

CLASIFICADO

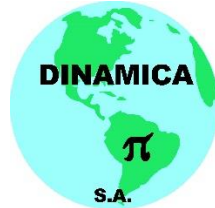
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE
LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y
RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA”

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 BOSQUE CALDERÓN

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.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		




HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
IDIGER	SUPERVISOR	CD
INTERVENTORÍA	DIRECTOR	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
01	CUERPO DEL INFORME		EDICIÓN

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por:	Ingeniero Edgar Osorio
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







 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

TABLA DE CONTENIDO

1	GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS	15
2	INTRODUCCIÓN	19
3	OBJETIVOS	20
4	ALCANCE	21
5	ANTECEDENTES TÉCNICOS	22
6	LOCALIZACIÓN DE LOS SECTORES DE ESTUDIO	22
6.1	SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA, LOCALIDAD DE CHAPINERO	22
7	REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN ANTECEDENTE	23
7.1	SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA, LOCALIDAD DE CHAPINERO	23
7.1.1	ZONIFICACIÓN POR AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA	38
7.2	REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA OBTENIDA.	38
7.2.1	SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN	39
8	HALLAZGOS DE LA VISITA	47
8.1	SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA	47
9	TOPOGRAFÍA.	53
9.1	JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL	53
9.1.1	SECTOR 1 – BOSQUE CALDERÓN TEJADA	53
9.2	INTRODUCCIÓN TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL.	57
9.3	OBJETIVOS	57
9.3.1	OBJETIVO GENERAL	57
9.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	57
9.4	LOCALIZACIÓN	57
9.5	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	58
9.5.1	MATERIALIZACIÓN DE VÉRTICES	58
9.6	GEORREFERENCIACIÓN	60
9.7	CÁLCULO Y POST PROCESO	62
9.7.1	COORDENADAS GEOGRÁFICAS ÉPOCA 2021.08	63
9.8	COORDENADAS ÉPOCA 2018.0	63
9.8.1	CALCULO VELOCIDADES Y COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2018.064	

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

9.8.2	CONVERSIÓN DE COORDENADAS ELIPSOIDALES A CARTESIANAS ORIGEN MOSQUERA.	65
9.8.3	FICHAS LOCALIZACIÓN GPS.	66
9.9	POLIGONAL	67
9.10	LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO	69
9.11	LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO	70
9.12	EQUIPO Y SOFTWARE UTILIZADOS	71
9.13	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON.	71
10	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO	72
10.1	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO	72
10.2	ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA	72
11	MODELO GEOLÓGICO BOSQUE CALDERÓN	74
11.1	GEOLOGÍA REGIONAL	74
11.2	ESTRATIGRAFÍA	74
11.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	76
11.4	GEOLOGÍA LOCAL	77
11.4.1	ESTRATIGRAFÍA	77
11.4.2	FORMACIÓN ARENISCA DE LABOR TIERNA (K2LT):	77
11.4.3	DEPÓSITO DE COLUVIÓN (QCO):	79
11.4.4	DEPÓSITOS DE DESLIZAMIENTO (QD):	80
11.4.5	DEPÓSITO ALUVIAL (QA):	81
11.4.6	DEPÓSITO ANTRÓPICO (QRA):	81
11.5	EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA	81
11.5.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS GEOFORMAS	81
11.5.2	LEVANTAMIENTO GEOMORFOLÓGICO	82
11.6	ANÁLISIS MULTITEMPORAL CON ÉNFASIS EN MINERÍA Y CANTERAS	83
11.7	MODELO GEOLÓGICO	90
12	HIDROLOGÍA.	91
12.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL	91
12.1.1	PRECIPITACIÓN	91
12.1.2	TEMPERATURA MEDIA ANUAL	92
12.1.3	NÚMERO DE DÍAS CON LLUVIA	92

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p> <p>VERSIÓN 1</p>	
--	---	---

12.1.4	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	93
12.2	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA	97
12.3	REVISIÓN DE ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA EN BOGOTÁ	97
12.4	SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN Y SITIO 2 PARAÍSO	101
12.4.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA	101
12.4.2	ANÁLISIS CLIMÁTICO CON INFORMACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS	104
12.4.3	CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)	109
12.5	RED DE DRENAJE BOSQUE CALDERÓN	111
13	ESTUDIO GEOTÉCNICO SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA	114
13.1	ANTECEDENTES	114
13.1.1	INFORMACIÓN DE REFERENCIA CT-8097 Y CT-8542 INSTITUTO DISTRITAL DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO (IDIGER)	114
13.1.2	ESTUDIO DE ELABORACIÓN DE DISEÑO DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.”, REALIZADO POR LA FIRMA GEODINÁMICA INGENIERÍA LTDA EN EL AÑO 2006.	119
13.1.3	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	123
13.1.4	SECRETARIA DE PLANEACIÓN DISTRITAL (2018). DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE. ESTUDIOS BÁSICOS. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO.	125
13.2	ASPECTOS SÍSMICOS	126
13.3	GEOLOGÍA LOCAL	128
13.3.1	ESTRATIGRAFÍA	128
13.4	GEOMORFOLOGÍA	130
13.4.1	PROCESOS MORFODINÁMICOS	132
13.5	INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	132
13.5.1	EXPLORACIÓN DIRECTA	132
13.5.2	PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	135
13.5.3	NIVEL FREÁTICO	138
13.5.4	RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	139
13.5.5	ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT	140

13.5.6	EXPLORACIÓN INDIRECTA	143
13.5.7	ENSAYOS DE LABORATORIO	153
13.6	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	161
13.7	MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO.	166
13.8	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.	168
13.8.1	ANÁLISIS CONCEPTUAL DE ESTABILIDAD	168
13.8.2	CONSIDERACIONES PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	169
13.8.3	CONDICIÓN NORMAL	170
13.8.4	CONDICIÓN EXTREMA	170
13.8.5	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	171
13.8.6	SECCIONES DE ANÁLISIS SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA	172
13.8.7	SECCIÓN 3-3 ANÁLISIS DE CAIDA DE ROCAS	187
13.9	ANÁLISIS DE RESULTADOS	188
13.10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	190
13.10.1	TIPO DE MATERIALES	190
13.10.2	RESULTADOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	190
13.10.3	RECOMENDACIONES	191
14	LIMITACIONES	193
15	BIBLIOGRAFÍA:	194

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coordenadas delimitación del Polígono Bosque Calderón Tejada – Localidad Chapinero.....	22
Figura 2. Afectación por socavación en los interiores 3 y 4 de la Diagonal 58 No. 4ª – 53 Este. Fotografías asociadas a socavación en las márgenes de la Quebrada Las Delicias. DI-2414. Mayo de 2005. DPAE (2005).....	33
Figura 3. Aspecto del sector del sendero peatonal de los salones de 1º y 2º de primaria que ha sufrido hundimientos y agrietamientos con aberturas mayores a 2.0 cm. Fotografías asociadas a deformación del sendero peatonal de acceso a salones de clase Diagonal 58 No. 4 – 74 Este (Colegio Simón Rodríguez Sede C) . DI-3326 agosto de 2007. DPAE (2007).	33
Figura 4. Vista del proceso de remoción en masa identificado el cual movilizó aproximadamente 15 m3 que se depositaron sobre la bifurcación que da acceso a la Avenida Circunvalar y al interconector de la calle 63 desde el oriente. Fotografías asociadas flujo de lodos Avenida Circunvalar - Interconector de la Calle 63 . DI-4916 noviembre de 2010. DPAE (2010).....	34

Figura 5. Vista de la margen izquierda de la quebrada las Delicias, donde se implementó como medida de estabilización un gavión, el cual al momento de la inspección visual presenta falla, identificada por la pérdida de verticalidad del mismo hacia la quebrada Las Delicias. Fotografías asociadas falla de muro de gaviones en el cauce de la Quebrada Las Delicias. DI-6711. Octubre 19 de 2012. FOPAE (2012) 34

Figura 6. Vista del talud desde la cima de la ladera, donde se emplazaba la vivienda, se parecía el grado de pendiente, el tipo de material limo arcilloso suelto, así como la ubicación de la zona de baño. Fotografías asociadas con la falla estructural de una vivienda. DI-7619. Octubre 17 de 2014. FOPAE (2014) 35

Figura 7. Fotografía asociada con la falla del talud en la Transversal 4 Este con Diagonal 57. DI-7695. Noviembre de 2014. FOPAE (2014) 35

Figura 8. Vista principal del puente afectado el cual sirve de acceso al predio ubicado en la Diagonal 57 No. 4B-13 Este del sector catastral Ingemar de la Localidad de Chapinero. Fotografías asociadas con la falla estructural de puentes peatonales en madera sobre la Quebrada Las Delicias. DI-8335. Marzo 8 de 2015. IDIGER (2015) 36

Figura 9. Vista general del pontón que se encuentra sobre la Transversal 5 Este en el cruce con la Quebrada Las Delicias. DI-9848. Noviembre 16 de 2016. IDIGER (2016)..... 36

Figura 10. Fotografía asociada con el desprendimiento de materiales superficiales en el talud del costado oriental al interceptor de aguas lluvias de la Empresa de Acueducto de Bogotá, TV 7 Este No. 58 A 49. DI-10721. Mayo de 2017. IDIGER (2017) 37

Figura 11. Fotografías asociadas con los movimientos en masa identificados en la margen izquierda de la Quebrada las Delicias por socavación lateral del cauce. DI-10819. Julio de 2017. IDIGER (2017) 37

Figura 12. Zonificación por amenaza por remoción en masa para el área de estudio Sitio 1 Bosque Calderón Tejada. IDIGER (2018) 38

Figura 13. Clasificación de Zonas-EAAB 41

Figura 14. Predios del Sistema de Abastecimiento de los Cerros Orientales 42

Figura 15. Mapas Estratégicos de Ruido-Bosque Calderón 43

Figura 16. Puntos de Monitoreo-Bosque Calderón 44

Figura 17. Programas Sociales-Barrio Bosque Calderón Tejada 45

Figura 18. Polígono de Estudio-Barrio Bosque Calderón 45

Figura 19. Franja de Adecuación Cerros Orientales-Bosque Calderón 46

Figura 20. Área de Clasificación de Suelo Rural y Utilidad Pública 46

Figura 21. Vista en planta del área de estudio del sitio 1 48

Figura 22. Evidencia de la invasión de la zona de ronda de la quebrada las delicias por construcciones de 1 y hasta de 3 pisos..... 54

Figura 23. Evidencia de la invasión del cauce de la quebrada. 4°38'21.36"N, 74° 3'13.98"O 54

Figura 24. Evidencia de ocupación de cauce y vegetación frondosa, al fondo viviendas dentro de la zona de ronda de la quebrada..... 54

Figura 25. Construcciones palafíticas, puente de acceso a predios de la margen izquierda de la quebrada Las Delicias..... 54

Figura 26. Talud en lote IDU, registro de movimiento anterior véase capítulo 6..... 55

Figura 27. Depósito de talus en la parte superior del barrio Bosque Calderón y aguas arriba del puente vehicular en concreto.	55
Figura 28. Presencia de viviendas en la zona de ronda de la quebrada. Margen derecha.	55
Figura 29. Viviendas construidas con palafitos en concreto que se apoyan directamente sobre la zona del cauce de la quebrada Las Delicias (margen derecha).....	55
Figura 30. Imagen de la ronda de la quebrada Las Delicias. Sector Bosque Calderón Tejada zona de levantamiento en blanco.....	56
Figura 31. Localización tramo Bosques.	58
Figura 32. Dimensiones requeridas para mojoneras en concreto, Fuente Norma NS30-V5.3 – EAAB.	59
Figura 33. Registro demarcación placas.	59
Figura 34. Localización puntos GPS 3 y 4 Tramo Bosques.....	60
Figura 35. Localización puntos GPS.	61
Figura 36. Esquema de Determinación GPS - Reporte Calculo TOPCON TOOLS.	63
Figura 37. MAGNA SIRGAS PRO 4.2 – Cálculo de Velocidades con la función Calculo Archivo.....	64
Figura 38. Coordenadas Geocéntricas - Cálculo de velocidades - Época 2021.24.	65
Figura 39. Ejemplo Calculo Coordenadas Planas Cartesianas.	66
Figura 40. Ficha Localización GPS.	67
Figura 41. Esquema poligonal tramo Bosques.....	69
Figura 42. Ficha Levantamiento Topográfico.	70
Figura 43. GPS TOPCON GR5.....	71
Figura 44. Estación Total STONEX R1 PLUS.	71
Figura 45. Mapa geológico regional. Modificado de INGEOMINAS- 1997.....	75
Figura 46. Columna estratigráfica Formación Arenisca de Labor.....	79
Figura 47. Fotografía aérea IGAC año 1955. Esc. 1:4000.	85
Figura 48. Fotografía aérea IGAC año 1984. Esc. 1:4000.	86
Figura 49. Ortofoto año 2021. Esc. 1:4000.	88
Figura 50. Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos. Esc. 1:4000.	89
Figura 51. Precipitación media anual para el departamento Cundinamarca.....	91
Figura 52. Temperatura media anual (°C) en el departamento de Cundinamarca.....	92
Figura 53. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca.	93
Figura 54. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca.	93
Figura 55. Clasificación Climática del departamento de Cundinamarca.	94
Figura 56. Precipitación total anual en la ciudad de Bogotá D.C.....	95
Figura 57. Distribución de la Temperatura media anual.	96
Figura 58. Precipitación media anual estudio IDEAM-FOPAE.	98
Figura 59. Precipitación media anual estudio Euscátegui-IDIGER.	99
Figura 60. Temperatura media anual estudio IDEAM-FOPAE.	100
Figura 61. Número de días con lluvia medio anual estudio Euscátegui-IDIGER.	100
Figura 62. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Bosque Calderón.....	101
Figura 63. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Paraíso.....	102

Figura 64. Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2.....	105
Figura 65. Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios 1 y 2.	106
Figura 66. Promedio mensual anual de la precipitación sitio 1 y 2.	108
Figura 67. Variación espacial de la Precipitación media anual sitios 1 y 2.	108
Figura 68. Temperatura máxima y mínima mensual promedio para sitio 1 y 2.....	109
Figura 69. Curva IDF estación El Granizo para sitios 1 y 2.	110
Figura 70. Red de acueducto y polígono.....	111
Figura 71. Red de alcantarillado pluvial y polígono.	112
Figura 72. Red de alcantarillado sanitario y polígono.....	113
Figura 73. Mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa para el barrio Bosque Calderón Tejada.	118
Figura 74. Localización del área de estudio y secciones de análisis.	121
Figura 75. Se observa la Corona del deslizamiento en arcillas habanas de la Formación Guaduas.....	121
Figura 76. Zonificación por respuesta sísmica para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada.	127
Figura 77. Localización de exploración del subsuelo – sitio 1.	133
Figura 78. Registro fotográfico de algunas de las muestras obtenidas de los sondeos..	135
Figura 79. Variación del valor de N del ensayo de SPT con la profundidad.	140
Figura 80. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito antrópico.	141
Figura 81. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito coluvial.....	142
Figura 82. Estimación de parámetros de resistencia para el nivel de arcillolita de la Formación Guaduas.	142
Figura 83. Localización de líneas de refracción sísmica– sitio 1.	144
Figura 84. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-1 (Velocidad en km/s).	144
Figura 85. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-1.	145
Figura 86. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-2 (Velocidad en km/s).	146
Figura 87. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-2.	146
Figura 88. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-3 (Velocidad en km/s).	147
Figura 89. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-3.	148
Figura 90. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-4 (Velocidad en km/s).	149
Figura 91. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-4.	149
Figura 92. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-5 (Velocidad en km/s).	150
Figura 93. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-5.	151



Figura 94. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-6 (Velocidad en km/s).....	152
Figura 95. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-6.	152
Figura 96. Variación de la humedad y los límites de Atterberg con la profundidad.....	154
Figura 97. Carta de plasticidad para los materiales cohesivos presentes en el sitio 1....	155
Figura 98. Variación del peso unitario con la profundidad.....	156
Figura 99. Variación del peso específico con la profundidad.....	157
Figura 100. Variación del contenido de gravas, arenas y finos con la profundidad.	158
Figura 101. Variación de la resistencia al corte no drenado con la profundidad.....	159
Figura 102. Variación de la cohesión drenada y el ángulo de fricción con la profundidad.	160
Figura 103. Variación resistencia a la compresión en roca con la profundidad.	161
Figura 104. Determinación de parámetros de resistencia para arcillolita de la Formación Guaduas.....	163
Figura 105. Determinación de parámetros de resistencia para arenisca labor tierna.	164
Figura 106. Mapa de geología y secciones de análisis A-A' (Sentido Norte – Sur) y B-B' (sentido Oriente – Occidente).	166
Figura 107. Sección A-A' (Sentido Norte – Sur).....	166
Figura 108. B-B' (sentido Oriente – Occidente).....	167
Figura 109. Localización en planta de secciones de análisis.	172
Figura 110. Modelo geotécnico Sección A-A'.....	173
Figura 111. Sección A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias. Condición normal. FS=1.12.....	173
Figura 112. Sección A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias. Condición extrema agua. FS=0.69.....	174
Figura 113. Sección A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias. Condición extrema sismo. FS=0.80.....	174
Figura 114. Sección A-A' Margen derecha de la Qda. Las Delicias. Condición normal. FS=1.99.....	175
Figura 115. Sección A-A' Margen derecha de la Qda. Las Delicias. Condición extrema agua. FS=1.97.....	175
Figura 116. Sección A-A' Margen derecha de la Qda. Las Delicias. Condición extrema sismo. FS=1.45.....	176
Figura 117. Sección B-B' Condición normal. FS=1.22.....	176
Figura 118. Sección B-B'. Condición extrema agua. FS=0.86.....	177
Figura 119. Sección B-B'. Condición extrema sismo. FS=0.82.....	177
Figura 120. Sección 1-1' Condición normal. FS=2.26.....	178
Figura 121. Sección 1-1'. Condición extrema agua. FS=1.57.....	178
Figura 122. Sección 1-1'. Condición extrema sismo. FS=1.23.....	179
Figura 123. Sección 2-2' Condición normal. FS=1.07.....	179
Figura 124. Sección 2-2'. Condición extrema agua. FS=0.63.....	180
Figura 125. Sección 2-2'. Condición extrema sismo. FS=0.84.....	180

Figura 126. Sección 3-3' Condición normal. FS=1.01	181
Figura 127. Sección 3-3'. Condición extrema agua. FS=0.47	181
Figura 128. Sección 3-3'. Condición extrema sismo. FS=0.72	182
Figura 129. Sección 4-4' Condición normal. FS=2.29	182
Figura 130. Sección 4-4'. Condición extrema agua. FS=1.36	183
Figura 131. Sección 4-4'. Condición extrema sismo. FS=1.36	183
Figura 132. Sección 5-5' Condición normal. FS=1.49	184
Figura 133. Sección 5-5'. Condición extrema agua. FS=1.023.....	184
Figura 134. Sección 5-5'. Condición extrema sismo. FS=1.09	185
Figura 135. Sección A-A'. Escenario con obras condición normal. FS=3.21	185
Figura 136. Sección A-A'. Escenario con obras condición extrema sismo (kst=0.18g). FS=1.26.....	186
Figura 137. Sección 2-2'. Escenario con obras condición normal. FS=1.21	186
Figura 138. Sección 2-2'. Escenario con obras condición extrema sismo (Kst=0.18g). FS=0.85.....	187
Figura 139. Sección 3-3'.....	188

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Revisión de información de diagnósticos técnicos del IDIGER para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada	25
Tabla 2 – Información Secundaria Suministrada Por Entidades.....	38
Tabla 3 – Registro fotográfico de visita sitio Bosque Calderón Tejada.....	50
Tabla 4 –Resumen registro fotográfico.	54
Tabla 5 – Coordenadas aproximadas de los polígonos para Topografía.....	56
Tabla 6 – Coordenadas Base IGAC- Geocéntricas - semana 2148.	62
Tabla 7 Coordenadas Geográficas época 2021.08.	63
Tabla 8 - Coordenadas Planas Cartesianas Origen Bogotá 2011 – 2018.0.	65
Tabla 9 – Unidades Geomorfológicas.	83
Tabla 10 – Clasificación de acuerdo con índice de compacidad.	103
Tabla 11 – Clasificación de acuerdo con el factor de forma de Horton.....	103
Tabla 12 – Coeficiente de compacidad y factor de forma cuencas sitios 1 y 2.....	103
Tabla 13 – Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2.....	104
Tabla 14 – Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios1 y 2.....	105
Tabla 15 – Parámetros de ajuste para la ecuación de la curva IDF estación El Granizo.110	110
Tabla 16 – Valores curva IDF estación El Granizo.....	110
Tabla 17 – Resultado del mapa de procesos dinámicos.	116
Tabla 18 – Coordenadas sitio de deslizamiento.....	119
Tabla 19 – Perfil estratigráfico.	122
Tabla 20 – Perfil estratigráfico.	122
Tabla 21 – Resumen corte directo.	123

Tabla 22 – Resumen Compresión inconfinaada.....	123
Tabla 23 – Resumen parámetros geotécnicos en modelo de estabilidad.....	124
Tabla 24 – Resumen análisis de estabilidad.....	125
Tabla 25 – Parámetros sísmicos del espectro de respuesta para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada.....	126
Tabla 26 – Unidades Geomorfológicas.....	131
Tabla 27 – Localización de sondeos sitio 1.....	132
Tabla 28 – Profundidad del nivel freático.....	138
Tabla 29 – Localización de líneas de refracción sísmica Bosque Calderón Tejada.....	143
Tabla 30 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-1.....	145
Tabla 31 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-2.....	147
Tabla 32 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-3.....	148
Tabla 33 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-4.....	150
Tabla 34 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-5.....	151
Tabla 35 – Determinación de módulos de elasticidad y cortante a partir de la línea de refracción sísmica L-6.....	153
Tabla 36 – Resumen de ensayos de laboratorio ejecutados.....	153
Tabla 37 – Materiales geológicos encontrados en el sitio 1.....	162
Tabla 38 – Resultados de ensayo de corte directo sobre muestras de relleno antrópico	165
Tabla 39 – Resultados de ensayo de corte directo sobre muestras de relleno antrópico	165
Tabla 40 – Parámetros geotécnicos para materiales en el sitio 1.....	165
Tabla 41 – Factores de seguridad para evaluar la amenaza por remoción en masa.....	170
Tabla 42 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad.....	171
Tabla 43 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad en el escenario con obras	192

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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:

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 13</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 14</p>
--	------------------------------------	--------------------



1 GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS

°C	:	Grados centígrados	E	:	Este, Empujes laterales
a	:	Angulo de inclinación de la superficie	EAAB	:	Empresa de Acueducto y Alcantarilla de Bogotá
Ac	:	Acanalado	EH	:	Empuje horizontal
AD	:	Abanico disectado	EQ	:	Carga de sismo
Afr	:	Afloramiento rocoso	ER	:	Excesiva ramificación
Al	:	Área en contacto con el suelo p L Db	Es	:	Módulo de Elasticidad del suelo
An	:	Anillado, Antracnosis	ETP	:	Evapotranspiración
B	:	Bifurcado	f	:	Angulo de fricción del material de corte*
BB	:	Bifurcaciones basales	Fis	:	Fisura
Cav	:	Cavidad	FRM	:	Fenómenos por remoción en masa
Ch	:	Chancros	FS	:	Factor de seguridad
cm	:	Centímetro	GDI	:	Grados de inclinación
Co	:	Conservar	Go	:	Gomosis
D	:	Ancho o diámetro del caisson	Gri	:	Grietas
D.C	:	Distrito Capital	ha	:	Hectárea
DANE	:	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	He	:	Herbivoría
DC	:	Carga por peso propio	H _{estrato}	:	Espesor o altura del estrato
D _c	:	Descortezado	Hw	:	Altura del nivel de agua
D _d	:	Densidad de drenaje	IDEAM:	:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
DDR	:	Desgarre de rama	IDF	:	Intensidad-Duración-Frecuencia
DEF	:	Deficiente estado físico	IDIGER:	:	Instituto de gestión de riesgos y cambio climático
Des	:	Descope			
DV	:	Desplazamientos verticales			



 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

IDRD : Instituto Distrital de Recreación y Deporte	LC : Ladera coluvial
IDU : Instituto de desarrollo urbano	LL : Límite líquido
IGAC : Instituto Geográfico Agustín Codazzi	LP : Límite plástico
IIV : Interferencia infraestructura vial	LRS : Línea de refracción sísmica
IMU : Interferencia infraestructura de mobiliario urbano	LS : Sobre carga vehicular
INVIAS: Instituto Nacional de Vías	m : Metros
IP : Índice de plasticidad	M# : Número de material
IRa : Interferencia redes de acueducto	m/s : metros por segundo
IRe : Interferencia redes eléctricas	m ² : metro cuadrado
Iwp : Factores de influencia.	m ³ : metro cubico
JBB : Jardín Botánico de Bogotá	MI : Muy inclinado
K : Permeabilidad	MM : Movimientos en masa
K2E1g: Formación Guaduas	mm : Milímetros
Ka : Coeficiente de presión activa	mm/h : Milímetro por hora
Kc : Índice de compacidad	Mon : Montículo
Kf : Factor de forma	Mpa : Mega pascales
Kh : Coeficiente de aceleración sísmica	msnm : Metros sobre el nivel del mar
km : Kilometro	N : Norte
km ² : Kilómetro cuadrado	n : Coeficiente de rugosidad de Manning
Kv : Coeficiente de aceleración vertical (g)	N (golpes/pie) : Número de golpes por pie
LA : Ladera antrópica	Na : No apreciable, Ninguna de las anteriores
	Nc : Factor de capacidad de carga
	NE : Norte-Este

NF	:	Nivel freático	Qwp	:	Carga tomada en la punta del pilote bajo condición de carga de trabajo.
NI	:	Ninguna	RCD	:	Residuos de construcción y demolición
NO	:	Normal	Ro	:	Royas
NR	:	No se reporta nivel freático	RQD	:	Rock Quality Designation
NS	:	Norte-Sur	ru	:	Relación de presión de poros y esfuerzo total
NSR	:	Norma Sismo resistente Colombiana 2010	Rv	:	Red vial y territorios asociados
NW	:	Norte-Oeste	S	:	Sur
P (mm)	:	Precipitación	S#	:	Número de sondeo
P#	:	Número de perfil	S%	:	Pendiente
PM ₁₀	:	Parte por millón	SDA	:	Secretaría Distrital de Ambiente
PMA	:	Plan de manejo ambiental	SIC	:	Sistemas de Información Ambiental de Colombia
POT	:	Plan de ordenamiento territorial	SPT	:	Ensayo de penetración estándar
PV	:	Peligro de volcamiento	Su	:	Resistencia al corte no drenada
Q	:	Caudal	Su	:	Resistencia al corte no drenada
q'	:	$\tan^{-1}(K_h/(1-K_v))$	t	:	Toneladas
Qal	:	Aluvión reciente	T°	:	Temperatura
Qda	:	Depósito antrópico	Tc	:	Tiempo de concentración
Qdp	:	Depósito de pendiente	TE	:	Tratamiento especial
Qft	:	Depósito fluvio-torrencial	TI	:	Tratamiento integral
qp	:	Resistencia unitaria de punta	TR	:	Periodo de retorno
Qs	:	Resistencia unitaria por fricción	Tuc	:	Tejido urbano continuo
Q _{sadm}	:	Carga de diseño transferida al componente friccional			
Qsra	:	Suelo residual arcilloso			

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

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

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

2 INTRODUCCIÓN



El presente documento tiene como fin mostrar los resultados de los trabajos adelantados en el polígono Bosque Calderón 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 de 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 Bosque Calderón en el numeral 3 se establece el alcance de este informe.



<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 19</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 20</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 21</p>
--	------------------------------------	--------------------

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 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 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA, 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 Bosque Calderón Tejada – Localidad Chapinero.

Fuente IDIGER 2020.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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 la 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 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA, LOCALIDAD DE CHAPINERO

Para el caso del área de estudio correspondiente al Sitio 1 Bosque Calderón Tejada fueron consultados 14 diagnósticos técnicos registrados entre los años 2005 a 2017, de los cuales se elaboró para el presente estudio la Tabla 1 que resume 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.



De la Tabla 1 se puede mencionar que los diagnósticos se ubican principalmente entre la Avenida Circunvalar y la Transversal 7 Este, y entre la Diagonal 55 a la Calle 61, siendo el área con mayores reportes la aferente al Cauce de la Quebrada Las Delicias. Para el sector oriental del área de estudio y por encima de la transversal 7 Este no se encontraron diagnósticos técnicos.

En general, se observa que en el costado sur del área de estudio se ha presentado socavación lateral y deslizamientos de las márgenes de la Quebrada Las Delicias, la cual durante las lluvias intensas incrementa su caudal y produce el arrastre de materiales y la desestabilización de las márgenes. Este hecho hace que las viviendas construidas en las márgenes y directamente sobre el cauce de la quebrada se vean afectadas en sus estructuras. En este sentido el diagnóstico técnico DI-10819 de 2019 indica la presencia de movimientos en masa sobre la margen izquierda de la Quebrada Las Delicias.

Así mismo llama la atención, la afectación por socavación y deterioro estructural de los puentes peatonales en madera construidos para dar acceso a las viviendas que sobre el cauce de la quebrada se han construido.

En el año 2007 se reportó en el diagnóstico DI-3326 de agosto de 2007 un movimiento de remoción en masa tipo reptación el cual se localizó sobre la Diagonal 58 No. 4 – 74 Este (Colegio Simón Rodríguez Sede C), tal como se muestra en la siguiente Figura, cabe resaltar que durante la visita de campo realizada al sitio de estudio en febrero de 2021 este tipo de movimiento de reptación no se identificó en el área.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 23</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

Por otra parte los diagnósticos son recurrentes sobre eventos de flujos de lodos y desprendimiento de materiales sobre la Avenida Circunvalar y el Interconector de la Calle 63, esto debido principalmente a la falta de medidas de protección y/o estabilización del talud vial como también el aporte de aguas de infiltración desde la parte alta del barrio Bosque Calderón Tejada entre las calles Diagonal 58 a Calle 61.

En el costado nor-oriental del sitio de estudio se revisó el diagnóstico técnico DI-10721 en el cual se reporta un desprendimiento de materiales del talud superior del costado oriental del canal interceptor de aguas lluvias de la Empresa de Acueducto de Bogotá. Es importante mencionar, que sobre dicho canal durante la visita se observaron viviendas que han empleado rellenos antrópicos para conformar el nivel de base de las construcciones, sin respetar una distancia mínima al borde del canal.

Tabla 1 – Revisión de información de diagnósticos técnicos del IDIGER para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
1	DI-2414	Mayo 5 de 2005	Diagonal 54 No. 4 ^a – 53 Este	Se presentó en el sector de las diagonales 57 y 58 entre la Avenida Circunvalar (Sentido Sur - Norte) y la carrera 48 Este, un deslizamiento asociado a la socavación lateral y profundización del cauce en varios sectores de la Quebrada Las Delicias.	Socavación lateral, deslizamiento de las márgenes de la Quebrada Las Delicias	Lluvias intensas	Colapsó un muro en gaviones y de un puente provisional en madera Carrera 4B Este.
2	DI-2663	Marzo 2 de 2006	Transversal 4 Este con Calle 61	Se presentaron daños como agrietamientos en diferentes predios evaluados	Daños estructurales en viviendas de mampostería	Posible incidencia de la construcción de obras de la Fundación Universitaria Manuela Beltrán	9 Viviendas de mampostería
3	DI-3326	Agosto 22 de 2007	Diagonal 58 No. 4 – 74 Este (Colegio Simón Rodríguez Sede C)	Proceso de inestabilidad superficial de tipo reptación con acumulación de deformaciones en una ladera de aproximadamente 4m de altura, sobre la cual en la parte alta se emplaza una edificación en mampostería simple de un nivel en la que funcionan los	Flujo lento o reptación	Ausencia de medidas de protección de la ladera Manejo inadecuado de las aguas de escorrentía superficial y	Afectación del sendero peatonal de acceso a los salones



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
				salones de clase de los grados 1 ^o y 2 ^o de primaria del Colegio Simón Rodríguez Sede C.		subsuperficial en la ladera Sobrecarga que generan las raíces de los árboles que se ubican a lo largo de las laderas.	
4	DI-4109	Abril 1 de 2009	Diagonal 55 No. 3 – 92 Este	Movimiento del terreno posiblemente ubicado dentro de la zona de ronda de la Quebrada Las Delicias, se localiza en una ladera natural de aproximadamente 35 grados de inclinación cubierta por gramíneas nativas y afectada en un área de la misma cercana a los 200 m2	Movimiento complejo	Falta de medidas para el manejo de las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial en el sector de la ladera natural donde se localiza el predio en mención, la acción erosiva de la Quebrada Las Delicias sobre los taludes de corte naturales que conforman su cauce principal y las fuertes	Es posible que la acción erosiva de la Quebrada Las Delicias y fuertes lluvias detonen nuevos procesos de remoción en masa y/o reactiven el proceso de remoción en masa identificado, lo que podría generar la obstrucción parcial y/o total de la



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
						lluvias registradas en el sector.	Quebrada las Delicias.
5	DI-4916	Noviembre 23 de 2010	Avenida Circunvalar - Interconector de la Calle 63	Se presentó un proceso de remoción en masa de carácter local, tipo flujo de lodos sobre el talud de corte vial localizado hacia el costado norte de la bifurcación que da acceso a la Avenida Circunvalar y al interconector de la calle 63 desde el oriente	Flujo de lodos sobre el talud de corte vial	Falta de medidas para la protección y/o estabilización de este tramo del talud de corte vial, las altas precipitaciones presentadas en el sector a causa de la temporada invernal 2010-2011 (Fenómeno de la Niña) y principalmente la falta de mantenimiento sobre la cuneta localizada hacia la parte media del talud	Costado norte de la bifurcación que da acceso a la Avenida Circunvalar y al interconector de la calle 63 desde el oriente



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
6	DI-6556	Enero de 2012	Costado oeste de la Universidad Politécnica Gran Colombiano Calle 57 No. 3-00 Este	Se presenta un remoción en masa, con incremento en sus dimensiones a causa de la saturación de materiales, producto del vertimiento de aguas de escorrentía.	Deslizamiento del terreno	Fugas de tuberías de alcantarillado	Predios de la Cr 1 B No. 5-45 y Calle 55 No. 1 – 01.
7	DI-6711	Octubre 19 de 2012	Diagonal 58 No. 5A – 61 Este (predio aledaño al sector evaluado)	Sobre el cauce de la Quebrada Las Delicias se construyó un muro de gavión de aproximadamente 6 metros de longitud y una altura cercana a 90 centímetros; el cual al momento de la visita presenta falla identificada por la pérdida de verticalidad (aproximadamente 20 grados)	Socavación de márgenes de la quebrada	fuertes lluvias, se presenta un incremento del caudal	Obras de estabilización en la Qda. Las Delicias.
8	DI-7619	Octubre 17 de 2014	Transversal 5 Este No. 58 - 50	Se presentó el colapso súbito aproximadamente del 95% de la edificación de la Transversal 5 Este No. 58 - 50, emplazada en una ladera de una pendiente media a alta, cercana al 35%, predio con área aproximada de 240 metros cuadrados	Daño Estructural de vivienda	Deficiencias constructiva de dicha estructura y/o la falta de diseño previo que garantizara unas condiciones de estabilidad	Afectación de una vivienda



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
9	DI-7695	Noviembre 26 de 2014	Transversal 4 Este con Diagonal 57	Se presentó un proceso de remoción en masa de carácter local, tipo flujo de lodos sobre el talud de corte vial localizado hacia el costado norte de la bifurcación que da acceso a la Avenida Circunvalar y al interconector de la Calle 63 desde el oriente	Flujo de lodos	Inadecuado manejo de aguas superficiales y subsuperficiales. Filtraciones de agua en la parte alta de la ladera. Fugas de tuberías	Talud de corte vial localizado hacia el costado norte de la bifurcación que da acceso a la Avenida Circunvalar
10	DI-8335	Marzo 8 de 2015	Puente de acceso – Diagonal 57 No. 4B-13 Este	Se realizó visita técnica al sector de la Quebrada Las Delicias, aledaño al predio ubicado en la Diagonal 57 No. 48-13 Este, el cual corresponde a un lote de gran extensión donde se emplazan varias viviendas. Para tener acceso a las unidades residenciales se construyeron dos puentes en madera rolliza sobre la cual se apoya la pasarela conformada por tablonces y listones de madera sin amarres. Sobre la pasarela del puente, se dispuso material de escombros, con el fin de facilitar el tránsito de	Afectación estructural de puente en madera	---	---



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
				motos vehículos y el paso de peatona. Los puentes se construyeron sin especificaciones técnicas según lo evidenciado y dadas las lesiones físicas de los materiales y la afectación en general de los mismos, la funcionalidad está comprometida frente a cargas normales de servicio.			
11	DI-8370	Junio 25 de 2015 Julio 8 de 2015	Transversal 4 Este con Diagonal 57 y Diagonal 62 con Carrera 3 hasta la Diagonal 57 con Carrera 4B Este	Se observó que el material desprendido de la ladera en el mes de noviembre de 2014 (DI-7695), se encuentra sobre el espacio público comprometiendo la transitabilidad y funcionalidad del mismo, sin embargo, no se evidenciaron avances del proceso de remoción en masa presentado	Materia de flujo de lodos sobre espacio público	---	---
12	DI-9848	Noviembre 16 de 2016	Pontón localizado sobre la Transversal 5 Este en la intersección	Atendiendo a las acciones de monitoreo de sitios inestables que se realizan en el sector, identificando un pontón conformado por una plataforma en madera sin	--	Falta de mantenimiento del pontón	Pontón vehicular



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
			con la Quebrada Las Delicias	barandas, con una luz aproximada de 2m, un ancho de 2.5m y un galibo de 1.4m, durante la visita se observa que aproximadamente un tercio del área del carril se encuentra colapsado debido a la falta de mantenimiento de la estructura que tiene aproximadamente 60 años, de acuerdo con la información suministrada por la comunidad.			
13	DI-10721	23 de Mayo de 2017	TV 7 Este No. 58A 49	De acuerdo con la inspección visual realizada, se encuentra una zona de ladera con pendiente abrupta (20 a 45°), donde se realizaron taludes de corte y relleno para el emplazamiento de edificaciones y vías, dibujando una geometría de terrazas escalonadas. Se identificó un proceso de erosión que no afecta la vivienda emplazada en la Transversal 7 Este 58 97, se observa que el talud se encuentra saturado por	Desprendimiento de materiales	Erosión	Obstrucción de Canal interceptor de la EAAB.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020



VERSIÓN 1

No.	Diagnóstico técnico	Fecha	Localización	Descripción	Tipo de evento	Causas	Afectación
				presencia de aguas servidas que se encuentran en cercanías al canal Las Delicias.			
14	DI-10819	17 de Julio de 2017	Calle 58 No. 3 – 06 Este	Movimientos en masa identificados en la margen izquierda de la Quebrada las Delicias por socavación lateral del cauce	Socavación lateral de márgenes de la quebrada y desconfinamiento vía	Socavación lateral Ausencia de medidas de mantenimiento y/o mejoramiento	Predios y carreteable en afirmado

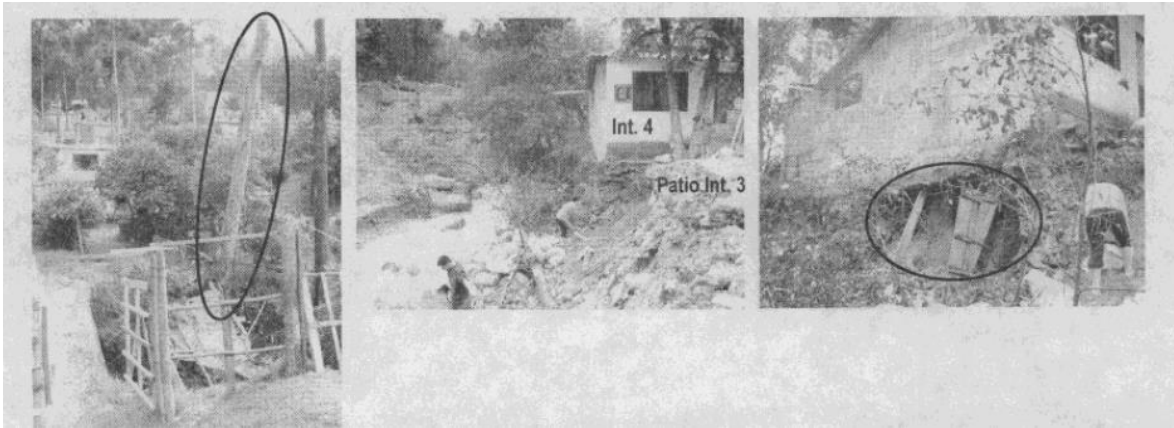


Figura 2. Afectación por socavación en los interiores 3 y 4 de la Diagonal 58 No. 4^a – 53 Este. Fotografías asociadas a socavación en las márgenes de la Quebrada Las Delicias. DI-2414. Mayo de 2005. DPAE (2005)

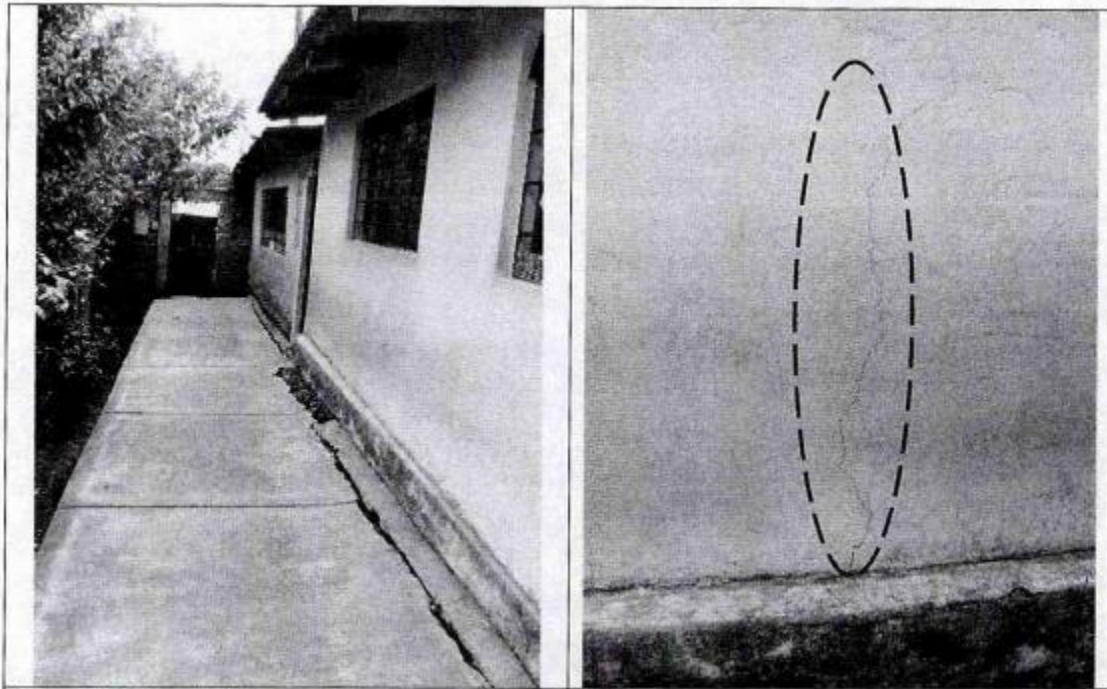


Figura 3. Aspecto del sector del sendero peatonal de los salones de 1^o y 2^o de primaria que ha sufrido hundimientos y agrietamientos con aberturas mayores a 2.0 cm. Fotografías asociadas a deformación del sendero peatonal de acceso a salones de clase Diagonal 58 No. 4 – 74 Este (Colegio Simón Rodríguez Sede C) . DI-3326 agosto de 2007. DPAE (2007).

