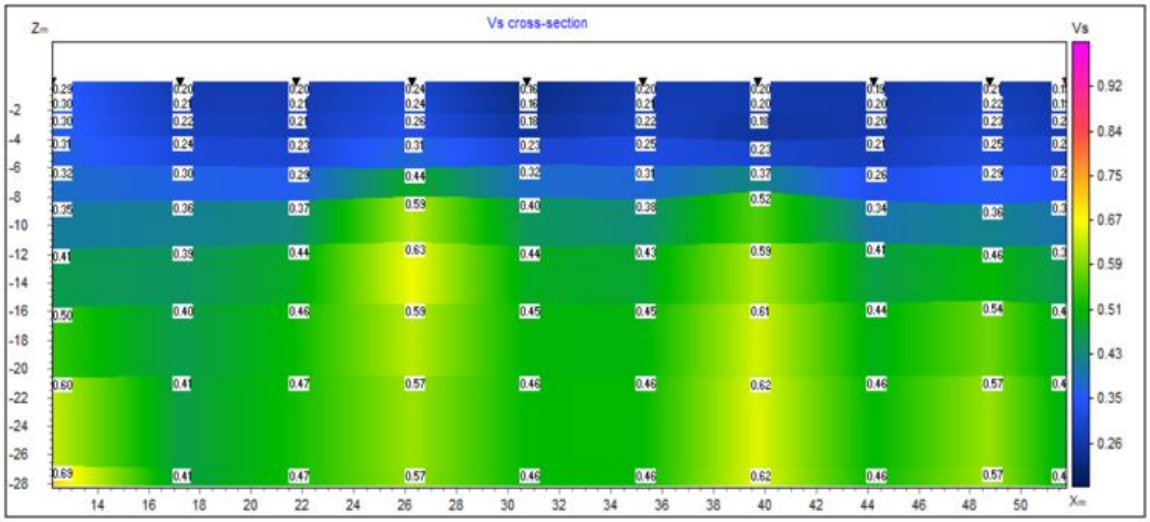


Figura 91. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-7

Tabla 29 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-7

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)
0.0	1.0	0.5	160	18.8	1.92	1200	0.49	49.1	146.5
1.0	2.3	1.7	160	18.0	1.83	1200	0.49	46.9	140.0
2.3	3.9	3.1	180	18.0	1.83	1200	0.49	59.4	176.7
3.9	5.8	4.9	230	18.5	1.89	1200	0.48	100.0	296.2
5.8	8.1	7.0	320	19.5	1.99	1200	0.46	203.4	594.7
8.1	11.4	9.8	400	20.1	2.04	2200	0.48	327.1	970.2
11.4	15.5	13.5	440	20.2	2.06	2200	0.48	398.2	1177.9
15.5	20.6	18.1	450	20.1	2.04	2200	0.48	413.9	1223.7
20.6	26.9	23.8	460	19.9	2.03	2200	0.48	430.1	1270.6
26.9	30.0	28.5	460	19.8	2.02	2200	0.48	427.4	1262.6

13.4.7 ENSAYOS DE LABORATORIO

Todas las muestras obtenidas durante la fase de exploración del subsuelo fueron identificadas visualmente, rotuladas y empacadas de tal forma para que no se alteraran sus propiedades, una vez en el laboratorio sobre un número representativo de los diferentes materiales se ejecutaron ensayos tendientes a conocer su comportamiento geomecánico. La cantidad de ensayos de laboratorio realizados se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30 – Resumen de ensayos de laboratorio ejecutados.

Ensayo	Norma	Cantidad
Humedad natural	NTC-4630-99 / INV. E-125-122	41
Límites de Atterberg	NTC-4630-99 / INV. E-125-126	33
Peso unitario	INV.-E-162	11
Peso especifico	INV. E-128	5
Granulometría	NTC-1522 / INV.-E-123	8
Pasa tamiz 200	INV E - 214 - 13	16
Ensayo de compresión inconfinada	ASTM T208-70	1
Corte directo	INV.-E-154	4
Carga puntual	ASTM D 5731	21
Compresión Uniaxial	NORMA ASTM D 2938	2

13.4.7.1 HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE ATTERBERG

La humedad natural varía entre 4.0 y 46.7%, con un valor promedio de 18.4%, presentándose la mayor dispersión entre 0 y 6.0 m de profundidad, a partir de los 6.0 m, el valor promedio de la humedad es de 14.02 %. Los materiales presentan un límite plástico cercano a la humedad natural por lo cual el comportamiento de los suelos es rígido. El limite plástico varía entre 14 a 45% con un valor promedio de 24.2%, por su parte el límite líquido varía entre 18 a 85%, los valores mas altos se asocian con los niveles arcillosos del depósito coluvial que se presenta en el área de estudio. En cuanto al índice de plasticidad se observa una variación entre 4 a 61%, sin embargo el 57% de los datos presenta un índice de plasticidad menor a 40 %, por lo tanto los materiales tienen plasticidad predominantemente entre baja a media.

Teniendo en cuenta la carta de plasticidad se observa que los materiales clasifican como arcillas de baja y alta compresibilidad (CL, CH) como también se presentan limos de baja y alta compresibilidad (ML, MH).

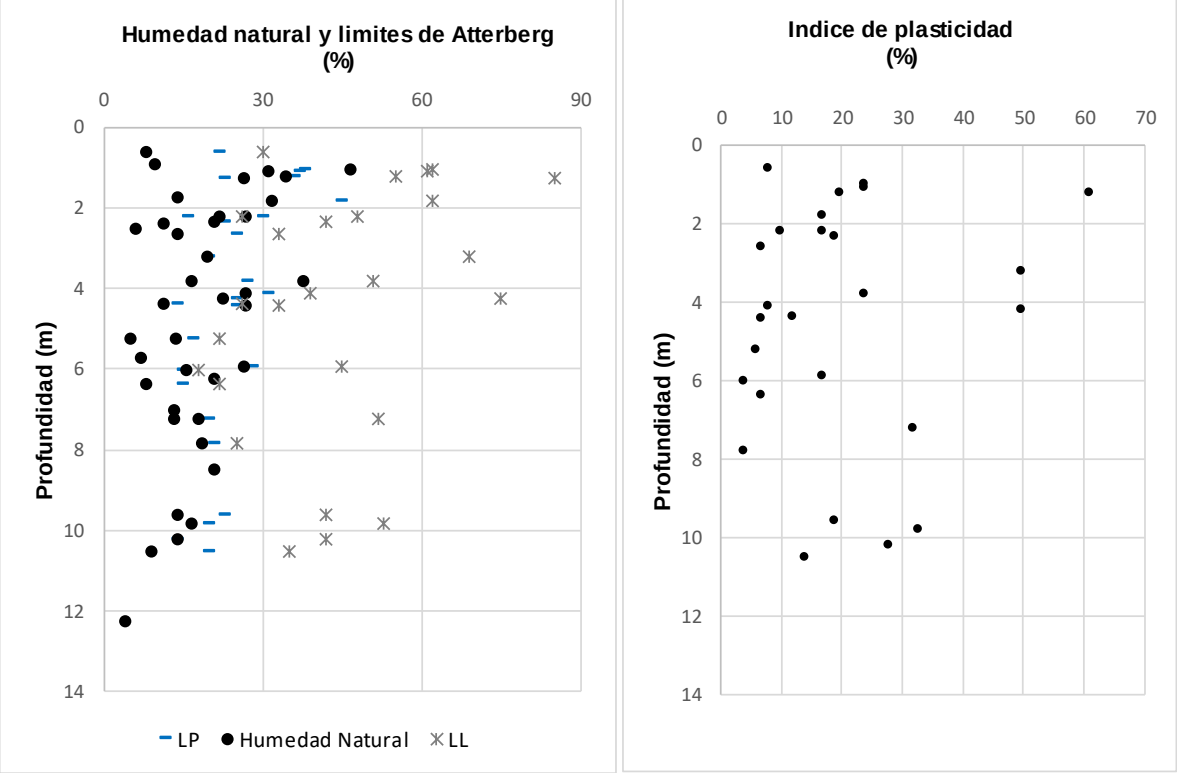


Figura 92. Variación de la humedad y los límites de Atterberg con la profundidad

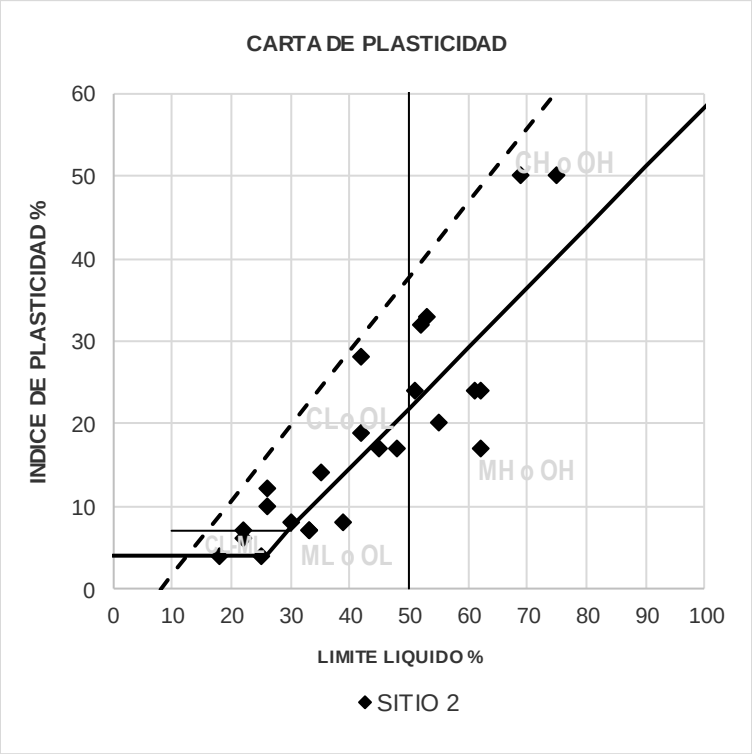


Figura 93. Carta de plasticidad para los materiales cohesivos presentes en el sitio 2

13.4.7.2 PESO UNITARIO

El peso unitario varía entre 18.5 a 23.5 kN/m^3 con un valor promedio de 21.1 kN/m^3, los valores más bajos se asocian con el depósito coluvial.

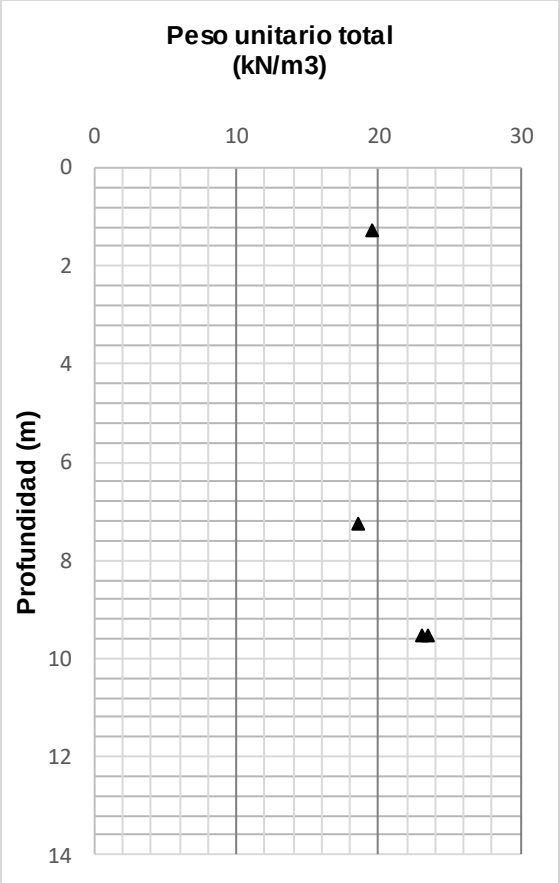


Figura 94. Variación del peso unitario con la profundidad

13.4.7.3 PESO ESPECÍFICO

El peso específico Gs varía entre 2.67 y 2.72 con un valor de 2.70 que es característico de materiales de origen sedimentario.

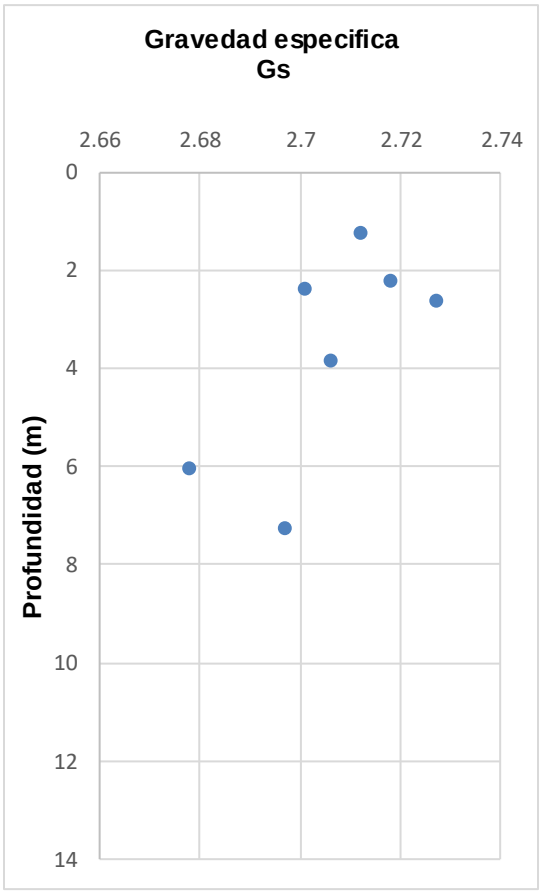


Figura 95. Variación del peso específico con la profundidad

13.4.7.4 GRANULOMETRÍA

Se observa de los resultados de granulometría que la composición de los materiales de predominio arcilloso entre 0 y 4.0 m de profundidad, con valores de contenido de finos entre 40 y 72%, y a partir de los 4.0 m aumenta el contenido de arenas y gravas de arenisca, con contenidos de arenas entre 41 a 48% y de gravas de 75.5% a una `profundidad de 10.5 m, la fracción fina se encuentra entre el 15 al 48%.

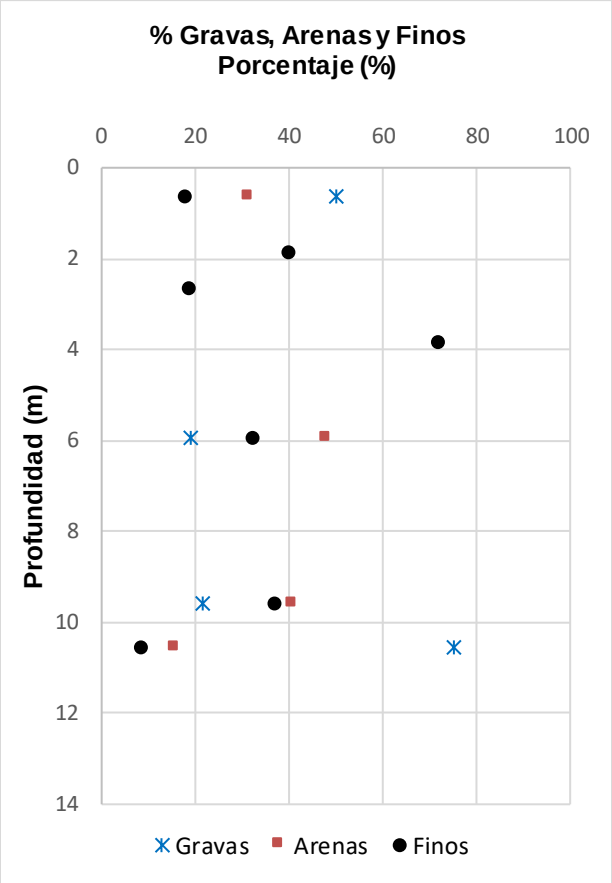


Figura 96. Variación del contenido de gravas, arenas y finos con la profundidad

13.4.7.5 CORTE DIRECTO

Los resultados del ensayo de corte directo muestran una variación de la cohesión drenada entre 18 a 52 kN/m^2, mientras que el ángulo de fricción varía entre 10.2 y 28º. Los valores de ángulo de fricción de laboratorio se comparan con los obtenidos por correlación con el valor de N del ensayo de SPT, evidenciándose que estos últimos sobrestiman el valor del ángulo ya que muestran resultados entre 24 a 48º.