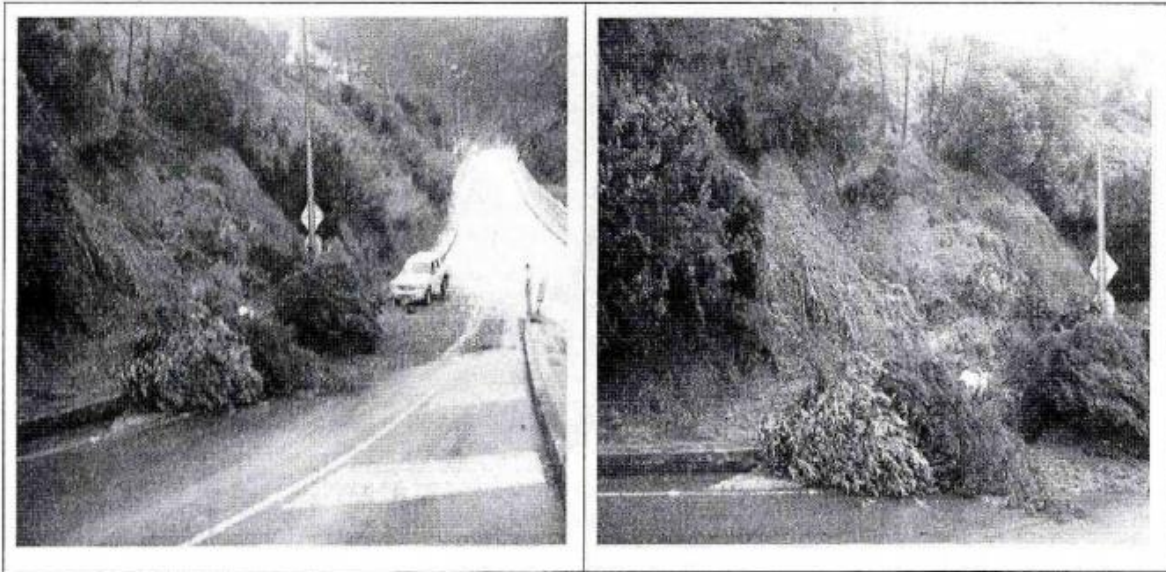


Figura 4. Vista del proceso de remoción en masa identificado el cual movilizó aproximadamente 15 m³ que se depositaron sobre la bifurcación que da acceso a la Avenida Circunvalar y al interconector de la calle 63 desde el oriente. Fotografías asociadas flujo de lodos Avenida Circunvalar - Interconector de la Calle 63 . DI-4916 noviembre de 2010. DPAE (2010)



Figura 5. Vista de la margen izquierda de la quebrada las Delicias, donde se implementó como medida de estabilización un gavión, el cual al momento de la inspección visual presenta falla, identificada por la pérdida de verticalidad del mismo hacia la quebrada Las Delicias. Fotografías asociadas falla de muro de gaviones en el cauce de la Quebrada Las Delicias. DI-6711. Octubre 19 de 2012. FOPAE (2012)

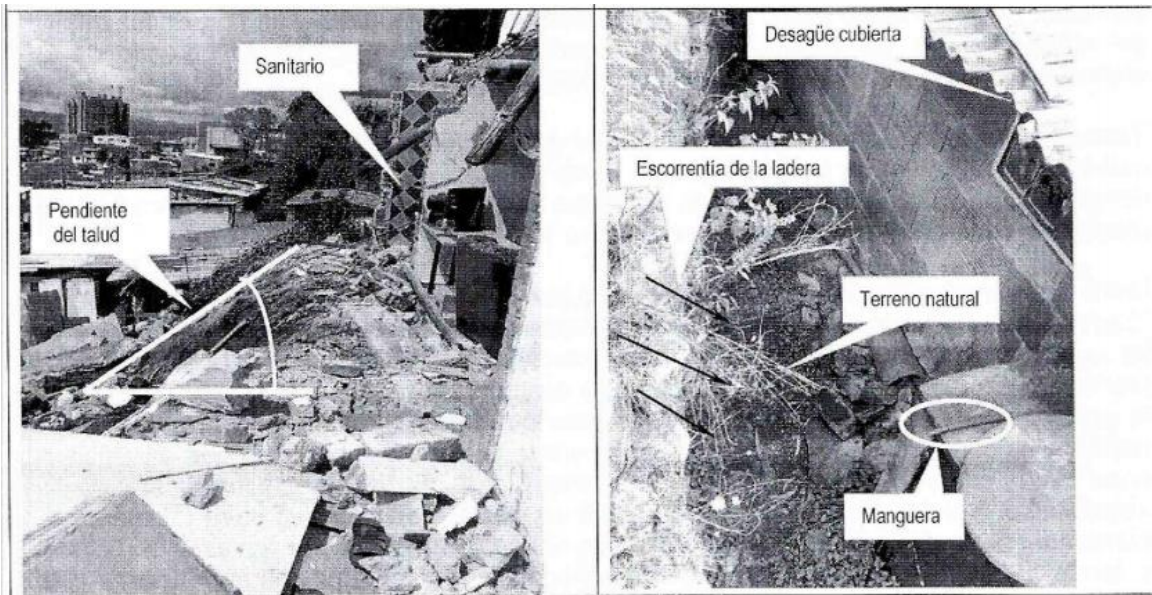


Figura 6. Vista del talud desde la cima de la ladera, donde se emplazaba la vivienda, se parecía el grado de pendiente, el tipo de material limo arcilloso suelto, así como la ubicación de la zona de baño. Fotografías asociadas con la falla estructural de una vivienda. DI-7619. Octubre 17 de 2014. FOPAE (2014)



Figura 7. Fotografía asociada con la falla del talud en la Transversal 4 Este con Diagonal 57. DI-7695. Noviembre de 2014. FOPAE (2014)

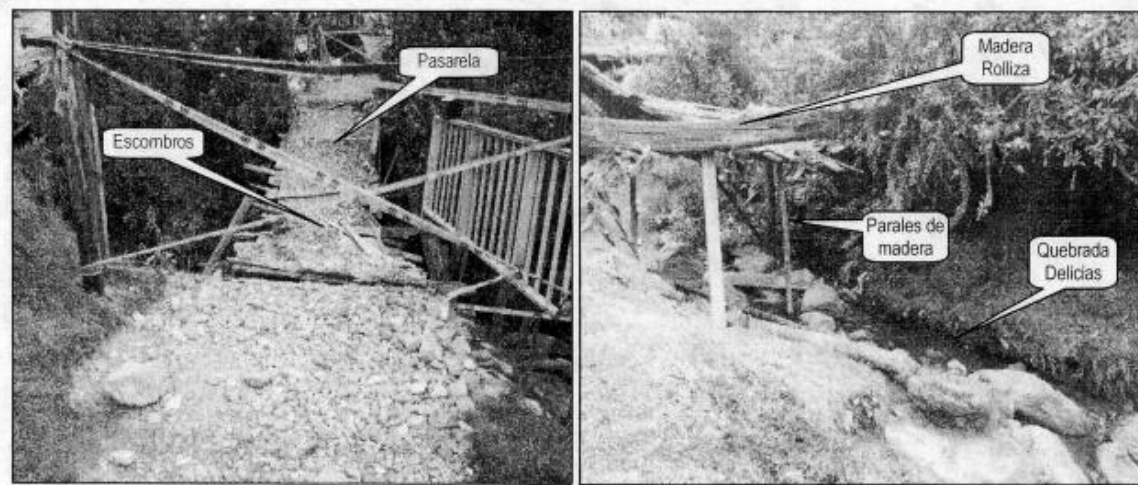


Figura 8. Vista principal del puente afectado el cual sirve de acceso al predio ubicado en la Diagonal 57 No. 4B-13 Este del sector catastral Ingemar de la Localidad de Chapinero. Fotografías asociadas con la falla estructural de puentes peatonales en madera sobre la Quebrada Las Delicias. DI-8335. Marzo 8 de 2015. IDIGER (2015)



Figura 9. Vista general del pontón que se encuentra sobre la Transversal 5 Este en el cruce con la Quebrada Las Delicias. DI-9848. Noviembre 16 de 2016. IDIGER (2016)



Figura 10. Fotografía asociada con el desprendimiento de materiales superficiales en el talud del costado oriental al interceptor de aguas lluvias de la Empresa de Acueducto de Bogotá, TV 7 Este No. 58 A 49. DI-10721. Mayo de 2017. IDIGER (2017)



Figura 11. Fotografías asociadas con los movimientos en masa identificados en la margen izquierda de la Quebrada las Delicias por socavación lateral del cauce. DI-10819. Julio de 2017. IDIGER (2017)

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 1 Bosque Calderón Tejada presenta áreas en categoría de amenaza alta, media y baja. Siendo la mayor proporción del área concentrada en categorías alta y media. En la Figura 12 se muestra dicha zonificación en la cual se aprecia que el sector aledaño a la quebrada Las Delicias tiene calificación de amenaza por remoción en masa alta, al igual que el talud en roca expuesta en la parte superior de la zona de estudio.

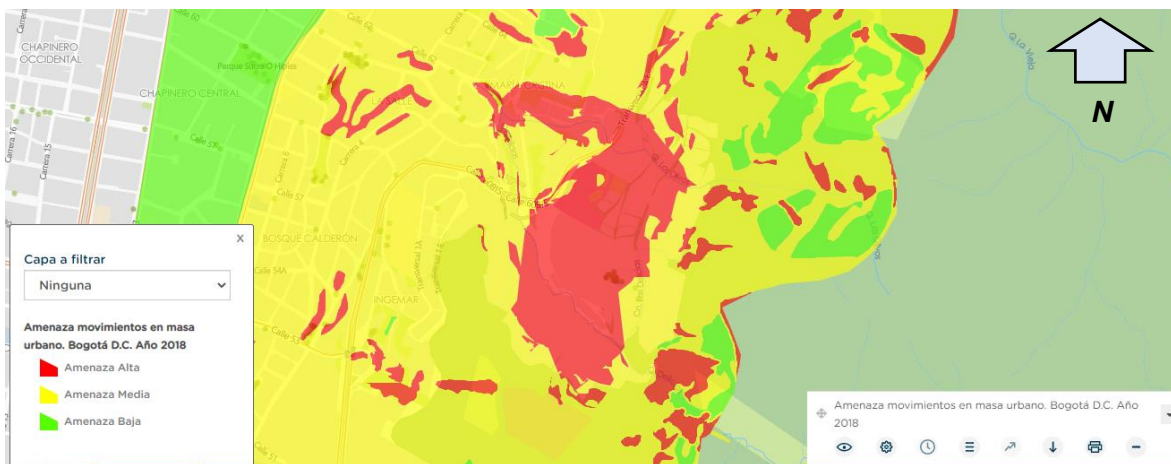


Figura 12. Zonificación por amenaza por remoción en masa para el área de estudio Sitio 1 Bosque Calderón Tejada. IDIGER (2018)

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 1 BOSQUE CALDERÓN

7.2.1.1 SECRETARÍA DEL HÁBITAT:

De acuerdo a la información suministrada por parte de la entidad, se tiene que de las 36 coordenadas que conforman el polígono de estudio están fuera de los polígonos de monitoreo 31 de esas coordenadas; de las coordenadas restantes, se tiene un punto en el polígono de monitoreo 'Quebrada a las Delicias-191' y 4 puntos, están en el polígono de prevención 'Politécnico 090'.

Por otro lado, se sabe que el polígono tiene un área de 26.5 ha, el cual se caracteriza por tener 25.49 ha de suelo rural, el corredor ecológico en la ronda de la Quebrada las Delicias con un área de 0.12 ha y la franja de adecuación de los cerros orientales con un área de 26.5 ha, esta última establecida mediante la resolución 1141 de abril de 2006 de la CAR.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

Adicionalmente, se tiene que las áreas de amenazas por movimientos en masa en zona urbana de nivel alto son de 2.18 ha, nivel medio a 24.05 ha y en nivel bajo a 0.26 ha, dentro de las cuales existen 20 ocupaciones, repartidas en 8 de tipo consolidada y 12 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 ERU:

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

7.2.1.3 EAAB:

De acuerdo a la respuesta dada por parte de EAAB, respecto al polígono de estudio, este pertenece a la Zona 2, de acuerdo a la clasificación de 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

LINK: (<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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 40</p>
--	------------------------------------	--------------------

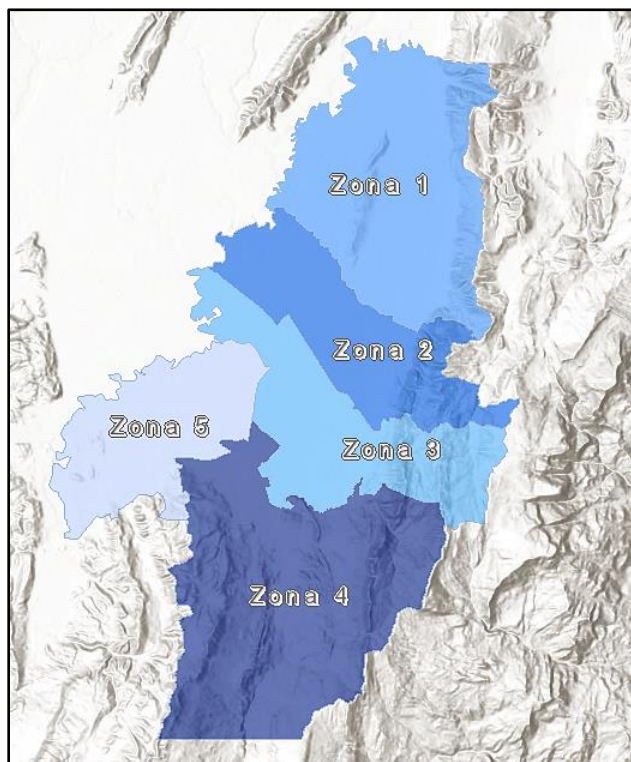


Figura 13. Clasificación de Zonas-EAAB

Fuente: Sistema de Información Geográfico EAB

Por otro lado, se tiene que en el polígono de estudio existen 34.906,1 m² corresponden a cinco predios que pertenecen al Sistema de Abastecimiento de Cerros Orientales de la localidad de Chapinero, identificados con los siguientes vértices y áreas:

- Los vértices 19, 20, y 21, se encuentran dentro del predio identificado por la EAAB con el ID CEOR-0088 (50C-1519599) en un área aproximada de 3917,3 m² del predio.



Figura 14. Predios del Sistema de Abastecimiento de los Cerros Orientales

Fuente: EAAB

7.2.1.4 IDU:

Es necesario, como primera medida, la identificación de cada una de las vías (CIV's) que están dentro del polígono de estudio, para ello se realiza la respectiva consulta en el geoportel del IDU (SIGIDU):

<https://idu.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6950db8fa2d440ffbb3946c468eaae4a>),

Donde se encuentra la información dichas vías existentes. Adicionalmente, mediante los datos abiertos del IDECA, es posible conseguir información en formato Shapefile de la malla vial de la zona.

7.2.1.5 SECRETARÍA DE AMBIENTE:

7.2.1.5.1 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, 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.

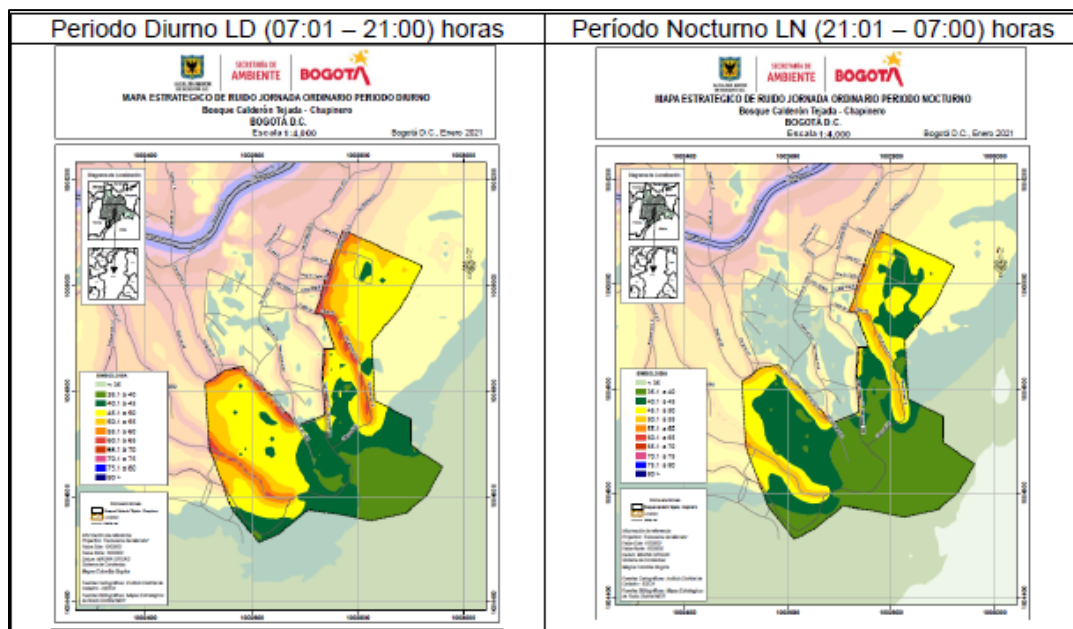


Figura 15. Mapas Estratégicos de Ruido-Bosque Calderón

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.

7.2.1.5.2 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, por lo tanto, es necesario valerse de la información 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>.

7.2.1.5.3 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/>

7.2.1.5.4 HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y CLIMATOLOGÍA:

En el polígono de estudio se encuentra una zona de jurisdicción de la CAR y la SDA, dicha zona corresponde a una parte de la cuenca alta de la Quebrada Las Delicias; de acuerdo al PMAE, este tramo de la Quebrada se desarrolla en sentido oriente-occidente sobre la zona sur del barrio Bosque Calderón, atraviesa la Avenida Circunvalar y sigue el curso en el barrio la Salle, para luego ser conducido en un colector hasta el tramo 3 del Río Salitre.

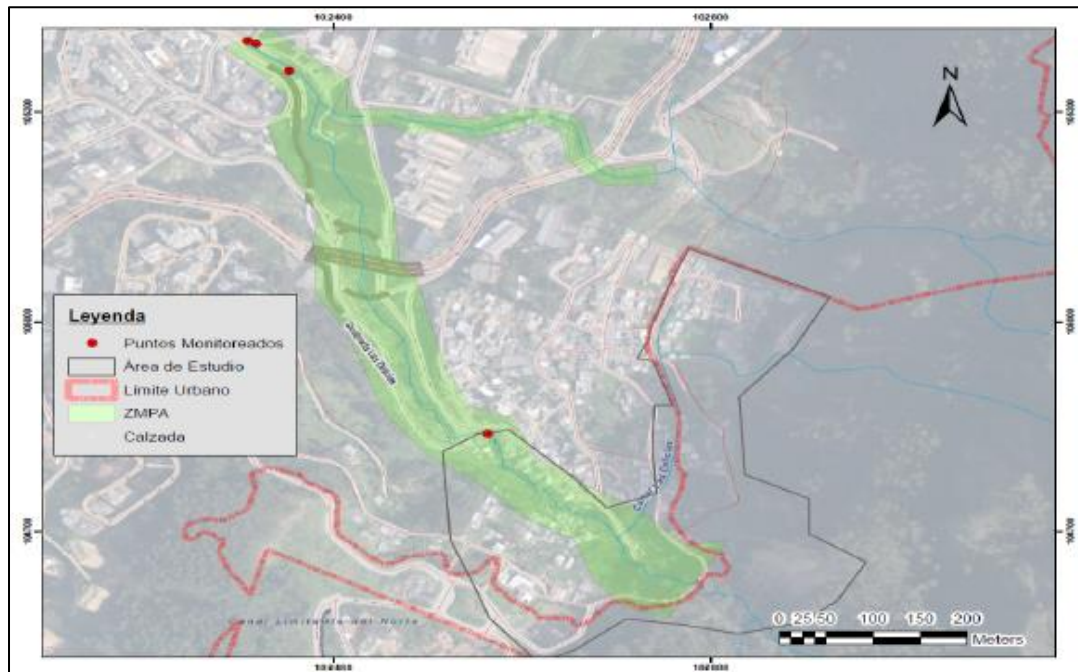


Figura 16. Puntos de Monitoreo-Bosque Calderón

Fuente: Documento de Respuesta-SDA

7.2.1.5.5 PROGRAMAS SOCIALES Y COMUNITARIOS:

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

LOCALIDAD	BARRIO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FECHA	ASISTENTES
CHAPINERO	Bosque Calderón Tejada	Se desarrolla jornada ambiental en la quebrada Las Delicias, realizando una limpieza de residuos dispuestos inadecuadamente en la ronda hídrica y concientizando a la comunidad de la importancia de este valioso ecosistema para la localidad.	12/12/2018	100
CHAPINERO	Bosque Calderón Tejada	Se realiza jornada de embellecimiento de la quebrada Las Delicias con una actividad de apropiación del espacio público con reforestación y resignificación de grafitis clandestinos.	01/02/2018	42

Figura 17. Programas Sociales-Barrio Bosque Calderón Tejada

Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Ambiente.

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 proceso de mejoramiento de mejoramiento de vivienda, así como tampoco se encuentra en zonas de priorización de la SDHT.

7.2.1.7 SECRETARIA DE PLANEACIÓN

Las normas urbanísticas del espacio público dentro del espacio del Distrito Capital, están reguladas por el Decreto 190 de 2004, en el que se establece el Plan de Ordenamiento Territorial-POT que se puede consultar en el siguiente enlace: <http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/taller-del-espacio-publico/normatividad>

El polígono de estudio se encuentra ubicado junto al Parque Ecológico Distrital de Montaña 'Cerros del Castillo', como se puede observar en la siguiente figura; por otro lado, y, de acuerdo a la base de datos de la SDP, en dicha zona no se registran proyectos de espacio público.

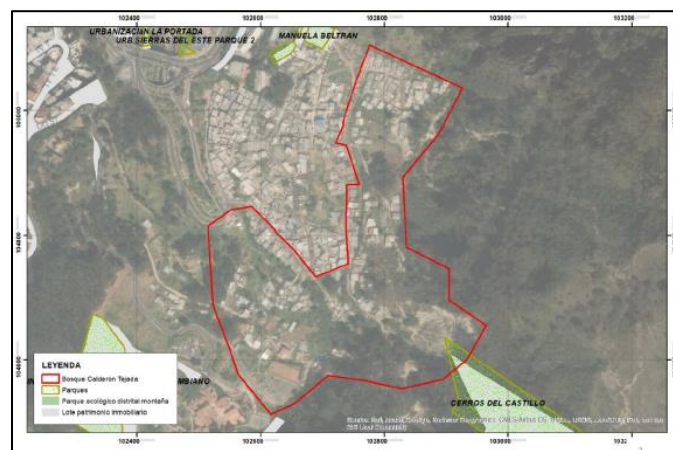


Figura 18. Polígono de Estudio-Barrio Bosque Calderón Tejada
Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Planeación

También se debe mencionar que el uso de suelo predominante en dicha zona es de tipo rural, lo que cual indica que está declarada como utilidad pública para la " Preservación de Recursos Hídricos que surten de agua al acueducto de Bogotá, Art. 111-Ley 99/1993", así como también es una zona de la franja de adecuación (Resolución 463 de 2005) y de Reserva Forestal Protectora, por lo tanto las legalizaciones que se realicen en la zona de adecuación, deben armonizarse con las determinantes ambientales como lo señala la resolución 463 de 2005.

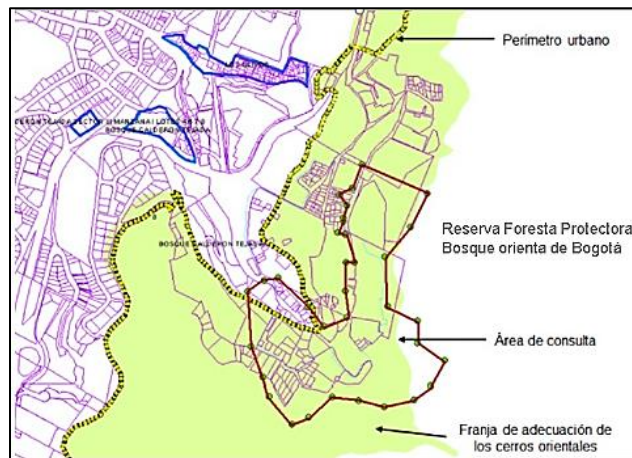


Figura 19. Franja de Adecuación Cerros Orientales-Bosque Calderón

Fuente: Documento de Respuesta-SDP

El área clasificada como suelo rural que corresponde a la mayor parte del polígono en cuestión, se sobrepone, en primera instancia con la franja de adecuación de los Cerros Orientales, por lo cual se debe tener en cuenta el Plan de Manejo que rige el Decreto 485 de 2015, y en segunda instancia, con la información de la BDGC se evidencia que dentro del polígono existe actualmente una zona de estudio con objeto de legalización.

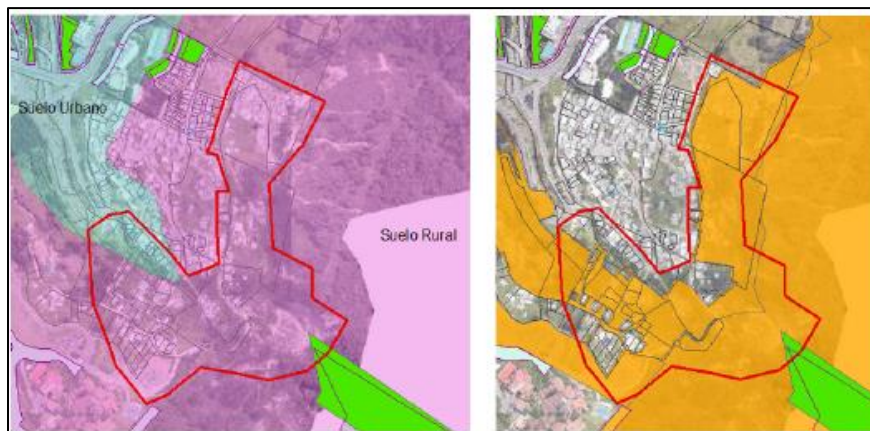




Figura 20. Área de Clasificación de Suelo Rural y Utilidad Pública

Fuente: Documento de Respuesta-Secretaría de Planeación

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

7.2.1.8 IDRD:

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

8 HALLAZGOS DE LA VISITA

8.1 SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA

El área de estudio se ubica en la localidad de Chapinero entre la Diagonal 55 y Calle 61 B, y entre la Transversal 4 E y Transversal 5 E, en una zona de pendiente moderada a fuerte entre el 30% al 80% en dirección principalmente W-E, el proyecto tiene como referencia la cota 2720 msnm. El ancho promedio del polígono es de 415 m, y la longitud del mismo es de 526 m, para un área aproximada de 12.7 Ha.

En el polígono Paraíso se desarrollan edificaciones de 1 y hasta 5 pisos, construidas principalmente en mampostería, así como también viviendas en material de recuperación, especialmente en la zona aledaña a la Quebrada las Delicias, la cual cruza el área de estudio por el costado sur. El área de estudio limita por el norte con Ingemar Oriental I, por el sur con Siberia, por el Oriente con Ingemar Oriental Rural y por el Occidente con María Cristina e Ingemar I.

En el polígono de estudio se identificaron tres problemáticas las cuales se mencionan a continuación: la primera relaciona con la estabilidad de las márgenes de la quebrada Las Delicias localizada al sur del polígono de estudio. El segundo punto se relaciona con la estabilidad y posibilidad de movimientos en masa del costado norte del área de estudio donde se evidencia cambio de pendiente de moderado a fuerte (Presencia del macizo rocoso asociado a la Formación Arenisca Labor-Tierna, Ksglt) y depósitos coluviales matriz soportado con presencia de bloques de diámetro mayor a 1.0 m. El tercer aspecto tiene que ver con la posibilidad de caída de rocas desde el costado oriental del polígono desde el talud en roca expuesta y taludes en roca meteorizados, de acuerdo con lo observado en campo en el Cauce de la Quebrada las Delicias se presentan bloques angulares de diámetro mayor a 2.0 m. En la Tabla 6 se presenta el registro fotográfico de inspección del sitio.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 47</p>
--	------------------------------------	--------------------





Figura 21. Vista en planta del área de estudio del sitio 1
Fuente Google Earth (2021)

Debido a la complejidad del sitio de estudio se hace un recuento de las condiciones que presente el polígono Bosque Calderón Tejada.

Costado Norte entre Quebrada Las Delicias y Calle 61 B, entre Transversal 5 E y borde oriental del polígono

En este sector se pudo apreciar la presencia viviendas construidas sobre condiciones topográficas de pendiente fuerte, que han empleado para la nivelación de los predios corte de la ladera y relleno con muros en piedra o en alguno casos el uso de elementos tipo palafito. Dichas viviendas no cuentan con servicio de alcantarillado sanitario, por lo que se realiza el vertimiento de las aguas por tuberías PVC que descolan a canales en concreto hasta alcanzar el interceptor del acueducto en la transversal 6 E. Dicho interceptor tiene una sección transversal de dimensiones aproximadas de 1.20 m de altura y 1.5 m de ancho.

Hacia el borde oriental del polígono se observa la presencia de taludes en roca de pendiente fuerte, los cuales a medida que se desciende en cota están cubiertos por depósitos

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

coluviales que puede tener un espesor aproximado mayor a 15 m, sobre los cuales la exploración del subsuelo buscará la confirmación del espesor y calidad del depósito.

Del recorrido realizado se pudo observar canales de escorrentía que han erosionado el terreno en algunos sectores por falta de cobertura vegetal, explotación artesanal de materiales de construcción y apertura de senderos.

Al costado sur de este sector se presenta el cambio de pendiente hacia el valle de la quebrada Las Delicias, la cual en este punto presenta en la margen derecha el aporte de detritos y sedimentos que provienen del talud en roca del costado oriental. De igual manera, sobre el cauce se aprecian bloques de roca de diámetro mayor a 2.0 m y que configuran un depósito aluvial clastosoportado sobre el cauce de la quebrada.

Costado Sur occidental entre carreras 4 Este y 5 Este




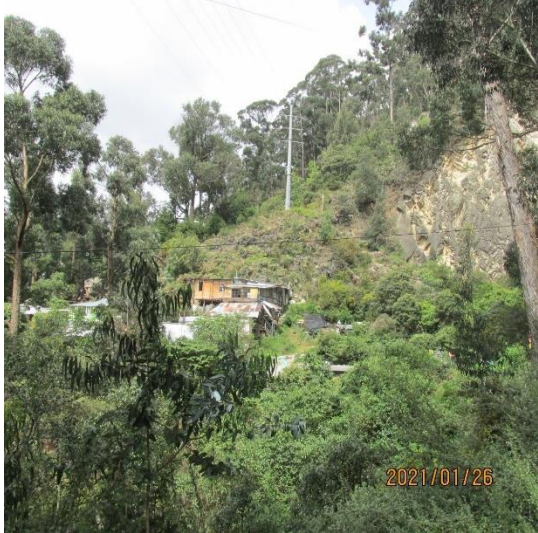
En esta zona se identifican viviendas en mampostería construidas en la zona aledaña a la margen derecha de la Quebrada Las Delicias. La pendiente longitudinal del terreno es mayor al 50% y hacia la parte baja se incrementa debió a la cercanía del cauce. Es importante mencionar que hacia el sur occidente del área de estudio se identificó el escarpe de un movimiento de remoción en masa de aproximadamente 15 m de ancho por 30 m de longitud, con un escarpe de 5 m en suelos de relleno antrópico.

Cauce Quebrada las Delicias

A lo largo del eje de la quebrada Las Delicias y dentro del polígono de estudio se pudo observar la intervención antrópica realizada en ambas márgenes de la quebrada con la construcción de viviendas en mampostería, puentes en madera y concreto, acumulación de escombros de construcción y basuras. En cuanto a las obras se puede mencionar que se encuentran construidas dentro de la zona de ronda de la quebrada.

De igual manera se observó que estas viviendas realizan el aporte de aguas residuales a través de tuberías de PVC que descargan directamente sobre el cauce

Tabla 3 – Registro fotográfico de visita sitio Bosque Calderón Tejada

 <p>2021/02/02</p>	 <p>2021/02/02</p>
<p>Fotografía 1 – Vista al sur del interceptor de aguas lluvias sobre la Transversal 6 E</p>	<p>Fotografía 2 – Viviendas construidas sobre el costado oriental del canal interceptor. Se aprecia que para la nivelación de la vivienda se han empleado muros en llantas y rellenos heterogéneos que cargan directamente sobre las paredes del canal.</p>
 <p>2021/01/26</p>	 <p>2021/01/26</p>
<p>Fotografía 2 – Talud en roca del costado oriental del área de estudio.</p>	<p>Fotografía 3 – Viviendas construidas en la parte media de la ladera, adyacentes al talud en roca expuesto.</p>



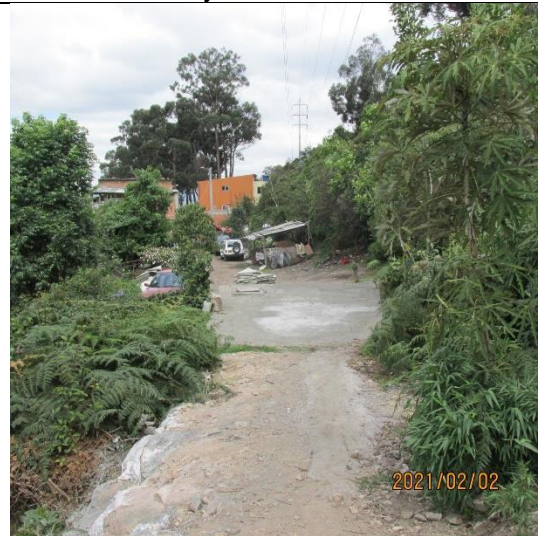
Fotografía 4 – Talud en roca con evidencias de meteorización y caída de bloques.



Fotografía 5 – Área destinada para acopio de escombros y basuras.



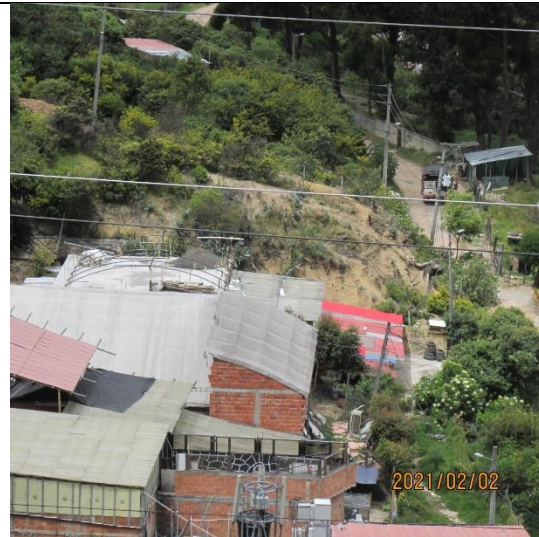
Fotografía 6 – Vista al sur de la viviendas localizadas en la parte alta del sitio Bosque Calderón Tejada. Se aprecian estructuras de hasta 4 pisos de altura.



Fotografía 7 – Tanque de almacenamiento de agua, construido en concreto.



Fotografía 7 – Vista hacia aguas debajo de la quebrada Las Delicias en el cruce con la Transversal 5 E, se aprecia el puente vehicular construido y viviendas en la margen derecha del cauce.





Fotografía 8 – Talud erosionado en el costado sur occidental del área de estudio



Fotografía 9 – Movimiento de remoción en masa localizado en el costado sur occidental del área de estudio, dicho movimiento tiene dirección S-N hacia la quebrada Las Delicias.



Fotografía 10 – Vista hacia aguas arriba del Cauce de la quebrada las Delicias, se aprecia sección reducida debido a la construcción de casas en la margen derecha y muro en concreto en la margen izquierda.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

9 TOPOGRAFÍA.

9.1 JUSTIFICACIÓN DEL ÁREA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL

9.1.1 SECTOR 1 – BOSQUE CALDERÓN TEJADA

En el área de Bosque Calderón se presenta invasión del cauce por la presencia de puentes y construcciones palafíticas que disminuyen la sección de la quebrada Las Delicias; el flujo de agua en periodos de pluviosidad alta puede ocasionar procesos de socavación lateral y de fondo que afectan las laderas en las dos márgenes, generando procesos de remoción en masa tipo flujo de tierras.

De igual manera a lo largo del cauce se identifican condiciones de pendiente del terreno de moderadamente inclinada a escarpada, con evidencias de reptación, flujo de aguas residuales y presencia de viviendas, por lo anterior que se requiere contar con el levantamiento topográfico de las márgenes de la quebrada y los taludes aledaños para configura el modelo geológico – geotécnico, teniendo en cuenta estos hallazgos. En las siguientes Figuras se muestran las evidencias que demuestran las condiciones del terreno en varios sectores de la Quebrada Las Delicias dentro del polígono de estudio.

En el mes de mayo de 2005 se presentó un deslizamiento asociado a socavación lateral del cauce en varios sectores de la quebrada Las Delicias, este movimiento de masa generó inundación de algunas viviendas y predios cercanos.

Adicionalmente si se presenta un deslizamiento que obstruya el cauce se puede generar un embalse temporal que puede ocasionar una avalancha que afectará los predios localizados agua abajo.

Se recomienda realizar un levantamiento topográfico detallado del tramo de la quebrada donde se localizan las viviendas que están invadiendo la ronda de la corriente.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 53</p>
--	------------------------------------	--------------------

Tabla 4 –Resumen registro fotográfico.

	
<p>Figura 22. Evidencia de la invasión de la zona de ronda de la quebrada las delicias por construcciones de 1 y hasta de 3 pisos. 4°38'22.05"N, 74° 3'14.97"O</p>	<p>Figura 23. Evidencia de la invasión del cauce de la quebrada. 4°38'21.36"N, 74° 3'13.98"O</p>
	
<p>Figura 24. Evidencia de ocupación de cauce y vegetación frondosa, al fondo viviendas dentro de la zona de ronda de la quebrada. 4°38'20.67"N, 74° 3'13.34"O</p>	<p>Figura 25. Construcciones palafíticas, puente de acceso a predios de la margen izquierda de la quebrada Las Delicias. 4°38'20.41"N, 74° 3'12.96"O</p>



Figura 26. Talud en lote IDU, registro de movimiento anterior véase capítulo 6.
4°38'21.95"N, 74° 3'15.47"O



Figura 27. Depósito de talus en la parte superior del barrio Bosque Calderón y aguas arriba del puente vehicular en concreto.
4°38'17.16"N, 74° 3'6.92"O



Figura 28. Presencia de viviendas en la zona de ronda de la quebrada. Margen derecha.
4°38'18.83"N, 74° 3'11.21"O



Figura 29. Viviendas construidas con palafitos en concreto que se apoyan directamente sobre la zona del cauce de la quebrada Las Delicias (margen derecha).
4°38'20.67"N, 74° 3'13.16"O



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

Tabla 5 – Coordenadas aproximadas de los polígonos para Topografía.

VÉRTICE	NORTE	ESTE
1	4°38' 23.96"	74°03'15.30"
2	4°38'23.05"	74°03'17.45"
3	4°38'21.82"	74°03'13.13
4	4°38'17.66"	74°03'08.29"
5	4°38'17.28"	74°03'05.82"
6	4°38'15.3"	74°03'08.90
7	4°38'18.19"	74°03'13.14"
8	4°38'23.01"	74°03'17.51"



Figura 30. Imagen de la ronda de la quebrada Las Delicias. Sector Bosque Calderón Tejada zona de levantamiento en blanco.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Digital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

El área aproximada a levantar equivale a los 31253 m². 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 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA en cumplimiento 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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 57</p>
--	------------------------------------	--------------------

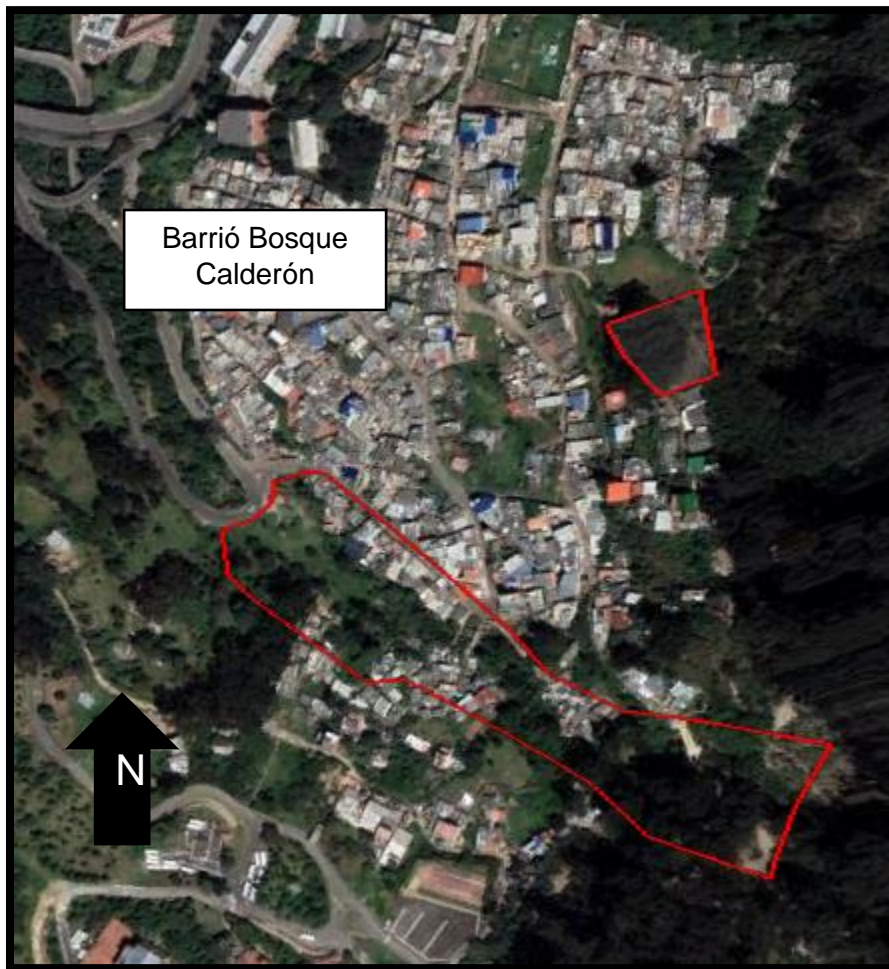


Figura 31. Localización tramo Bosques.

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 representativos dentro de la zona de estudio son unas quebradas que atraviesan la zona de estudio.

9.5 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

9.5.1 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.

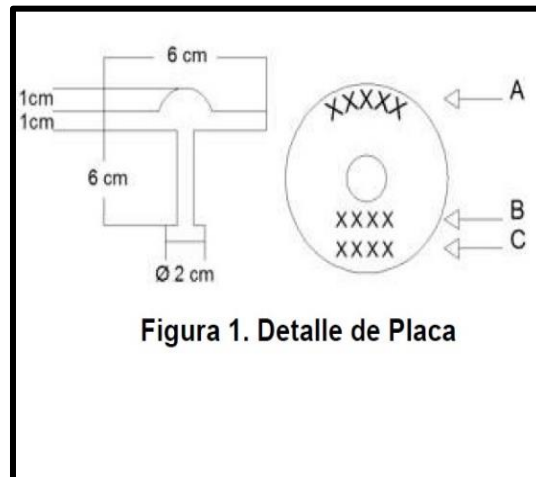


Figura 32. Dimensiones requeridas para mojonos en concreto, Fuente Norma NS30-V5.3 – EAAB.



Figura 33. Registro demarcación placas.

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



Figura 34. Localización puntos GPS 3 y 4 Tramo Bosques.

9.6 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).

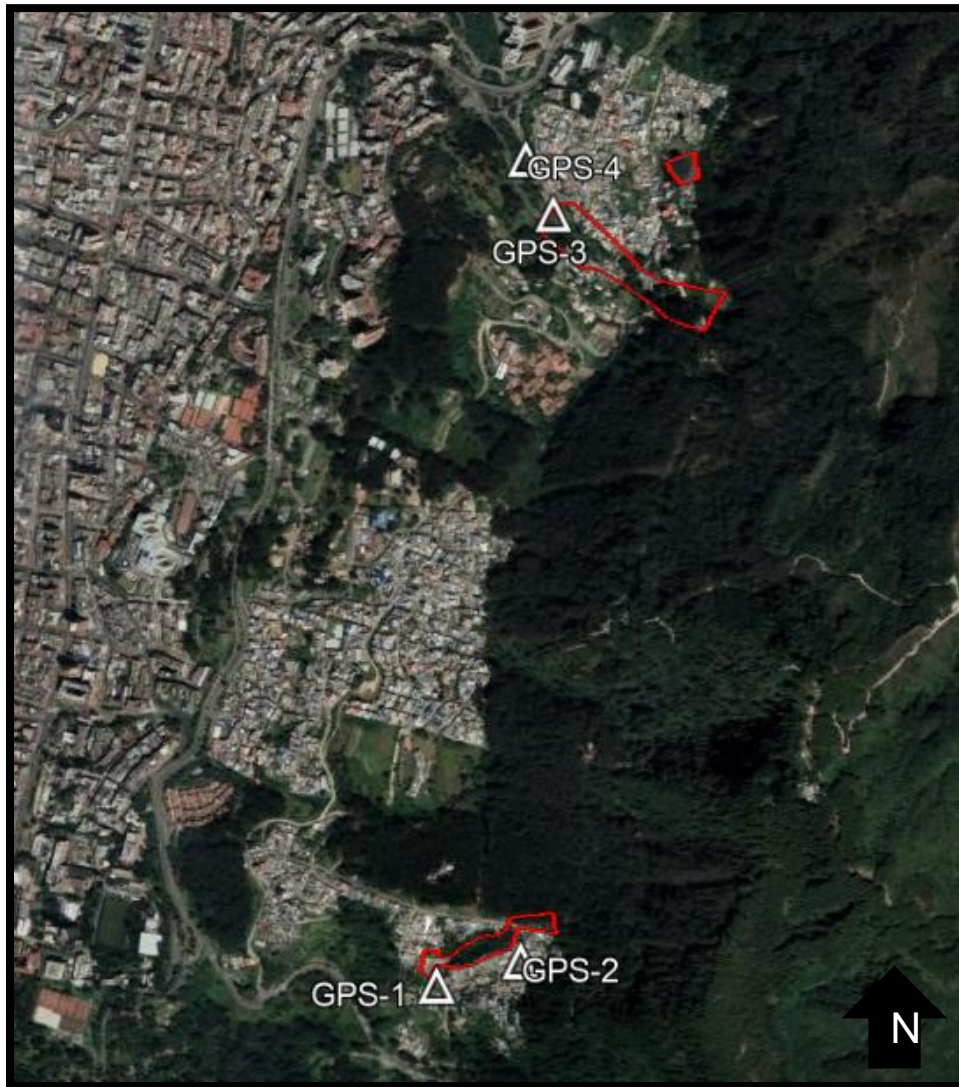


Figura 35. Localización puntos GPS.