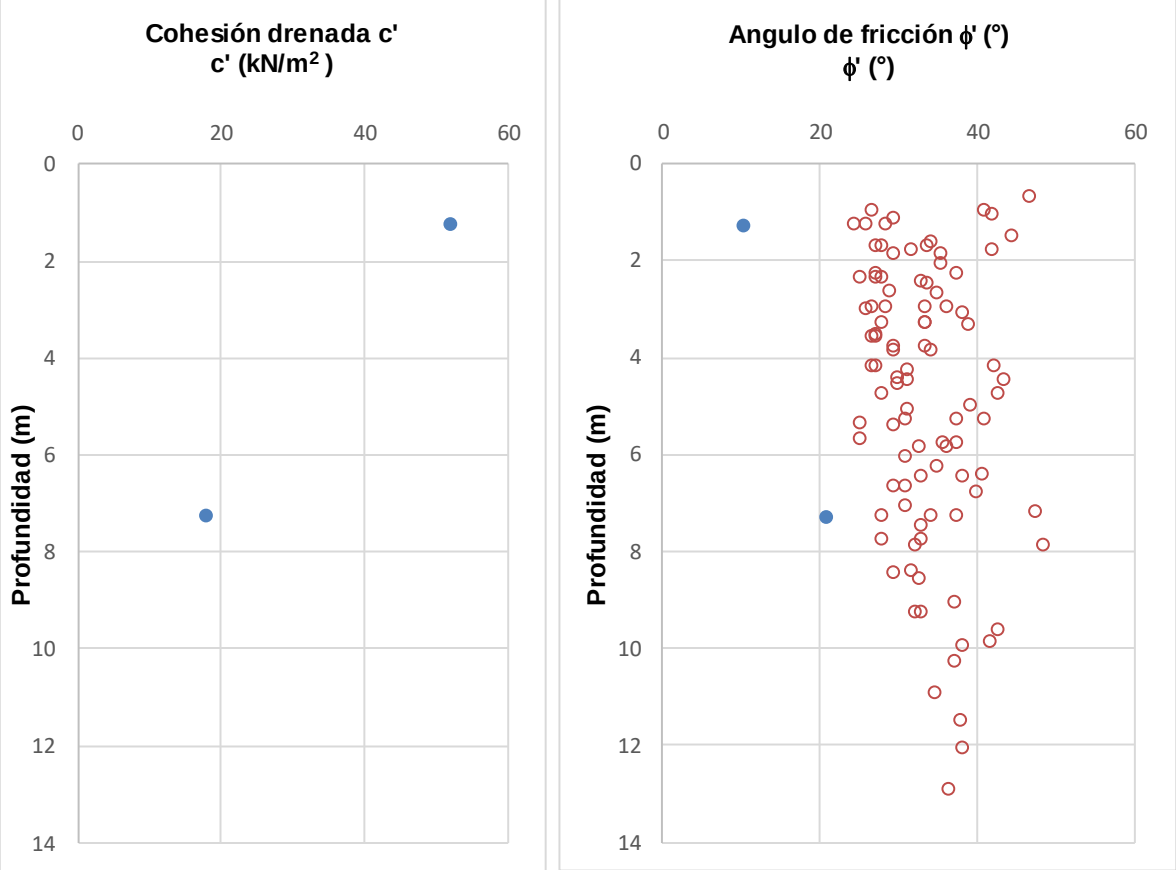


Figura 97. Variación de la cohesión drenada y el ángulo de fricción con la profundidad

13.4.7.6 COMPRESIÓN UNIAXIAL

A partir del ensayo de carga puntual se estimó la resistencia a la compresión de bloques de roca encontrándose que para el sitio 1 una variación entre 21.3 a 146.6 MPa, con un valor promedio de 81.1 MPa.

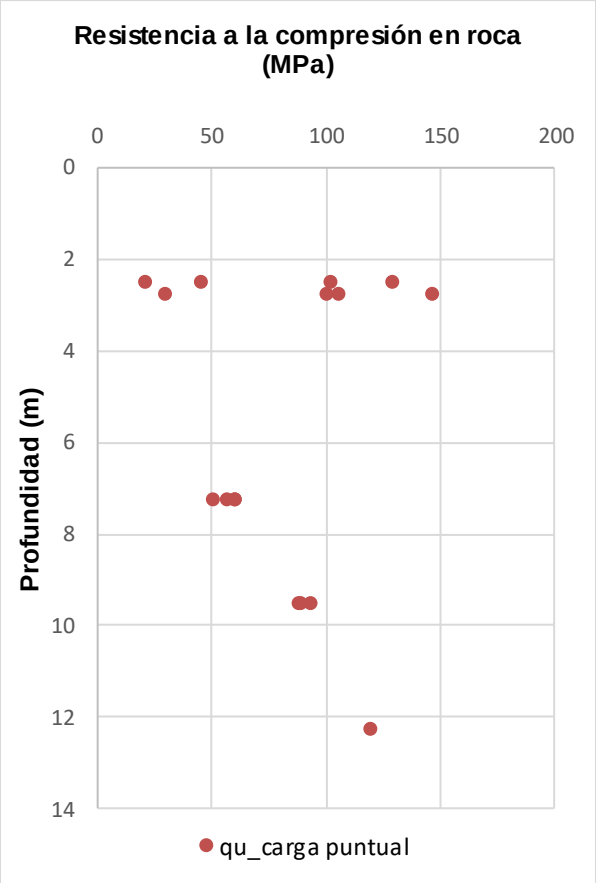


Figura 98. Variación resistencia a la compresión en roca con la profundidad

13.5 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Los materiales que se presentan en el área de estudio y que fueron determinados a partir de la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio, las pruebas geofísicas y la evaluación geológica del área se describen en la Tabla 31, y los parametros de resistencia se muestran en la Tabla 32.

Tabla 31 – Materiales geológicos encontrados en el sitio 2

Material	Símbolo	Descripción
Formación Arenisca de Labor Tierna	K2lt	Unidad integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, de color gris claro a blanco amarillento, cementadas, estratificadas en capas gruesas, con intercalaciones de arcillolitas de color gris en capas finas, que aflora en un talud

Material	Símbolo	Descripción
		casi vertical en la margen derecha de la quebrada Las Delicias
Formación Guaduas	K2P1g	En gran parte del polígono evaluado aflora la parte media de la Formación Guaduas, integrada por niveles de arcillolitas con intercalaciones de areniscas arcillosas de grano fino
Depósito de coluvión	Qco	Unidad heterogénea integrada por niveles de arenas, limos y bloques de arenisca, producto de la erosión de los niveles de areniscas y limolitas del Grupo Guadalupe s, que fueron transportadas por acción gravitacional desde la parte alta y media de la ladera, hacia la parte baja.
Depósito aluvial	Qa	Un depósito aluvial de edad reciente de carácter local se detectó en la parte central del polígono como una franja estrecha, localizada en el cauce de una corriente intermitente que evacua las aguas lluvias de la ladera
Depósito antrópico	Qra	Unidad heterogénea integrada por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas y escombros de construcción

Arcillolita de la Formación Guaduas

Para este material se tiene un valor de resistencia a la compresión en roca entre 21.3 y 146.6 MPa, de esta manera tomando el valor de resistencia asociado al percentil 75% se obtiene un valor de qu=103 MPa. El valor de GSI se estima en 60 por estar el material en una zona de influencia de fallas.

De esta manera empleando el programa Roclab se obtiene un valor de cohesión de 1762 kPa y un ángulo de fricción de 33º.

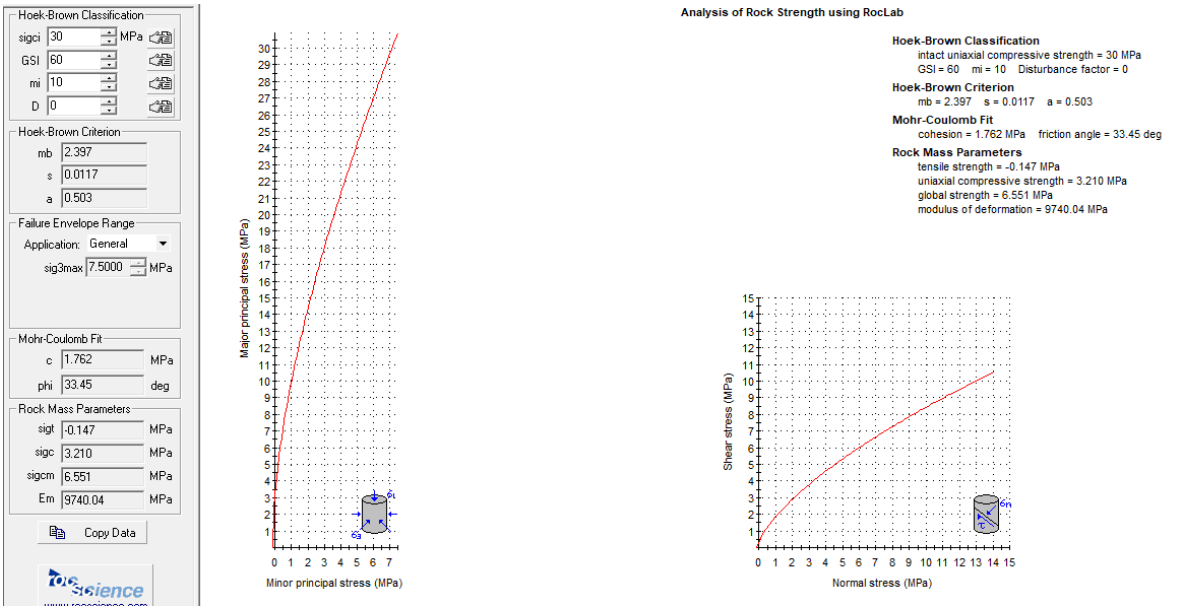


Figura 99. Determinación de parámetros de resistencia para arcillolita de la Formación Guaduas

Tabla 32 – Parámetros geotécnicos para materiales en el sitio 2

Material	Símbolo	Espesor (m)	Peso unitario, γt (kN/m^3)	Cohesión, c' (kN/m^2)	Angulo de fricción, ϕ (º)
Depósito antrópico	Qra	7.0	19	1.3	28
Depósito aluvial	Qa	> 7.0	19	0	36
Depósito de coluvión	Qco	13	20	0	35
Formación Guaduas	K2P1g	> 30	23	1762	33
Formación Arenisca de Labor Tierna	K2lt	> 25	23	1973	38

13.6 MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

El modelo geológico – geotécnico propuesto para el sitio 2 Paraíso se muestra a continuación.