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	1744517.14 246	- 6116050.988 63	512581.151 45
BOGT	1744398.87 406	- 6116037.009 10	512731.924 89

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

9.7 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.

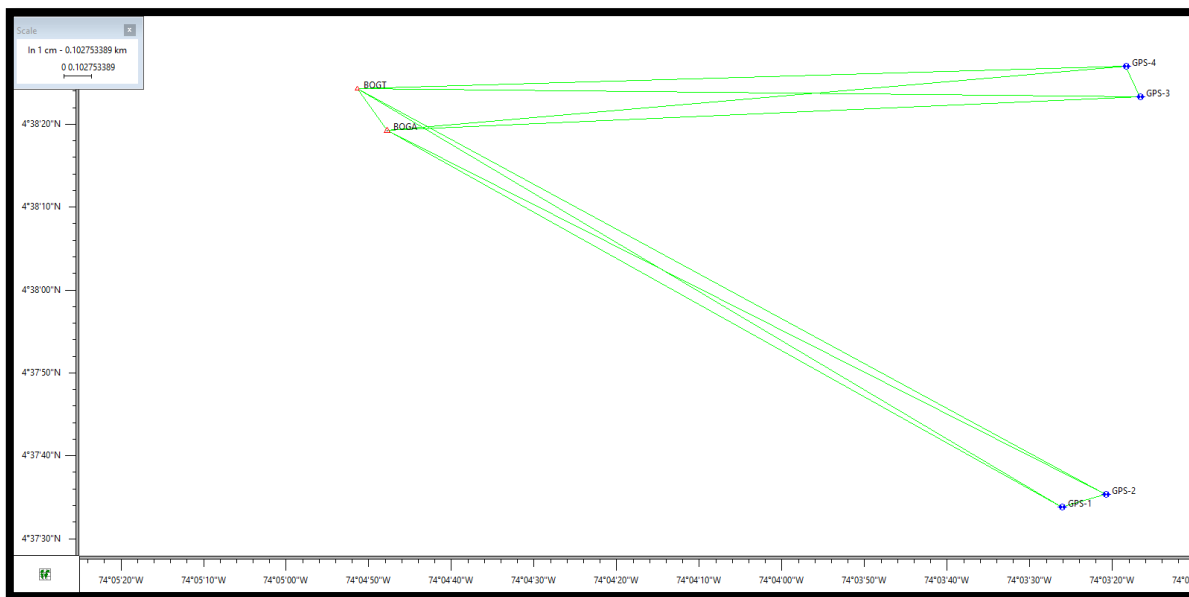


Figura 36. Esquema de Determinación GPS - Reporte Calculo TOPCON TOOLS.

9.7.1 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 1	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

9.8 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.

9.8.1 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.

9.8.2 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

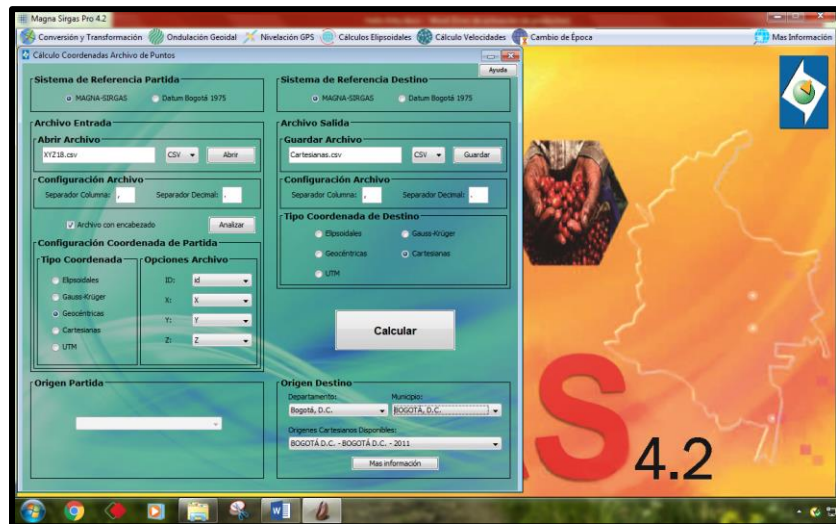


Figura 39. Ejemplo Calculo Coordenadas Planas Cartesianas.

9.8.3 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 GPS-1	FECHA 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 BOGOTÁ		Elipsoide WGS 84	
Falso Norte 109320.650m		Semleje Mayo 6378137.000 m	
Falso Este 92334.879m		Achatamiento 298.257222101	
Latitud Origen 04° 40' 49.75000"N		Unidad de Medida METROS	
Longitud Origen 74° 08' 47.73000"W			
Factor de Escala 1.0			
DESCRIPCIÓN LOCALIZACIÓN			
ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN		FOTOGRAFÍA	
			
		IMPRESIÓN	

Figura 40. Ficha Localización GPS.

9.9 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.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 68</p>
--	------------------------------------	--------------------

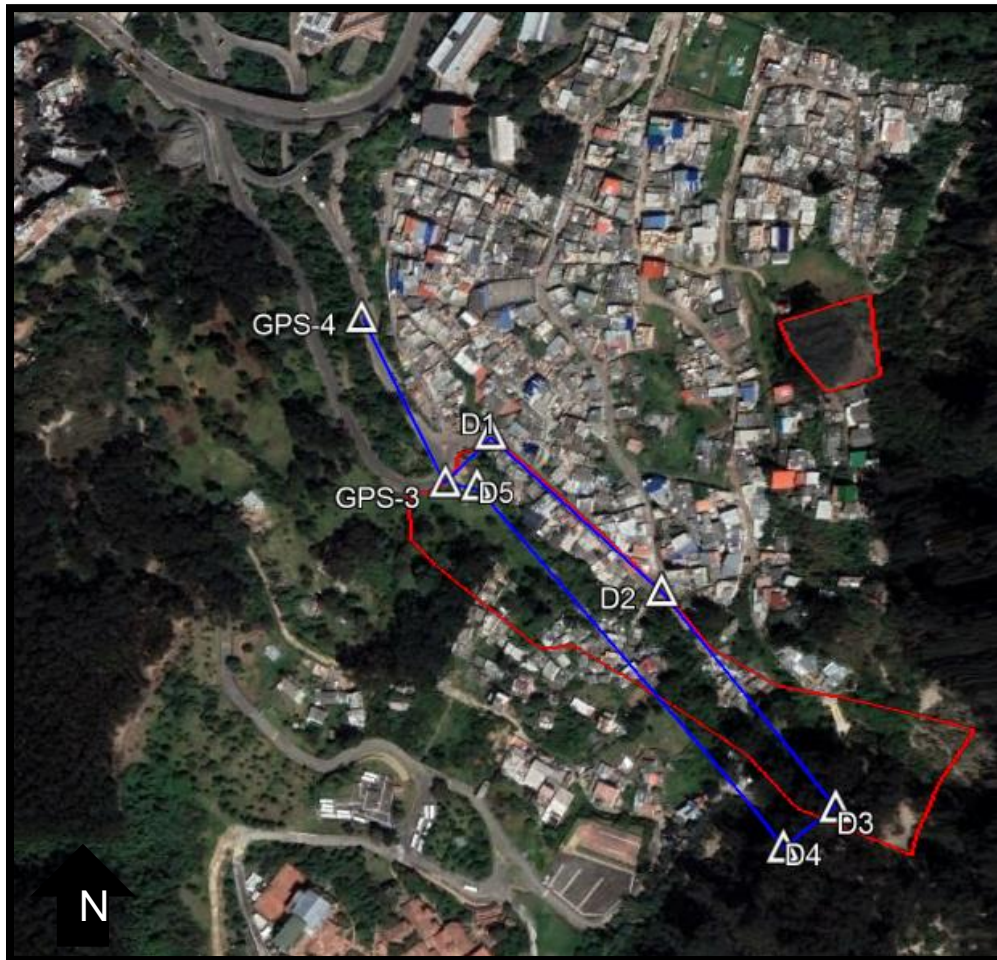


Figura 41. Esquema poligonal tramo Bosques.

9.10 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 42. Ficha Levantamiento Topográfico.

9.11 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.

9.12 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 43. GPS TOPCON GR5.





Figura 44. Estación Total STONEX R1 PLUS.

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

9.13 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON.

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

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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 sollicitaciones, evaluación de parámetros representativos de resistencia y determinar las relaciones esfuerzo-deformación, etc.



<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 72</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

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

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Digital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

11 MODELO GEOLÓGICO BOSQUE CALDERÓN

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 al norte del 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 Bosque Calderón se encuentra asentado sobre una ladera integrada por rocas sedimentarias plegadas, localmente sobre las rocas se presentan depósitos recientes.

11.2 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas presentes en el área estudiada y los alrededores, corresponden a rocas de la Formación Arenisca Labor-Tierna y Guaduas, éstas 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).

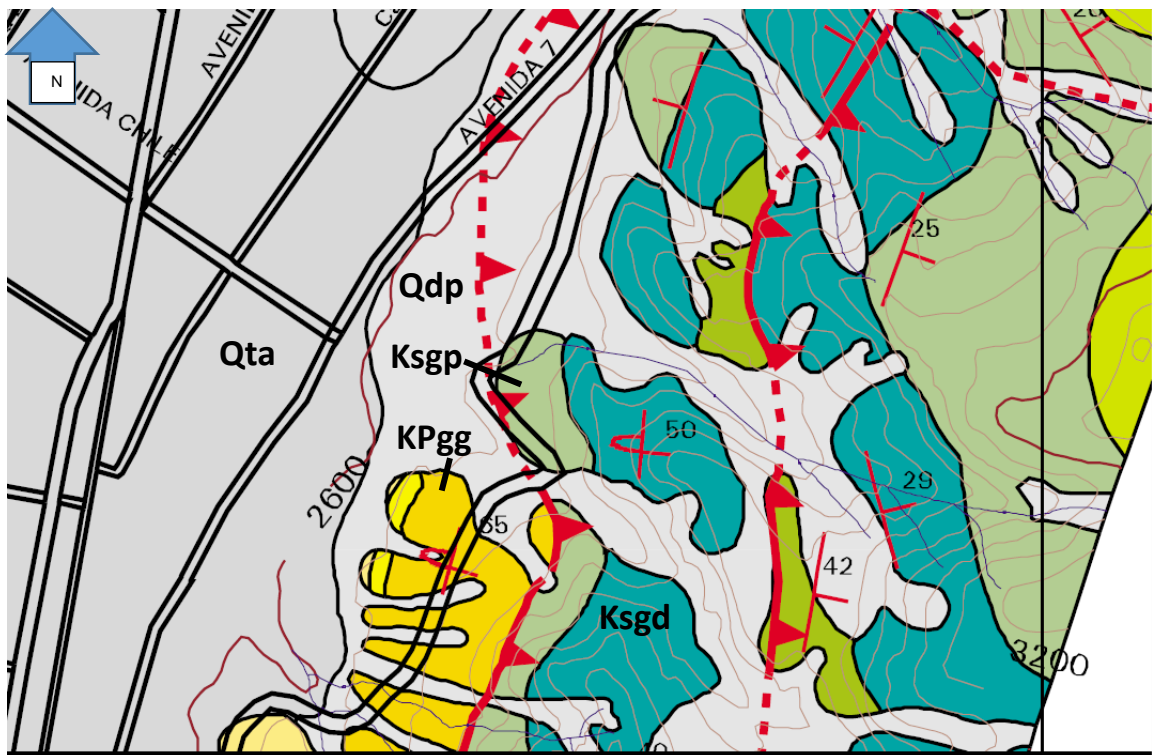
- FORMACIÓN GUADUAS (KPGG)

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

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 74</p>
--	------------------------------------	--------------------

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
 Ksgd	Formación Arenisca Dura	 KPgg	Formación Guaduas

Figura 45. Mapa geológico regional. Modificado de INGEOMINAS- 1997.

- DEPÓSITOS DE COLUVIÓN (QDP)

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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 que han sido desprendidos por acción de la gravedad, transportadas desde la parte alta y depositadas en la parte baja de la ladera.

11.3 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 de 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 55 y 42 grados hacia el SW, medidos en afloramientos cercanos a la quebrada Las Delicias; el hecho de que el sector evaluado este completamente urbanizado no permite la observación directa del subsuelo, además la ladera original fue intervenida mediante la construcción de vías de acceso y viviendas.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 76</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

11.4 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 pendiente, coluviones, deslizamientos y rellenos antrópicos.

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.

11.4.1 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:



11.4.2 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 casi vertical en la margen derecha de la quebrada Las Delicias, aquí aflora una parte la secuencia litológica y le falta parte del techo.

En el talud presente en la quebrada aflora la secuencia invertida donde se observan las Formaciones Arenisca de Labor-Tierna y Plaeners, no se realizó un levantamiento litológico detallado por la imposibilidad de acceder a la parte alta, puesto que el talud presenta una inclinación casi vertical.

Se realizó un levantamiento de la parte baja de la secuencia aflorante, la secuencia inicia con un nivel de arenisca de grano medio de color gris, estratificadas en capas de espesor grueso, con un espesor de 14.6 metros, luego aparece un nivel de limolita gris, estratificado en capas de espesor medio, que alcanza un espesor de 2.4 m; a continuación, aparece un nivel de arenisca cuarzosa de grano media a grueso, estratificada en capas gruesas, con un espesor de 8 m, luego aparece un nivel de arcillolita gris de 1.5 m y luego un nivel de arenisca cuarzosa de grano medio a grueso estratificada en capas medias a gruesas, con un espesor de 9.4 m.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 77</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

2.1.2 FORMACIÓN GUADUAS (K2P1G):

En el sitio cercano al cruce de la quebrada Las delicias con la vía Circunvalar aflora la parte media de la Formación Guaduas, integrada por niveles de arcillolitas de color violáceo por alteración; estos niveles de arcillolitas se detectaron en el subsuelo en los sondeos 7, 8 y 9. En el sondeo 7 se atravesó una secuencia de arcillolitas alteradas con algunos niveles delgados de arenisca arcillosa entre 6 y 7.3 m, luego aparece un nivel de arcillolita y limolita de color gris oscuro, hasta 13 m de profundidad.

En el sondeo exploratorio 8 se atravesó una secuencia de arcilla de color café, de consistencia dura, con algo de humedad entre 6 y 9.8 m y a continuación un nivel de arcillolita de color gris oscuro, con trazos rojizos por alteración hasta los 13 m de profundidad. En el sondeo exploratorio 9 se detectó un nivel de arcillolitas de color gris oscuro, entre 4.9 y 7 m.

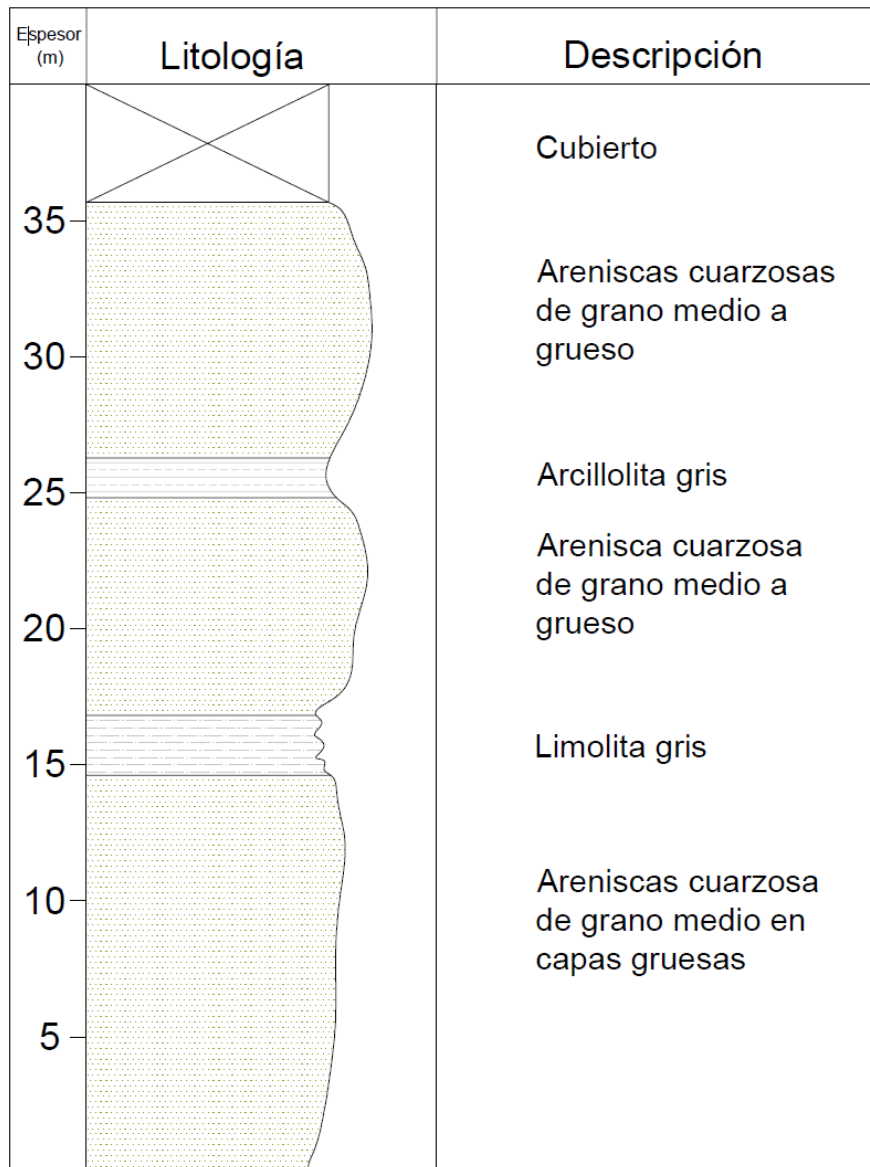




Figura 46. Columna estratigráfica Formación Arenisca de Labor.

11.4.3 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.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

Este depósito fue reconocido en el subsuelo en los sondeos exploratorios 1, 2, 3, 4, 5 y 6; en el sondeo exploratorio 1, este depósito alcanzó un espesor mayor a 15 m, y está integrado por arcillas de color café entre 1 y 4.5 m, a continuación, arenas entre 4.5 y 5.5 m, y luego bloques de arenisca de color amarillo con niveles de arenas, hasta una profundidad de 15 m.

En el sondeo 2 el depósito de coluvión está integrado por limo, arena, arcillas y localmente grava entre 1 y 4 m, luego arcillas de color gris y arcilla plástica de color amarillo entre 4 y 9 m, entre 9 y 13 m arcillolitas de color gris. En el sondeo 3 el depósito de coluvión está integrado por limo, arena, arcillas y localmente grava entre 1 y 6.6 m, luego aparece un nivel de bloques de arenisca entre 6.6 y 11.5 m, a continuación un horizonte de arcilla gris con presencia de bloques de arenisca entre 11.5 y 15 m.

En el sondeo 4 el depósito de coluvión está integrado por un horizonte de limo gris oscuro, con presencia esporádica de gravas entre 0.5 y 4 m, luego un nivel de bloques de areniscas en matriz arcillosa a arenosa, con lentes de arcilla café oscuro, entre 4 y 15 m. En el sondeo 5 el depósito de coluvión está integrado por limo de color café con presencia esporádica de gravas entre 0.5 y 4.2 m, a continuación un nivel de bloques de arenisca con matriz limosa entre 4.2 y 9 m.

En el sondeo 6 el depósito de coluvión está integrado por un horizonte de limo de color café oscuro con presencia esporádica de arena y grava, entre 1.2 y 4.4 m, luego aparece un nivel de arena café oscuro entre 4.4 y 4.6 m, a continuación arcilla café oscuro con presencia de arena y grava, entre 4.6 y 8.6 m, y de 8.6 a 10 m, bloques de arenisca de color café claro.



En el sector sur del polígono se presenta un depósito de coluvión generado por un deslizamiento antiguo que afectó una ladera donde aflora la Formación Guaduas, el depósito está integrado por fragmentos a bloques de arcillolita y areniscas arcillosas embebidos en una matriz arcillosa predominante.

11.4.4 DEPÓSITOS DE DESLIZAMIENTO (QD):

Depósitos generados por un proceso de remoción en masa que generaron deslizamientos en el polígono evaluado, se reconoció la presencia de dos deslizamientos, el primero se ubica en la ladera de la margen izquierda de la quebrada Las Delicias, cerca del cruce con la avenida circunvalar, corresponde un movimiento de tipo rotacional que afectó la ladera y ocasionó un desprendimiento de material, es posible reconocer el escarpe de deslizamiento.

Un segundo deslizamiento se observa en la margen derecha de la quebrada Las Delicias, corresponde una caída de rocas desde el talud, que ha originado un cono de deyección que ha desplazado el curso de la *quebrada*.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 80</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

11.4.5 DEPÓSITO ALUVIAL (QA):

Un depósito aluvial de edad reciente de carácter local se presenta como una franja estrecha y alargada, localizada en forma paralela al cauce de la quebrada Las Delicias, el depósito está integrado por cantos a bloques subredondeados de areniscas cuarzosas con una matriz arcillo arenosa.

11.4.6 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 8 y 9. En el sondeo 8 el depósito relleno antrópico está integrado por limos con gravas y escombros, con un espesor desde la superficie hasta 6 m de profundidad.

En el sondeo 9 el depósito relleno antrópico está integrado por limo de color café oscuro con presencia de grava, arena y escombros de construcción, este relleno alcanzó un espesor de 4.9 m.

11.5 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 agradacionales 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 realizó cultivos sobre la zona del depósito, cuando la zona tenía un carácter rural, posteriormente se llevó a cabo la modificación de las geoformas presentes, mediante el trazado de vías, la parcelación en lotes, construcción de vías y de viviendas, además dispuso materiales sobrantes sobre las laderas adyacentes a las viviendas, para conformar vías de acceso peatonal y vehicular.

11.5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS GEOFORMAS

La región de los Cerros Orientales evaluada se presenta en forma de sierra anticlinal de morfología montañosa de dirección aproximada norte – sur, con elevaciones sobre la sabana de Bogotá de 150 – 330 m. El sector evaluado hace parte del flanco occidental de la estructura, se caracteriza por conformar una contrapendiente estructural donde la

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 81</p>
--	------------------------------------	--------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

pendiente del terreno se empina de 30° - 60°; en la parte baja de la ladera se presenta una zona amplia 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.

11.5.2 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, agradacionales, 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 adelante y se 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.
- **Ladera ondulada denudada (Dlod):** Corresponde a una geoforma de origen denudativo generada por la erosión diferencial de una secuencia de arcillolitas, corresponde a una ladera con pendiente ondulada a medianamente abrupta. Los procesos morfodinámicos presentes corresponden a erosión leve a severa, localmente se presentan procesos de remoción en masa.
- **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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 82</p>
--	------------------------------------	--------------------

La 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
Ladera ondulada denudada	Dlod	Ondulada	Denudativa	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 públicas como vías y terrenos 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. Se estaba adelantando el proceso de reconocimiento directo de cada uno de los procesos en el polígono.

11.6 ANÁLISIS MULTITEMPORAL CON ÉNFASIS EN MINERÍA Y CANTERAS

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 972, 973 y 974, 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.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

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, se observa la presencia de dos carreteras que permiten el acceso a cuatro canteras que extraen arena para construcción; la cantera más grande se ubica en el margen derecha de la Quebrada Las Delicias. Se observa la presencia de una cubierta vegetal arbustiva y arbórea en la mayor parte del polígono evaluado.

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 Bosque Calderón, 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, se empieza a observar la subdivisión en predios de menor tamaño y en la parte sur debajo de ladera se observa la presencia de construcciones destinadas para vivienda, de carácter campestre.

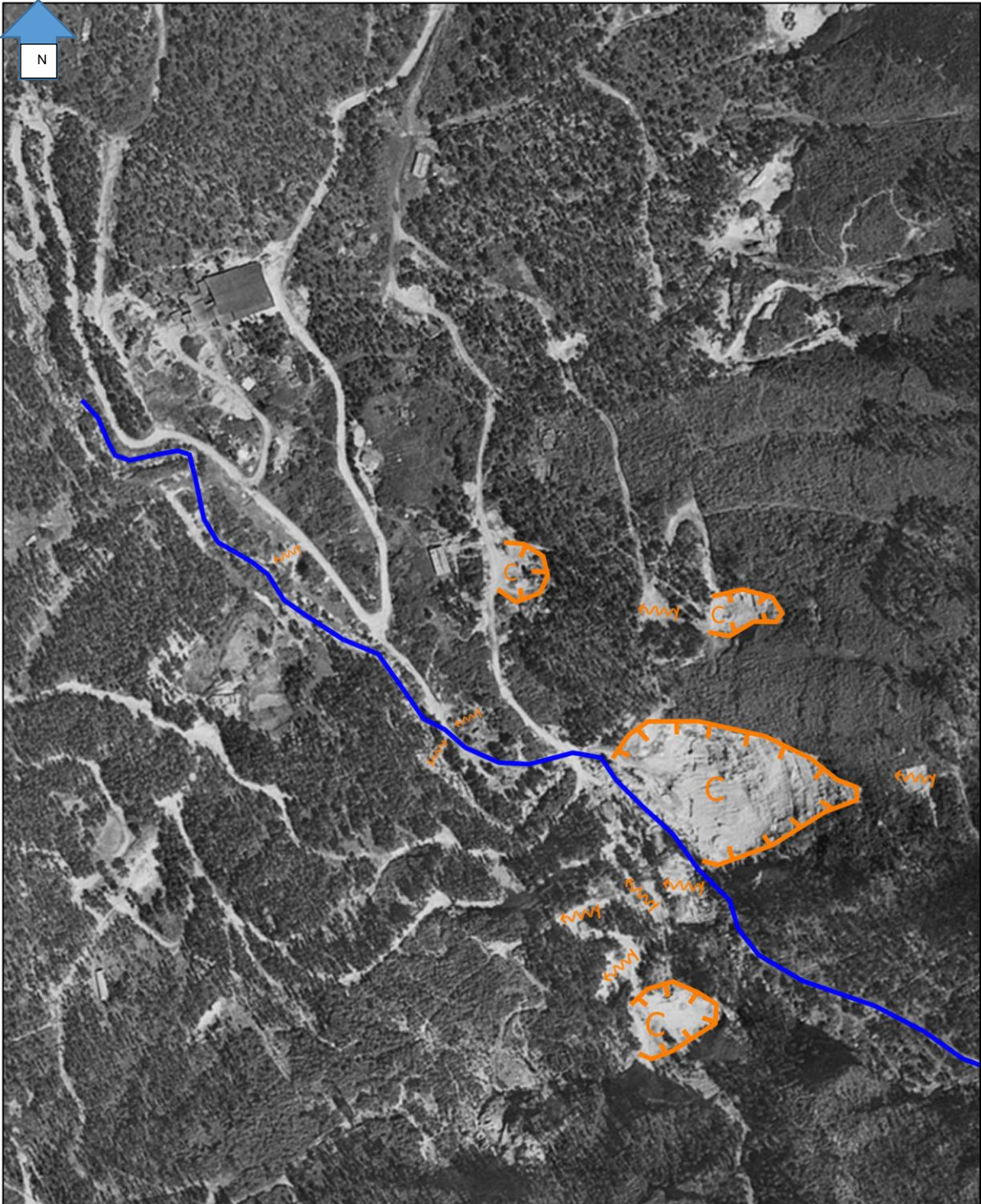


Figura 47. Fotografía aérea IGAC año 1955. Esc. 1:4000.

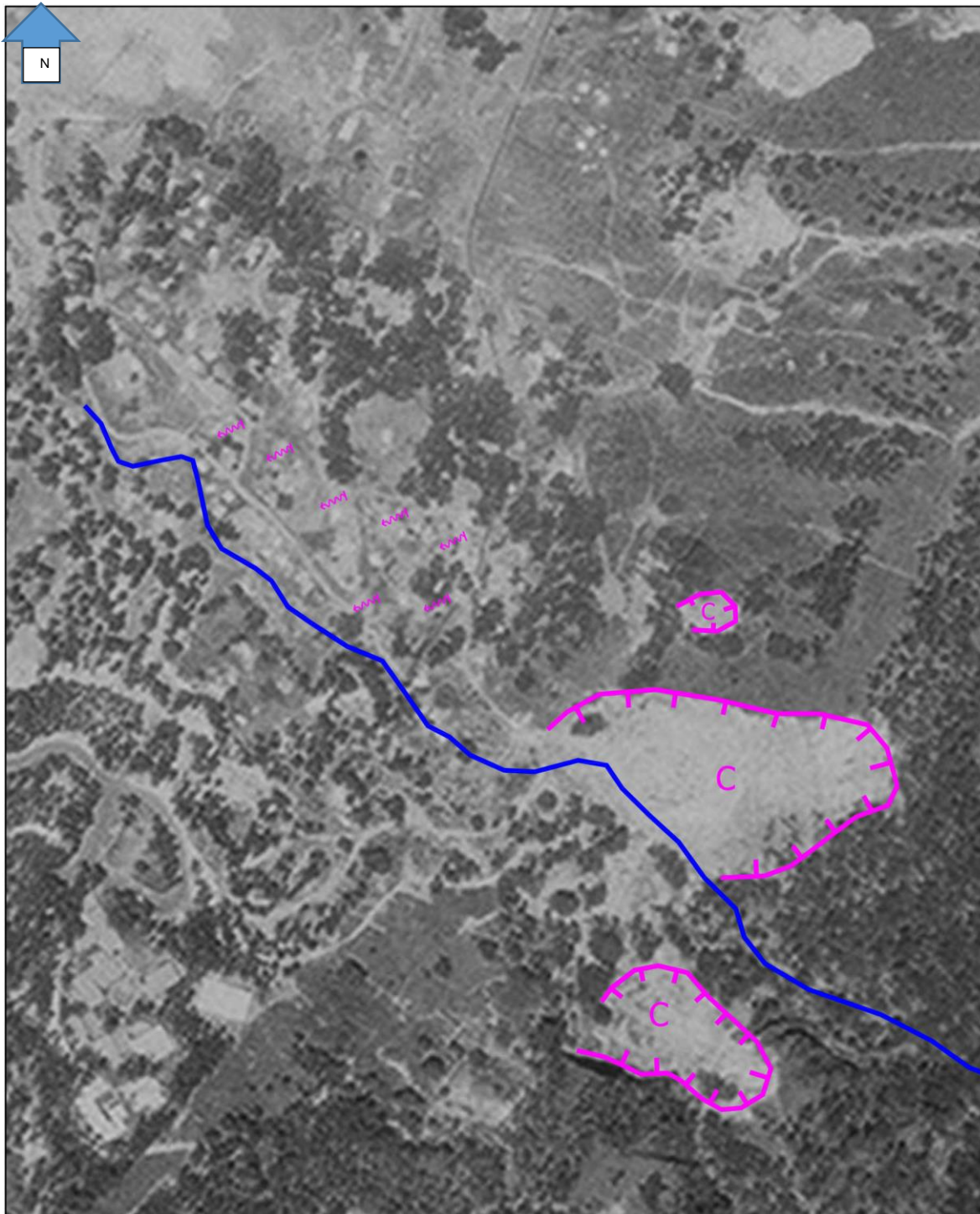




Figura 48. Fotografía aérea IGAC año 1984. Esc. 1:4000.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

El proceso de explotación de canteras artesanales para arenas continuó en los predios cercanos a la quebrada Las Delicias, en la margen derecha de la quebrada y al sur, en la ladera contigua a esta; actividades realizadas utilizando los carretables construidos previamente.

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 de la ladera y en un predio destinados para cultivo. En la ladera de la margen derecha de la Quebrada Las delicias se observa la presencia de varias construcciones de carácter informal de una sola planta.

En la ortofoto del año 2021 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; cerca del cauce de la quebrada Las Delicias se ubicaron una gran cantidad de construcciones que están invadiendo la ronda del cauce, adicionalmente se construyeron puentes para tener acceso con vehículos a la margen izquierda de la quebrada.

Se aumentaron las vías de acceso vehicular y peatonal al barrio, se construyó un canal para evacuación de las aguas lluvias, que las encauza hacia la quebrada evacuándolas fuera del área.

La explotación de canteras para la obtención de arenas fue suspendida para la época, los antiguos frentes de explotación están en un proceso de recuperación y se encuentran recubiertos por vegetación.

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. Localmente se presenta un deslizamiento ubicado cerca del cauce de la quebrada Las Delicias, corresponde a un flujo de detritos, que ha conformado un cono.

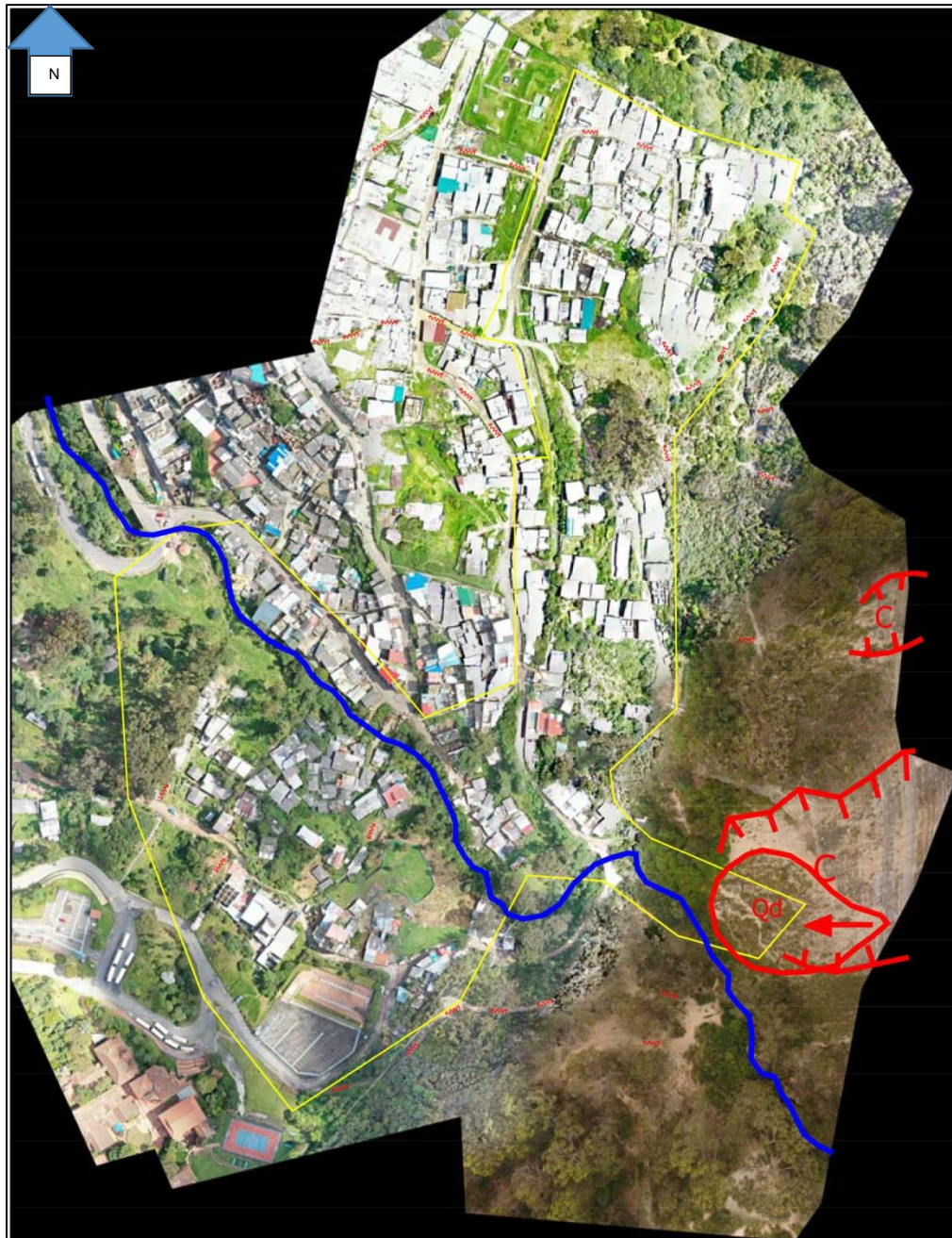


Figura 49. Ortofoto año 2021. Esc. 1:4000.

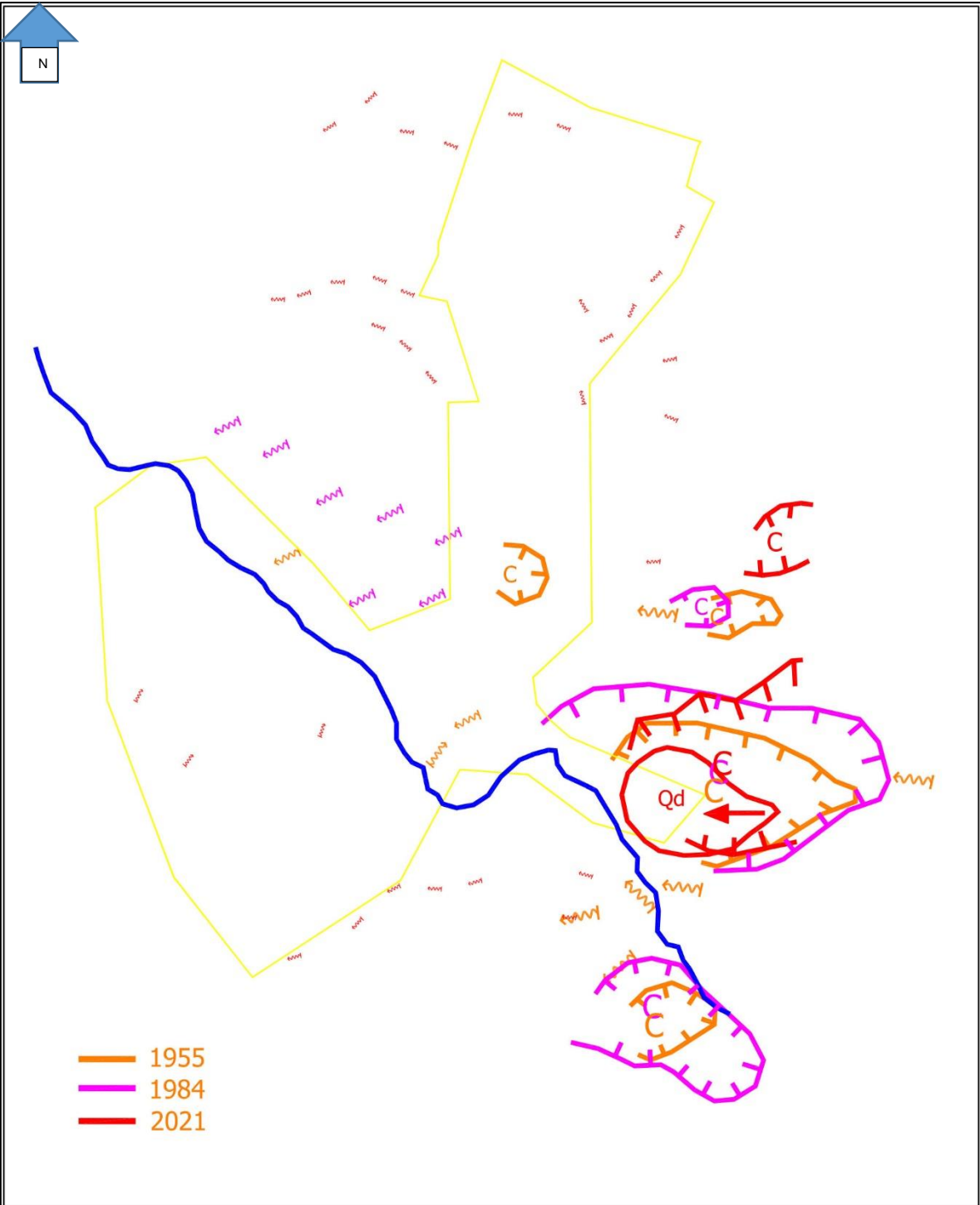




Figura 50. Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos. Esc. 1:4000.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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 Bosque Calderón hacía parte de una zona rural con una cubierta vegetal arbustiva, en el año 1950 se inicia la construcción de vías de acceso desde la parte baja hasta la parte alta de la ladera; en el año 1955 ya se encontraban en explotación 4 canteras que extraían 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, hacia el sur se observa la presencia de construcciones para vivienda.

En el 2021 se observa que las canteras de arena desaparecieron y el proceso de urbanización se ha completado en su totalidad en gran parte del polígono evaluado, se han realizado construcciones con densidad importante. El barrio cuenta con vías de acceso vehicular y peatonal, 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 1 se realizó en el sector sur occidental relacionando los resultados de los sondeos exploratorios S 8 y S 9. En superficie se registró un suelo de origen antrópico integrado por arena limosa, fragmentos de arenisca y escombros de construcción, el espesor promedio es de 4.6 m. Infrayaciendo el depósito se encuentra un nivel de arcillas grises alteradas y arcillolitas grises, que hacen parte del miembro medio de la Formación Guaduas. (Ver mapa geología Local).

La sección 2 se realizó en el sector norte relacionando los resultados de los sondeos exploratorios S 3, y S 4. En superficie se registró un depósito de coluvión integrado por limo, arena, arcillas y localmente grava entre 1 y 6.6 m, luego aparece un nivel de bloques de arenisca entre 6.6 y 11.5 m, a continuación un horizonte de bloques de arenisca con lentes de arcilla gris entre 11.5 y 15 m.

El modelo geológico está representado en las secciones A-A' y B-B' que acompañan al mapa de geología local.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 90</p>
--	------------------------------------	--------------------

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.

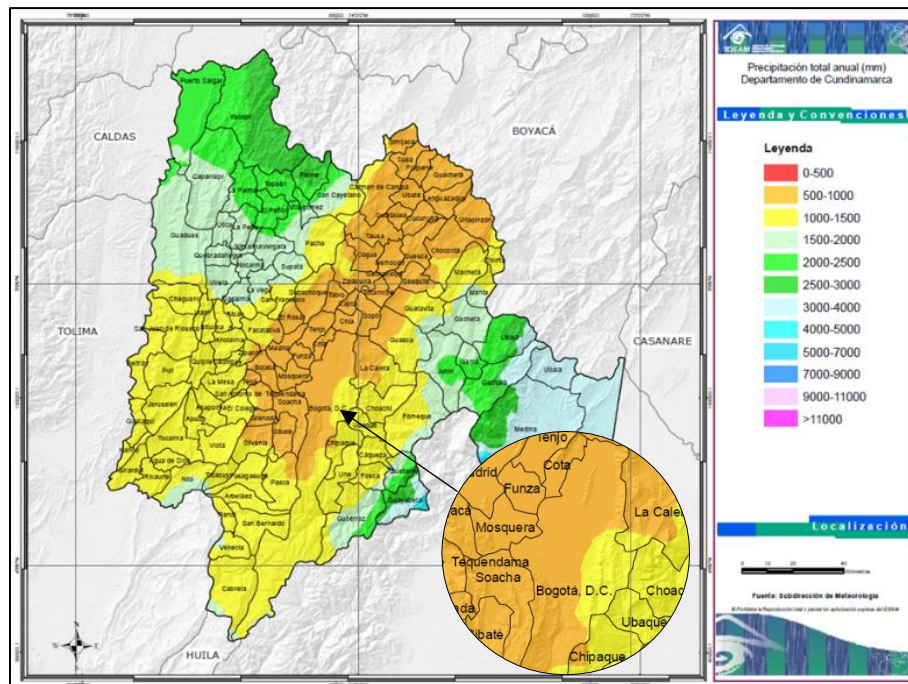


Figura 51. Precipitación media anual para el departamento Cundinamarca.

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.

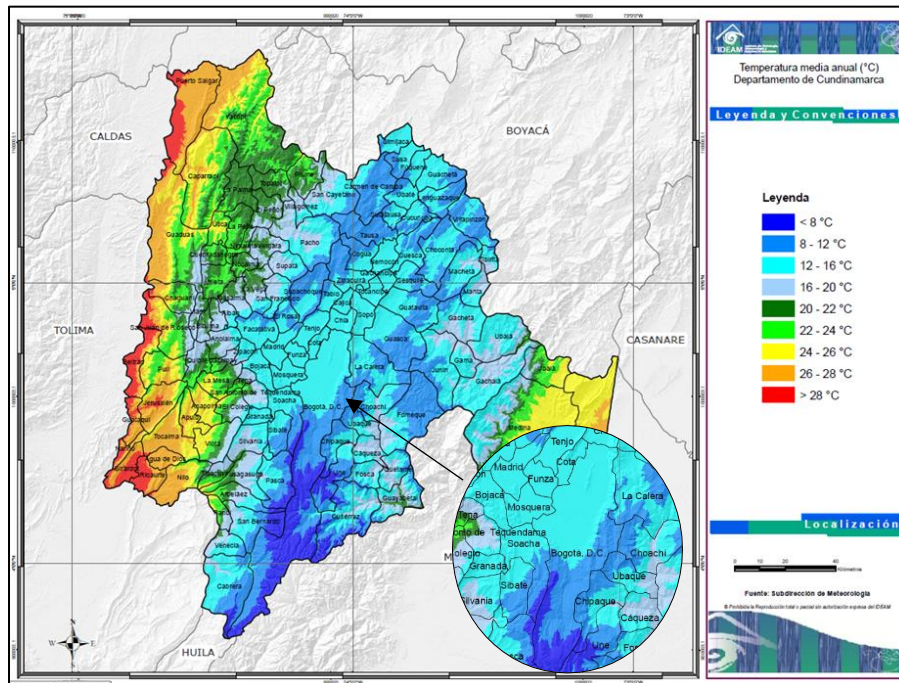


Figura 52. Temperatura media anual (°C) en el departamento de Cundinamarca.

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.

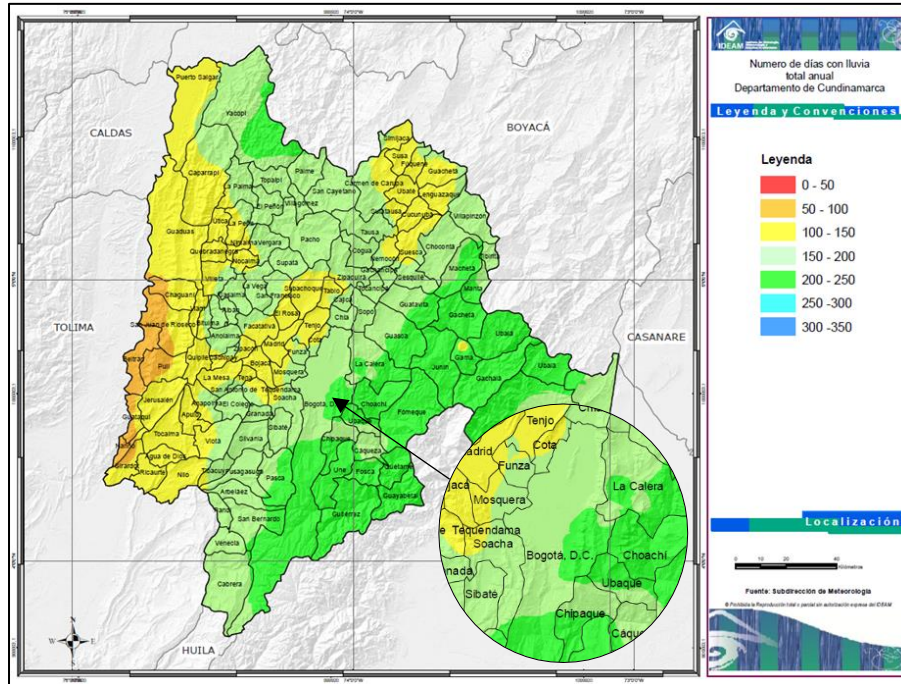


Figura 54. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca.

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 semihúmedas, 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.

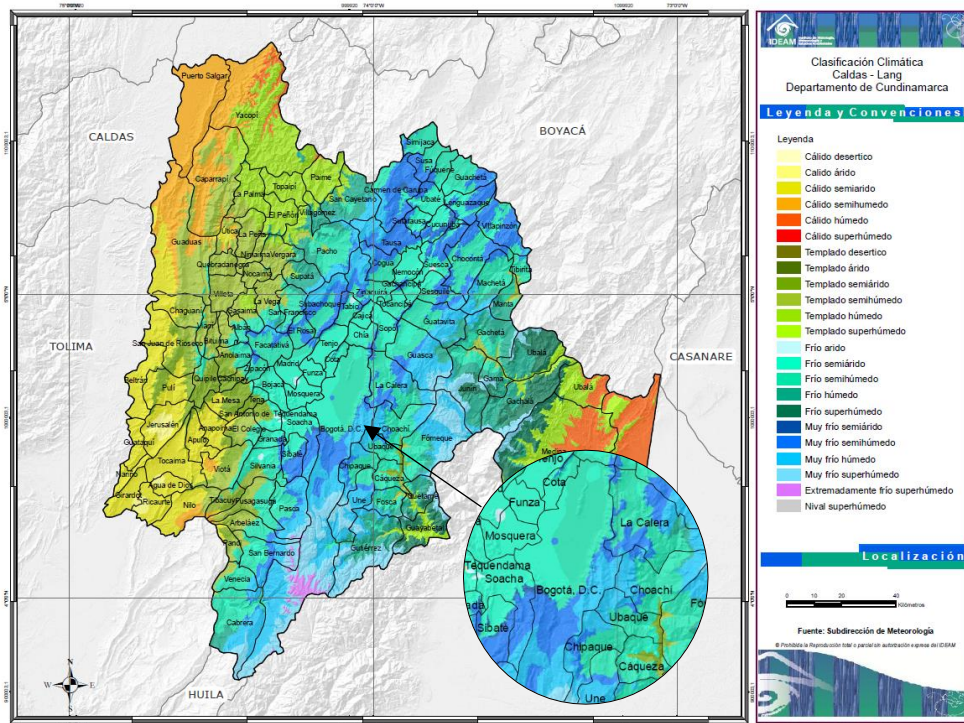


Figura 55. Clasificación Climática del departamento de Cundinamarca.

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.

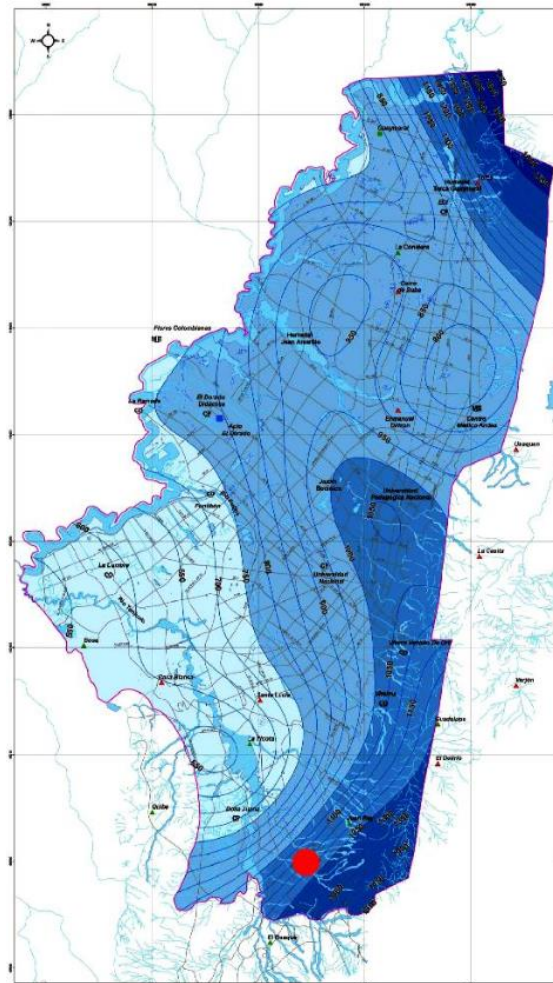


Figura 56. Precipitación total anual en la ciudad de Bogotá D.C.

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.

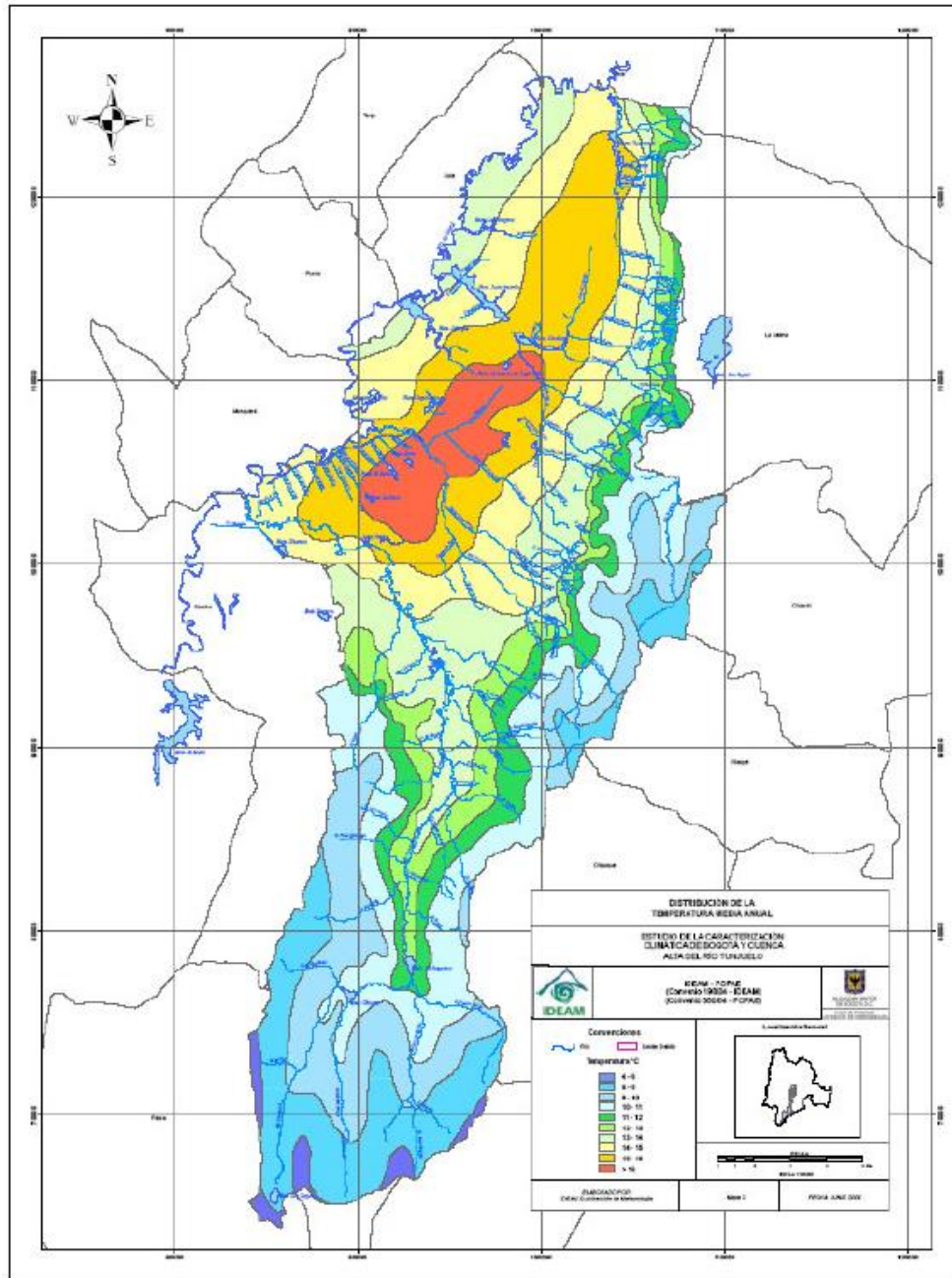




Figura 57. Distribución de la Temperatura media anual.

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

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

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 2004¹ 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 2019² 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 1100 mm.

¹ 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>

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 97</p>
--	------------------------------------	--------------------

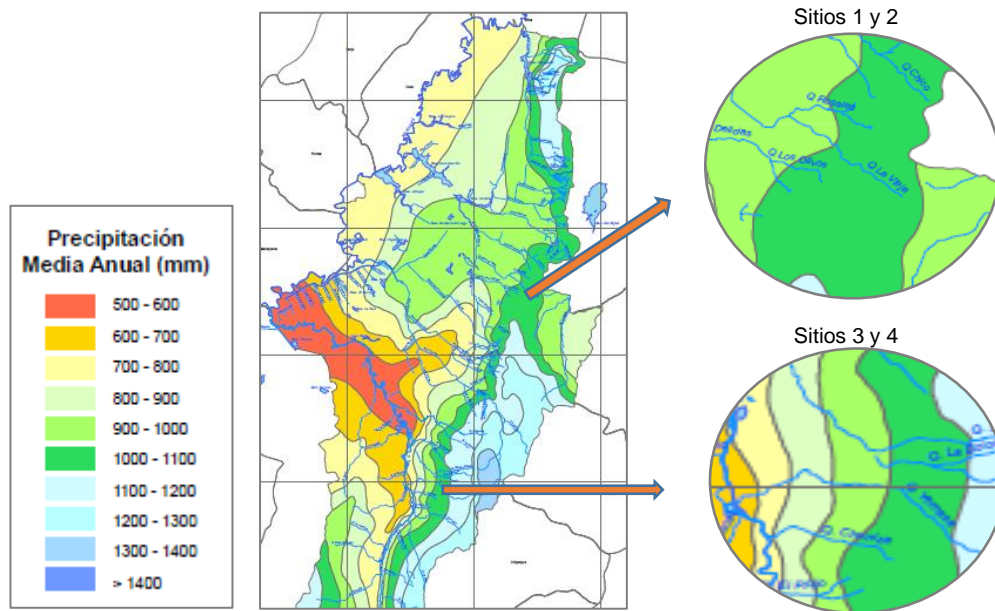


Figura 58. Precipitación media anual estudio IDEAM-FOPAE.
Fuente: Modificado de IDEAM-FOPAE, 2004.

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.

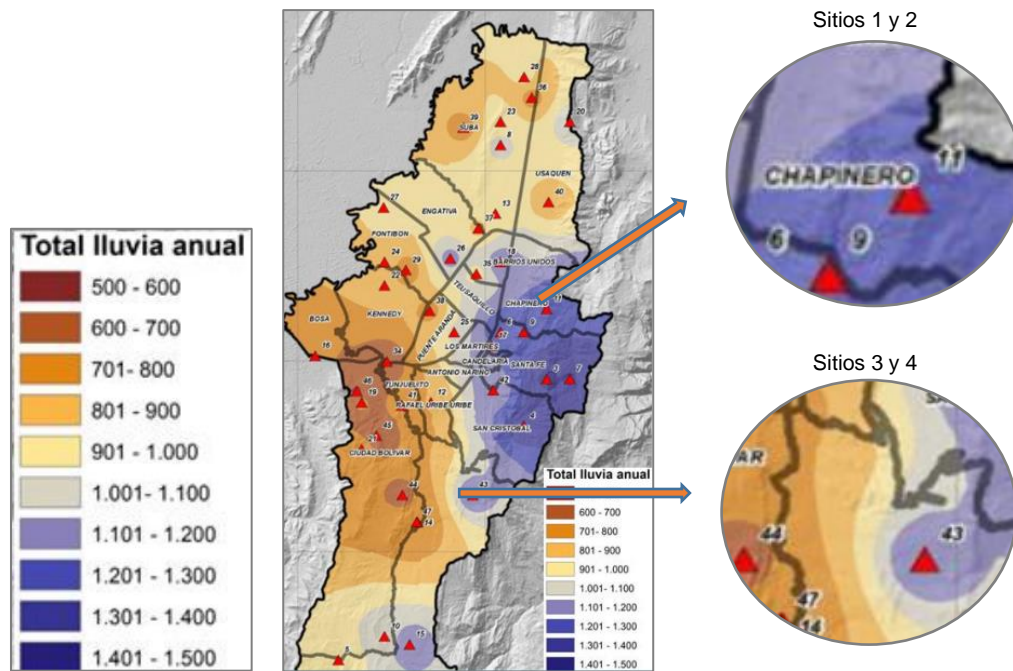


Figura 59. Precipitación media anual estudio Euscátegui-IDIGER.
Fuente: Modificado de Euscátegui-IDIGER, 2019.

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 14°C, como se puede observar en la siguiente Figura. 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.

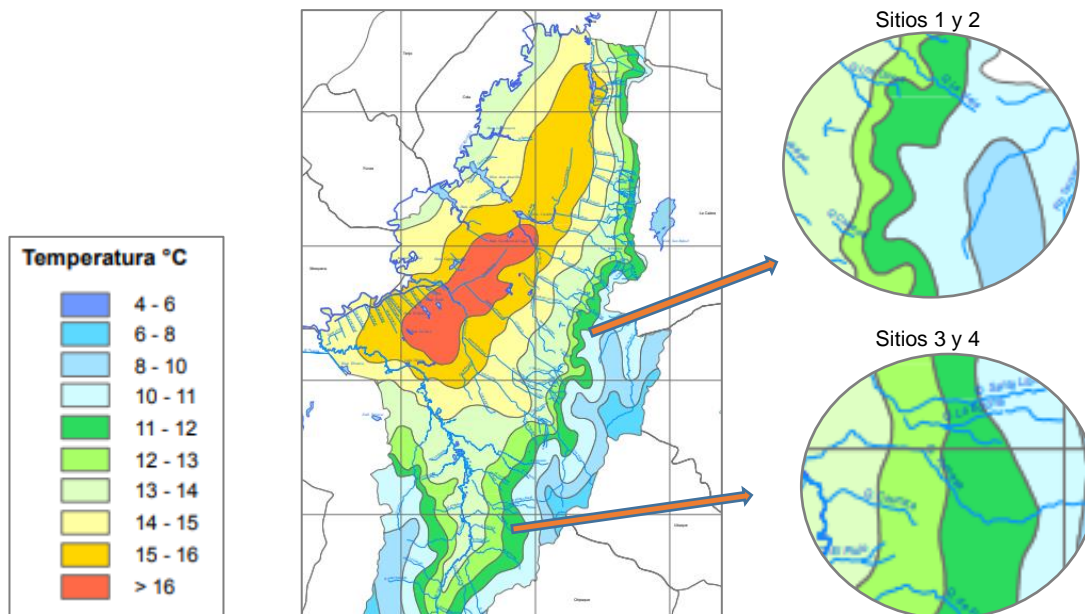


Figura 60. Temperatura media anual estudio IDEAM-FOPAE.
Fuente: Modificado de IDEAM-FOPAE, 2004.

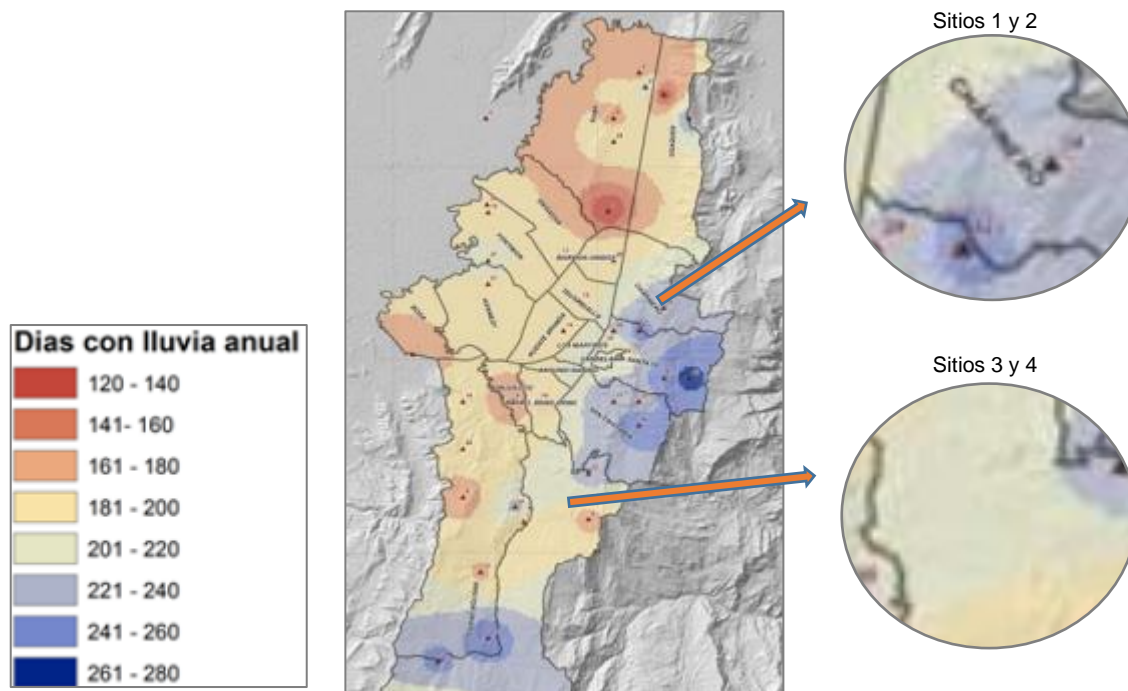


Figura 61. Número de días con lluvia medio anual estudio Euscátegui-IDIGER.
Fuente: Modificado de Euscátegui-IDIGER, 2019.

12.4 SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN Y 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.

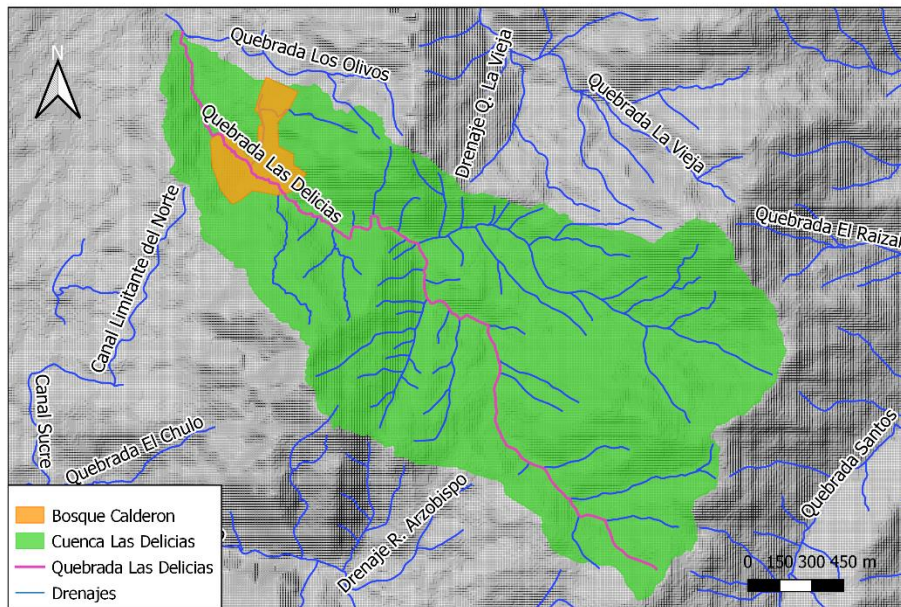


Figura 62. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Bosque Calderón.
Fuente: Elaboración propia.

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.

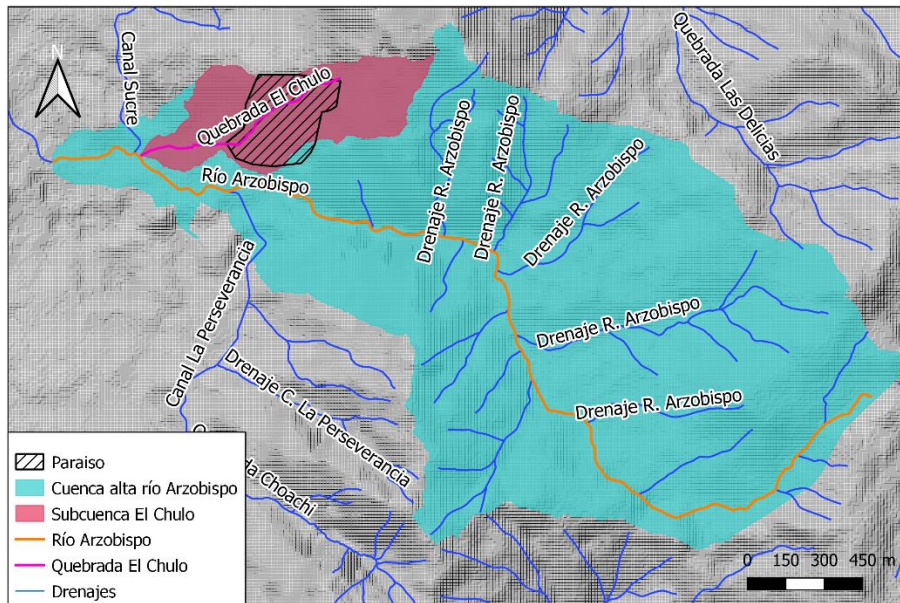


Figura 63. Cuencas hidrográficas y drenajes principales polígono Paraiso.
Fuente: Elaboración propia.

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 40.

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

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 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 42 se presentan los resultados.

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

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 41, se establece para cada cuenca el factor de forma el cual se presenta en la Tabla 42.

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
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

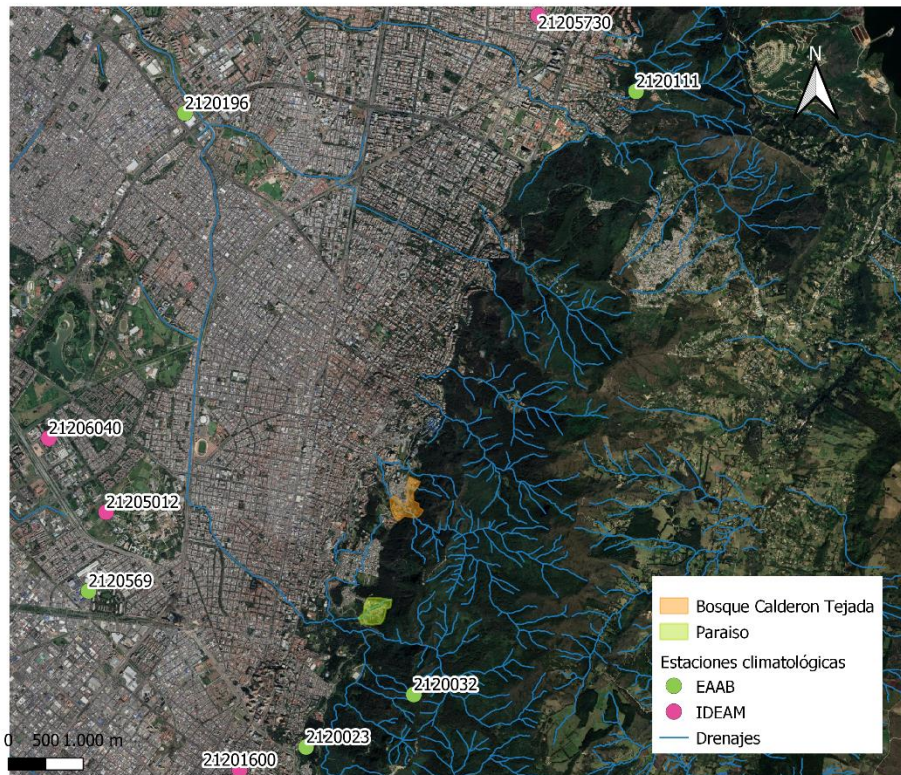


Figura 64. Inventario estaciones hidrometeorológicas sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

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 – OMM⁴, 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 consignadas, 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

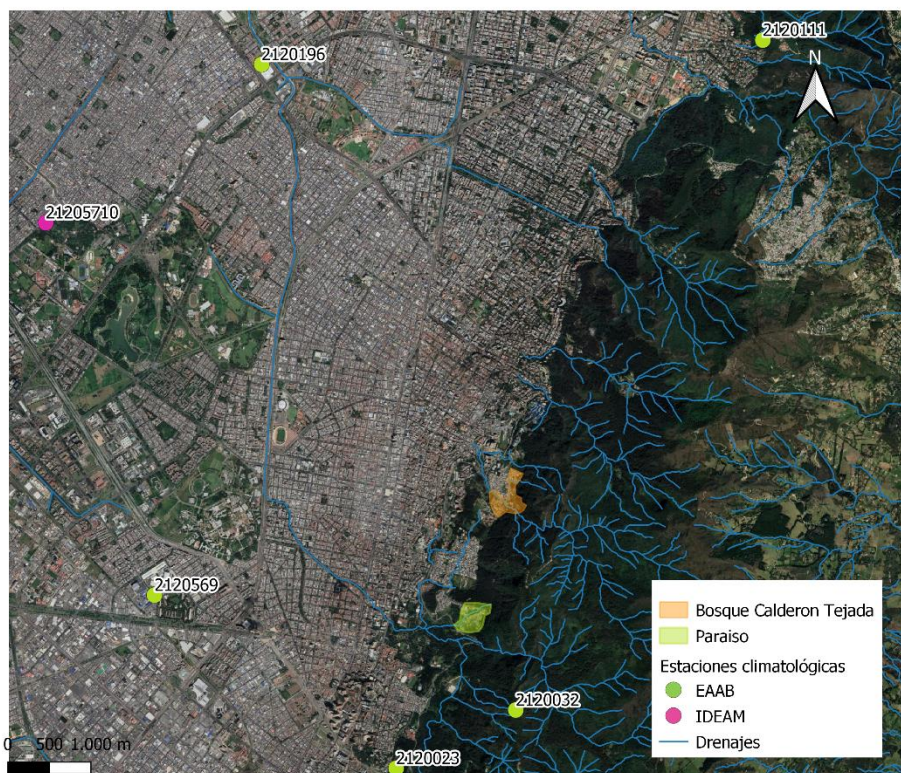


Figura 65. Estaciones hidrometeorológicas seleccionadas sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia

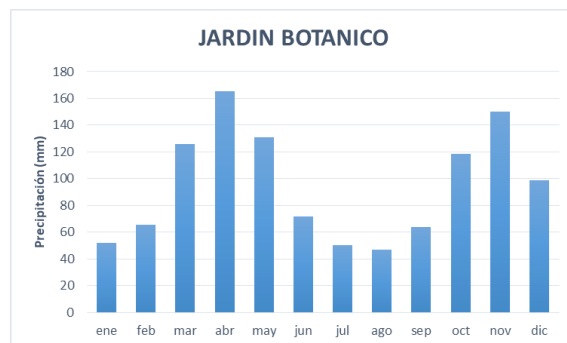
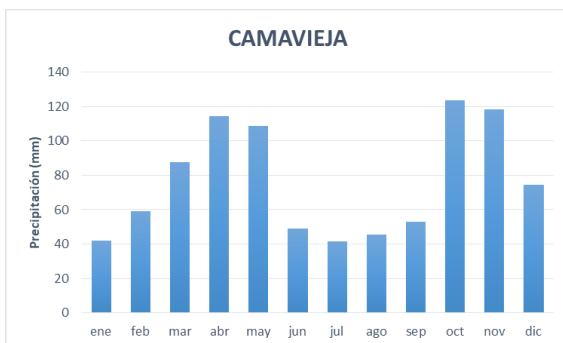
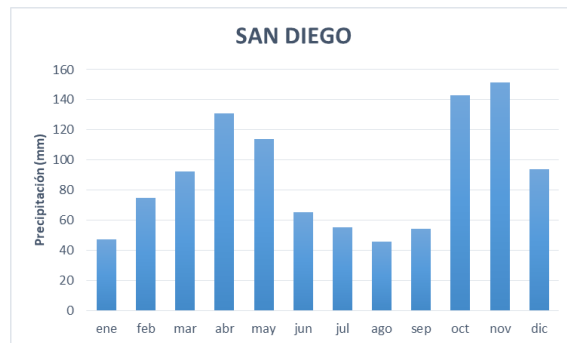
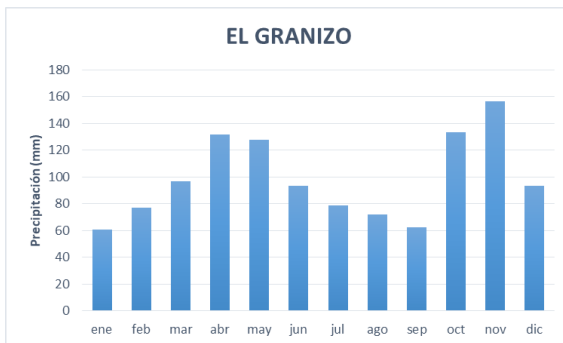
12.4.2.2 PRECIPITACIÓN

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 regimenes 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.



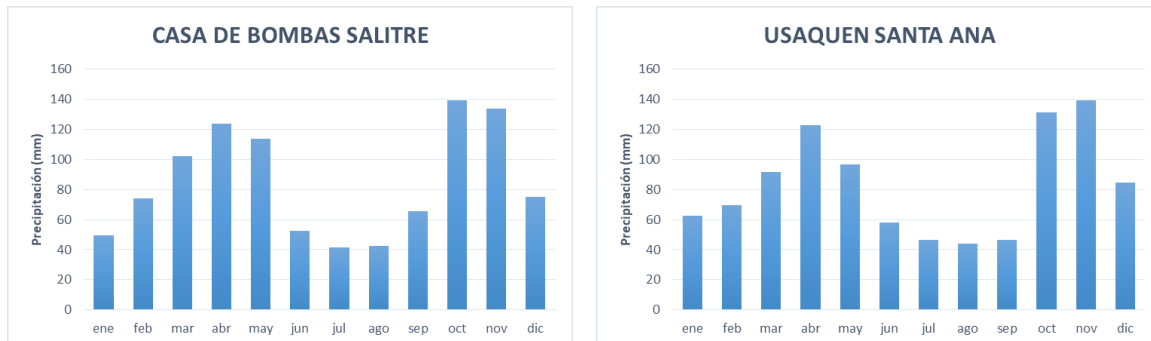


Figura 66. Promedio mensual anual de la precipitación sitio 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

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 78.

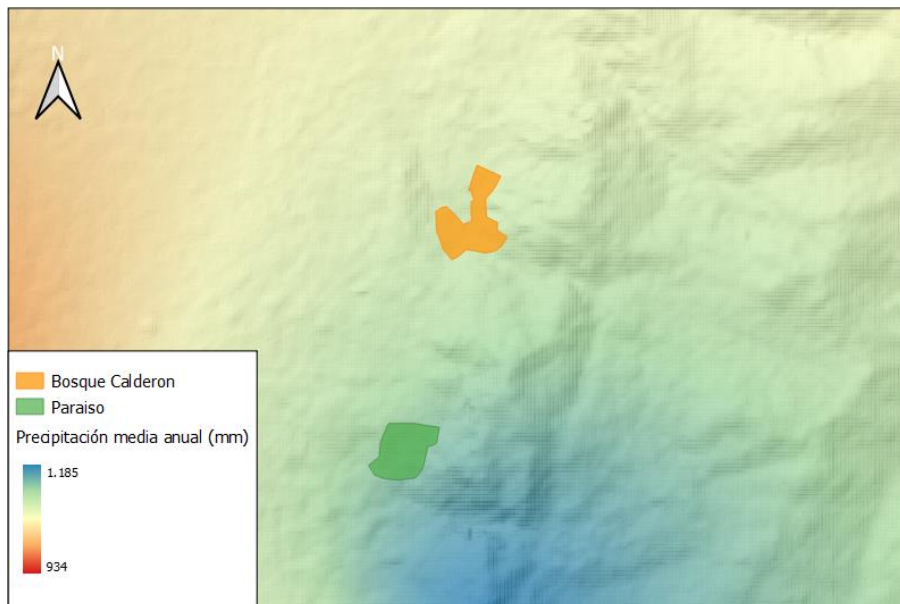


Figura 67. Variación espacial de la Precipitación media anual sitios 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia

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 21°C y 9°C respectivamente, cuyo comportamiento mensual se a continuación

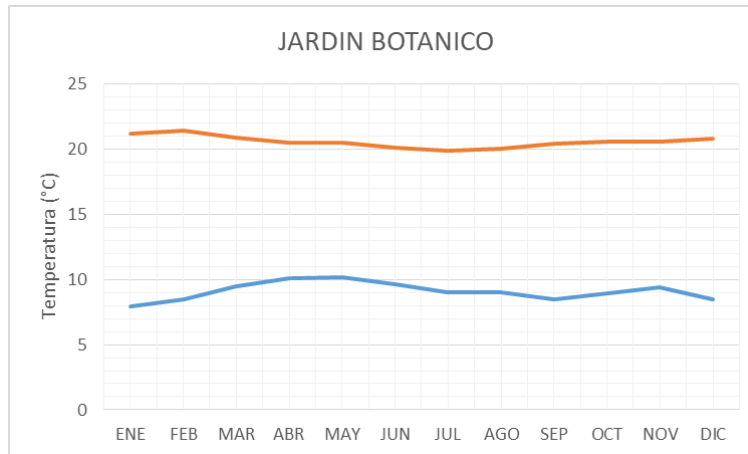


Figura 68. Temperatura máxima y mínima mensual promedio para sitio 1 y 2.

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 cuadrados, 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

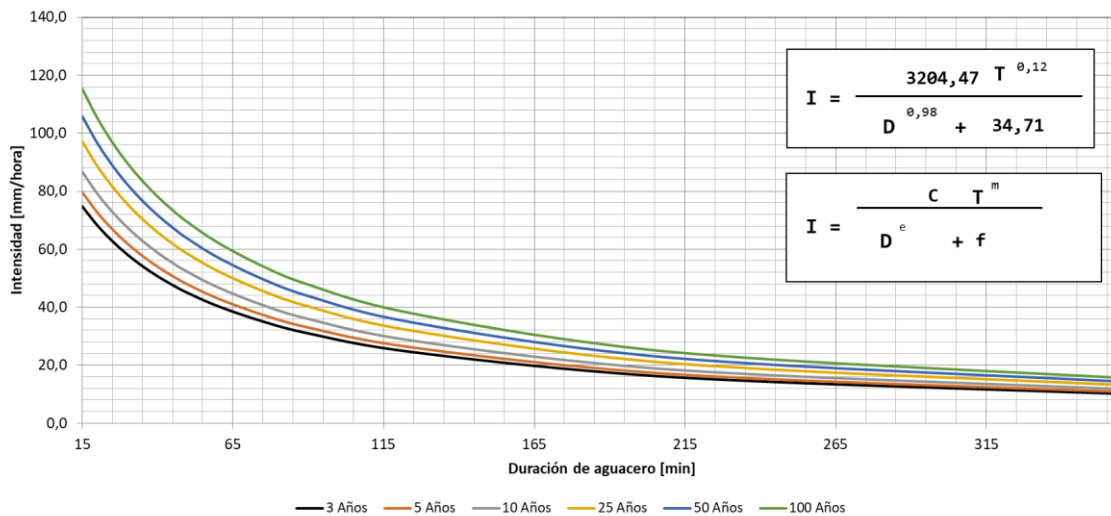


Figura 69. Curva IDF estación El Granizo para sitios 1 y 2.

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 RED DE DRENAJE BOSQUE CALDERÓN

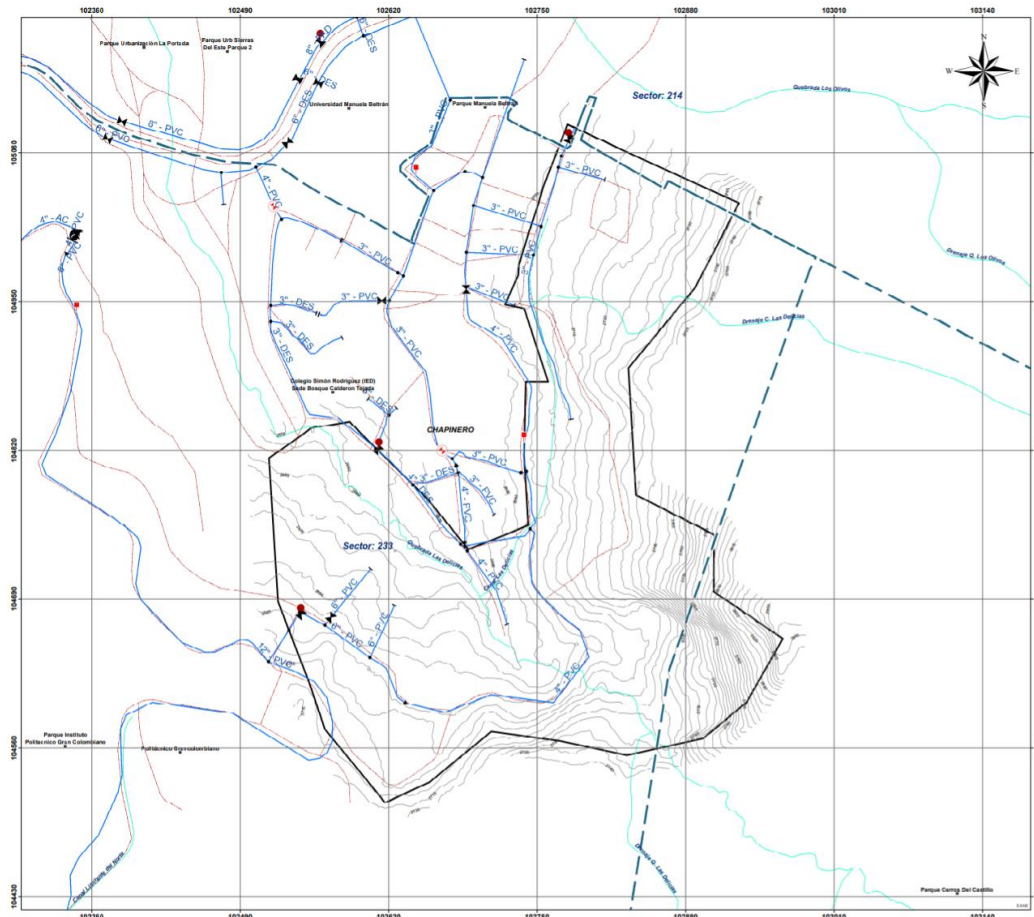


Figura 70. Red de acueducto y polígono.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020

VERSIÓN 1

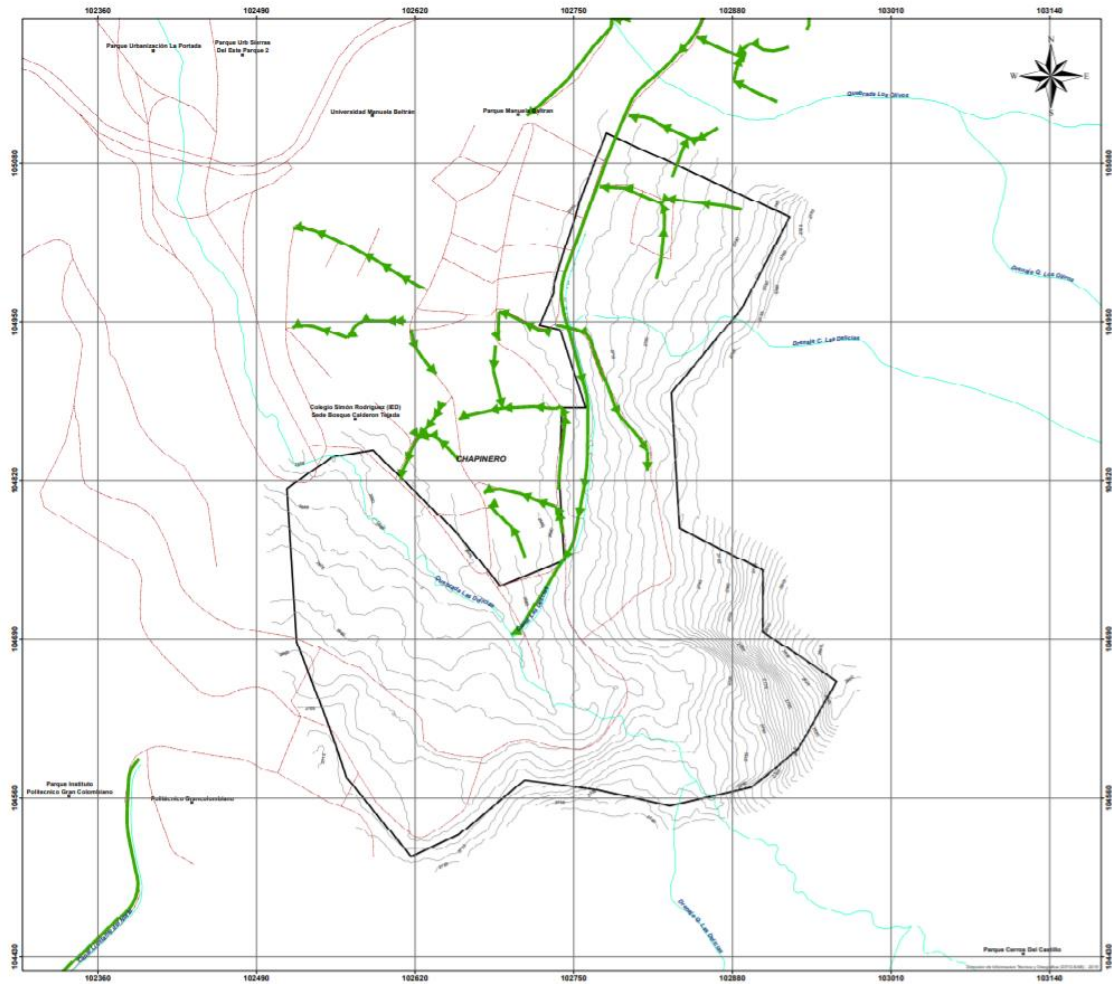


Figura 71. Red de alcantarillado pluvial y polígono.