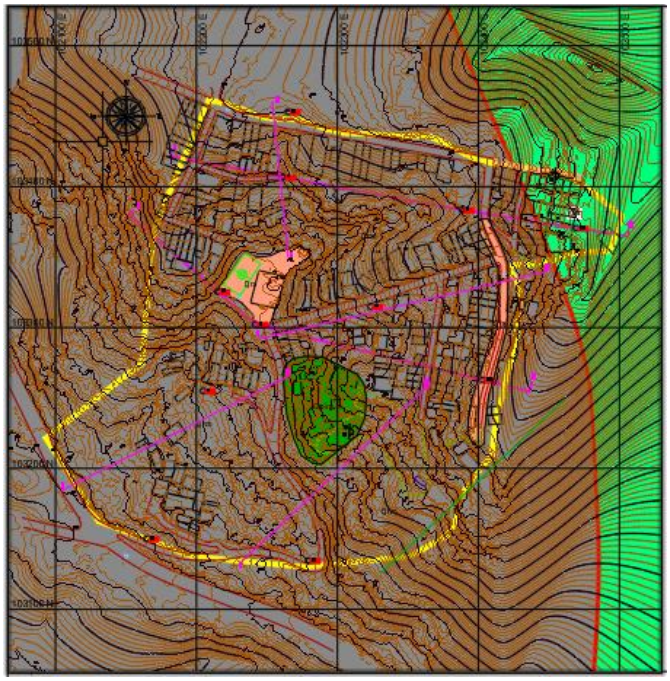


Figura 100. Mapa de geología y secciones de análisis A-A' (Sentido Oriente – Occidente) y B-B' (sentido Oriente – Occidente)

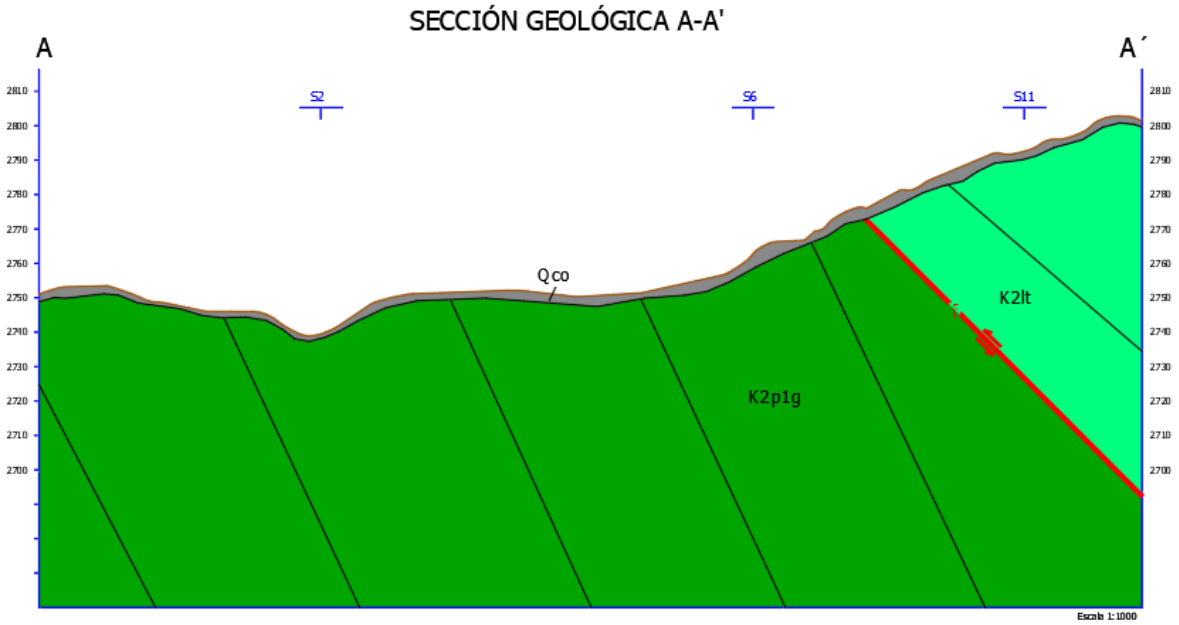


Figura 101. Sección A-A’ (Sentido Oriente – Occidente)

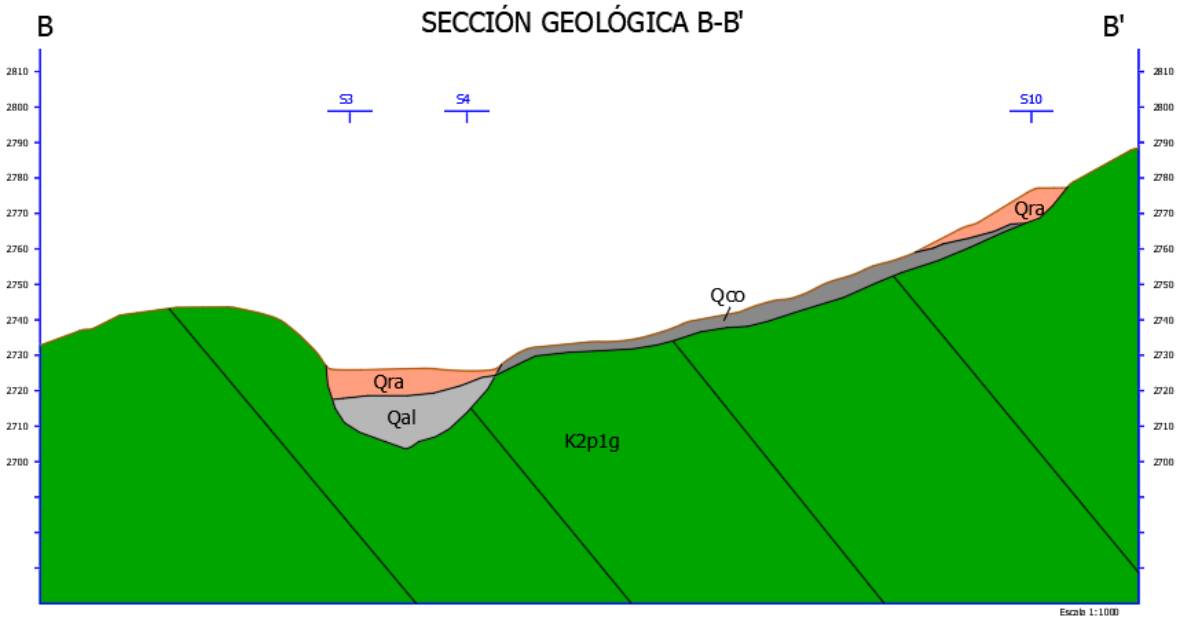


Figura 102. B-B’ (sentido Oriente – Occidente)

13.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

13.7.1 ANÁLISIS CONCEPTUAL DE ESTABILIDAD

De acuerdo con las actividades de geología, geomorfología, exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio, se puede mencionar que en el sitio 2 Paraíso se presenta principalmente una ladera de origen agradacional con pendiente entre 0 a 26˚, en donde se presenta un depósito coluvial (Qco) de espesor mayor a 7.0 m, compuesto por niveles de arenas, limos y bloques de areniscas producto de la erosión de los niveles de areniscas de la Formación Arenisca de Labor-Tierna y por fragmentos de arcillolitas y areniscas de la Formación Guaduas, que fueron transportados por acción gravitacional desde la parte alta, hacia la parte baja. De esta manera en el depósito se identifican superficialmente procesos morfodinámicos de erosión leve a severa, producto de la falta de cobertura vegetal, y ejecución de corte del terreno para construcción de viviendas.

En el área de estudio no se identifican procesos de remoción en masa, sin embargo, se observa la afectación de la estabilidad del muro de contención en gaviones construido en la transversal 7 Bis Este con Diagonal 40.

Por lo anterior, se seleccionaron 2 secciones de análisis de estabilidad las cuales fueron distribuidas en el área de estudio teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Sección A-A’

Se localiza en el costado norte del área de estudio, permite el análisis de estabilidad de la ladera sobre la cual se ha urbanizado el barrio Paraíso en la parte alta del costado oriental.

Sección B-B’

Esta sección se localiza en la parte central del polígono de estudio y tiene dirección E-W, permite evaluar la estabilidad del depósito coluvial que se presenta superficialmente en la ladera y sobre el cual se han construido las viviendas.

13.7.2 CONSIDERACIONES PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

- Para el análisis de estabilidad del sitio 2 Paraíso se seleccionaron 2 secciones de análisis las cuales fueron distribuidas en el área de estudio con el fin de determinar las condiciones de estabilidad que presentan los taludes que conforman el barrio.
- La topografía de las secciones fue extraída del levantamiento topográfico llevado a cabo con dron para la totalidad del área y de forma convencional a lo largo de la quebrada El Chulo.
- El nivel freático fue determinado a partir de las perforaciones que se realizaron en el área de estudio.

- En el sector se presentan viviendas de 1 y hasta 3 pisos, por lo tanto la sobrecarga por viviendas de 1 piso se tomó de 10 kN/m^2 y para las de 3 pisos en 20 kN/m^2.
- Para las vías internas del barrio se asumió una sobrecarga de 8 kN/m^2, teniendo en cuenta un bajo nivel de tránsito.
- Para la condición seudoestática se toma un valor de aceleración de 0.18 definido a partir de A=0.80 Ao que para el sitio se toma Ao=0.22 g para depósitos de ladera de acuerdo con el Decreto 523 de 2010 que presenta la Microzonificación sísmica de Bogotá.
- Para la evaluación de las condiciones de estabilidad y de la amenaza por remoción en masa se tendrán en cuenta los factores de seguridad estipulados en la resolución 227 de 2006, los cuales se relacionan en la Tabla 33.