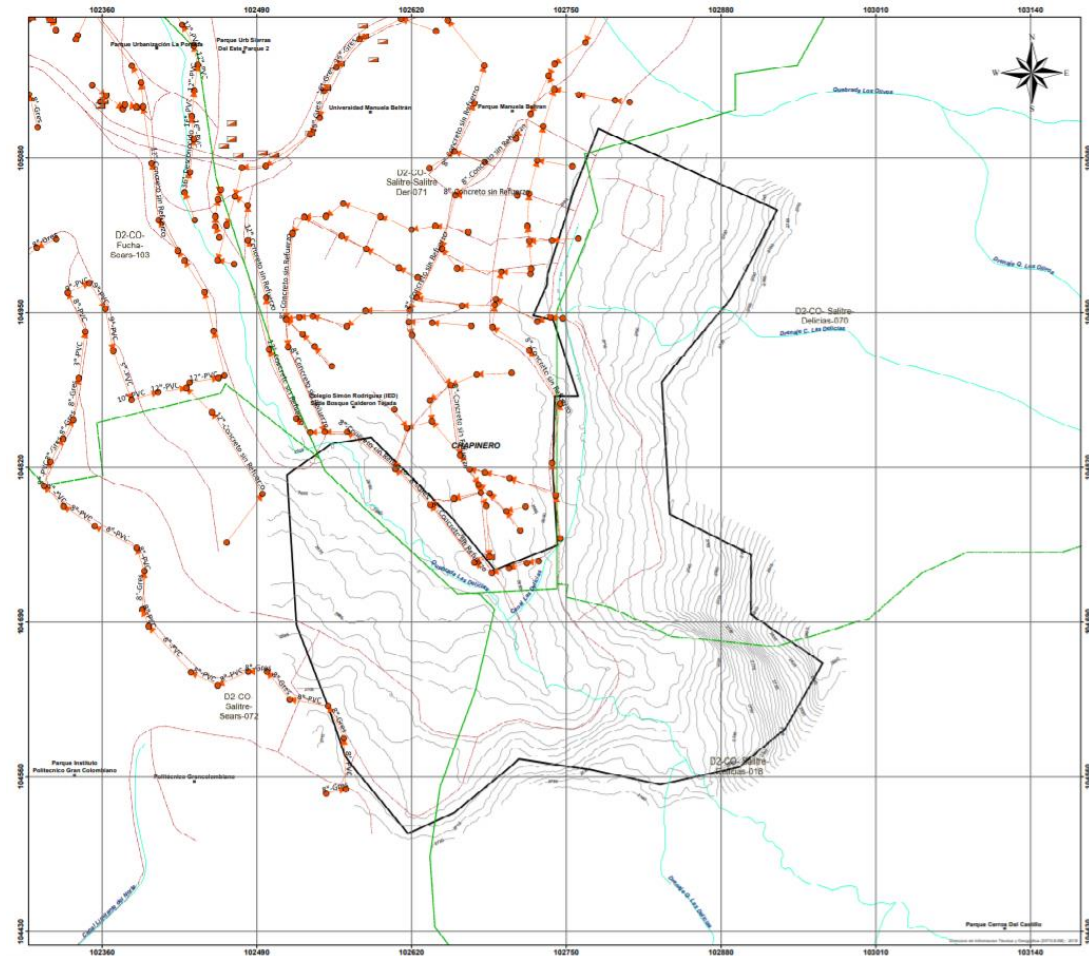




Figura 72. Red de alcantarillado sanitario y polígono.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

13 ESTUDIO GEOTÉCNICO SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA

13.1 ANTECEDENTES

En este numeral se hace una revisión de la información de antecedentes para el sitio 1 en la cual se destaca los conceptos técnicos el IDIGER CT-8907 y CT-8542, y el estudio realizado por la firma Geodinámica Ingeniería Ltda en el año 2006.

13.1.1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA CT-8097 Y CT-8542 INSTITUTO DISTRITAL DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO (IDIGER)



Por solicitud de la Secretaría Distrital de Habitat (SDHT) y con motivo del programa de legalización y regularización de barrios, el Instituto Distrital de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER) a través de su dependencia de Análisis de riesgos y Efectos de Cambio Climático y la unidad funcional de Conceptos para la Planificación Territorial elaboró para el barrio Bosque Calderón Tejada los de la localidad de Chapinero, en la UPZ 90 Pardo Rubio, el concepto Técnico CT-8097 de octubre de 2016 y el CT-8542 del 28 de marzo de 2019 (el cual actualiza y reemplaza el CT No. 8097), en los cuales se hace una reseña de las condiciones de estabilidad de taludes del territorio, y se actualiza la zonificación de amenaza por remoción en masa, vulnerabilidad y riesgo para el barrio Bosque Calderón Tejada acorde con la información disponible en el IDIGER y en el mapa normativos “Amenaza por Remoción Masa” de la Resolución 0751 de 2018 de la Secretaría Distrital de Planeación.

El CT-8542 evaluó las condiciones de amenaza por movimientos en masa con base en la metodología de sistema semicuantitativo de estabilidad (Ramírez, 1988. Modificado por Gonzáles, 1997) y a partir de la revisión de antecedentes que reposan en la base de datos del Sistema para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático – SIRE, el IDIGER y las características físicas observadas durante las inspecciones visuales que efectuadas por el IDIGER.

El área de estudio del CT-8542 es de 9.88 Ha, y está conformada por cuarenta y ocho (48) manzanas con cuatrocientos treinta y tres (433) predios. De esta manera es importante mencionar que el actual polígono de estudio denominado Sitio 1 Bosque Calderón Tejada está dentro del área de estudio del CT-8542 y comprende un área de 9.7 Ha.

Los conceptos CT-8094 y CT-8542 referencian en primera instancia el Contrato suscrito con la Firma Geodinámica Ingeniería Ltda en el año 2006 y denominado “Estudio de elaboración de diseño de obras, presupuestos y especificaciones técnicas en sitios críticos de riesgo inminente por remoción en masa en la ciudad de Bogotá D.C.”, en el cual se incluyó el sitio crítico No. 4 en la localidad de Chapinero y perteneciente al barrio Bosque Calderón Tejada. En dicho sitio critico se presentó un deslizamiento de tipo rotacional, de ancho 29 m y longitud 54 m, con un volumen aproximado de 5000 m³, y adicionalmente fueron encontradas dos entregas de aguas servidas a la quebrada Las Delicias, la primera

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 114</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

correspondiente a una tubería de diámetro 4” y la segunda a un canal en concreto de sección transversal del 1.0 m x 0.4 m, dichas entregas han generado socavación en la pata del talud.

Sumado a lo anterior en los conceptos técnicos se hace un resumen de la estratigrafía obtenida en el estudio de Geodinámica Ingeniería Ltda (2006), así como también reseña las alternativas de estabilización propuestas.

Por otra parte el concepto CT-8542 presenta una relación de los conceptos técnicos emitidos por el IDIGER, para diferentes predios y sectores localizados dentro del barrio Bosque Calderon Tejada, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes: DI-2414 de mayo 5 de 2005, DI-2663 de 2 mayo de 2006, DI-3326 de 22 de agosto de 2007, DI-4109 de 1 de abril de 2009, DI-4916 de 23 de noviembre de 2010, y DI-6711 de 19 de octubre de 2012, DI-7488 de 18 de septiembre de 2014, DI-7619 de 17 octubre de 2014, DI-7695 de 26 de noviembre de 2014, DI-8335 de 8 de marzo de 2015, DI-8370 de 25 junio 2015 y 8 de julio de 2015, DI-9848 de 16 de noviembre de 2016, y DI-10721 de 23 de mayo de 2017. Dichos conceptos se resumen en el numeral 6.1 de antecedentes del presente estudio.

De acuerdo con el concepto técnico CT-8542 una de las conclusiones más importantes se relaciona con “...los eventos ocurridos en el sector han sido asociados a intervenciones antrópicas no técnicas, así como los procesos denudativos naturales de las laderas, y procesos de socavación lateral de la Quebrada Las Delicias, los cuales se han incrementado por el escurrimiento de aguas sobre las laderas. Los procesos ocurridos en el sector se han enmarcado como deslizamientos traslacionales y rotacionales una combinación de los dos”.

De la evaluación de amenaza por remoción en masa el CT-8542 tomó como referencia el plano normativo “Amenaza por Remoción en Masa” de la resolución 04751 de 2018 de la Secretaría Distrital de Planeación SDP que actualiza el mapa del Decreto Distrital 190 de 2004. Adicionalmente, fue actualizado con incorporación de información nueva y de datos de reconocimiento de campo.

La metodología empleada en la evaluación de amenaza consistió en el sistema semicuantitativo de evaluación de estabilidad que comprende variables que califican las condiciones del terreno y aspectos relacionados con agentes detonantes, para de esta manera calificar la estabilidad de los taludes y generar un parámetro que permita la clasificación de la amenaza según niveles de baja, media o alta.

Las variables consideradas por la metodología son diez (10) y se mencionan a continuación, el resultado es calibrado con el mapa de procesos dinámicos.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 115</p>
--	------------------------------------	---------------------

Tabla 17 – Resultado del mapa de procesos dinámicos.

Variable	Símbolo	Descripción
Tipo de material	M	Rocas, depósitos y materiales intermedios. Influencia de discontinuidades y estructuras, analizados como geología.
Relieve	R	Analizado como geomorfología
Usos del suelo y cobertura vegetal	U	
Drenaje	D	Analizado como hidrografía
Factor antrópico	A	Sobrecarga del terreno, descargas, infiltración de aguas y manejo de aguas servidas, intervención del drenaje, explotaciones mineras
Precipitación	P	
Sismicidad	S	
Erosión	E	



Las variables M, R, U y D definen las zonas homogéneas para la caracterización de la susceptibilidad, en tanto que las variables A, P, S y E se considera que actúan como detonantes; la superposición sistemática de dichas variables permite establecer una zonificación en términos de calificación y categorías de estabilidad.

La cobertura de procesos dinámicos se emplea como parámetro de calibración; en consecuencia, se cartografían estrictamente en campo, procesos activos o potenciales en los que se considera la tendencia a la propagación y grado de actividad.

Del análisis de la amenaza por remoción en masa el CT-8542 presenta los siguientes resultados:

Amenaza alta no urbanizable

- Predios ubicados en zonas de laderas con pendientes moderadas, formada por suelos residuales de la formación Guaduas y depósitos coluviales en mayor extensión, los cuales presentan un alta susceptibilidad al desarrollo de procesos de remoción en masa, ante agentes detonantes tales como precipitaciones extremas. Este sector carece de sistemas de alcantarillado pluvial y/o sanitario, la escorrentía superficial se desarrolla sobre el terreno natural, depositándose directamente sobre la Quebrada Las Delicias.
- Predios localizados en una zona próxima al cauce de la Quebrada Las Delicias, donde se identifica la susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa asociados a la acción erosiva del cauce (socavación lateral y vertical). La intervención antrópica de la quebrada mediante la ocupación de zonas próximas al cauce, conlleva la modificación de los cauces originales, modificando el comportamiento hidráulico.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

- Predios localizados en la parte baja de un talud de alta pendiente conformado tanto por el estrato de arcillolitas de la Formación Arenisca Tierna, como por horizontes meteorizados y suelos residuales de dicha unidad y por rellenos antrópicos. Localmente, se presentan pendientes subverticales, correspondientes a un antiguo frente de explotación minera y por cortes viales. Presentan alta susceptibilidad a la presencia de movimientos en masa traslacionales por la ausencia de cobertura vegetal y de sistemas de recolección de aguas lluvias.
- Predios localizados en la parte baja de un escarpe vertical de altura aproximada de 50 metros, con probabilidad de ocurrencia de caída de bloques y/o flujo de detritos.

Amenaza alta por remoción en masa

- Predios ubicados en zonas de laderas con pendientes moderadas, formada por suelos residuales de la formación Guaduas y depósitos coluviales en mayor extensión, los cuales presentan una alta susceptibilidad al desarrollo de procesos de remoción en masa, ante agentes detonantes tales como precipitaciones extremas. Este sector carece de sistemas de alcantarillado pluvial y/o sanitario, la escorrentía superficial se desarrolla sobre el terreno natural, depositándose directamente sobre la Quebrada Las Delicias.
- Se encuentran en una zona próxima al cauce de la Quebrada Las Delicias, donde se identifica la susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa asociados a la acción erosiva del cauce (socavación lateral y vertical). La intervención antrópica de la quebrada mediante la ocupación de zonas próximas al cauce, conlleva la modificación de los cauces originales, modificando el comportamiento hidráulico.

Amenaza media por remoción en masa

- Predios localizados en zonas de pendiente de suave a moderada, geológicamente esta zona está conformada por materiales arcillosos de la formación Guaduas y rocas areniscas de la
- formación Labor del grupo Guadalupe, en donde no se observan evidencias de movimientos en masa de carácter activo.
- Este sector cuenta con redes de acueducto y alcantarillado, las aguas de escorrentía superficial son conducidas al sistema de alcantarillado, previniendo el incremento de posibles niveles freáticos y el consecuente deterioro de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales presentes en la zona. No obstante, es necesario garantizar que las obras viales y de captación se mantengan en buenas condiciones para evitar la aparición de procesos erosivos que puedan facilitar la infiltración de estas aguas al subsuelo.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 117</p>
--	------------------------------------	---------------------

- En general los predios se encuentran en laderas de sectores consolidados, donde la impermeabilización superficial es predominante; aunque es necesario que aquellos sectores que no cuentan con obras para la captación de agua superficial y donde el agua se escurre libremente por la superficie del terreno, tengan una intervención técnica con el fin de garantizar la condición de amenaza.

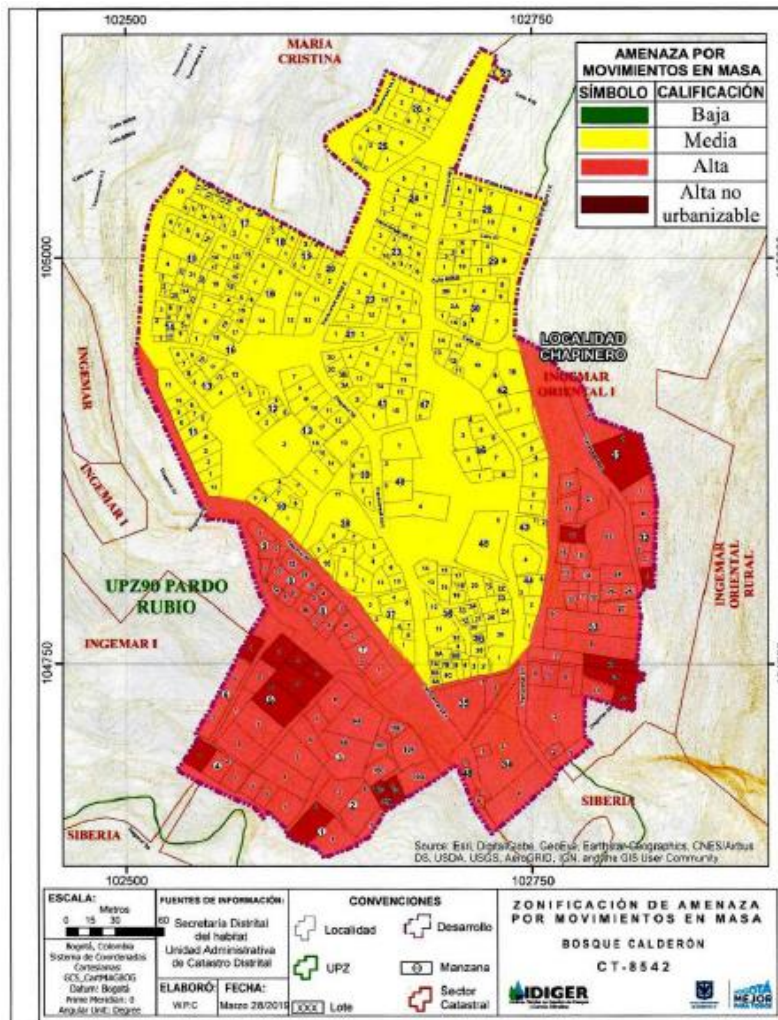


Figura 73. Mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa para el barrio Bosque Calderón Tejada.
Fuente: IDIGER 2019

13.1.2 ESTUDIO DE ELABORACIÓN DE DISEÑO DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN SITIOS CRÍTICOS DE RIESGO INMINENTE POR REMOCIÓN EN MASA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.”, REALIZADO POR LA FIRMA GEODINÁMICA INGENIERÍA LTDA EN EL AÑO 2006.

Estudio realizado por la Firma Geodinámica Ingeniería Ltda. en el desarrollo del contrato No. 292 de 2006, suscrito con el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE hoy IDIGER. En el estudio se realizaron los estudios de elaboración de diseños de obras, presupuesto y especificaciones técnicas para el sitio crítico No. 4 de riesgo inminente por remoción en masa localizado en el sector de las diagonales 57 y 58 entre la Avenida Circunvalar (Sentido Sur – Norte) y la Carrera 4B Este, margen izquierda de la quebrada las Delicias, en el Barrio Bosque Calderón Tejada Localidad de Chapinero al Oriente de la ciudad de Bogotá D.C.

El sector en estudio hace parte de la cuenca de la Quebrada las Delicias y corresponde al talud de la margen izquierda de esta, que es una franja de terreno la cual tiene una longitud aproximada de 64 m y un ancho entre 54 m y 30 m. Por otro lado el talud de la margen derecha se encuentra ocupado por varias viviendas, las cuales están a una distancia promedio de 4,0 m del eje de la Quebrada Las Delicias.

Como antecedentes del deslizamiento se tiene los siguiente “Durante el mes de Mayo de 2005, en época de lluvias, se presentó un deslizamiento que afecto un relleno en suelo depositado en la parte alta del talud, en el predio del señor Ricardo Vanegas, hasta la quebrada las Delicias; la margen de la quebrada presentaba socavación lateral a causa de las crecientes. El deslizamiento tuvo una longitud de 54,0 m con un ancho de 29,0 m. Este movimiento obstruyó parte de la sección hidráulica de la quebrada dejando activa la posibilidad de un represamiento de la misma.”



De acuerdo con el informe el sitio del deslizamiento se localiza en las siguientes coordenadas:

Tabla 18 – Coordenadas sitio de deslizamiento.

Coordenada	Norte (m)	Este (m)
Min	104740	102520
Max	104840	102620

Para el estudio se ejecutaron dos (2) trincheras y cuatro (4) sondeos manuales entre 3.3 y 6.1 m de profundidad. La profundidad del nivel freático que se reportó en el sondeo No. 2 es de 1.60 m, mientras que un piezómetro encontrado a 5.0 m de este sondeo se determinó un nivel de agua a 1.80 m.

Desde el punto de vista de geología local en el sitio afectado por inestabilidad y zonas próximas afloran areniscas cuarzosas de color gris claro de grano fino alteradas, en capas

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

delgadas, con intercalaciones de arcillolitas grises laminares con alto grado de meteorización hasta tomar color rojizo y presencia de mantos delgados de carbón con espesor de 0,5 m, que corresponden al Nivel medio de la Formación Guaduas.

Los estratos van en contra de la pendiente tienen un Rumbo N80E, y buzamiento 24 SE, presentando una situación favorable.

En cuanto a depósitos cuaternarios el área de estudio del contrato No. 292 de 2006 presenta depósitos aluviales (Qal), depósitos de ladera (Qco), suelos residuales (Qsr) y el depósito del deslizamiento rotacional (Qd), los cuales se definen a continuación:

Depósitos aluviales (Qal)

Bloques subredondeados dentro de una matriz no consolidada de arena y arcilla, este depósito está localizado en dirección N50W al sur del área de estudio a lo largo de la quebrada Las Delicias.

Depósitos de ladera (Qco)

Se encuentran depósitos de ladera localizados en la parte Noreste del área representados por coluviones provenientes de la Formación Guadalupe integrados por cantos a bloques angulares de areniscas cuarzosas con buena cementación. En las fotos se puede observar bloques de arenisca desde 0,5 m – 1,0 m³, en algunos casos embebidos en matriz arcillosa.

Suelos residuales (Qsr)

Localizado cerca de la quebrada Las Delicias es el producto de la meteorización química de las arcillas del Nivel superior de la Formación Guaduas el espesor de suelo residual es de 6,0 m.

Depósito del deslizamiento rotacional (Qd)

En la parte central del área de estudio se encuentra una masa desplazada en el suelo residual Qsr antes mencionado. Su condición de estabilidad en el momento es de equilibrio límite, el deslizamiento clasifica como rotacional.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 120</p>
--	------------------------------------	---------------------

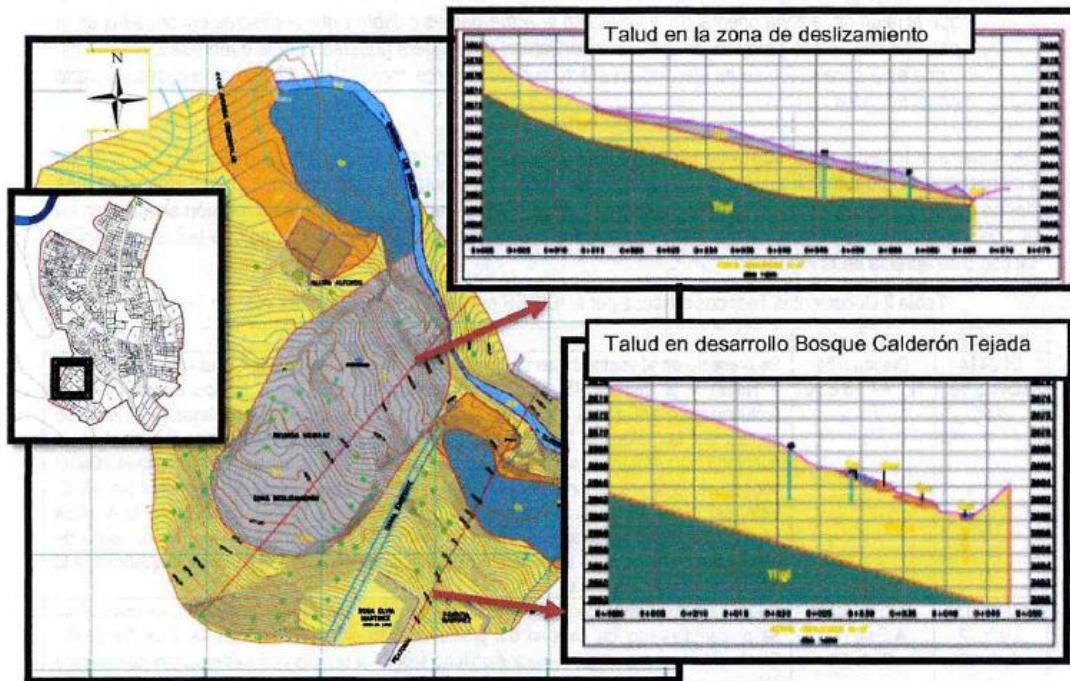


Figura 74. Localización del área de estudio y secciones de análisis.
 Fuente. Geodinámica Ingeniería Ltda (2006).



Figura 75. Se observa la Corona del deslizamiento en arcillas habanas de la Formación Guaduas.

Fuente. Geodinámica Ingeniería Ltda (2006).

Perfil estratigráfico

De acuerdo con el estudio el perfil estratigráfico para la zona del deslizamiento se describe como:

Tabla 19 – Perfil estratigráfico.

Profundidad (m)	Material
0.0 – 3.5 m (cerca al cauce de la quebrada las Delicias)	Arcilla, de color principalmente amarillo y rojizo.
0.0 – 6.0 m (en la parte alta del talud)	
3.5 – 6.1 m	Arcillolita rojiza de consistencia dura perteneciente a la Formación Guaduas. Adicionalmente también se encuentran bloques de areniscas de origen coluvial, como el encontrado en el sondeo No. 1.

Nivel freático: en el sondeo No. 2 se reportó a una profundidad de 1.6 m.

Mientras que el perfil estratigráfico determinado en la zona oriental de la ladera en estudio (aguas arriba del deslizamiento), presenta las siguientes características:

Tabla 20 – Perfil estratigráfico.

Profundidad (m)	Material
0.0 – 3.9 m (cerca al cauce de la quebrada las Delicias)	Arcilla, de color principalmente amarillo y rojizo.
0.0 – 6.0 m (en la parte alta del talud)	
3.9 – 6.1 m	Arcillolita rojiza de consistencia dura perteneciente a la Formación Guaduas.

Nivel freático: en este sector de la ladera no se encontró el nivel freático.

13.1.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Corte directo

Tabla 21 – Resumen corte directo.

Sondeo	Muestra	Material	Peso unitario (ton/m ³)	Cohesión (ton/m ²)	Angulo de fricción (°)
No. 2	M8 Zona de deslizamiento	Arcilla con trazas de arena grano fino color carmelito plasticidad alta y alta compresibilidad.	1.75	7.5	16.7
No. 3	M6 Costado oriental talud	Arcilla con trazas de arena de grano fino, color amarillo, vetas grises, plasticidad media y de baja compresibilidad	1.79	9.3	22.7

Tabla 22 – Resumen Compresión inconfiada.

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Resistencia a la compresión inconfiada qu (ton/m ²)
No. 1	M2	1.5	9.8
No. 1	M4	2.4	16.9
No. 1	M5	2.9	19.8
No. 2	M6	3.5	9.1
No. 2	M7	4.0	5.3
No. 3	M4	3.9	32.6
No. 3	M5	4.8	32.8
No. 3	M6	5.6	39.8
No. 4	M2	1.6	37.7
No. 4	M3	2.8	49.6

Tipo de movimiento

El deslizamiento en estudio presenta una corona claramente definida y de forma redondeada, lo mismo que su escarpe principal el cual tiene forma cóncava, adicionalmente la mayor parte del volumen inestable fue depositada de la parte media del deslizamiento

hacia abajo. Las características anteriores indican que el deslizamiento ocurrido en la zona en estudio corresponde a un deslizamiento rotacional de suelo según Varnes (1978).

Factores detonantes

- Según los habitantes de la zona en estudio dentro del predio del señor Ricardo Vanegas en la parte alta del deslizamiento, se realizó un relleno de material heterogéneo, el cual incremento la pendiente del talud en esta zona de la ladera e impuso cargas adicionales al mismo.
- Las crecientes de la quebrada Las Delicias presentadas en el invierno del mes de Mayo de 2005, generaron incrementos en el poder de arrastre de la misma, socavando la pata del talud.
- Las entregas de aguas servidas en la pata del talud, han incrementado los efectos de la erosión.
- El nivel freático encontrado cerca de la superficie en la parte media del talud.
- En cuanto al costado oriental del talud, la fisuración presentada en la pata del talud se debe principalmente a la erosión generada por la quebrada Las Delicias.

Parámetros geotécnicos empleados en el modelo de estabilidad

Tabla 23 – Resumen parámetros geotécnicos en modelo de estabilidad.

Estrato	Descripción	Peso unitario (ton/m ³)	Cohesión (ton/m ²)	Angulo de fricción (°)
Talud zona del deslizamiento				
1	Material orgánico	1.9	0.40	25
2	Arcilla de consistencia media	2.2	0.70	20
	Arcilla de consistencia firme	2.0	2.78	20
3	Roca arcillolita	2.2	15.0	45
Talud zona oriental				
1	Material orgánico	1.9	0.40	25
2	Arcilla de consistencia media	1.9	9.3	22.7
3	Roca arcillolita	2.2	15	45

Análisis de estabilidad

Para las secciones de análisis empleadas en el estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 24 – Resumen análisis de estabilidad.

Sección	Factor de seguridad	
	Estática	Con sismo Aa=0.24g
Talud zona del deslizamiento, falla local	1.05	0.83
Talud zona del deslizamiento, falla general	1.78	1.05

De los resultados de factor de seguridad el estudio de Geodinámica Ingeniería Ltda (2006) concluye “Los resultados obtenidos del análisis corroboran que el deslizamiento ocurrido en el costado occidental de la ladera se debe a razones como la presencia de nivel freático, la pérdida de soporte en la pata del talud generada por la socavación lateral de la quebrada Las Delicias y la alta pendiente del talud cerca de su corona producto del relleno de material heterogéneo efectuado dentro del predio del señor Ricardo Vanegas.”

Adicionalmente, el estudio menciona “Los resultados obtenidos de los análisis anteriores, se puede concluir que el suelo presente en la ladera es muy susceptible a la pérdida de resistencia por aumento de la humedad, lo cual es evidenciado por la presencia de nivel freático en el talud del deslizamiento cuyas condiciones de estabilidad son menores a las del talud de la zona oriental que no presenta nivel freático.

Estos resultados, hacen evidente la necesidad de implementar en el talud del deslizamiento, obras de estabilización que confinen los depósitos existentes, que controlen el nivel freático y la humedad de los materiales del talud y que minimicen los efectos de la socavación de la quebrada.

Por otro lado en el talud del costado oriental de la ladera es necesaria la construcción de obras que minimicen la pérdida de soporte en la pata del talud por los efectos de la socavación de la quebrada y que eviten la acumulación de agua en los materiales del talud, con el fin de evitar pérdidas de resistencia y cambios bruscos en las condiciones del mismo que generen futuros FRM.”

13.1.4 SECRETARIA DE PLANEACIÓN DISTRITAL (2018). DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE. ESTUDIOS BÁSICOS. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO.

El documento técnico de soporte del mapa actualizado de amenaza por remoción en masa presenta correlaciones para determinar la lluvia acumulada crítica y duración en función de la lluvia anual, de esta manera se tienen las siguientes expresiones:

Lluvia crítica

$$LLcr = 0.3808LLanu$$

Donde,

LLcr: Lluvia acumulada crítica (mm)

LLanu: lluvia anual (mm)

Duración

$$Dur = 1.6723LLcr^{0.5269}$$

Donde,

Dur: Duración (días)

LLcr: Lluvia acumulada crítica (mm)

Con las expresiones es posible determinar la precipitación crítica que puede ocasionar eventos de remoción en masa, teniendo en cuenta los valores de precipitación anual de las estaciones pluviométricas cercanas a los sitios de estudio.

13.2 ASPECTOS SÍSMICOS

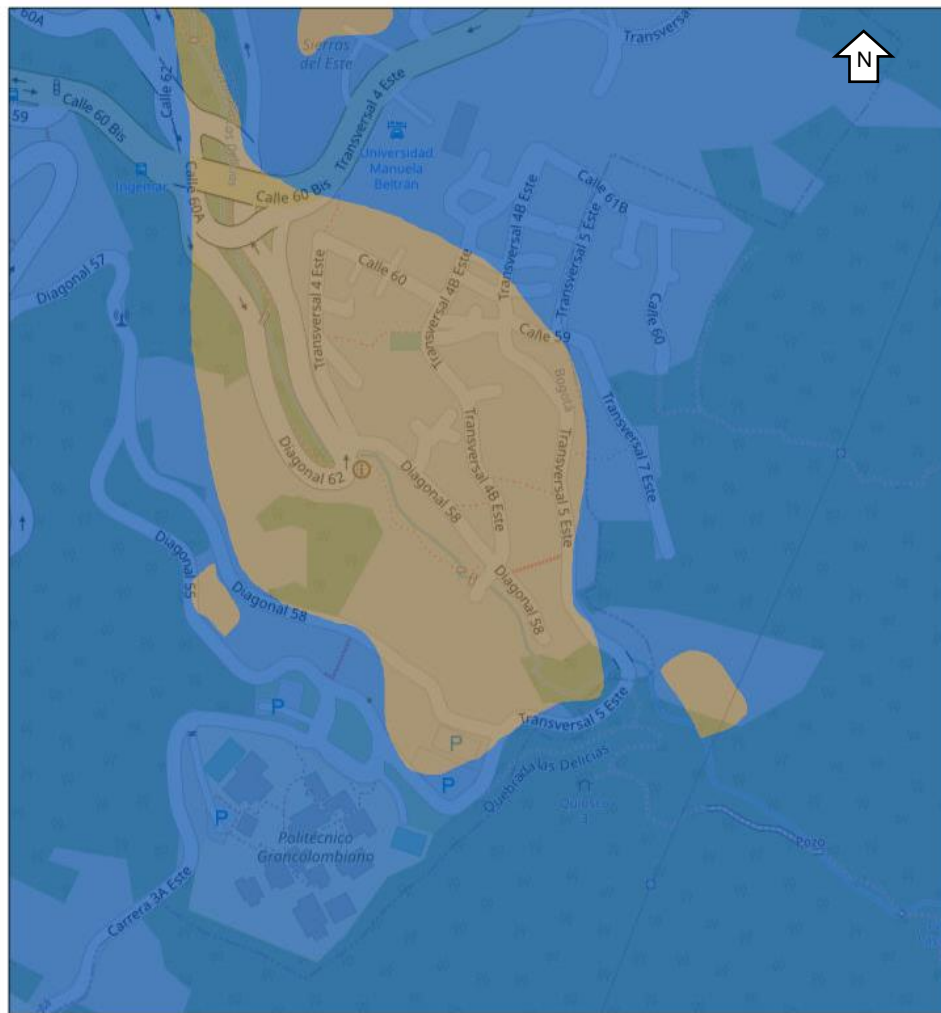
De acuerdo con el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá (Decreto 523 de 2010), para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada se evidencia que la mayor parte del área de estudio la cubre la unidad definida como Cerros, mientras que hacia el costado sur del polígono en la zona aledaña al cauce de la Quebrada Las Delicias, 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 a continuación. 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 25 – Parámetros sísmicos del espectro de respuesta para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada.

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
Coefficiente de Amplificación en Periodos Cortos (Fa)	1.35	1.65
Coefficiente 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.



19/3/2021 18:27:09

Respuesta Sísmica - Decreto 523 de 2010

- Cerros
- Depósito Ladera

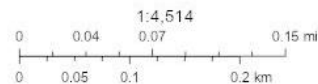




Figura 76. Zonificación por respuesta sísmica para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada.

Fuente: Decreto 523 de 2010.

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

13.3 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 pendiente, coluviones, deslizamientos y rellenos antrópicos.

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.

13.3.1 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:



13.3.1.1 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 un talud casi vertical en la margen derecha de la quebrada Las Delicias, aquí aflora una parte la secuencia litológica y le falta parte del techo.

En el talud presente en la quebrada aflora la secuencia invertida donde se observan las Formaciones Arenisca de Labor-Tierna y Plaeners, no se realizó un levantamiento litológico detallado por la imposibilidad de acceder a la parte alta, puesto que el talud presenta una inclinación casi vertical.

Se realizó un levantamiento de la parte baja de la secuencia aflorante, la secuencia inicia con un nivel de arenisca de grano medio de color gris, estratificadas en capas de espesor grueso, con un espesor de 14.6 metros, luego aparece un nivel de limolita gris, estratificado en capas de espesor medio, que alcanza un espesor de 2.4 m; a continuación, aparece un nivel de arenisca cuarzosa de grano media a grueso, estratificada en capas gruesas, con un espesor de 8 m, luego aparece un nivel de arcillolita gris de 1.5 m y luego un nivel de arenisca cuarzosa de grano medio a grueso estratificada en capas medias a gruesas, con un espesor de 9.4 m.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 128</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

13.3.1.2 FORMACIÓN GUADUAS (K2P1G):

En el sitio cercano al cruce de la quebrada Las delicias con la vía Circunvalar aflora la parte media de la Formación Guaduas, integrada por niveles de arcillolitas de color violáceo por alteración; estos niveles de arcillolitas se detectaron en el subsuelo en los sondeos 7, 8 y 9. En el sondeo 7 se atravesó una secuencia de arcillolitas alteradas con algunos niveles delgados de arenisca arcillosa entre 6 y 7.3 m, luego aparece un nivel de arcillolita y limolita de color gris oscuro, hasta 13 m de profundidad.

En el sondeo exploratorio 8 se atravesó una secuencia de arcilla de color café, de consistencia dura, con algo de humedad entre 6 y 9.8 m y a continuación un nivel de arcillolita de color gris oscuro, con trazos rojizos por alteración hasta los 13 m de profundidad. En el sondeo exploratorio 9 se detectó un nivel de arcillolitas de color gris oscuro, entre 4.9 y 7 m.

13.3.1.3 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.



Este depósito fue reconocido en el subsuelo en los sondeos exploratorios 1, 2, 3, 4, 5 y 6; en el sondeo exploratorio 1, este depósito alcanzó un espesor mayor a 15 m, y está integrado por arcillas de color café entre 1 y 4.5 m, a continuación, arenas entre 4.5 y 5.5 m, y luego bloques de arenisca de color amarillo con niveles de arenas, hasta una profundidad de 15 m.

En el sondeo 2 el depósito de coluvión está integrado por limo, arena, arcillas y localmente grava entre 1 y 4 m, luego arcillas de color gris y arcilla plástica de color amarillo entre 4 y 9 m, entre 9 y 13 m arcillolitas de color gris. En el sondeo 3 el depósito de coluvión está integrado por limo, arena, arcillas y localmente grava entre 1 y 6.6 m, luego aparece un nivel de bloques de arenisca entre 6.6 y 11.5 m, a continuación un horizonte de arcilla gris con presencia de bloques de arenisca entre 11.5 y 15 m.

En el sondeo 4 el depósito de coluvión está integrado por un horizonte de limo gris oscuro, con presencia esporádica de gravas entre 0.5 y 4 m, luego un nivel de bloques de areniscas en matriz arcillosa a arenosa, con lentes de arcilla café oscuro, entre 4 y 15 m. En el sondeo 5 el depósito de coluvión está integrado por limo de color café con presencia esporádica de gravas entre 0.5 y 4.2 m, a continuación un nivel de bloques de arenisca con matriz limosa entre 4.2 y 9 m.

En el sondeo 6 el depósito de coluvión está integrado por un horizonte de limo de color café oscuro con presencia esporádica de arena y grava, entre 1.2 y 4.4 m, luego aparece un nivel de arena café oscuro entre 4.4 y 4.6 m, a continuación arcilla café oscuro con

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 129</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

presencia de arena y grava, entre 4.6 y 8.6 m, y de 8.6 a 10 m, bloques de arenisca de color café claro.

En el sector sur del polígono se presenta un depósito de coluvión generado por un deslizamiento antiguo que afectó una ladera donde aflora la Formación Guaduas, el depósito está integrado por fragmentos a bloques de arcillolita y areniscas arcillosas embebidos en una matriz arcillosa predominante.

13.3.1.4 DEPÓSITOS DE DESLIZAMIENTO (QD):

Depósitos generados por un proceso de remoción en masa que generaron deslizamientos en el polígono evaluado, se reconoció la presencia de dos deslizamientos, el primero se ubica en la ladera de la margen izquierda de la quebrada Las Delicias, cerca del cruce con la avenida circunvalar, corresponde un movimiento de tipo rotacional que afectó la ladera y ocasionó un desprendimiento de material, es posible reconocer el escarpe de deslizamiento.

Un segundo deslizamiento se observa en la margen derecha de la quebrada Las Delicias, corresponde una caída de rocas desde el talud, que ha originado un cono de deyección que ha desplazado el curso de la quebrada.

13.3.1.5 DEPÓSITO ALUVIAL (QA):

Un depósito aluvial de edad reciente de carácter local se presenta como una franja estrecha y alargada, localizada en forma paralela al cauce de la quebrada Las Delicias, el depósito está integrado por cantos a bloques subredondeados de areniscas cuarzosas con una matriz arcillo arenosa.

13.3.1.6 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 8 y 9. En el sondeo 8 el depósito relleno antrópico está integrado por limos con gravas y escombros, con un espesor desde la superficie hasta 6 m de profundidad.

En el sondeo 9 el depósito relleno antrópico está integrado por limo de color café oscuro con presencia de grava, arena y escombros de construcción, este relleno alcanzó un espesor de 4.9 m.

13.4 GEOMORFOLOGÍA

En el sector evaluado se destacan cuatro unidades geomorfológicas, que se detallan en la tabla 1 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

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 130</p>
--	------------------------------------	---------------------

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.
- Ladera ondulada denudada (Dlod): Corresponde a una geoforma de origen denudativo generada por la erosión diferencial de una secuencia de arcillolitas, corresponde a una ladera con pendiente ondulada a medianamente abrupta. Los procesos morfodinámicos presentes corresponden a erosión leve a severa, localmente se presentan procesos de remoción en masa.
- 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 26 describe las características de las unidades geomorfológicas identificadas:

Tabla 26 – 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
Ladera ondulada denudada	Dlod	Ondulada	Denudativa	Erosión leve a severa
Valle aluvial	Dva	Plana	Denudativa	Socavación lateral y de fondo

Fuente: Autor

13.4.1 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 públicas como vías y terrenos 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. Se estaba adelantando el proceso de reconocimiento directo de cada uno de los procesos en el polígono.

13.5 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 consistente en nueve (9) perforaciones mecánicas entre 7 y 15 m de profundidad, trincheras y apiques de 1.5 m de profundidad, así mismo se realizaron seis (6) líneas de refracción sísmica con longitudes entre 50 y 70 m.

13.5.1 EXPLORACIÓN DIRECTA

Se realizaron nueve (9) perforaciones mecánicas, cuatro (4) apiques y ocho (8) trincheras distribuidas en el área de estudio, sobre los cuales se llevó un registro detallado de los materiales encontrados que incluye: 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 incluyen adelante.

Se muestra la localización de sondeos y líneas de refracción sísmica ejecutadas para el proyecto, además se incluyen fotografías representativas a manera de ejemplo de las muestras de suelo obtenidas de la exploración.

Tabla 27 – Localización de sondeos sitio 1.

Sondeo	Coordenadas		Profundidad alcanzada (m)	Nivel freático (m)
	Este (m)	Norte (m)		

S-1	1002871.579	1004993.682	15	6.3 7.3
S-2	1002818.566	1005007.195	15	8.2
S-3	1002810.557	1004892.006	15	6.4 7.3 7.9 8.3
S-4	1002769.256	1004900.298	14	No se encontró
S-5	1002837.684	1004758.695	9	No se encontró
S-6	1002817.959	1004752.858	10	4.9 5.3
S-7	1002612.693	1004618.924	14	3.2
S-8	1002516.525	1004748.240	14	4.9 5.8
S-9	1002567.071	1004789.402	7	No se encontró



Figura 77. Localización de exploración del subsuelo – sitio 1.

Fuente Geodinámica (2021).

	
<p>S1 – M1 0.60 – 1.05 m</p>	<p>S1 – M17 13.5 – 17.0 m</p>
	
<p>S3 – M3 1.0 – 1.50 m</p>	<p>S3 – M11 6.6 – 8.05 m</p>
	
<p>S5 – M6 3.60 – 4.05 m</p>	<p>S5 – M10 6.05 – 7.50 m</p>



Figura 78. Registro fotográfico de algunas de las muestras obtenidas de los sondeos.



Fuente Geodinámica (2021).

13.5.2 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

De acuerdo con los registros de perforación y del muestreo obtenido se puede mencionar que en sitio se presenta en un 79.5% materiales de depósito coluvial, en un 16.0% depósitos antrópicos, y en un 4.5% arcillolitas de la Formación Guaduas. A continuación se realiza la descripción de cada uno de los sondeos.

Sondeo S-1

El sondeo S-1 se localiza en el costado nororiental del polígono de estudio y en él se encontró el siguiente perfil estratigráfico: entre 0.0 y 0.60 m de profundidad se obtuvo una capa de relleno en arcilla con escombros, luego entre 0.60 y 1.05 m se encontró un relleno en arcilla con arena con un valor de N de campo de 4 golpes/pie. Enseguida entre 1.05 a 2.40 m se tiene una capa de arcilla de consistencia media, de humedad y plasticidad media, con presencia de raíces, el valor de N de campo varía entre 17 a 19 golpes/pie. Luego entre 2.40 m a 3.45 m se presenta una arcilla de consistencia variable entre media a firme con valores de N de campo entre 12 a 25 golpes/pie. Entre 3.45 a 4.50 m se obtuvo una capa de arcilla de consistencia dura con algo de arena con valores de N campo entre 37 a 78

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

golpes/pie. A partir de 4.50 a 5.60 m se encontró una capa de arena de de humedad media, compacidad densa, con valores de Ncampo entre 50 a 60 golpes/pie. Luego a partir de los 5.60 m y hasta los 15.0 m de profundidad se presentan bloques de arenisca con intercalaciones arcillosas. El nivel freático se encontró entre 6.3 a 7.3 m.

Sondeo S-2

El sondeo S-2 se localiza en el costado nororiental del área de estudio y sobre la calle 61 A, los materiales que se identificaron en la perforación son: entre 0.0 y 1.0 m de profundidad se presenta una capa de relleno en limo con escombros de color marrón oscuro, luego entre 1.0 a 3.30 se tiene una capa de limo de consistencia variable con la profundidad entre media a muy firme, con valores de N campo entre 7 a 24 golpes/pie. Enseguida aparece entre 3.30 a 3.80 m un estrato de arena de compacidad media, con N campo de 16 golpes/pie, luego entre 3.80 a 9.15 m se tiene una capa de arcilla de humedad media, plasticidad media y consistencia variable con la profundidad entre media a dura con valores de N campo entre 8 a 41 golpes/pie, luego entre 9.15 a 15.0 m aparece roca arcillolita de consistencia dura, el valor del RQD varía entre 60 a 80%. El nivel freático se encontró a 8.20 m de profundidad.



Sondeo S-3

El sondeo S-3 se localiza en el costado oriental del polígono de estudio, en este sondeo se encontró el siguiente perfil estratigráfico: entre 0.0 y 0.3 m una capa de relleno de limo con gravas de consistencia firme con valor de N campo de 15 golpes/pie, luego entre 0.3 y 0.7 m aparece una capa de limo de consistencia media, de humedad media y consistencia media con N campo de 12 golpes/pie. Entre 0.70 y 1.60 m se tiene una capa de arena con gravas, de humedad media, compacidad suelta a media con valores de N campo entre 6 a 14 golpes/pie, luego entre 1.60 a 6.6 m aparece un arcilla con arena fina y gravas de consistencia media a firme con valores de N campo entre 8 a 14 golpes/pie, a partir de 6.6 m y hasta 9.50 m se tienen bloques de arenisca en matriz arcillosa de consistencia dura, luego entre 9.5 y 15.0 m se tiene una arcilla de consistencia muy firme con valores de N campo entre 26 a 89 golpes/pie. El nivel freático aparece entre 6.40 y 8.60 m de profundidad.

Sondeo S-4

El sondeo S-4 se localiza en el costado oriental del área de estudio, y el perfil estratigráfico obtenido es el siguiente: entre 0.0 y 0.5 m se presenta un relleno de arcilla con gravas, luego entre 0.5 y 4.0 m se tiene una arcilla algo limosa con gravas ocasionales y arena fina, de consistencia variable con la profundidad entre muy firme a dura, los valores de N campo varían entre 28 a 90 golpes/pie. Entre 4.0 y 6.9 m se tiene un capa de bloques de arenisca clastosoportados con matriz arcillosa con grava. A partir de 6.90 m y hasta 8.6 m aparece una capa de limo de consistencia muy firme con valores de N campo entre 20 a 22 golpes/pie. Entre 8.6 y 8.9 se obtuvo una capa de bloques de arenisca en matriz arcillosa con gravas, luego entre 8.90 y 14.0 m aparece una capa de bloques de arenisca en matriz areno arcillosa. No se encontró el nivel freático durante la ejecución de la perforación.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 136</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

Sondeo S-5

El sondeo S-5 se localiza en el costado oriental del polígono. Se reportan los siguientes materiales: entre 0.0 y 0.5 m se tiene una capa de relleno de limo arenoso, luego aparece entre 0.5 a 4.2 m de profundidad una capa de limo con arena y gravas de consistencia media a dura, con valores de N campo entre 14 a 47 golpes/pie. Entre 4.20 y 6.05 m se tiene un limo con gravas y bloques de arenisca, de consistencia dura con valore de N campo entre 32 a 88 golpes/pie. Por último, entre 6.05 y 9.0 m aparece una capa de bloques de arenisca clastosoportados con matriz gravo arcillosa. No se reporta nivel de agua en el sondeo dado que se presentó pérdida total de agua durante la perforación.

Sondeo S-6

El sondeo S-6 se localiza en el costado oriental del área de estudio, los materiales se que obtuvieron se mencionan a continuación: entre 0.0 y 1.2 m de profundidad se tiene una capa de relleno de gravas y arenas de compacidad media con N campo de 13 golpes/pie, luego entre 1.2 a 4.4 m de profundidad se obtuvo una capa de limo con arena y gravas, de humedad media, y consistencia firme con valores de N campo entre 13 a 15 golpes/pie, a partir de los 3.0 m la consistencia del limo se incrementa a dura con valores de N campo entre 25 a 36 golpes/pie. Luego entre 4.4 y 4.6 m se encontró una arena con gravas, de compacidad suelta. A partir de 4.6 y hasta 8.65 m se tiene un estrato de arcilla arenosa con gravas finas, de consistencia muy firme a dura con valores de N campo entre 19 a 31 golpes/pie. Por último, entre 8.65 a 10.0 m se tiene una capa de bloques de arenisca clastosoportados en matriz limo arenosa con gravas. El nivel freático se reporta entre 4.9 a 5.3 m de profundidad.

Sondeo S-7

El sondeo S-7 se localiza en el costado sur occidental del área de estudio, en este sondeo se reportan los siguientes materiales: entre 0.0 y 1.60 m de profundidad se tiene una capa de relleno de arena limosa con escombros, luego entre 1.60 a 3.6 m de profundidad aparece una capa de limo arcilloso de consistencia media a muy firme, con valores entre 9 a 18 golpes/pie. Luego entre 3.6 y 7.30 m de profundidad se tiene una capa de arcilla arenosa con gravas de consistencia muy firme a dura, con valores de N campo entre 20 a 80 golpes/pie. Por último, entre 7.3 a 13.0 m se presenta una arcillolita de consistencia dura. El nivel freático se reporta a 3.2 m de profundidad.

Sondeo S-8

El sondeo S-8 se localiza en el costado occidental del área de estudio, en este sondeo se encontraron los siguientes materiales: entre 0.0 y 0.7 m de profundidad se obtuvo un relleno de limo con gravas y escombros de construcción, de consistencia muy firme, el valor de N campo es de 27 golpes/pie, luego entre 0.7 y 2.9 m de profundidad se tiene una capa de relleno de limo con gravas de humedad media y consistencia firme con valores de N campo entre 11 y 13 golpes/pie, luego entre 2.9 y 3.7 m se tiene una capa de relleno de limo con gravas y escombros de humedad media y consistencia dura con un valor de N campo de

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 137</p>
--	------------------------------------	---------------------

33 golpes/pie. Enseguida aparece entre 3.7 y 6.0 una capa de limo con gravas finas y vetas oxidadas, de consistencia muy firme, el valor de N campo es de 18 golpes/pie, luego aparece entre 6.0 y 9.8 m de profundidad una capa de arcilla con gravas de consistencia dura, por último entre 9.8 y 13.0 m se tiene una capa de arcillolita rojiza de consistencia dura. El nivel freático se reporta entre 4.9 a 5.8 m de profundidad.

Sondeo S-9

El sondeo S-9 se localiza en el costado occidental del área de estudio sobre la margen derecha de la Quebrada Las Delicias, los materiales reportados en el sondeo son: entre 0.0 a 1.5 m de profundidad aparece un relleno de limo con gravas y escombros, luego entre 1.5 a 3.4 m de profundidad se tiene una capa de relleno de limo arenoso con gravas finas de consistencia media con valores de N campo entre 4 a 9 golpes/pie, luego entre 3.4 y 4.2 m aparece una capa de relleno de limo con gravas y escombros de consistencia media, enseguida se tiene entre 4.2 y 4.9 m de profundidad una capa de bloques de arenisca clasto soportados en matriz arcillosa, por ultimo aparece entre 4.9 y 7.0 m una capa de arcillolita de consistencia dura. No se encontró el nivel freático en el sondeo.

En el Anexo 3 se presentan los registros de perforación de los sondeos realizados en el sitio 1 Bosque Calderón Tejada, y en el Anexo 4 se muestran los registros fotográficos de las muestras obtenidas de cada uno de los sondeos efectuados.

13.5.3 NIVEL FREÁTICO

En el área de estudio del polígono 1 se observa que el nivel freático varía entre 4.9 a 8.2 m en el costado oriental de área, tal como lo muestran los sondeos S-1, S-2, S-3 y S-6; mientras que en el costado sur occidental la variación se presenta entre 3.2 a 4.9 m de profundidad como lo indican los sondeos S-7 y S-8.

A manera de resumen se muestra la profundidad del nivel freático obtenida en los sondeos realizados en el sitio 1.

Tabla 28 – Profundidad del nivel freático.

Sondeo	Nivel freático (m)
S-1	6.3 a 7.3
S-2	8.2
S-3	6.4 a 8.3
S-4	No se encontró
S-5	No se encontró
S-6	4.9 a 5.3
S-7	3.2
S-8	4.9 a 5.8
S-9	No se encontró

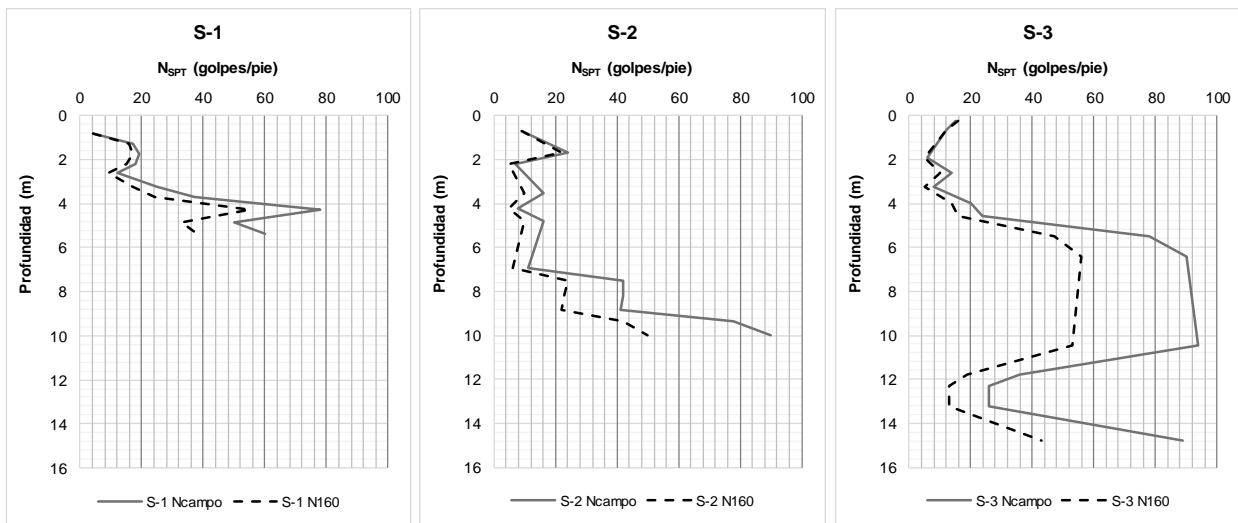
Fuente Geodinámica (2021).

13.5.4 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 en cada sondeo. Se observa el aumento del valor de N con la profundidad hasta alcanzar valores de $N_{corregido}$ (N_{160}) mayores a 40 golpe/pie para los sondeos S-1 a S-7, lo cual se puede correlacionar con un material de depósito coluvial conformado por una mezcla heterogénea de bloques de arenisca, arenas, limos y gravas ocasionales en matriz arcillosa.

En los sondeos 7, 8, 9 se cruzan determinaron estratos arcillosos muy meteorizados que se asocian con el nivel arcilloso de la Formación Guaduas, con valores de N_{60} entre 26 a 29 golpes/pie.

En los sondeos S-8 y S-9 no se presenta esta condición dado que se obtuvieron valores de N_{60} entre 6 y 20 golpes/pie que se relacionan con la presencia de un depósito antrópico consistente en arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas y escombros de construcción.



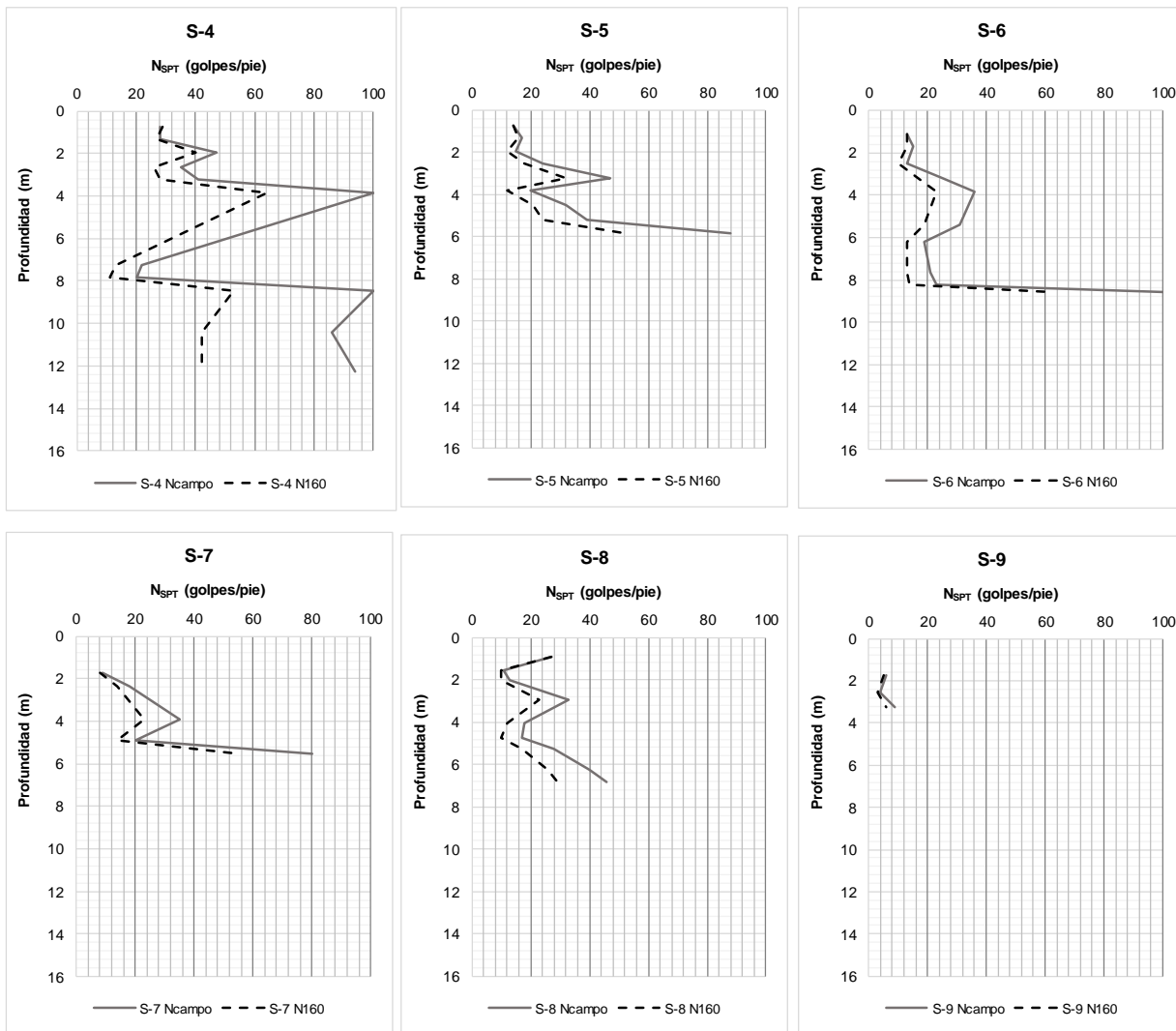


Figura 79. Variación del valor de N del ensayo de SPT con la profundidad.

Fuente Geodinámica (2021).

13.5.5 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 (σ_v' , 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 los resultados de la regresión lineal y el ángulo de fricción obtenido para los materiales de depósito antrópico, depósito coluvial y el nivel de arcillolita de la Formación Guaduas.

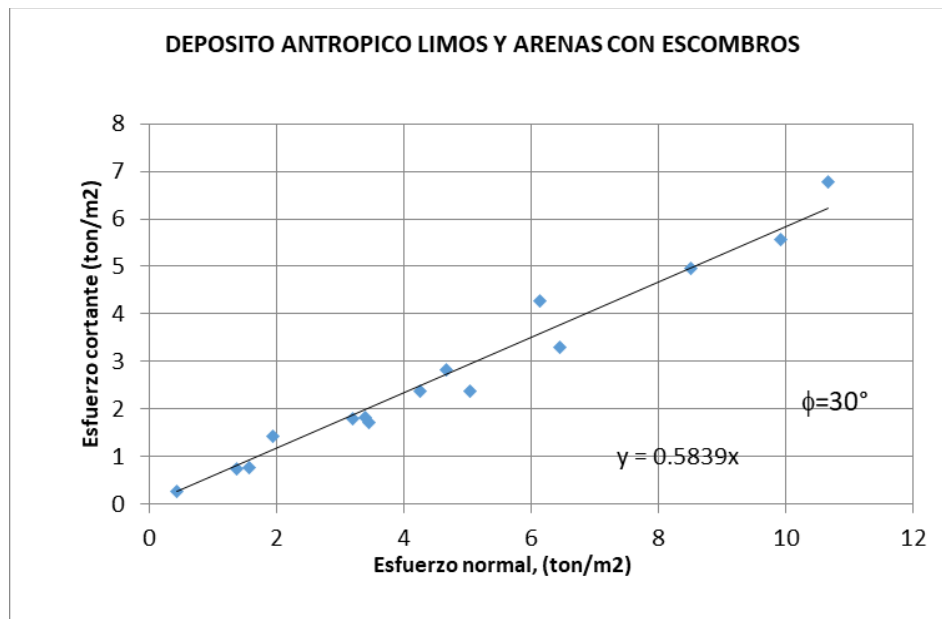


Figura 80. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito antrópico.

Fuente Geodinámica (2021).

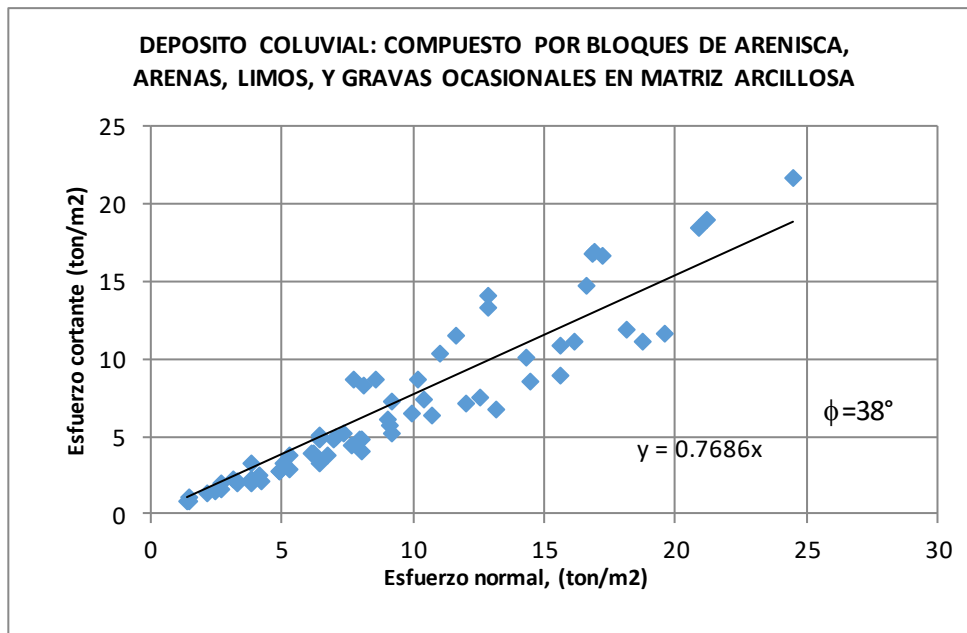


Figura 81. Estimación de parámetros de resistencia para el depósito coluvial.

Fuente Geodinámica (2021).

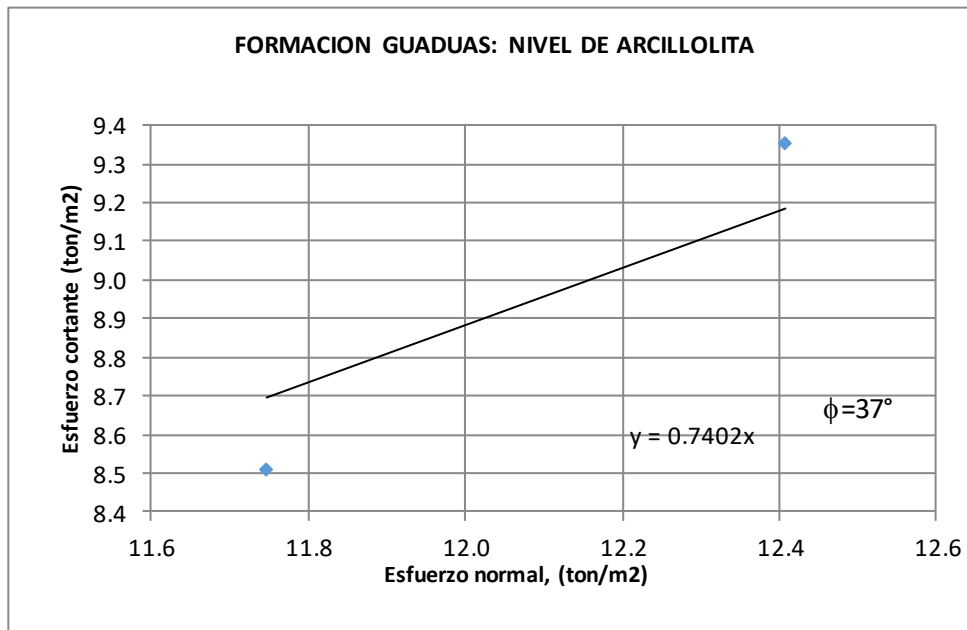


Figura 82. Estimación de parámetros de resistencia para el nivel de arcillolita de la Formación Guaduas.

Fuente Geodinámica (2021).

13.5.6 EXPLORACIÓN INDIRECTA

Para el sitio 1 Bosque Calderón Tejada se ejecutaron seis (6) 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, se presentan las coordenadas de inicio y fin de cada una de las líneas, así como la localización en planta de cada una de las seis (6) 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, junto con el análisis de los resultados para la obtención de los parámetros de relación de Poisson, Modulo Cortante (G) y Modulo de Elasticidad máximo (Eo) para bajas deformaciones, 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 de exploración del subsuelo.

Tabla 29 – Localización de líneas de refracción sísmica Bosque Calderón Tejada.

Descripción	Punto	Coordenadas		Longitud (m)
		Este (m)	Norte (m)	
LRS-1	Inicio	1002850.26	1004721.84	110
	Fin	1002825.29	1004828.1	
LRS-2	Inicio	1002820.29	1004873.99	69
	Fin	1002826.07	1004937.69	
LRS-3	Inicio	1002887.64	1005003.27	110
	Fin	1002831.4	1004920.22	
LRS-4	Inicio	1002605.6	1004634.36	46
	Fin	1002619.58	1004608.59	
LRS-5	Inicio	1002538.92	1004727.02	46
	Fin	1002514.17	1004761.08	
LRS-6	Inicio	1002828.18	1004953.72	69
	Fin	1002828.5	1005030.36	

Fuente Geodinámica (2021).



Figura 83. Localización de líneas de refracción sísmica– sitio 1.

Fuente Geodinámica (2021).

Línea de refracción sísmica 1

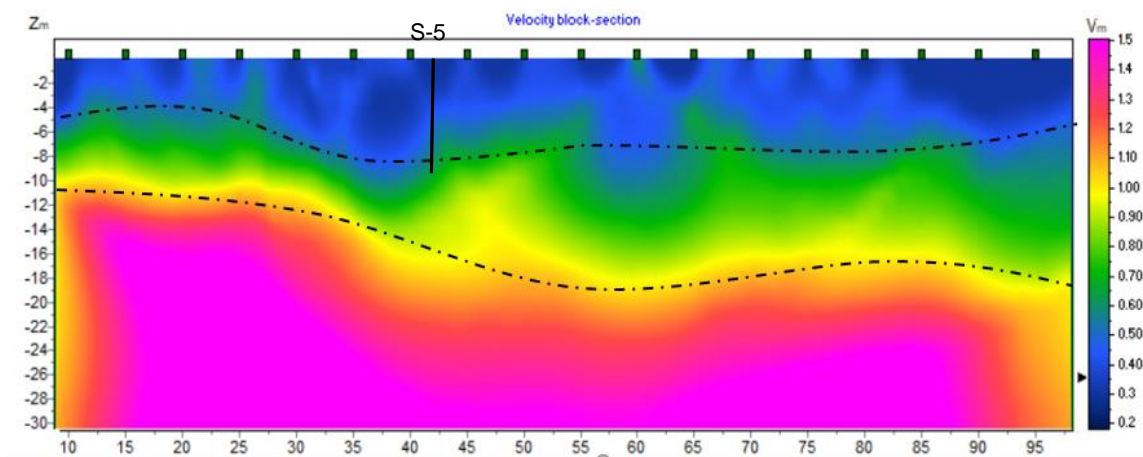


Figura 84. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-1 (Velocidad en km/s).

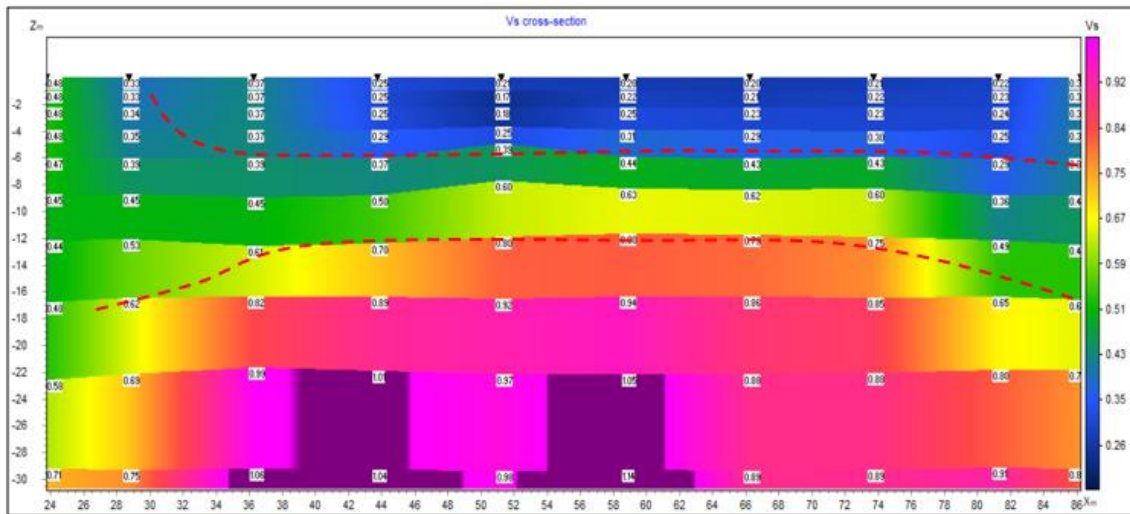


Figura 85. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-1.

Tabla 30 – 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	250.0	20.4	2.08	450	0.28	130.2	332.5
1.0	2.3	1.7	250.0	19.6	2.00	450	0.28	124.9	318.9
2.3	4.0	3.2	250.0	19.1	1.95	450	0.28	122.0	311.5
4.0	6.0	5.0	290.0	19.4	1.97	800	0.42	166.0	472.8
6.0	8.9	7.5	370.0	20.0	2.03	800	0.36	278.6	760.0
8.9	12.5	10.7	500.0	20.8	2.12	800	0.18	530.0	1250.3
12.5	16.4	14.5	700.0	21.8	2.22	1500	0.36	1089.1	2964.0
16.4	22.0	19.2	890.0	22.5	2.29	1500	0.23	1814.5	4457.8
22.0	29.3	25.7	1010.0	22.7	2.32	1600	0.17	2363.3	5524.4
29.3	30.0	29.7	1040.0	22.7	2.32	1600	0.13	2506.3	5685.3

Tabla 31 – 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)	V _s (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	3.8	3.1	190	18.2	1.85	400	0.35	66.9	181.2
3.8	5.9	4.9	200	18.0	1.84	400	0.33	73.6	196.2
5.9	8.5	7.2	230	18.3	1.86	700	0.44	98.5	283.6
8.5	11.5	10.0	290	18.9	1.92	700	0.40	161.8	452.0
11.5	15.1	13.3	390	19.7	2.01	700	0.27	306.2	780.7
15.1	20.2	17.7	500	20.4	2.08	1400	0.43	521.1	1487.1
20.2	26.9	23.6	570	20.7	2.11	1400	0.40	686.2	1922.3
26.9	30.0	28.5	610	20.8	2.12	1400	0.38	790.2	2185.4

Línea de refracción sísmica 3

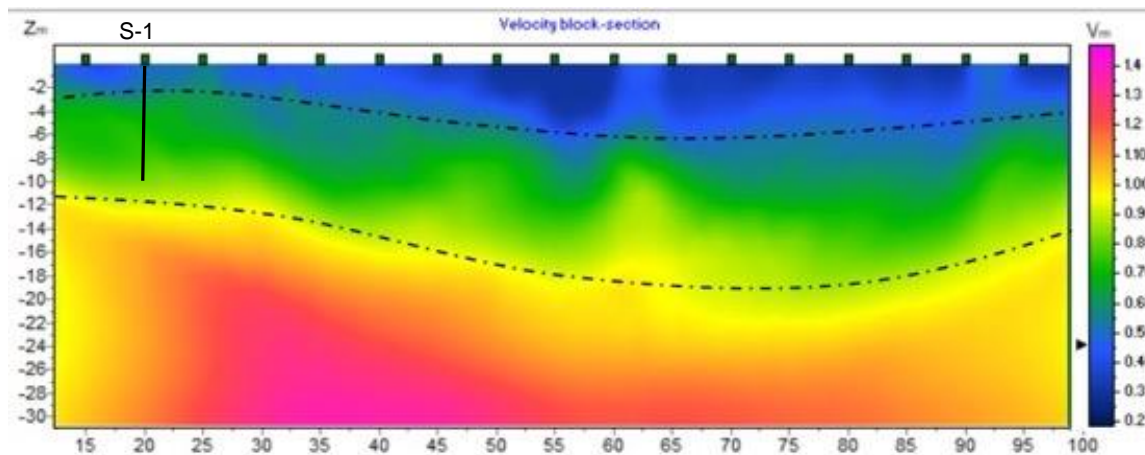


Figura 88. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-3 (Velocidad en km/s).

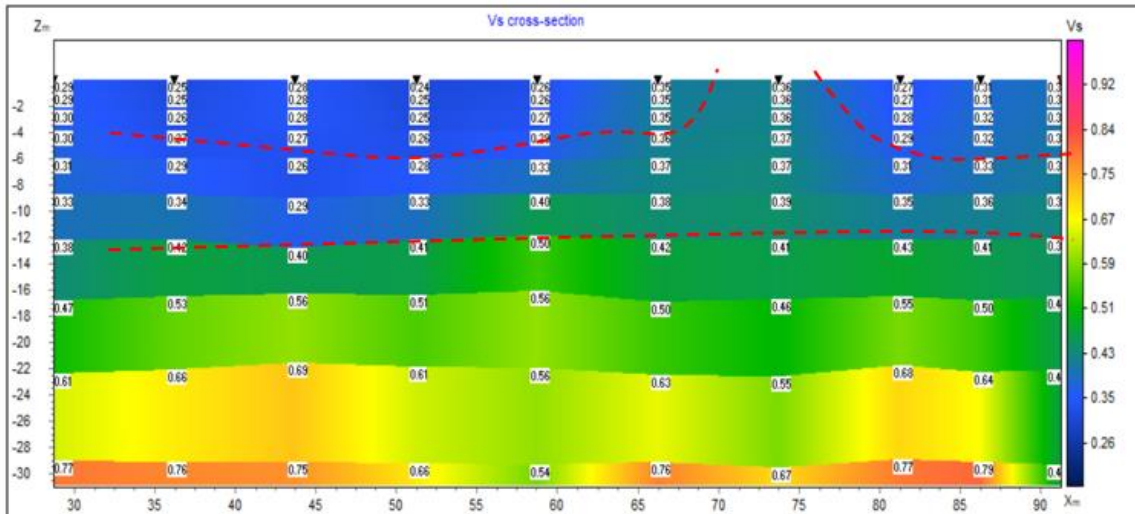


Figura 89. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-3.

Tabla 32 – 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	260	20.6	2.10	450	0.25	141.8	354.3
1.0	2.3	1.7	260	19.7	2.01	450	0.25	136.0	340.0
2.3	3.9	3.1	270	19.4	1.98	450	0.22	144.4	352.1
3.9	6.1	5.0	290	19.4	1.97	800	0.42	166.0	472.8
6.1	8.7	7.4	330	19.6	1.99	800	0.40	217.1	606.7
8.7	11.9	10.3	400	20.0	2.04	800	0.33	326.5	870.7
11.9	16.1	14.0	500	20.6	2.10	1100	0.37	525.2	1438.9
16.1	22.0	19.1	560	20.8	2.12	1100	0.33	665.1	1762.5
22.0	29.3	25.7	560	20.6	2.10	1100	0.33	658.4	1744.9
29.3	30.0	29.7	560	20.5	2.09	1100	0.33	655.2	1736.3

Línea de refracción sísmica 4

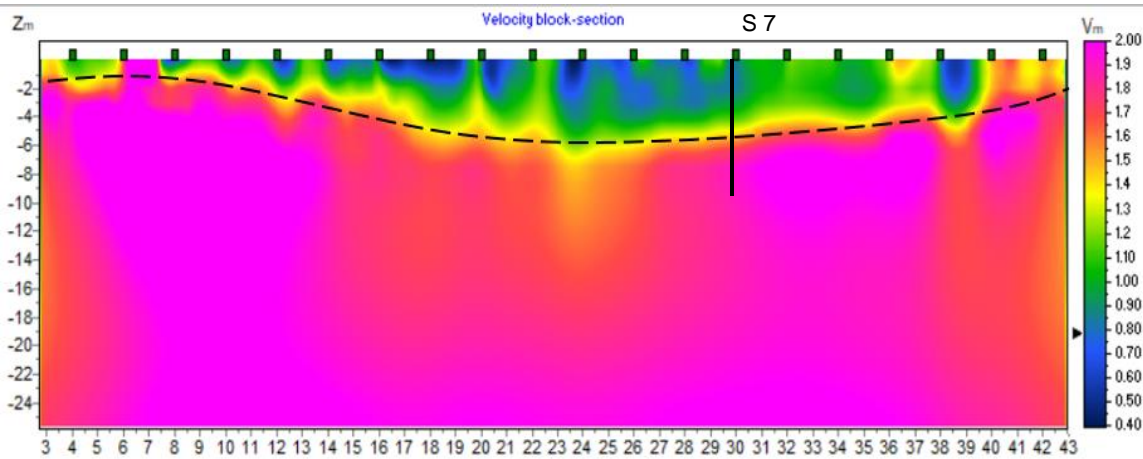


Figura 90. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-4 (Velocidad en km/s).

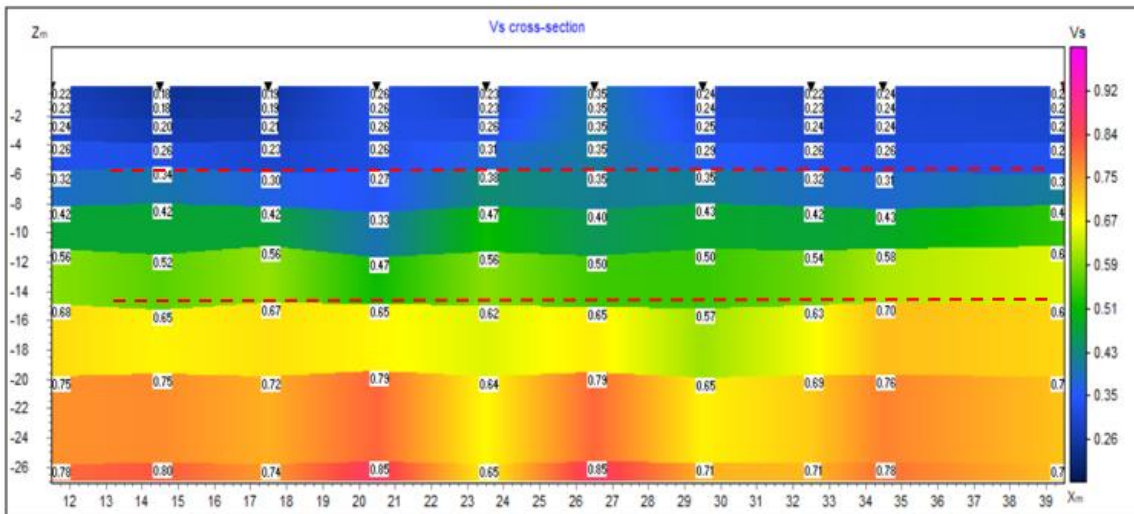


Figura 91. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-4.

Tabla 33 – 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)	V _s (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	230	20.1	2.05	1000	0.47	108.6	319.7
1.0	2.3	1.7	230	19.3	1.97	1000	0.47	104.1	306.4
2.3	3.8	3.1	260	19.3	1.97	1000	0.46	133.1	389.6
3.8	5.7	4.8	310	19.6	2.00	1000	0.45	192.4	556.7
5.7	8.3	7.0	380	20.1	2.05	2000	0.48	295.9	876.7
8.3	11.3	9.8	470	20.6	2.10	2000	0.47	464.7	1366.9
11.3	15.0	13.2	560	21.1	2.15	2000	0.46	673.3	1962.7
15.0	19.8	17.4	620	21.2	2.16	2000	0.45	832.1	2407.8
19.8	25.8	22.8	640	21.2	2.16	2000	0.44	883.5	2549.8
25.8	30.0	27.9	650	21.1	2.15	2000	0.44	907.7	2615.9

Línea de refracción sísmica 5

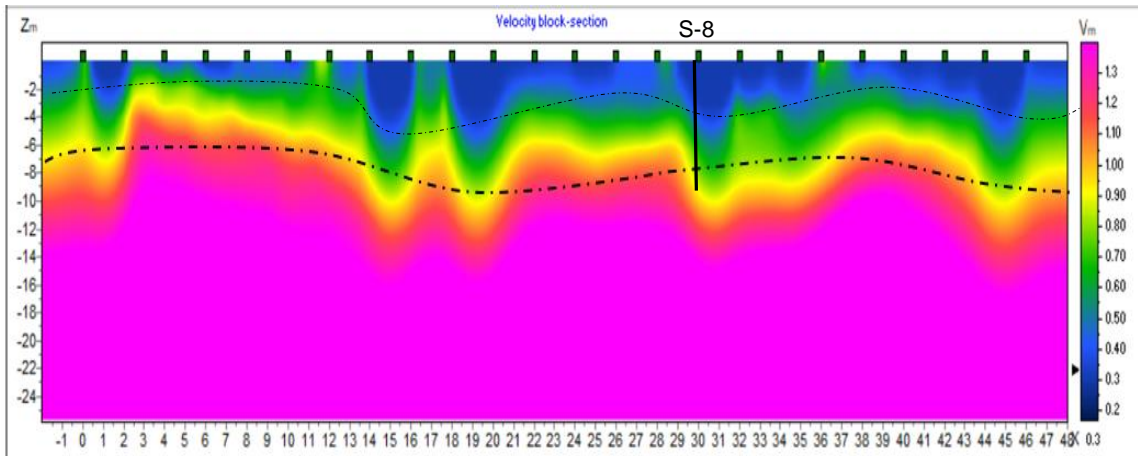


Figura 92. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-5 (Velocidad en km/s).

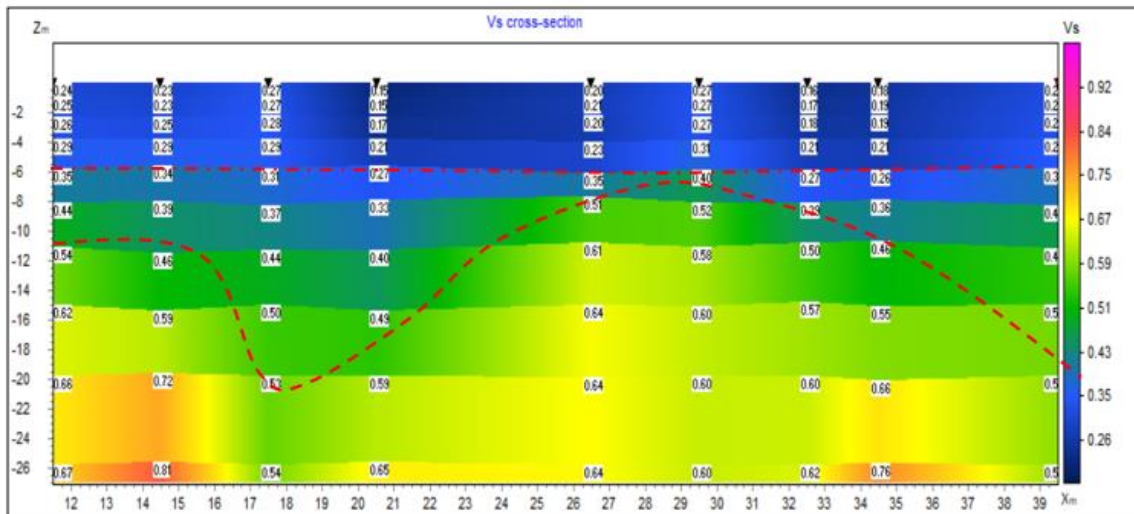


Figura 93. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-5.

Tabla 34 – 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)	Vp (m/s)	μ (-)	G _o (MPa)	E _o (MPa)
0.0	1.0	0.5	150	18.6	1.89	400	0.42	42.6	120.9
1.0	2.3	1.7	150	17.8	1.81	400	0.42	40.7	115.5
2.3	3.8	3.1	170	17.8	1.81	400	0.39	52.4	145.6
3.8	5.6	4.7	210	18.2	1.86	700	0.45	82.0	237.9
5.6	7.9	6.8	270	18.9	1.93	700	0.41	140.4	396.7
7.9	11.3	9.6	330	19.4	1.97	700	0.36	215.1	583.7
11.3	15.4	13.4	400	19.8	2.02	700	0.26	323.5	813.8
15.4	19.8	17.6	490	20.4	2.08	1400	0.43	498.7	1426.6
19.8	25.6	22.7	590	20.9	2.13	1400	0.39	740.6	2061.8
25.6	30.0	27.8	650	21.1	2.15	1400	0.36	907.8	2474.0

Línea de refracción sísmica 6

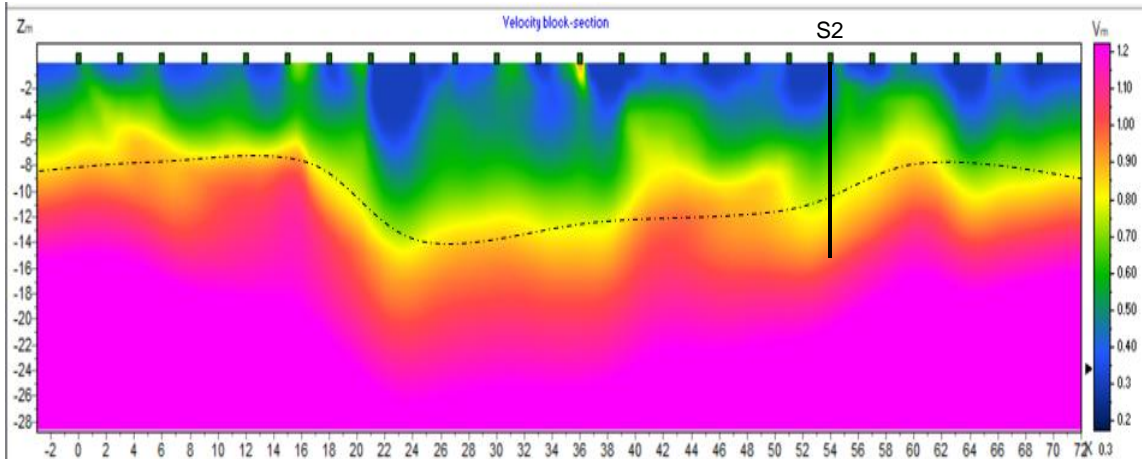


Figura 94. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea L-6 (Velocidad en km/s).

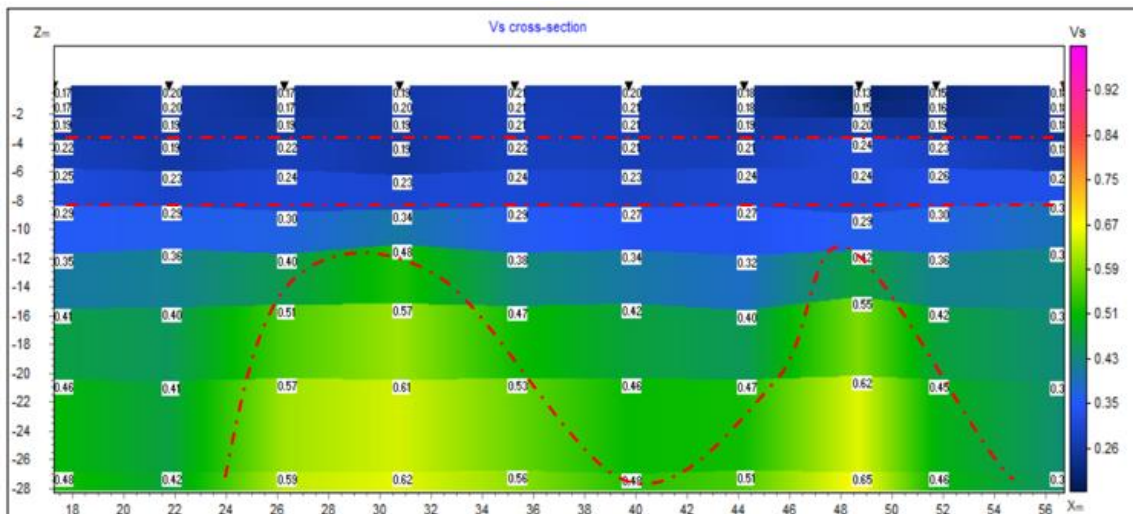


Figura 95. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea L-6.

Tabla 35 – 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)	V _s (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	210	19.0	1.93	400	0.31	85.3	223.4
2.3	3.8	3.1	210	18.5	1.89	400	0.31	83.4	218.3
3.8	5.9	4.9	220	18.4	1.87	700	0.45	90.7	262.2
5.9	8.5	7.2	240	18.4	1.88	700	0.43	108.2	310.1
8.5	11.6	10.1	290	18.9	1.92	700	0.40	161.8	451.9
11.6	15.4	13.5	380	19.6	2.00	700	0.29	289.2	746.6
15.4	20.4	17.9	470	20.2	2.06	1200	0.41	455.2	1283.1
20.4	26.9	23.7	530	20.5	2.09	1200	0.38	585.7	1615.1
26.9	30.0	28.5	560	20.5	2.09	1200	0.36	656.1	1785.6

13.5.7 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 realizó una tabla resumen de los resultados la cual se presenta en el Anexo 3, esta tabla debido a sus dimensiones no se presenta en el informe pero contiene la información de: número de muestra, profundidad, tipo de ensayo o ensayos y resultado o resultados.

Tabla 36 – Resumen de ensayos de laboratorio ejecutados.

Ensayo	Norma	Cantidad
Humedad natural	NTC-4630-99 / INV. E-125-122	47
Límites de Atterberg	NTC-4630-99 / INV. E-125-126	47
Peso unitario	INV.-E-162	17
Peso específico	INV. E-128	8
Granulometría	NTC-1522 / INV.-E-123	11
Pasa tamiz 200	INV E - 214 - 13	13
Ensayo de compresión confinada	ASTM T208-70	4
Corte directo	INV.-E-154	5
Carga puntual	ASTM D 5731	15
Compresión Uniaxial	NORMA ASTM D 2938	8

13.5.7.1 HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE ATTERBERG

La humedad natural entre 0 y 4.0 m de profundidad varía entre 10.8 y 46.6%, con un valor promedio de 20.3%, se presenta un valor atípico de 135% para la muestra S6 M4 a una profundidad entre 3.0 y 3.45 m, asociado posiblemente a la presencia de materia orgánica. A partir de los 4.0 m la variación de la humedad es entre 9.4 y 27.9%, con un valor medio de 17.1%.