Tabla 33 – Factores de seguridad para evaluar la amenaza por remoción en masa

Condición	Amenaza	Factor de seguridad
Condición normal	Amenaza baja	> 1.9
	Amenaza media	1.2 - 1.9
	Amenaza alta	< 1.2
Condición extrema (50 años)	Amenaza baja	> 1.3
	Amenaza media	1.0 - 1.3
	Amenaza alta	< 1.0

Fuente: Resolución 227 de 2006

- Los análisis de estabilidad se ejecutan por medio del método de equilibrio límite empleando el programa Slide V 7.0 de Rocscience, el cual permite la determinación de los factores de seguridad para modelos en los que se tiene en cuenta el perfil topográfico del terreno, la distribución de los estratos, la presencia del nivel de agua y las propiedades de peso unitario, cohesión efectiva y ángulo de fricción de los materiales.

13.7.3 CONDICIÓN NORMAL

Para la condición normal se tendrá en cuenta un escenario de corto plazo, el cual está representado para el caso del agua por el nivel freático encontrado en las perforaciones y no se considera sismo.

13.7.4 CONDICIÓN EXTREMA

Para la condición extrema se tendrá en cuenta un escenario de largo plazo, en el cual se tendrá en cuenta el nivel extremo del nivel de agua, que para el caso del área de estudio se toma en la superficie del terreno, por su parte para la condición de sismo se tendrá en cuenta una aceleración de 0.18 g, tal como se mencionó anteriormente.

13.7.5 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de estabilidad en las secciones de análisis A-A' y B-B'. En la Tabla 34 se muestran los factores de seguridad y en el Anexo 3 los resultados gráficos obtenidos en el programa Slide V 7.0.

Tabla 34 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad

Sección	Condición normal (escenario actual)	Condición extrema (agua)	Condición extrema (sismo Kst=0.18g)
A-A'	1.52	0.56	1.04
B-B'	1.15	0.60	0.85
C-C'	1.32	0.82	1.20

13.7.6 SECCIONES DE ANÁLISIS.

A continuación se muestran los esquemas usados para el análisis de estabilidad, así como el esquema de la localización en planta de las secciones, se presenta el plano en planta y los modelos de SLIDE.

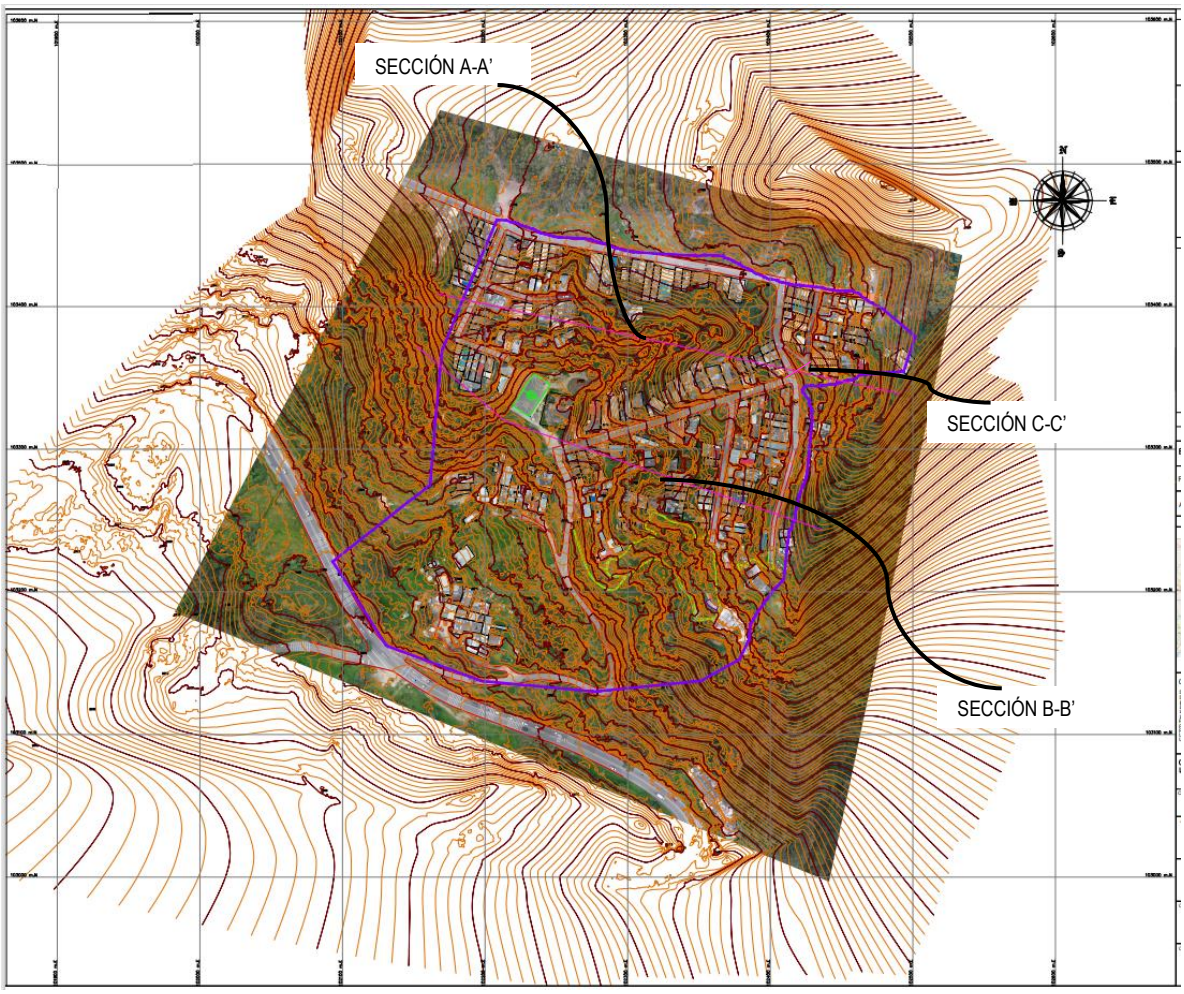
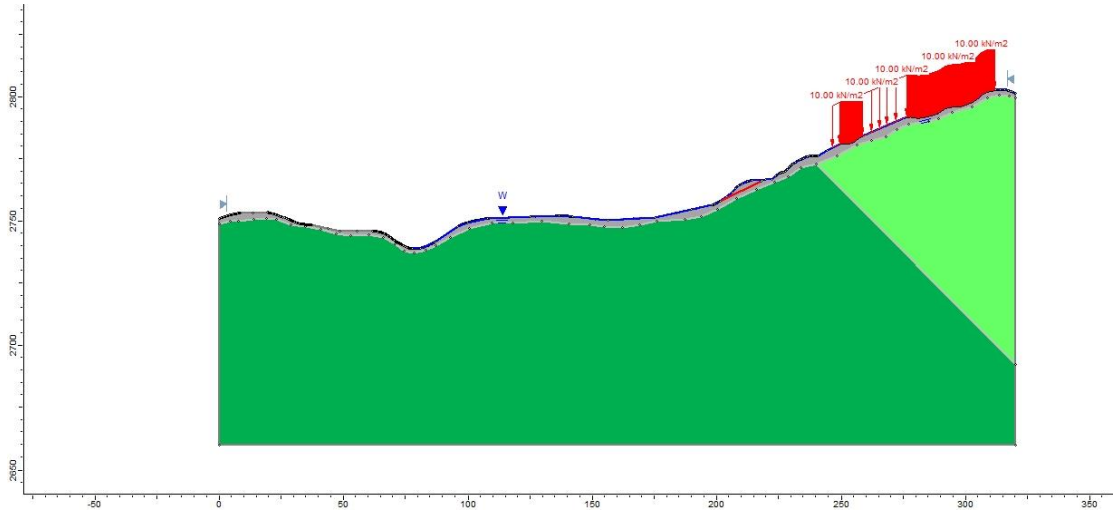


Figura 103 Localización en planta de secciones de análisis.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Hu Type
DEPOSITO DE COLUVION		20	Mohr-Coulomb	0	35	Water Surface	Constant
FORMACION GUADUAS		23	Mohr-Coulomb	1762	33	Water Surface	Constant
FORMACION ARENISCA LABOR TIERNA		23	Mohr-Coulomb	1973	38	Water Surface	Constant