El límite líquido varía entre 27 y 74% con un valor promedio de 41.3%, por su parte el límite plástico varía entre 13 y 44% con un valor promedio de 20.3%, el índice de plasticidad indica una humedad baja a media de los materiales con valores entre 11 a 45% con un valor promedio de 21.0%. De igual manera se identifica que los valores del límite plástico son un poco mayores a los valores de humedad, lo cual muestra un comportamiento de materiales con comportamiento ligeramente sobreconsolidado.

Al revisar la carta de plasticidad de Casagrande, se aprecia que la mayor parte de los materiales clasifica como arcillas de baja compresibilidad (CL), seguido por las arcillas de alta compresibilidad (MH) y en menor proporción limos de baja compresibilidad (ML) y limos de alta compresibilidad.

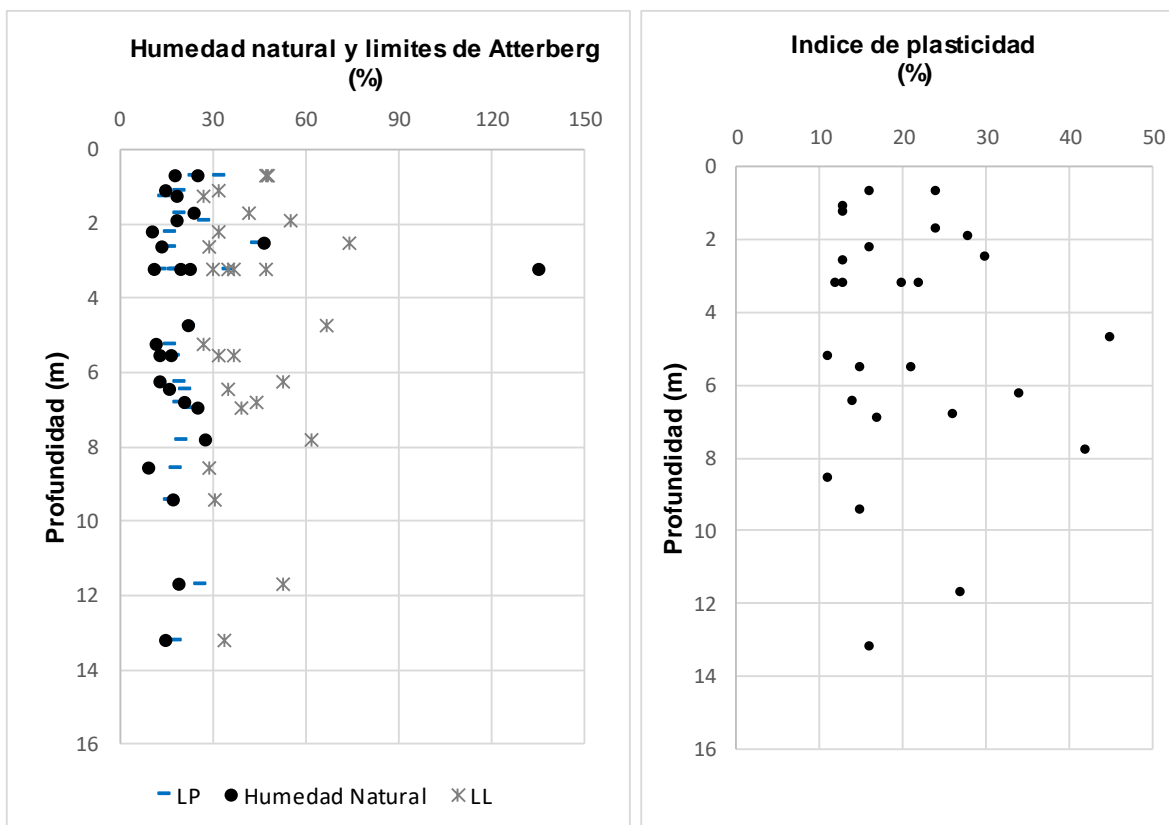


Figura 96. Variación de la humedad y los límites de Atterberg con la profundidad.

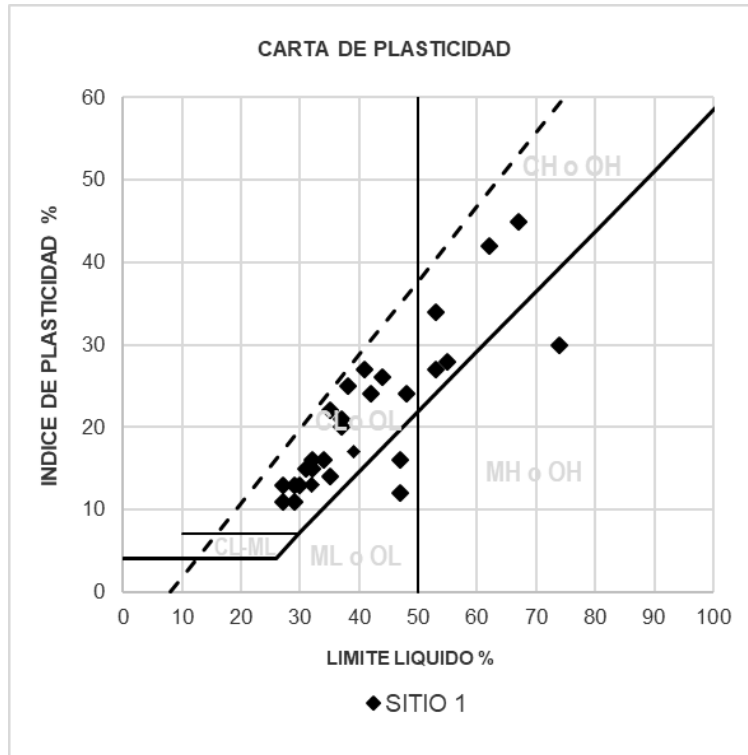


Figura 97. Carta de plasticidad para los materiales cohesivos presentes en el sitio 1.

13.5.7.2 PESO UNITARIO

El peso unitario varía entre 19.3 a 23.7 kN/m³ con un valor promedio de 20.9 kN/m³, los valores más bajos se asocian con el depósito coluvial, mientras que los valores mas altos se asocian con bloques de roca arenisca.

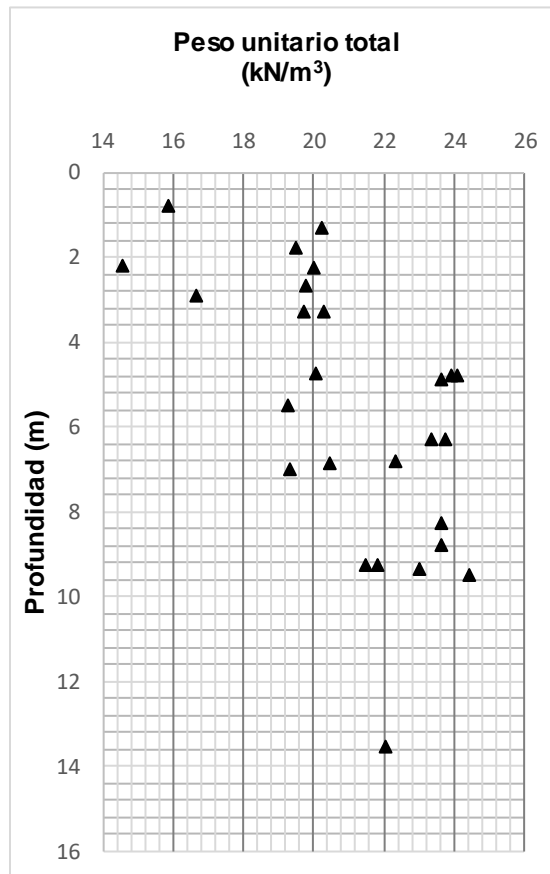


Figura 98. Variación del peso unitario con la profundidad.

13.5.7.3 PESO ESPECÍFICO

El peso específico G_s varía entre 2.62 y 2.77 con un valor de 2.62 que es característico de materiales de origen sedimentario.

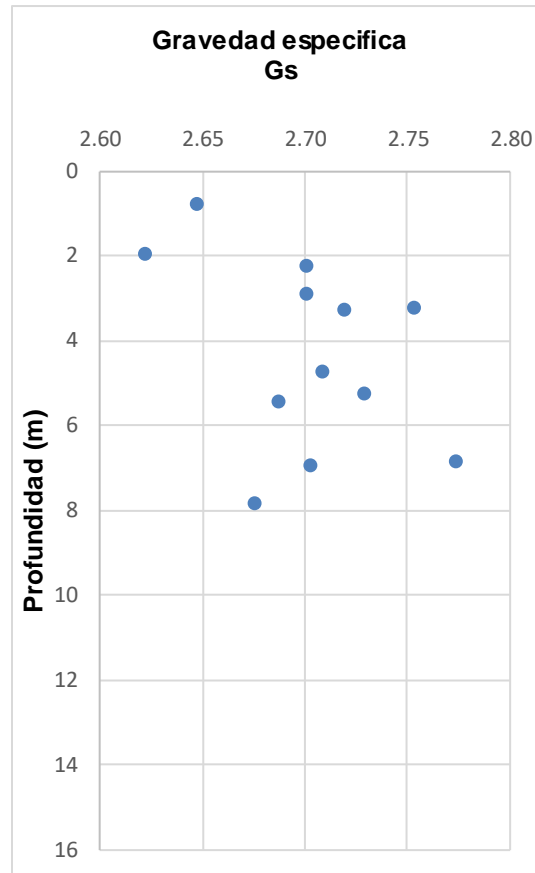


Figura 99. Variación del peso específico con la profundidad.

13.5.7.4 GRANULOMETRÍA

Con relación a la gradación de los materiales existentes en el perfil del subsuelo se observa la presencia de finos a lo largo del perfil con porcentajes variables entre 30 a 85%, mientras que el contenido de arenas varía entre 6.8 y 41.2%, por último el contenido de gravas varía entre 0.2 y 68.2%. En general en el área de estudio se presentan arcillas y limos, con arenas y gravas de tamaño máximo de 4”.

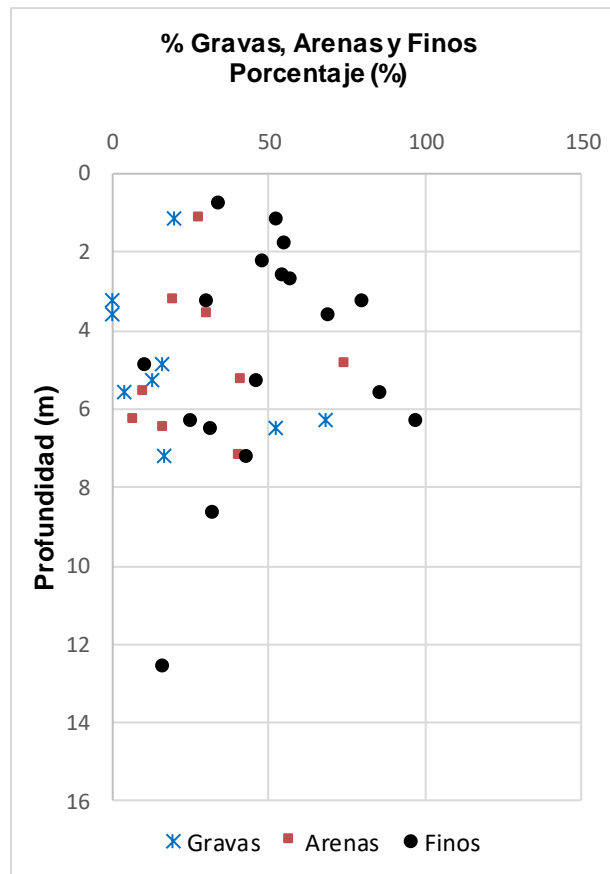


Figura 100. Variación del contenido de gravas, arenas y finos con la profundidad.

13.5.7.5 RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO, CU

La resistencia al corte no drenado varía entre 29 a 181 kN/m², estos valores se comparan con los obtenidos de Cu por correlación con el valor de N corregido, empleando la expresión $Cu=4.4N$ de acuerdo con Stroud (1974) para suelos cohesivos de baja plasticidad, encontrándose que los resultados de laboratorio se encuentran en medio de la tendencia de los valores obtenidos a partir de SPT, en la cual se aprecia el incremento de Cu con la profundidad.

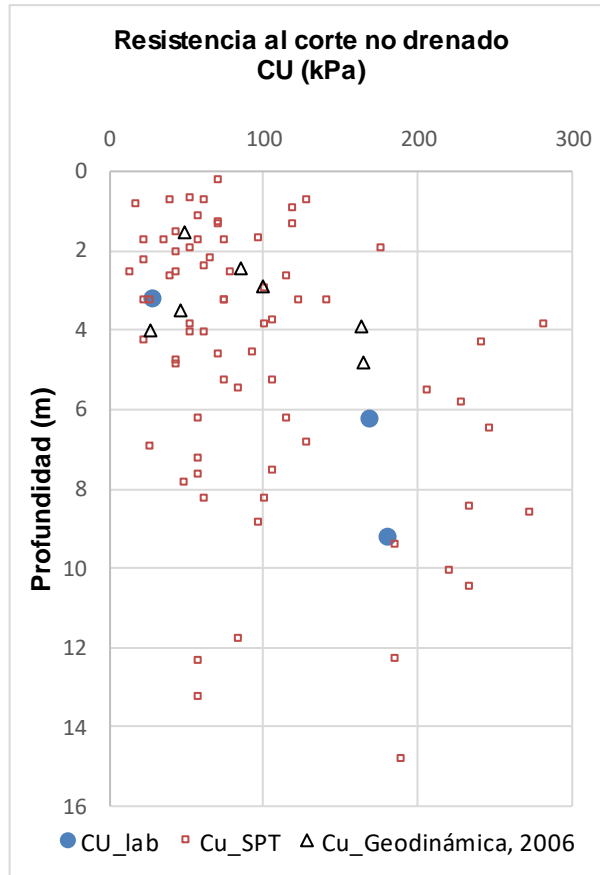


Figura 101. Variación de la resistencia al corte no drenado con la profundidad.

13.5.7.6 CORTE DIRECTO

A partir del ensayo de corte directo se determinan los parámetros de cohesión drenada (c') y ángulo de fricción (ϕ), para el caso del sitio 1 se realizaron 3 ensayos de corte directo, de los cuales se obtuvo para el material de depósito antrópico valores de cohesión drenada entre 8 y 14 kN/m², y un ángulo de fricción variable entre 19.3 y 28.1°. Por su parte para el depósito coluvial se obtuvo una cohesión de 50 kN/m² y un ángulo de fricción de 26.3°. 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 25 y 48°.

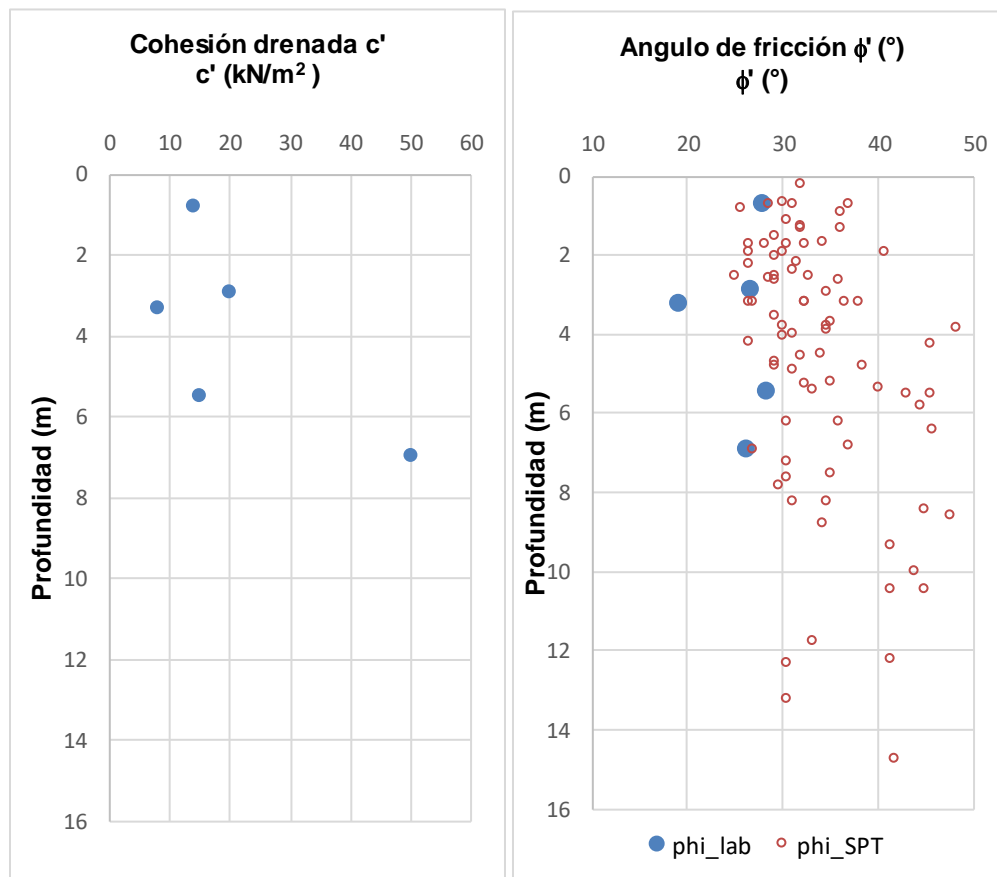


Figura 102. Variación de la cohesión drenada y el ángulo de fricción con la profundidad.

13.5.7.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ROCA

La resistencia a la compresión en roca de bloques de arenisca varía entre 29.2 y 89.3 MPa, mientras que la obtenida a partir de correlación con el ensayo de carga puntual varía entre 7.75 a 184.6 MPa.

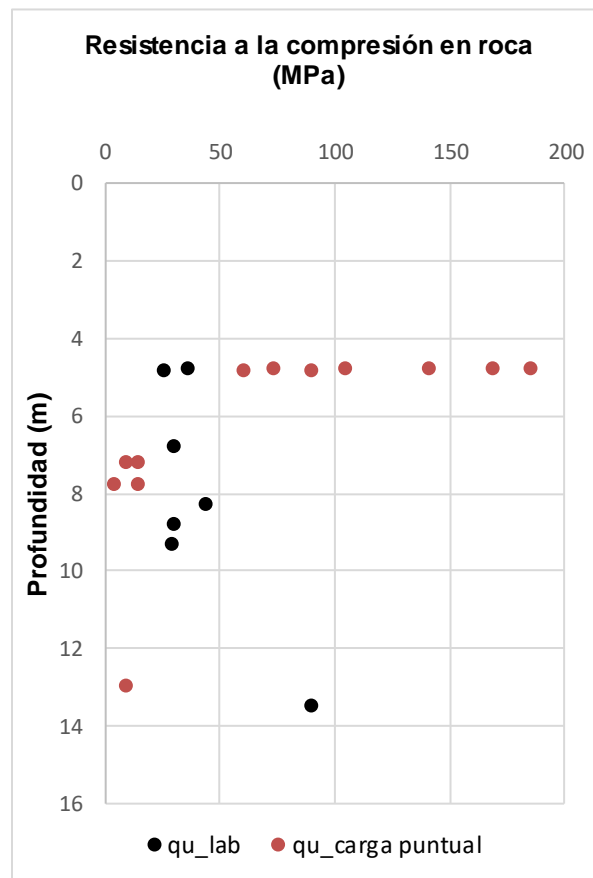


Figura 103. Variación resistencia a la compresión en roca con la profundidad.

13.6 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 adelante y se muestran los parámetros geotécnicos determinados para cada material.

Tabla 37 – Materiales geológicos encontrados en el sitio 1.

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 casi vertical en la margen derecha de la quebrada Las Delicias
Formación Guaduas	K2P1g	En el sitio cercano al cruce de la quebrada Las delicias con la vía Circunvalar aflora la parte media de la Formación Guaduas, integrada por niveles de arcillolitas de color violáceo por alteración
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.
Depósitos de deslizamiento	Qd	<p>Depósitos generado por un procesos de remoción en masa que generaron deslizamientos en el polígono evaluado, se reconoció la presencia de dos deslizamientos, el primero se ubica en la ladera de la margen izquierda de la quebrada las Delicias, cerca del cruce con la avenida circunvalar, corresponde un movimiento de tipo rotacional que afectó la ladera y ocasionó un desprendimiento de material, es posible reconocer el escarpe de deslizamiento.</p> <p>Un segundo deslizamiento se observa en la margen derecha de la quebrada Las Delicias, corresponde una caída de rocas desde el talud, que ha originado un cono de deyección que ha desplazado el curso de la quebrada.</p>
Depósito aluvial	Qa	Un depósito aluvial de edad reciente de carácter local se presenta como una franja estrecha y alargada, localizada en forma paralela al cauce de la quebrada Las Delicias, el depósito está integrado por cantos a bloques subredondeados de areniscas cuarzosas con una matriz arcillo arenosa.
Depósito antrópico	Qra	Unidad heterogénea integrada por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas y escombros de construcción.

Para los materiales rocosos como arcillolita y arenisca de labor tierna los parámetros de resistencia se determinarán a partir del modelo de falla de Hoek y Brown emplando los valores de resistencia a la compresión en roca, el índice GSI y el valor de mi, en el programa roclab de rocscience el cual permite la estimación de los parámetros del modelo Mohr – Coulomb de cohesión y ángulo de fricción.

Arcillolita de la Formación Guaduas

Para este material se tiene un valor de resistencia a la compresión en roca variable entre 5 – 28 MPa (DTS proyecto actualización POT Bogotá. Idiger, 2018), por lo que se toma el menor valor de 5 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 237 kPa y un ángulo de fricción de 25°.

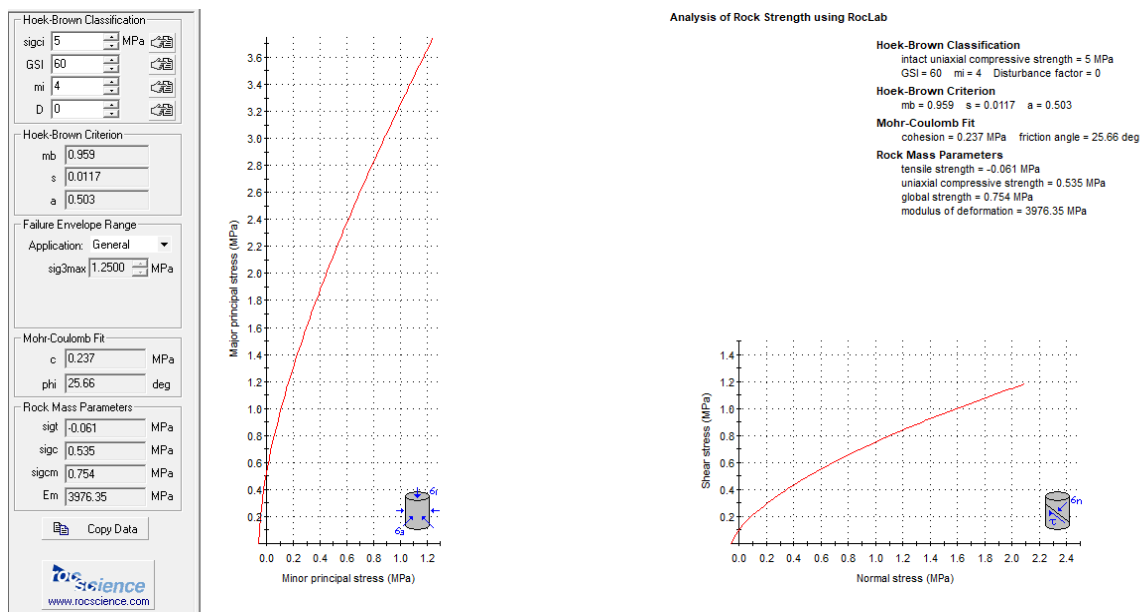


Figura 104. Determinación de parámetros de resistencia para arcillolita de la Formación Guaduas.

Arenisca Labor Tierna

Para este material se toma la resistencia a la compresión de los bloques de roca la cual varia entre 29.2 y 89.3 MPa, de esta manera tomando el menor valor de $q_u=29.2$ MPa y un GSI de 60, se obtiene del modelo de falla un valor de cohesión de 1973 kPa y un ángulo de fricción de 38.0°.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN
SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES
CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE
AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONTRATO No 507 DE 2020

VERSIÓN 1



Hoek-Brown Classification

sigci 29.2 MPa

GSI 60

mi 17

D 0

Hoek-Brown Criterion

mb 4.074

s 0.0117

a 0.503

Failure Envelope Range

Application: General

sig3max 7.3000 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 1.973 MPa

phi 38.09 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.084 MPa

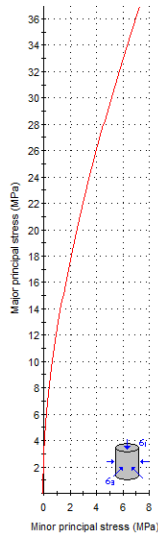
sigc 3.125 MPa

sigcm 8.107 MPa

Em 9609.29 MPa

Copy Data

rocscience
www.rocscience.com



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 29.2 MPa
GSI = 60 mi = 17 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
mb = 4.074 s = 0.0117 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 1.973 MPa friction angle = 38.09 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.084 MPa
uniaxial compressive strength = 3.125 MPa
global strength = 8.107 MPa
modulus of deformation = 9609.29 MPa

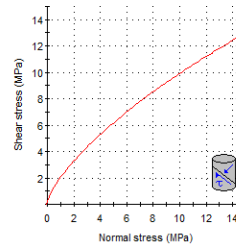


Figura 105. Determinación de parámetros de resistencia para arenisca labor tierna.

Depósito antrópico

Para el relleno antrópico se obtuvieron parámetros de resistencia del ensayo de corte directo sobre las siguientes muestras:

Tabla 38 – Resultados de ensayo de corte directo sobre muestras de relleno antrópico

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Cohesión c' (kN/m ²)	Angulo de fricción ϕ' (°)
Apique AP-1	M-1	0.0 – 1.5	14	28.1
S-7	M-3	3.0 – 3.5	8	19.3

Por lo anterior para el análisis de estabilidad se toma el valor obtenido para la muestra S-7 M-3.

Depósito coluvial

Para el depósito coluvial se obtuvieron parámetros de resistencia del ensayo de corte directo sobre las siguientes muestras:

Tabla 39 – Resultados de ensayo de corte directo sobre muestras de relleno antrópico

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Cohesión c' (kN/m ²)	Angulo de fricción ϕ' (°)
S-2	M-4	2.6 – 3.15	20	26.7
S-2	M-8	5.2 – 5.7	15	28.5
S-6	M-8	6.7 – 7.2	50	26.3

Teniendo en cuenta que el depósito coluvial presenta una matriz arcillosa y bloques de arenisca y arcillolita, se toma para el análisis de estabilidad un valor de cohesión de 20 kN/m² y un valor de ángulo de fricción de 25°

Tabla 40 – Parámetros geotécnicos para materiales en el sitio 1

Material	Símbolo	Espesor (m)	Peso unitario, γ_t (kN/m ³)	Cohesión, c' (kN/m ²)	Angulo de fricción, ϕ (°)
Deposito antrópico	Qra	4.5	19	8	19.3
Aluvial reciente	Qal	2.0	20	0	25
Depósito de deslizamiento	Qd	5.6	18	0	29
Deposito coluvial	Qco	5.8 a 15	20	20	28
Nivel de arcillolita (Formación Guaduas)	K2P1g	> 30	21	237	25
Formación Arenisca Labor Tierna	K2lt	25	23	1973	38

13.7 MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO.

El modelo geológico – geotécnico propuesto para el sitio 1 Bosque Calderón se muestra en a continuación

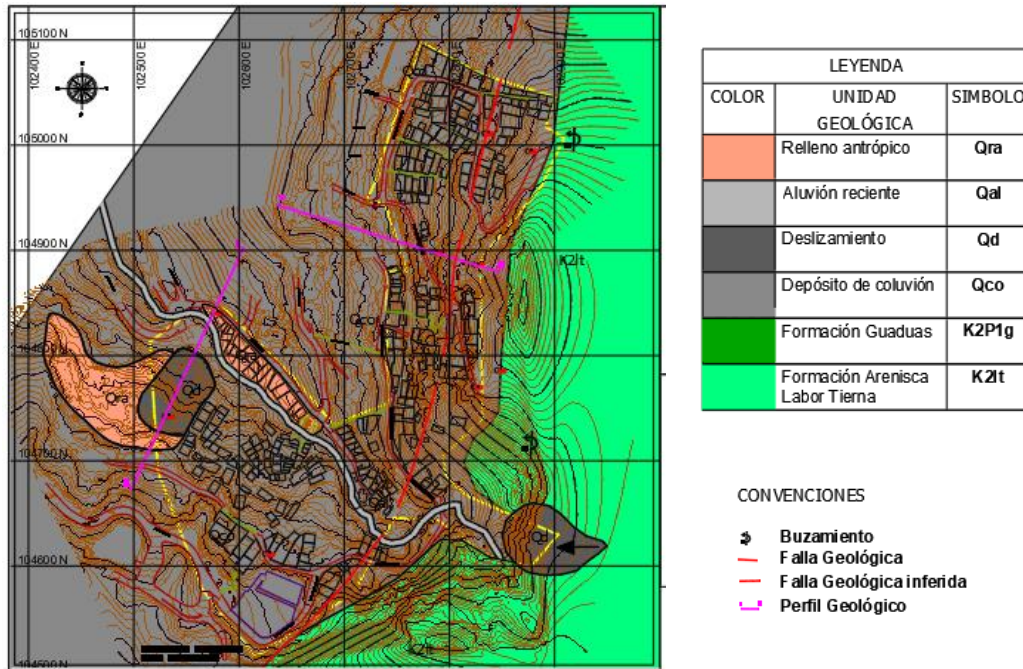


Figura 106. Mapa de geología y secciones de análisis A-A' (Sentido Norte – Sur) y B-B' (sentido Oriente – Occidente).

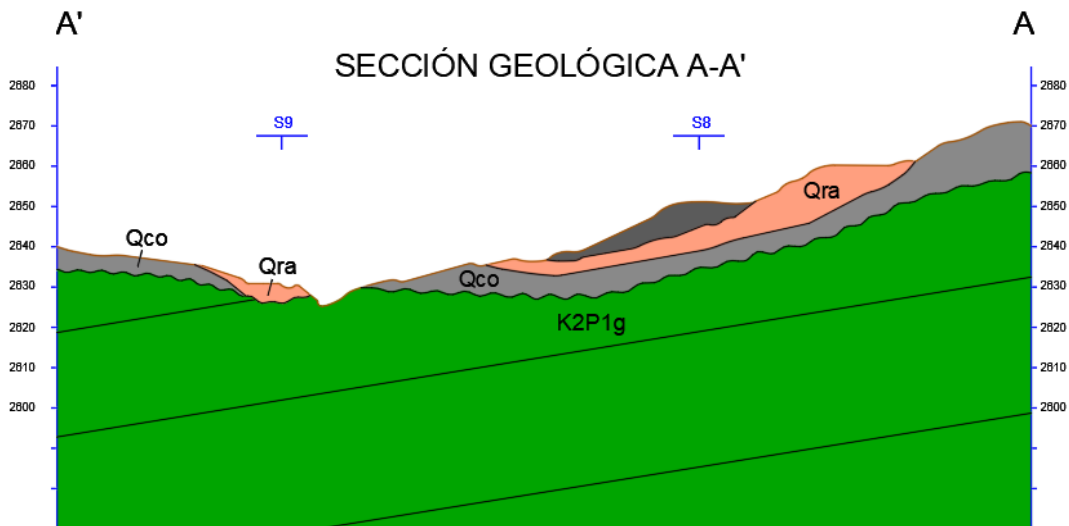


Figura 107. Sección A-A' (Sentido Norte – Sur).

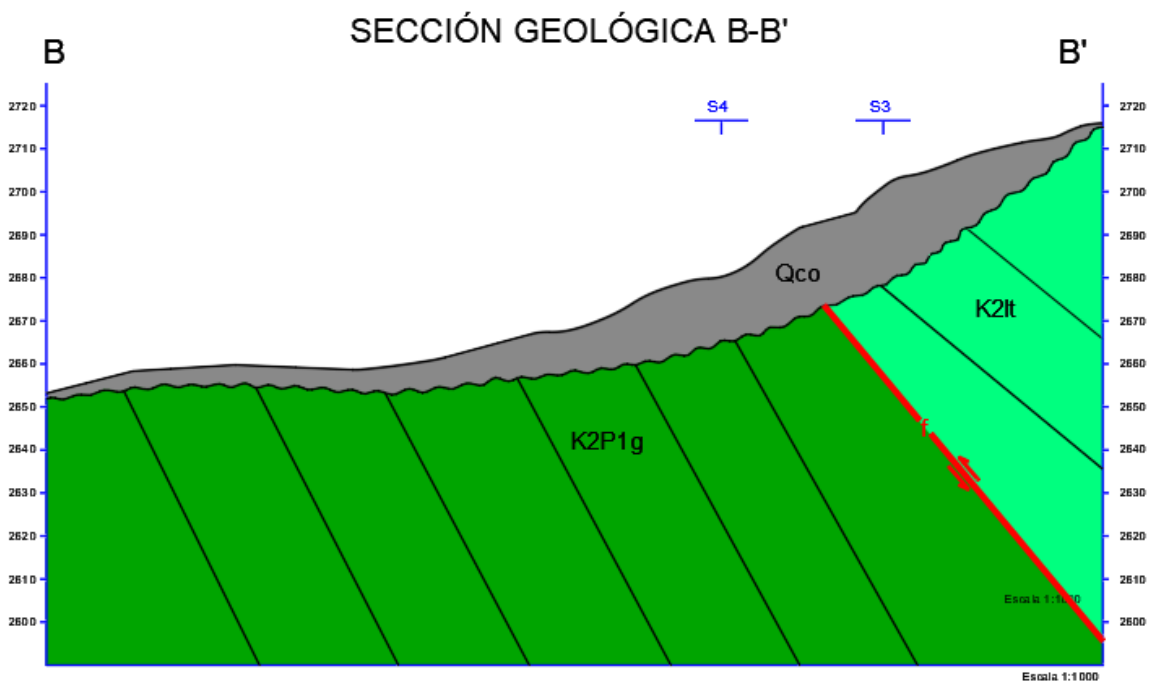




Figura 108. B-B' (sentido Oriente – Occidente).

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

13.8 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

13.8.1 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 1 Bosque Calderón se presenta principalmente una ladera de origen agradacional con pendiente entre 15 a 35°, en donde se encuentra un depósito coluvial (Qco) de espesor mayor a 15.0 m, compuesto por niveles de arenas, limos y bloques de areniscas producto de la erosión de los niveles de areniscas y limolitas del Grupo Guadalupe, que fueron transportados por acción gravitacional desde la parte alta y media de la ladera, 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, explotación artesanal de materiales de construcción, apertura de senderos y ejecución de corte del terreno para construcción de viviendas.

De igual manera hacia el costado sur occidental del polígono de estudio se identifica un depósito de relleno antrópico de espesor promedio 6.0 m, el cual está compuesto por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas y escombros de construcción. En el depósito antrópico se observa un deslizamiento del tipo rotacional con escarpe de altura 5.0 m aproximadamente.

Por lo anterior, se seleccionaron 7 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 sur occidental del área de estudio y tiene dirección SW-NE, en esta sección se identifican los depósitos de coluvión, antrópico y de deslizamiento, para lo cual el análisis de estabilidad de taludes permite identificar el factor de seguridad que presenta dicha ladera. Es importante mencionar que durante la ejecución del estudio se observa que se sigue acopiando material de escombros en la zona de depósito antrópico.



Sección B-B'

Esta sección se localiza en el costado norte del polígono de estudio y tiene dirección E-W, dado que en esta zona se presenta un espesor del depósito coluvial mayor a 15 m se hace necesario evaluar la estabilidad de este sector.

Sección 1-1'

Esta sección se localiza en el costado norte del polígono de estudio y tiene dirección E-W, dado que en esta zona se presenta un espesor del depósito coluvial mayor a 15 m se hace necesario evaluar la estabilidad de este sector.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 168</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

Sección 2-2'

Esta sección se localiza en la parte central del polígono de estudio y tiene dirección E-W, sobre esta sección se observa la presencia de viviendas de 1 y 2 pisos, como también en la base de la ladera se observan taludes de corte expuestos sin ninguna contención, los cuales están a una distancia de 8 m aproximadamente de borde del canal interceptor de aguas lluvias de la Empresa de Acueducto de Bogotá. Este aspecto condiciona la estabilidad de la ladera.

Sección 3-3'

La sección 3-3' se localiza en la parte oriental del área de estudio y tiene dirección E-W, en este sector se tiene la presencia del depósito de deslizamiento producto de caída de rocas sobre la margen derecha de la Quebrada las Delicias. Es esta sección se evaluará el mecanismo de falla de caída de bloques de diámetro 1.0 m.

Sección 4-4'

En la sección 4-4' se realiza el análisis de estabilidad de la parte sur del polígono de estudio y que se desarrolla con presencia de un depósito coluvial en la margen izquierda de la quebrada las Delicias, debido a la presencia de viviendas en este sector se hace necesario conocer la estabilidad de la ladera.

Sección 5-5'

Localizada en el costado sur del área de estudio y sobre la margen izquierda de la quebrada permite evaluar la estabilidad de esta margen, dado que en este sector se observa un incremento de la pendiente del terreno justo antes de llegar al cauce.

Por las secciones de análisis descritas anteriormente debido a la presencia de depósitos coluviales de espesor mayor a 15 m se evaluará el mecanismo de falla rotacional, de igual manera para el caso de la sección que cruza el depósito de deslizamiento del costado sur occidental se evaluará el mecanismo rotacional.

13.8.2 CONSIDERACIONES PARA LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

- Para el análisis de estabilidad del sitio 1 Bosque Calderón Tejada se seleccionaron 7 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 las Delicias.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 169</p>
--	------------------------------------	---------------------

- 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/m² y para las de 3 pisos en 20 kN/m².
- En el costado nor-oriental del polígono de estudio se presenta un canal en concreto de 1.2 m de altura y 1.5 m de ancho.
- Para las vías internas del barrio se asumió un sobrecarga de 8 kN/m², teniendo en cuenta un bajo nivel de tránsito.
- Para la condición pseudoestática se toma un valor de aceleración de 0.18 definido a partir de $A=0.80A_0$ que para el sitio se toma $A_0=0.22$ 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 81.

Tabla 41 – 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 V7.0 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.

13.8.3 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.

13.8.4 CONDICIÓN EXTREMA

Para la condición extrema se tendrá en cuenta un escenario de largo plazo, en el cual se evaluarán las condiciones extremas de agua o sismo de forma independiente. De esta

forma para el caso extremo con agua el nivel del nivel de agua se toma en la superficie del terreno, por su parte para la condición extrema con sismo se tendrá en cuenta una aceleración de 0.18g, tal como se mencionó anteriormente.

13.8.5 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

A continuación se presentan los resultados de los análisis de estabilidad en las secciones de análisis A-A', B-B', 1-1', 2-2', 3-3', 4'4' y 5-5'. En la Tabla 42 se muestran lo factores de seguridad y más adelante los resultados gráficos obtenidos en el programa Slide V 7.0.

Tabla 42 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad

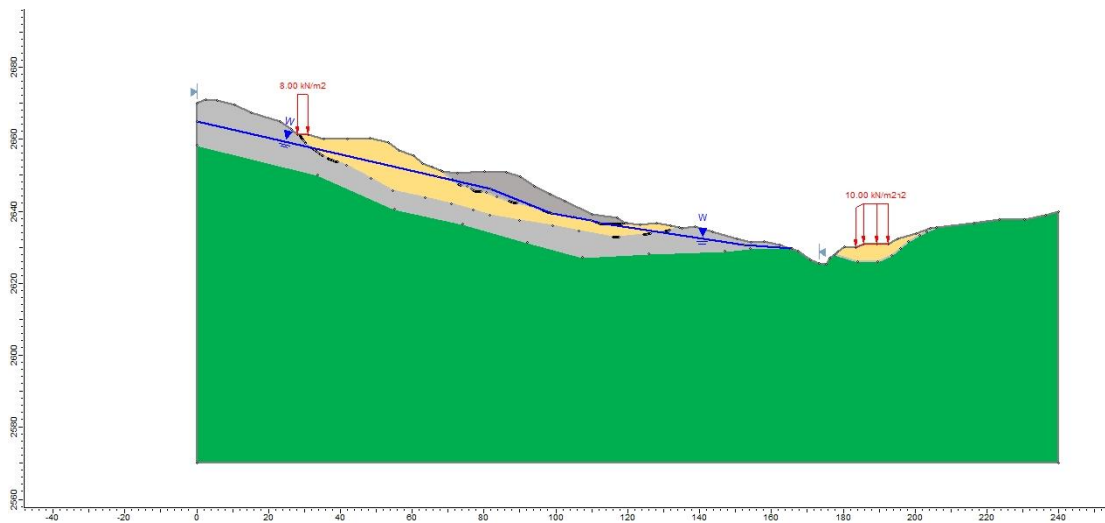
Sección	Costado	Condición normal (escenario actual)	Condición extrema (agua)	Condición extrema (sismo Kst=0.18g)
A-A'	Margen izquierda de la Qda. Las Delicias	1.12	0.69	0.80
A-A'	Margen derecha de la Qda. Las Delicias	2.51	1.97	1.45
B-B'	--	1.22	0.86	0.82
1-1'	--	2.26	1.57	1.23
2-2'	--	1.07	0.63	0.84
3-3'	--	1.01	0.47	0.72
4-4'	Margen izquierda de la Qda. Las Delicias	2.29	1.67	1.36
5-5'	Margen izquierda de la Qda. Las Delicias	1.49	1.22	1.16

13.8.6 SECCIONES DE ANÁLISIS SITIO 1 BOSQUE CALDERÓN TEJADA

A continuación se muestran los esquemas usados para el análisis de estabilidad, así como el esquema de la localización en planta de las secciones, en el anexo 10 se presenta el plano en planta y los modelos de SLIDE.