Figura 104. Sección A-A’. Modelo geotécnico

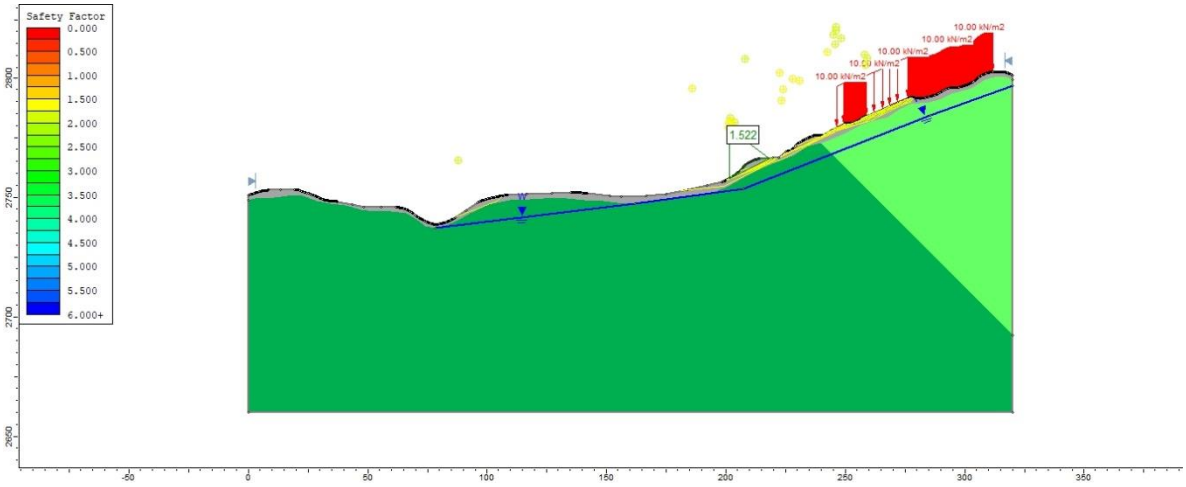


Figura 105. Sección A-A'. Condición normal. FS=1.52

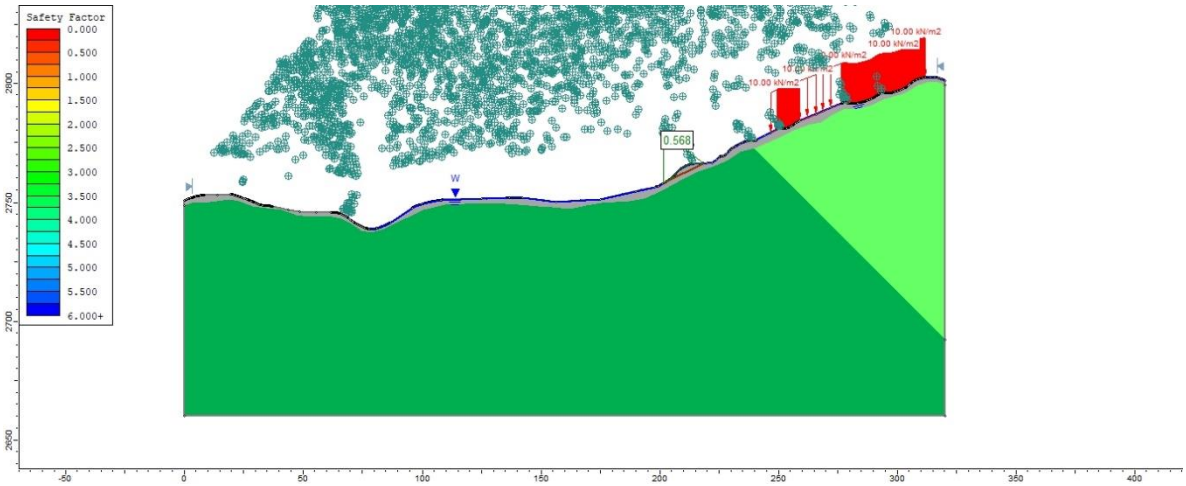


Figura 106. Sección A-A'. Condición extrema con agua. FS=0.56

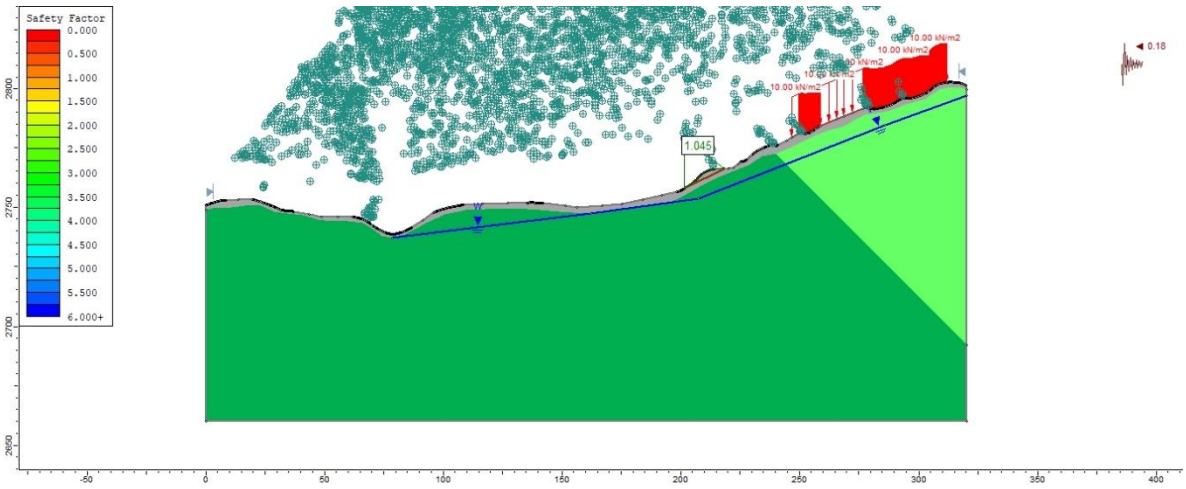


Figura 107. Sección A-A'. Condición extrema con sismo. FS=1.04

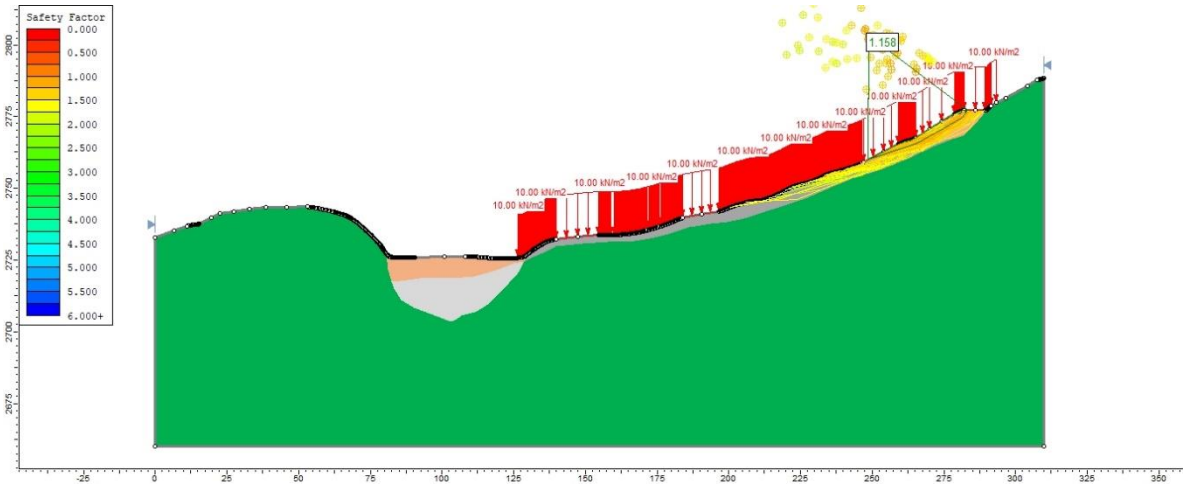


Figura 108. Sección B-B'. Condición normal. FS=1.15

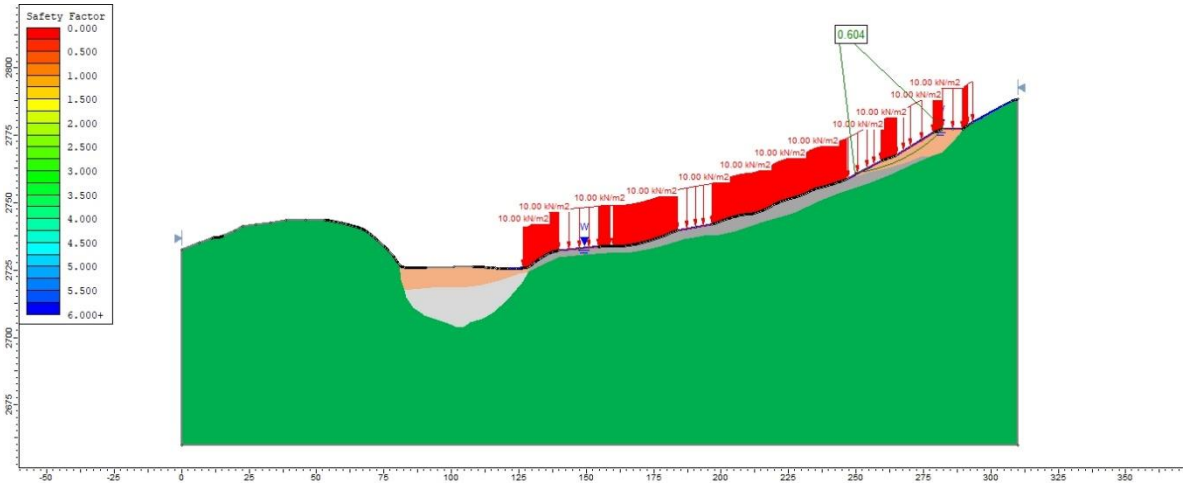


Figura 109. Sección B-B'. Condición extrema con agua. FS=0.60

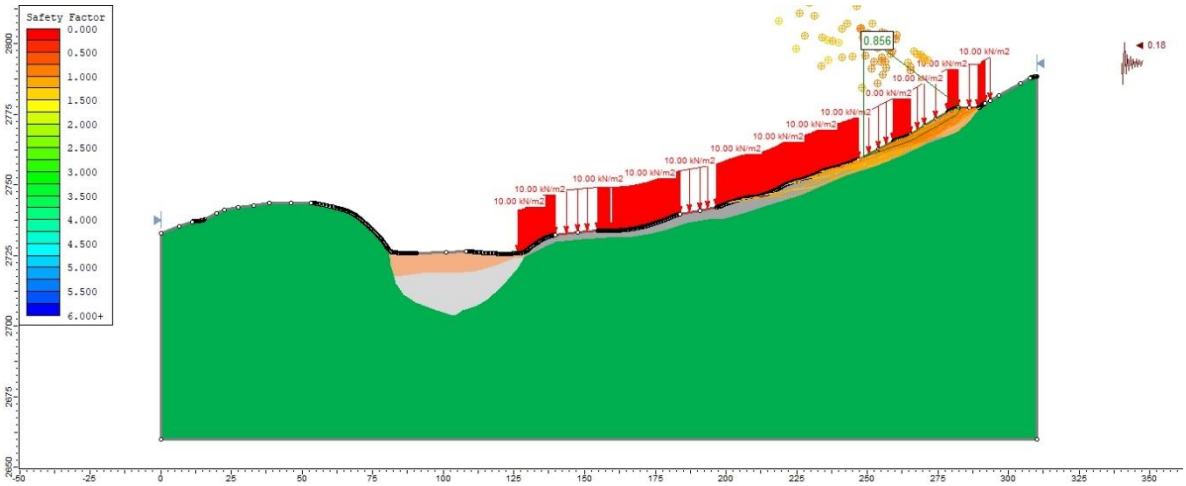


Figura 110. Sección B-B'. Condición extrema con sismo. FS=0.85

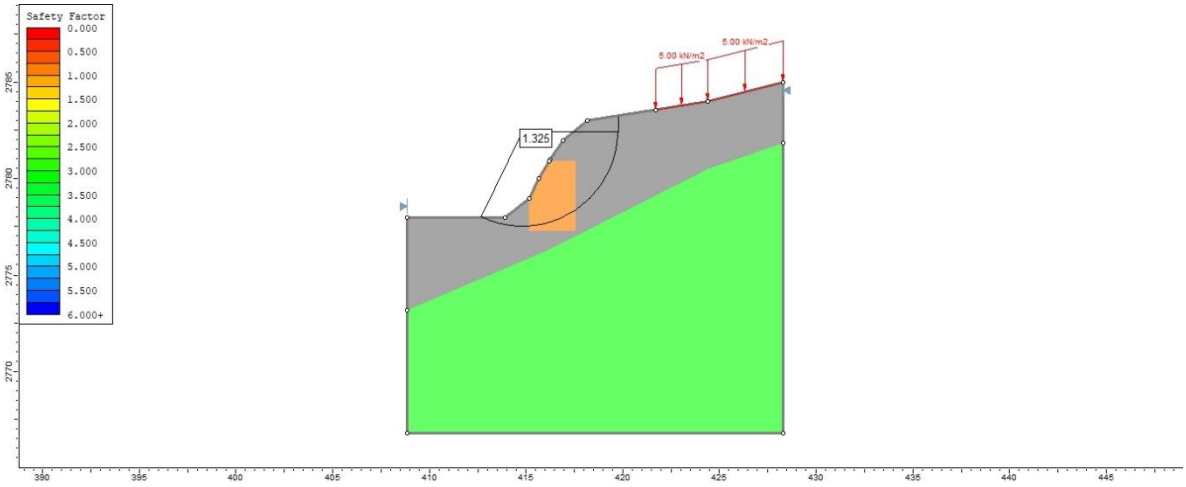


Figura 111. Sección C-C'. Condición normal. FS=1.32

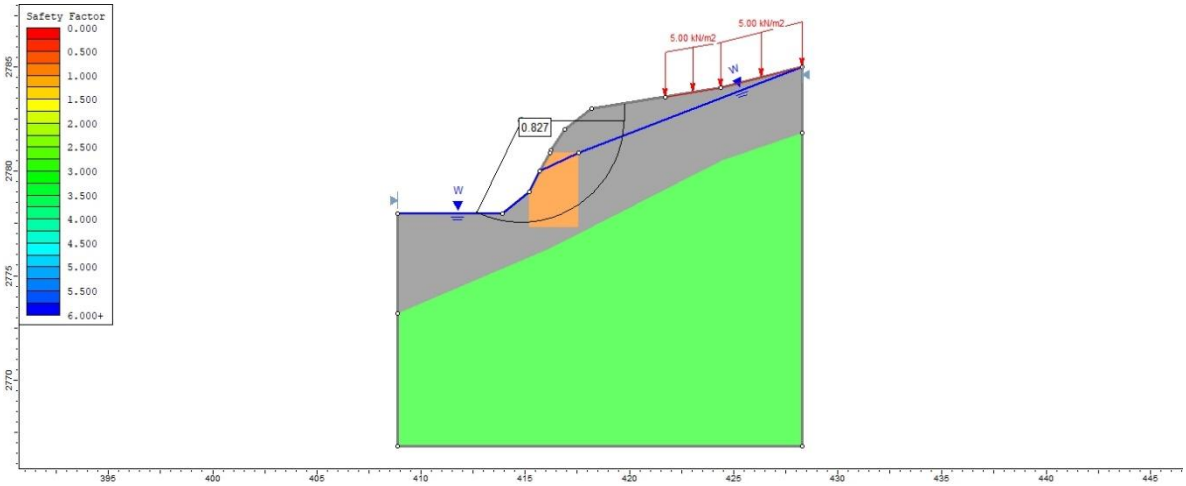


Figura 112. Sección B-B'. Condición extrema con agua. FS=0.82

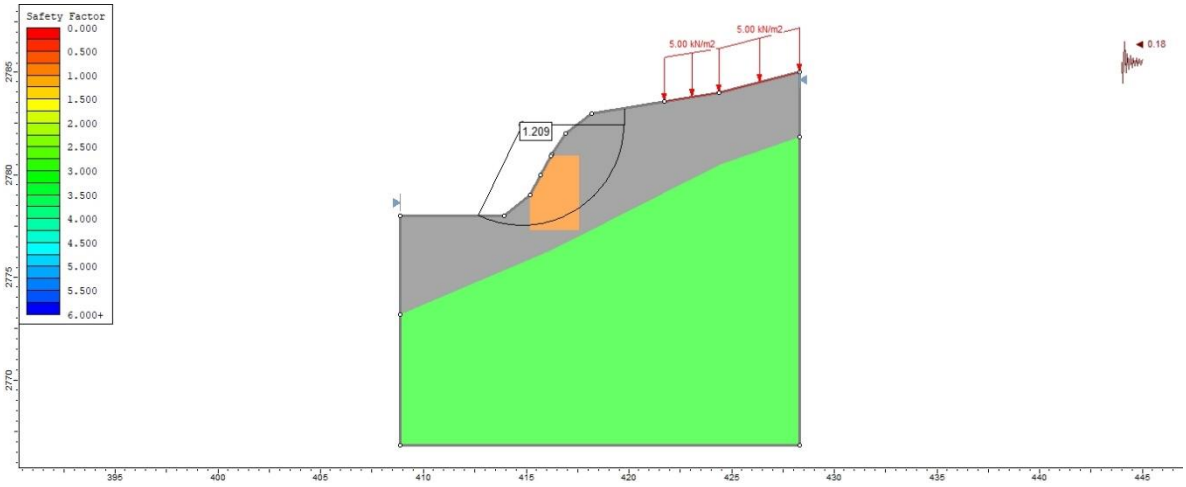


Figura 113. Sección B-B'. Condición extrema con sismo. FS=1.20

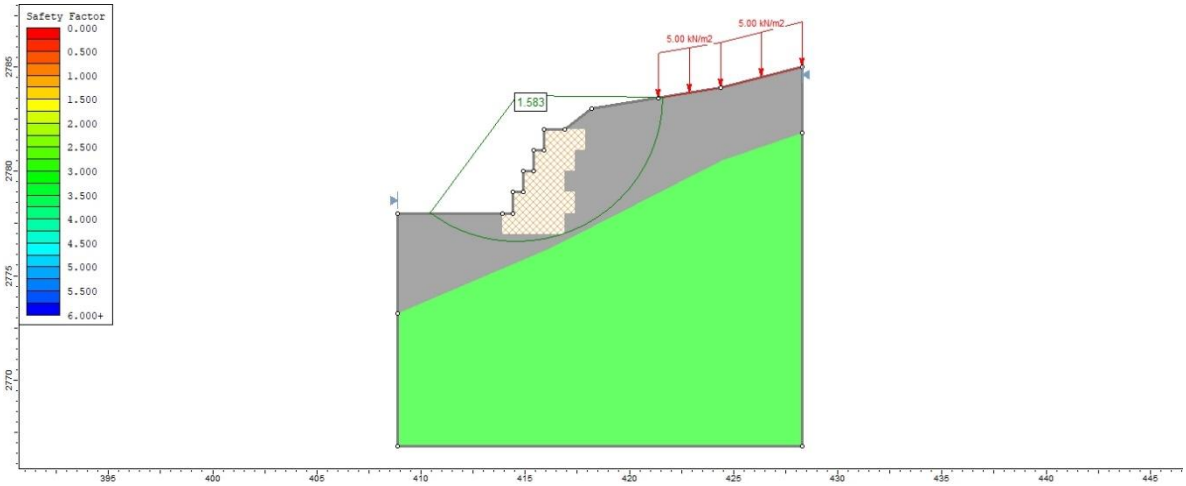


Figura 114. Sección C-C' escenario con obras. Condición normal. FS=1.58

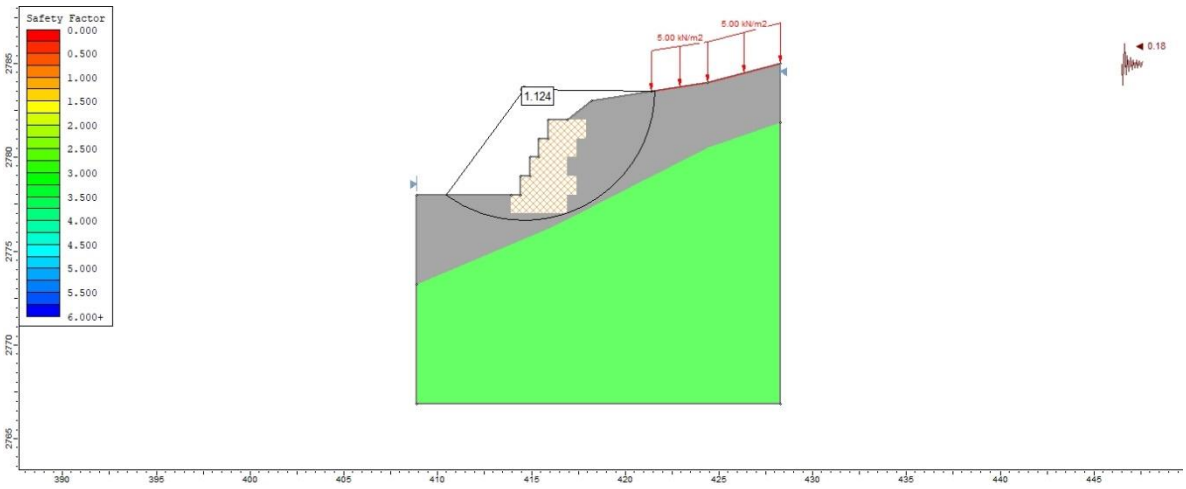


Figura 115. Sección B-B'. Condición extrema con sismo. FS=1.12

13.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el sitio 2 Paraíso se obtuvo de las corridas de análisis de estabilidad para la condición normal factores de seguridad entre 1.15 en la sección B-B' y de FS=1.52 en la sección A-A', los cuales indican un nivel de amenaza media y baja respectivamente.

Al evaluar la condición extrema con agua se observa al comparar con la condición normal una reducción de los factores del orden del 50%.

Para el caso de la condición extrema con sismo la reducción de los factores de seguridad con respecto a la condición normal es del orden del 30%.

En la sección de análisis 2-2' se observa que el sector que presenta la amenaza alta corresponde a la zona donde se encuentra los depósitos antrópicos localizados en la transversal 7 A Este, y que limitan con el muro de contención existente y las viviendas localizadas en la parte baja del muro.

13.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.9.1 TIPO DE MATERIALES

Para la caracterización geológica y geotécnica de los materiales en el área de estudio se llevó a cabo un programa de exploración del subsuelo consistente en once (11) perforaciones mecánicas entre 7 y 15 m de profundidad, trincheras y apiques de 1.5 m de profundidad, así mismo se realizaron siete (7) líneas de refracción sísmica con longitudes entre 46 y 110 m.

De los resultados de la fase de campo y de laboratorio se determinó un modelo geológico – geotécnico conformado por materiales como: Formación Arenisca de Labor Tierna, arcillolitas de la Formación Guaduas, depósito de coluvión, depósito aluvial y depósito antrópico. Los resultados de laboratorio se incluyen la caracterización geotécnica y el modelo geológico - geotécnico, respectivamente.

En el área de estudio del polígono 2 se observa que el nivel freático varía entre 2.1 a 9.0 m en el costado oriental de área.

13.9.2 RESULTADOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Para el sitio 2 Paraíso se obtuvo de las corridas de análisis de estabilidad para la condición normal factores de seguridad entre 1.15 en la sección B-B' y de FS =1.52 en la sección A-A', los cuales indican un nivel de amenaza media y baja respectivamente.

Al evaluar la condición extrema con agua se observa al comparar con la condición normal una reducción de los factores del orden del 50%.

Para el caso de la condición extrema con sismo la reducción de los factores de seguridad con respecto a la condición normal es del orden del 30%.

En la sección de análisis 2-2' se observa que el sector que presenta la amenaza alta corresponde a la zona donde se encuentra los depósitos antrópicos localizados en la transversal 7 A Este, y que limitan con el muro de contención existente y las viviendas localizadas en la parte baja del muro.

13.9.3 RECOMENDACIONES

Dado que las condiciones desfavorables a la estabilidad de taludes se presentan en los sitios con presencia de depósitos antrópicos, se recomienda implementar obras de contención consistente en muros, que permitan controlar las superficies de falla potenciales, así mismo se debe informar a la comunidad sobre la no realización de cortes del terreno para excavaciones de construcción de viviendas, dado que este tipo de actividad es desfavorable a la estabilidad, dada la presencia de un depósito coluvial conformado por arenas, limos y bloques de arenisca, producto de la erosión de los niveles de areniscas y limolitas del Grupo Guadalupe.

Para la estructura de contención con muro en piedra localizada en la transversal 7 A este con diagonal 40 (costado oriental) se recomienda implementar el reemplazo por una estructura en gaviones. De esta manera con la implementación del muro de gavión se tiene un factor de seguridad para la condición normal de FS=1.58 que se relaciona con una condición de amenaza media, y para el caso extremo con sismo se obtiene un FS=1.12 (Amenaza media). En la Figura 114 y Figura 115 se muestras los resultados gráficos del análisis de estabilidad para la condición con obras.

Tabla 35 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad para la sección C-C' con obras

Sección	Condición con obras	Condición extrema (sismo Kst=0.18g)
C-C'	1.58	1.12

Se requiere realizar el mantenimiento de las conexiones del alcantarillado pluvial y sanitario que drenan hacia el costado sur oriental del área de estudio, dado que se observa en campo la deformación de los pozos de inspección y saturación del terreno por aporte de aguas de escorrentía.

14 LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que se presentan en el estudio hacen parte de la evaluación de las condiciones geológico - geotécnicas y de los análisis de estabilidad de taludes realizados para el polígono definido como Barrio Paraíso en el contrato 507 de 2020 IDIGER y soportadas tanto en la información antecedente existente al momento de la elaboración del informe, como de los resultados de los perforaciones, apiques, trincheras, líneas de refracción sísmica y ensayos de laboratorio ejecutados para el proyecto.

Para la ejecución de una obra en particular se deberá realizar la exploración del subsuelo específica de acuerdo con la normatividad vigente que aplique al proyecto de construcción que se pretenda realizar.

15 BIBLIOGRAFÍA:

Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada.* McGRAW W- HILL.

Claro Rizo, F. (Septiembre de 2006). Indice de Disponibilidad Hídrica, Metodología de Cálculo y Aplicación en Colombia. Bogotá D.C.: IDEAM.

Consorcio Geocontrol. (2006). *Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las medidas recomendadas en el Barrio Bella Flor, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C.* Bogotá D.C.

Consorcio JG 01. (2017). *Diagnostico de las redes de acueducto, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.* Bogotá D.C.

Gómez Blanco, J. A., & Cadena, M. C. (Diciembre de 2017). Validación de las Fórmulas de Evapotranspiración de Referencia (ETo) para Colombia. IDEAM.

IDEAM. (2007). *Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo.* Bogotá.

IDEAM. (2014). Atlas Climatológico de Colombia.

Ingeocim Ltda. (1998). *Zonificación por inestabilidad del terreno para diferentes localidades en la ciudad de Santafé de Bogotá D.C.* Bogotá D.C.

INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras.*

Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie.* Limusa.

Vargas, R., & Diaz-Granados, M. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad-duración-frecuencia para Colombia.

Veloza Franco, J. A. (2013). *Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital.* Bogotá.