Figura 109. Localización en planta de secciones de análisis.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Hu Type
RELLENO ANTRÓPICO Qra	Yellow	19	Mohr-Coulomb	8	19.3	Water Surface	Constant
DESLIZAMIENTO Qd	Grey	18	Mohr-Coulomb	0	29	Water Surface	Constant
DEPOSITO COLUVIAL Qco	Light Grey	20	Mohr-Coulomb	20	28	Water Surface	Constant
FORMACION GUADUAS K2P1g	Green	21	Mohr-Coulomb	237	25	Water Surface	Constant

Figura 110. Modelo geotécnico Sección A-A'

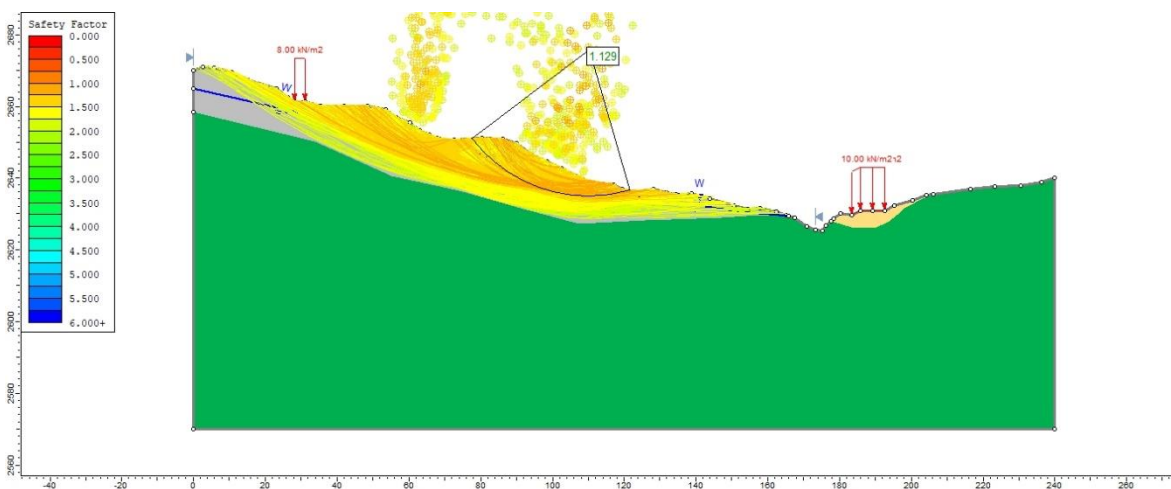


Figura 111. Sección A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias. Condición normal. FS=1.12

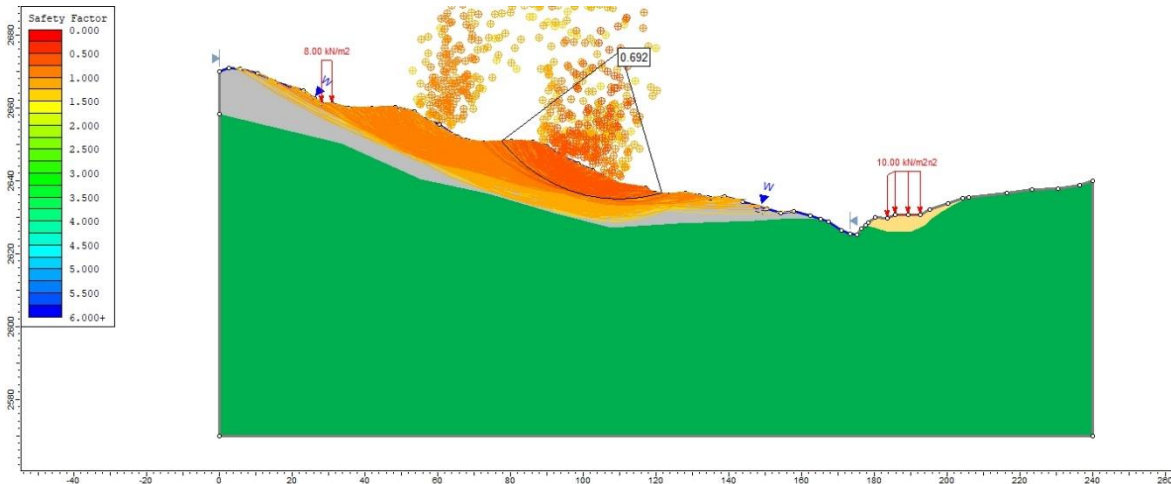


Figura 112. Sección A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias. Condición extrema agua. FS=0.69

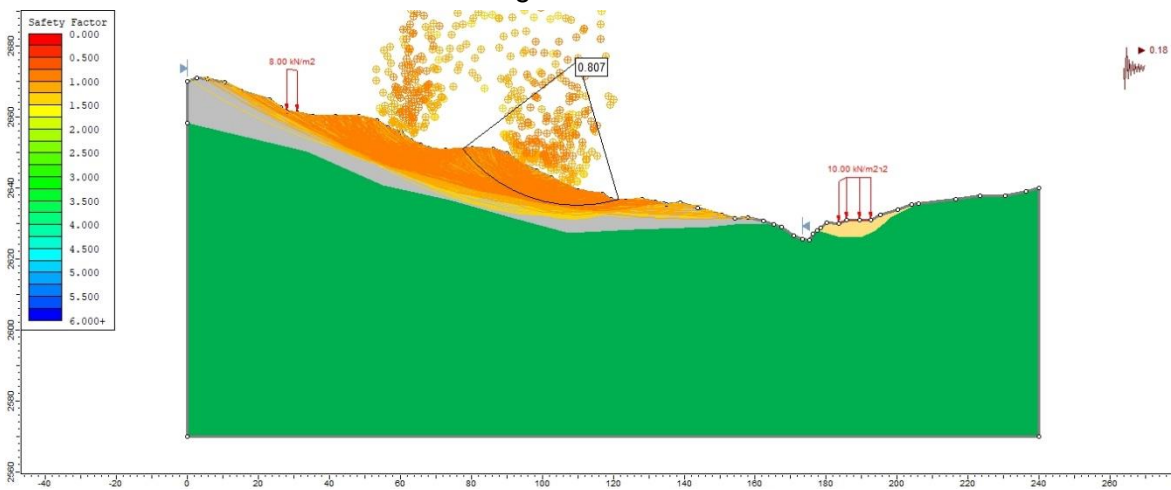


Figura 113. Sección A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias. Condición extrema sismo. FS=0.80

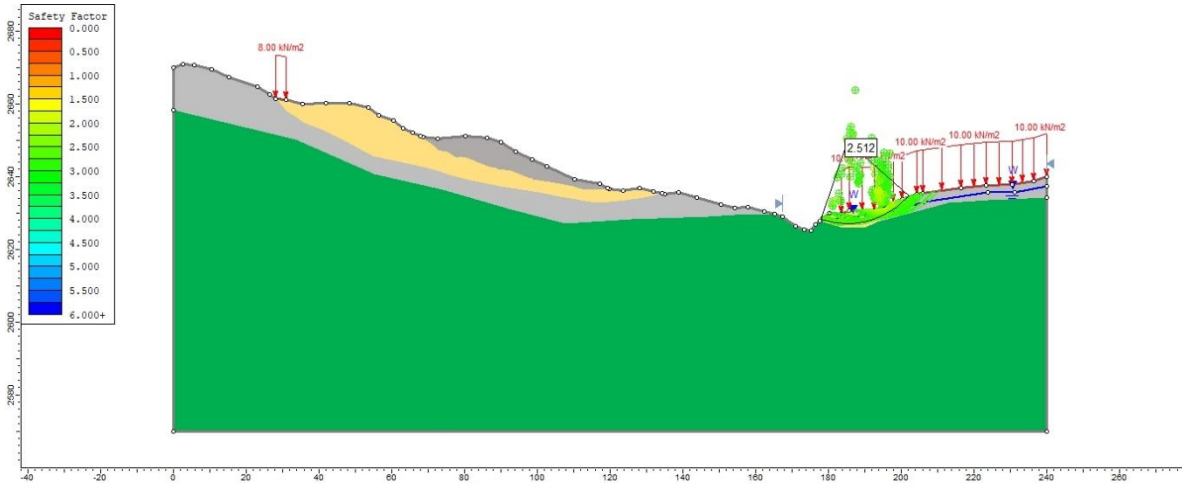


Figura 114. Sección A-A' Margen derecha de la Qda. Las Delicias. Condición normal.
FS=1.99

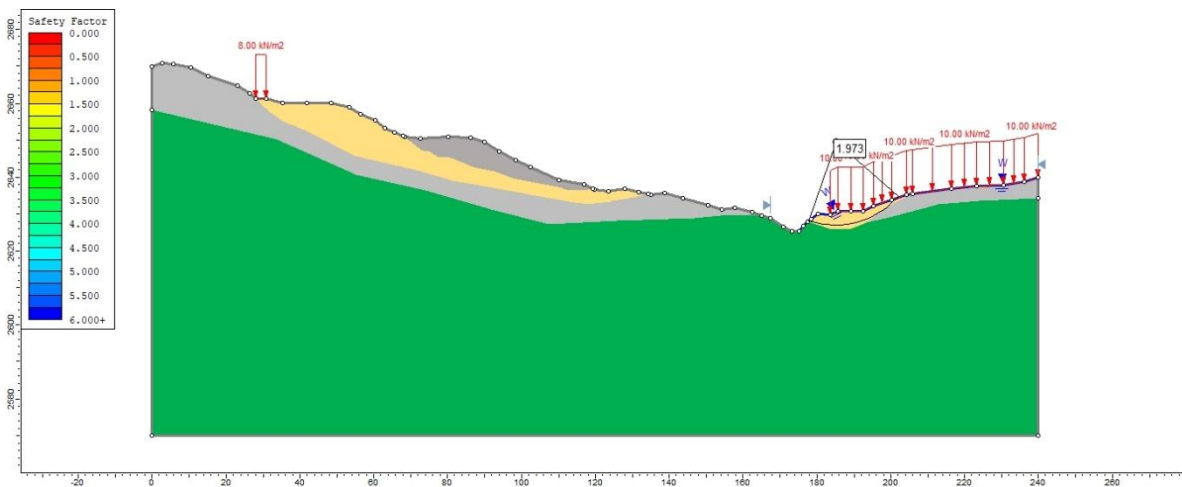


Figura 115. Sección A-A' Margen derecha de la Qda. Las Delicias. Condición extrema
agua. FS=1.97

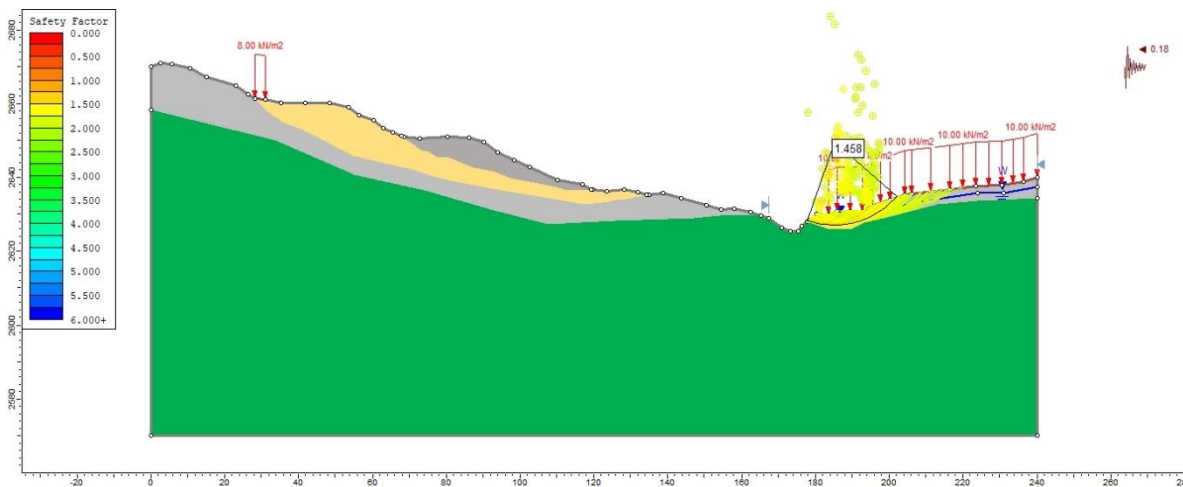


Figura 116. Sección A-A' Margen derecha de la Qda. Las Delicias. Condición extrema sismo. FS=1.45

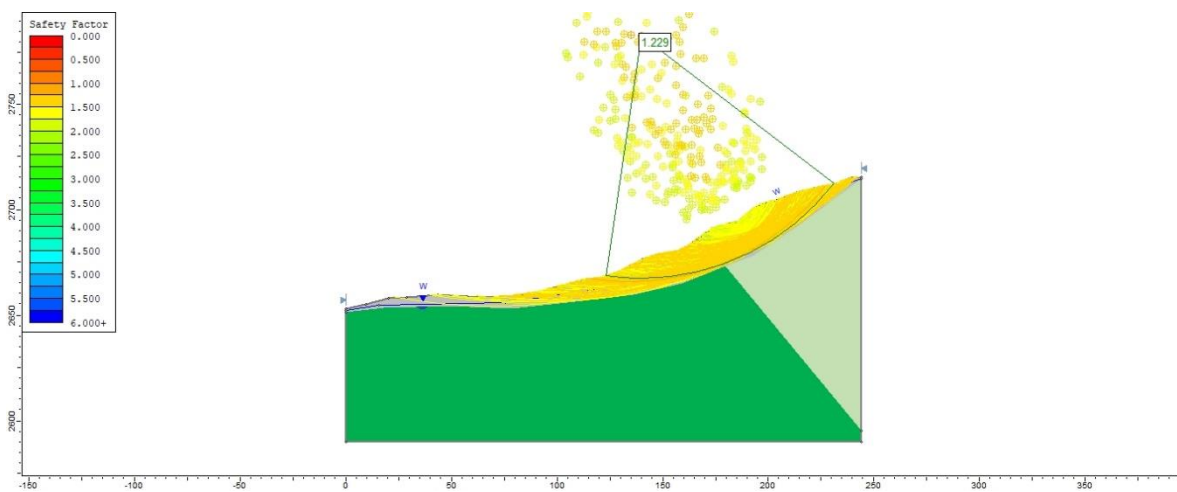


Figura 117. Sección B-B' Condición normal. FS=1.22

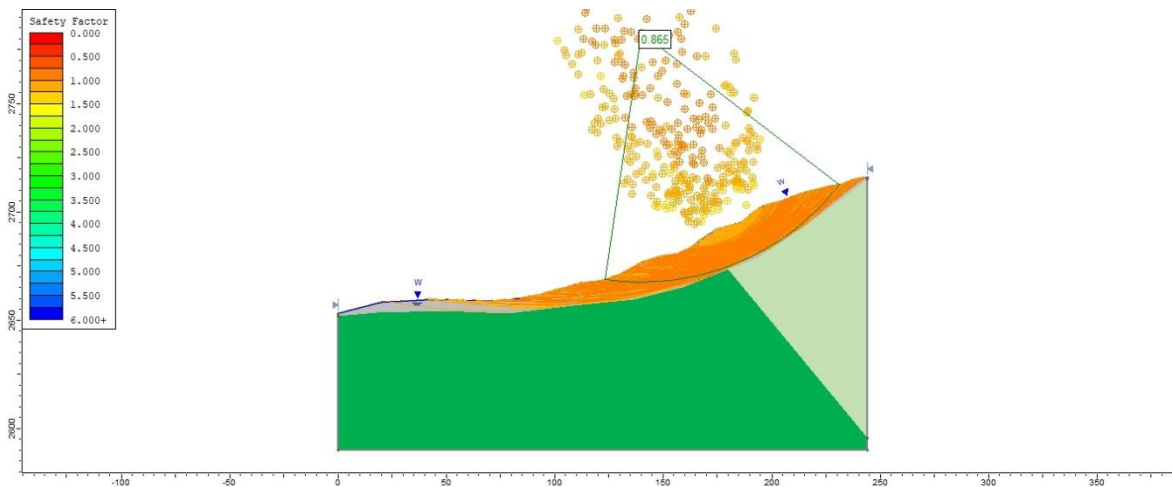


Figura 118. Sección B-B'. Condición extrema agua. FS=0.86

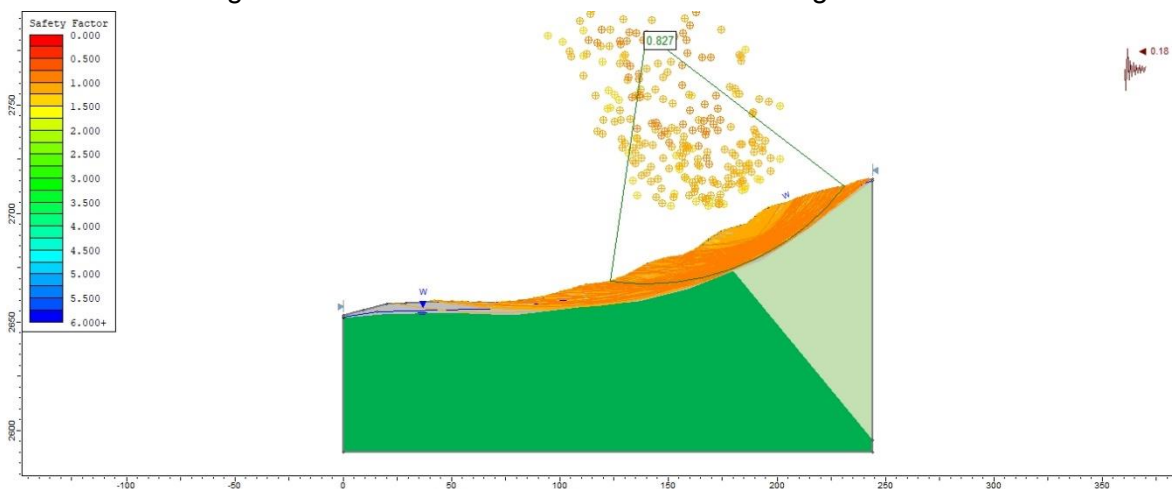


Figura 119. Sección B-B'. Condición extrema sismo. FS=0.82

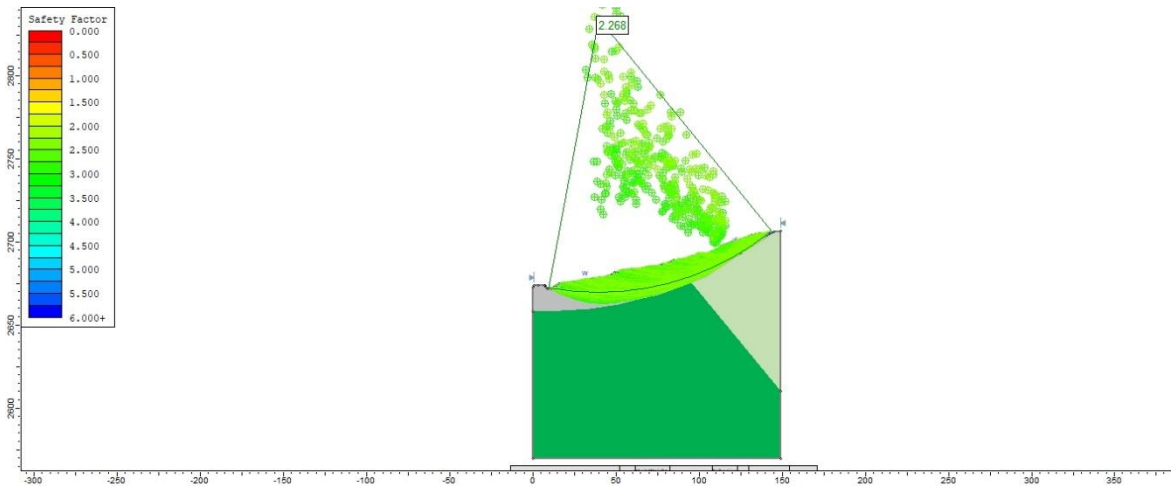


Figura 120. Sección 1-1' Condición normal. FS=2.26

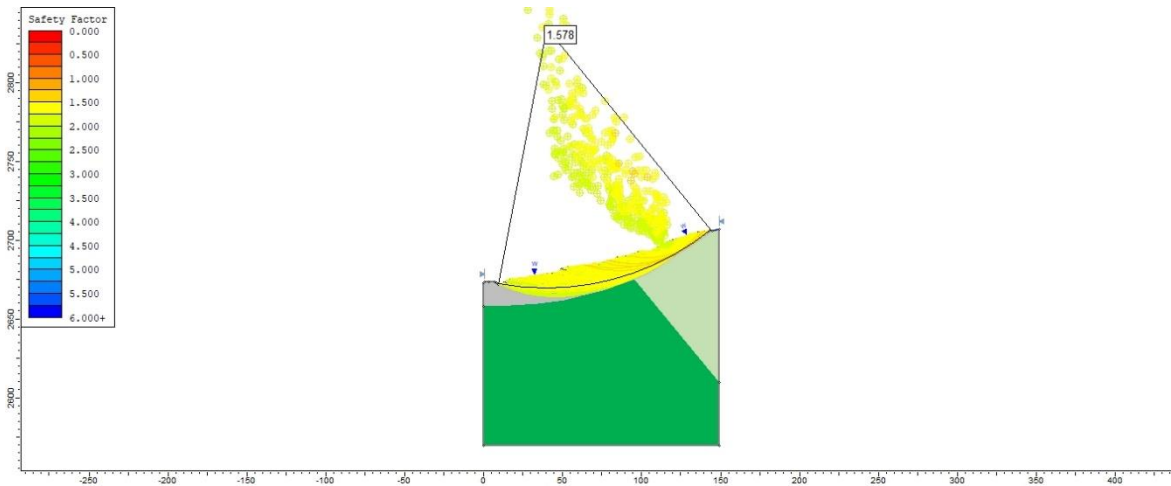


Figura 121. Sección 1-1'. Condición extrema agua. FS=1.57

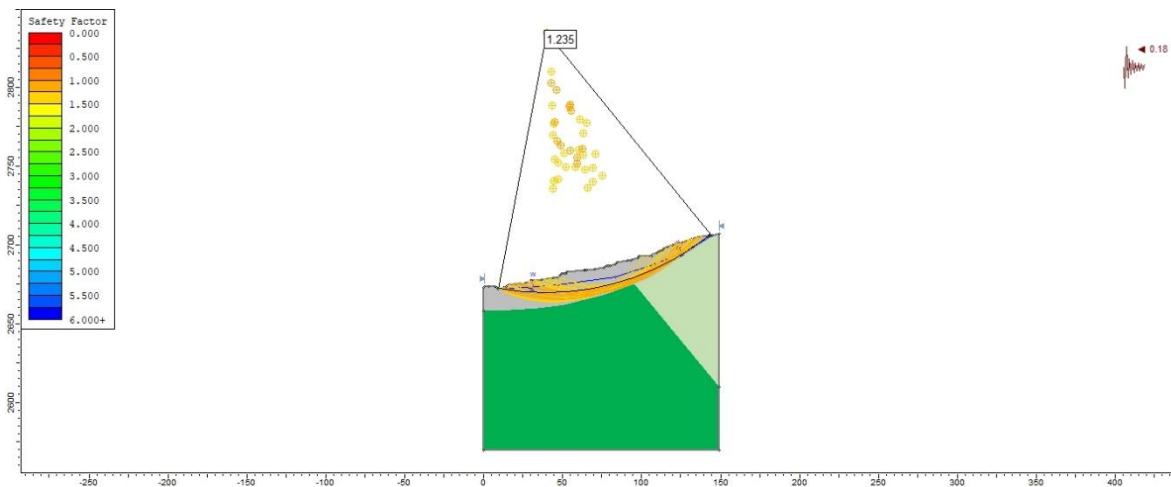


Figura 122. Sección 1-1'. Condición extrema sismo. FS=1.23

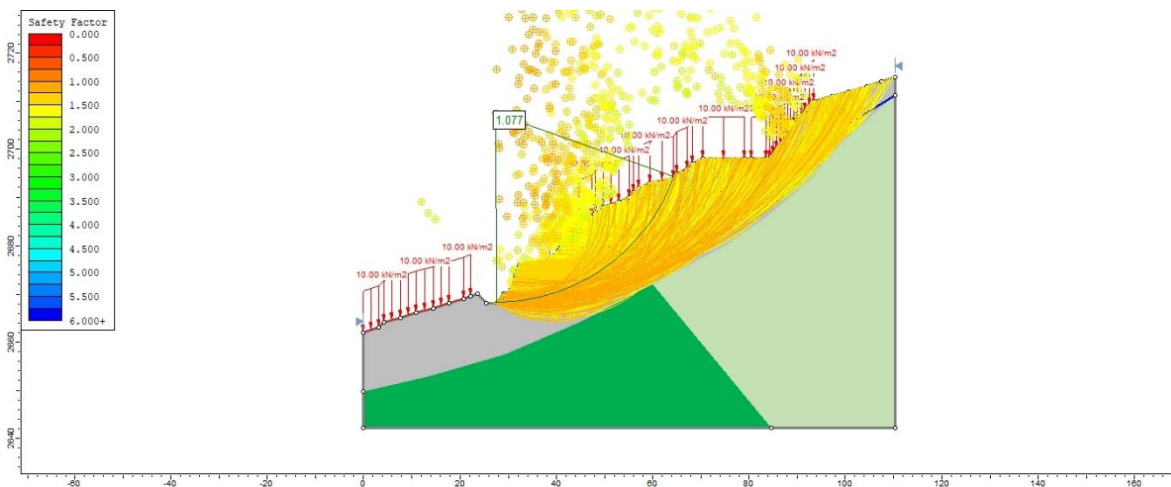


Figura 123. Sección 2-2' Condición normal. FS=1.07

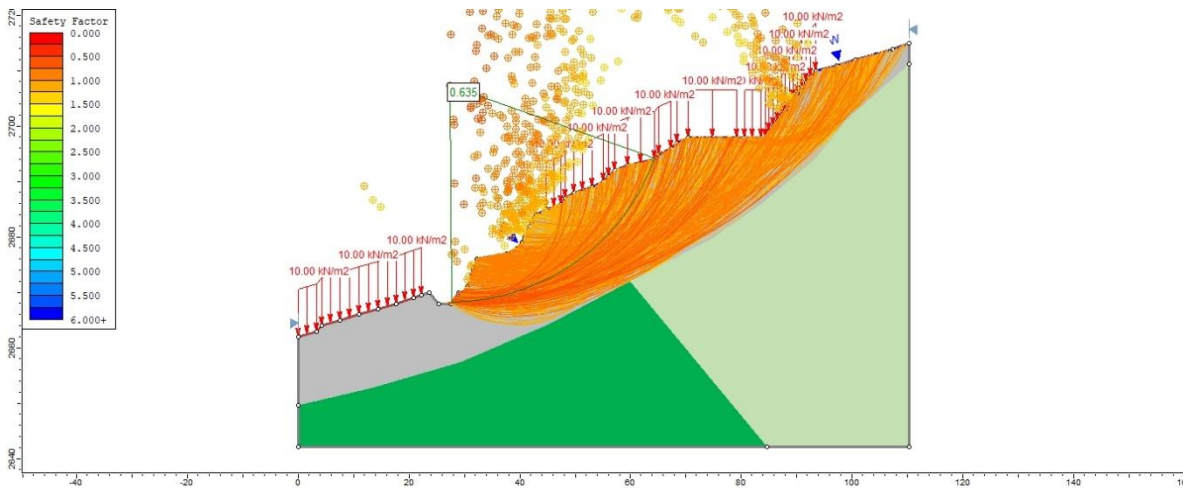


Figura 124. Sección 2-2'. Condición extrema agua. FS=0.63

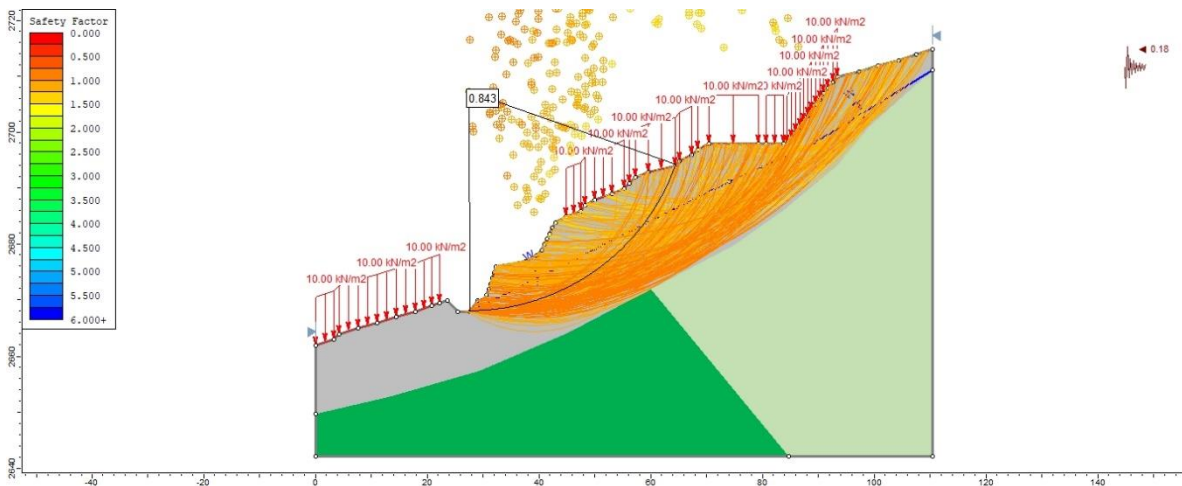


Figura 125. Sección 2-2'. Condición extrema sismo. FS=0.84

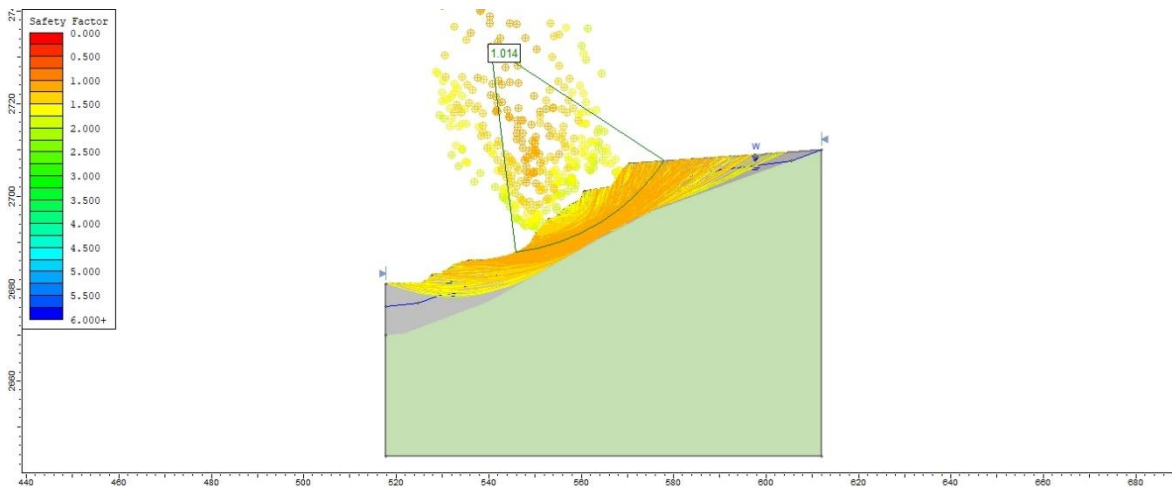


Figura 126. Sección 3-3' Condición normal. FS=1.01

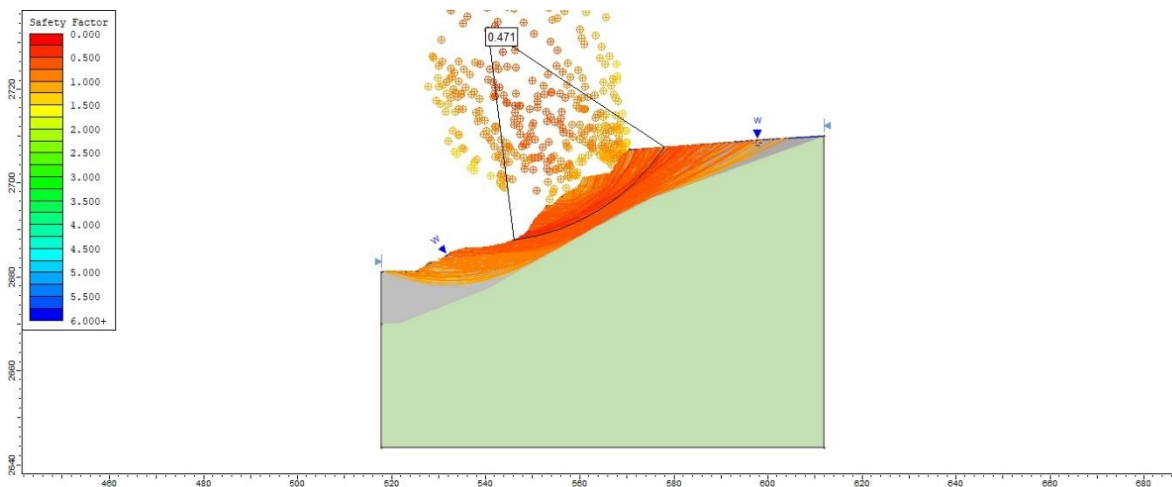


Figura 127. Sección 3-3'. Condición extrema agua. FS=0.47

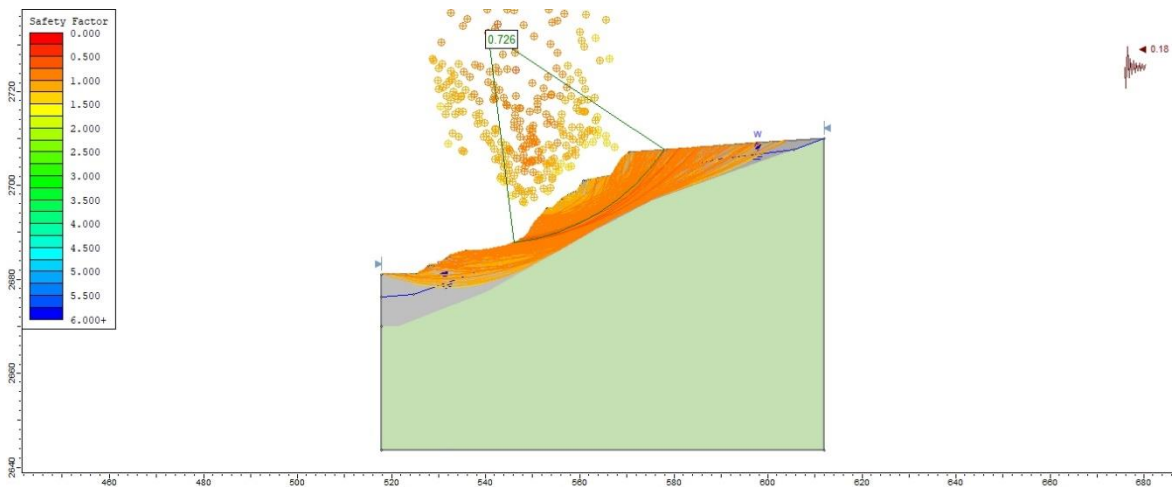


Figura 128. Sección 3-3'. Condición extrema sismo. FS=0.72

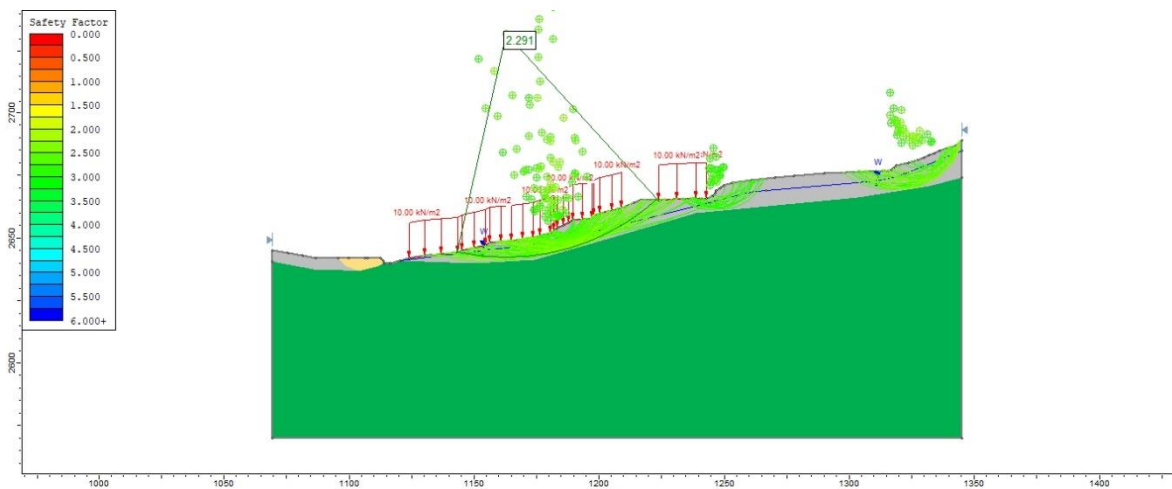


Figura 129. Sección 4-4' Condición normal. FS=2.29

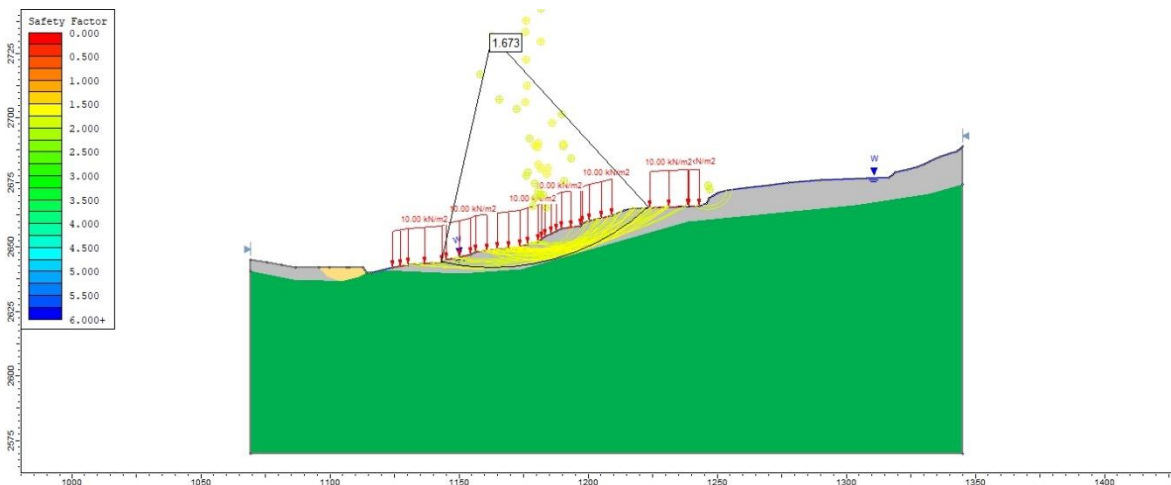


Figura 130. Sección 4-4'. Condición extrema agua. FS=1.36

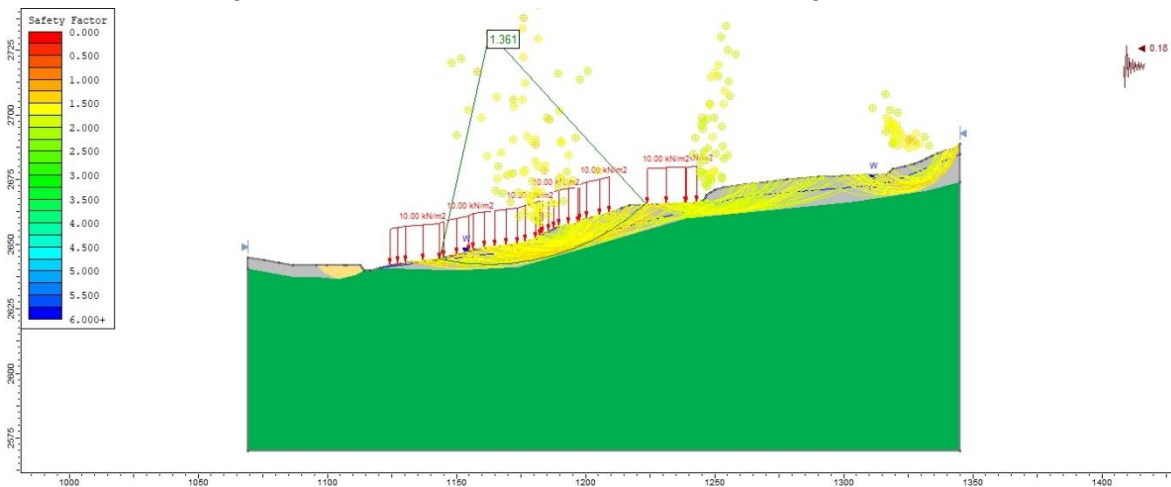


Figura 131. Sección 4-4'. Condición extrema sismo. FS=1.36

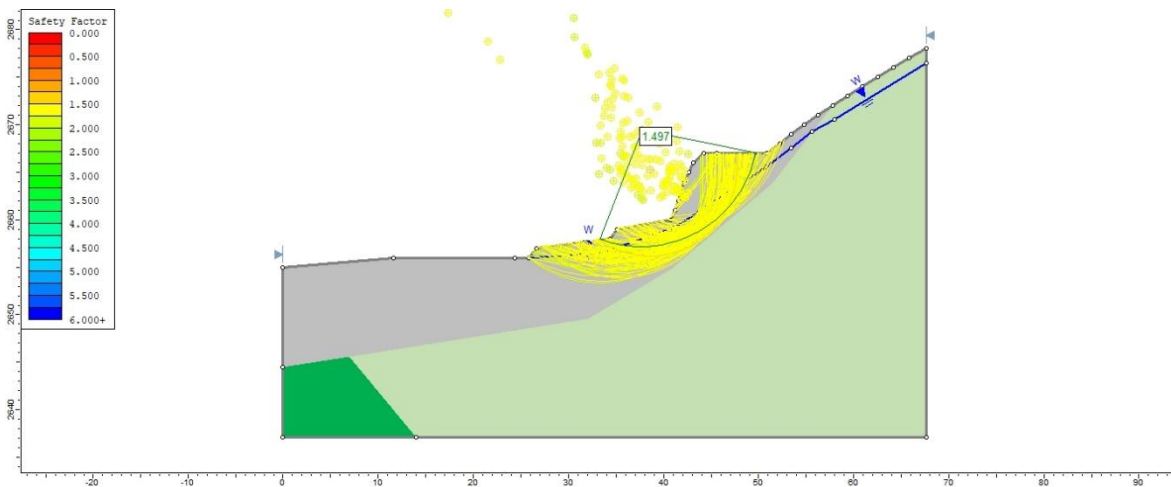


Figura 132. Sección 5-5' Condición normal. FS=1.49

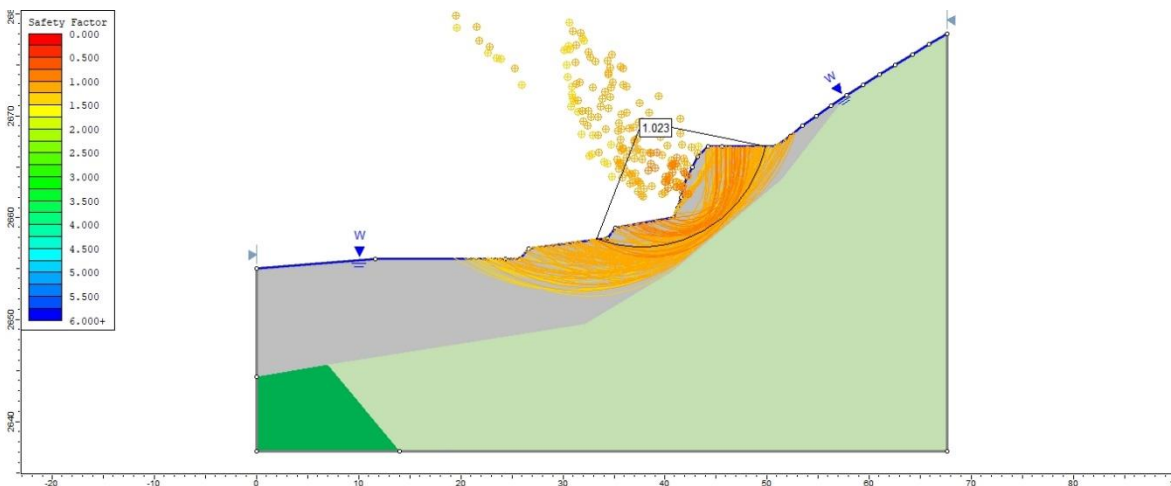


Figura 133. Sección 5-5'. Condición extrema agua. FS=1.023

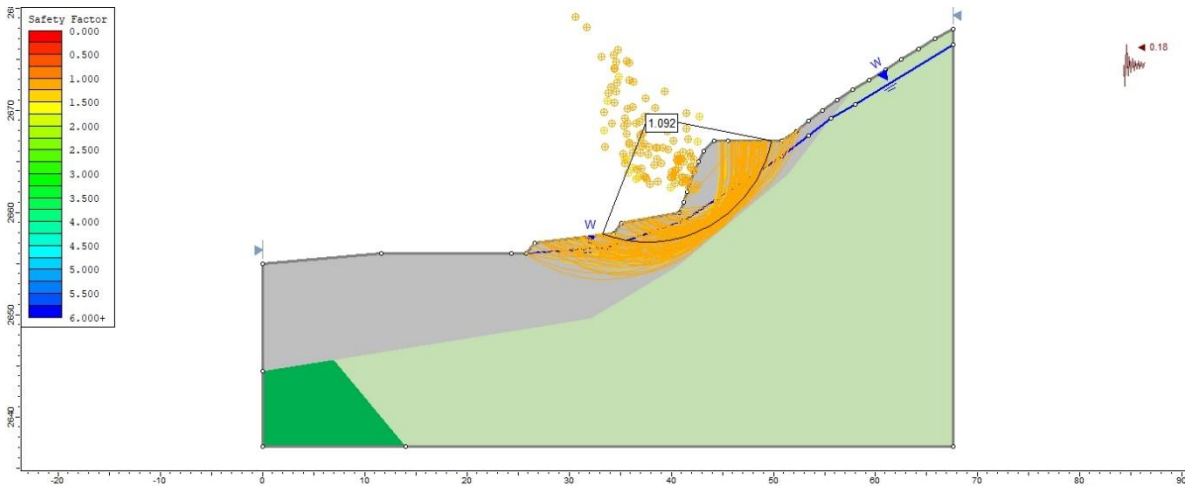


Figura 134. Sección 5-5'. Condición extrema sismo. FS=1.09

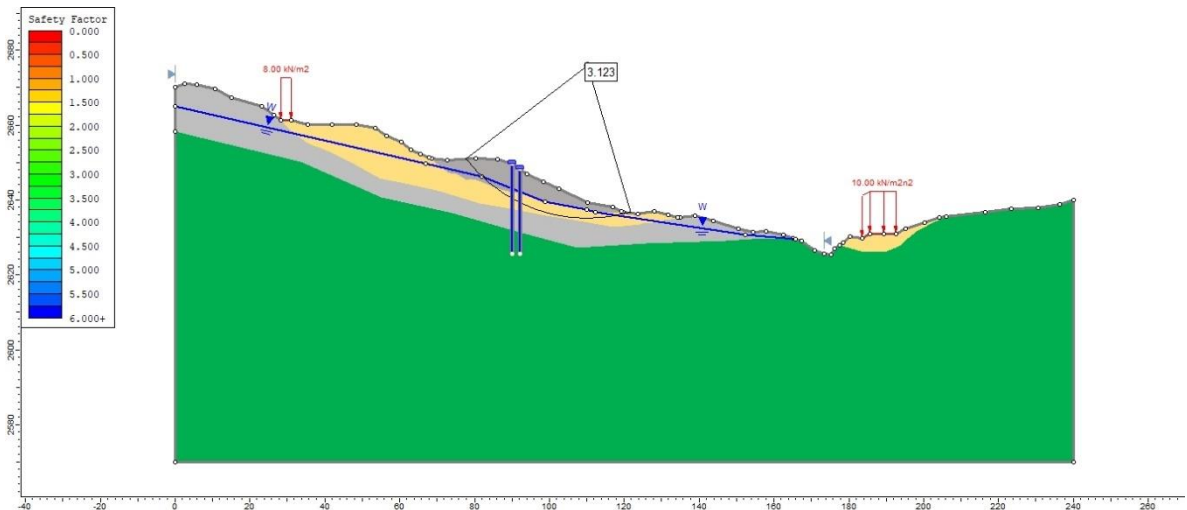


Figura 135. Sección A-A'. Escenario con obras condición normal. FS=3.21

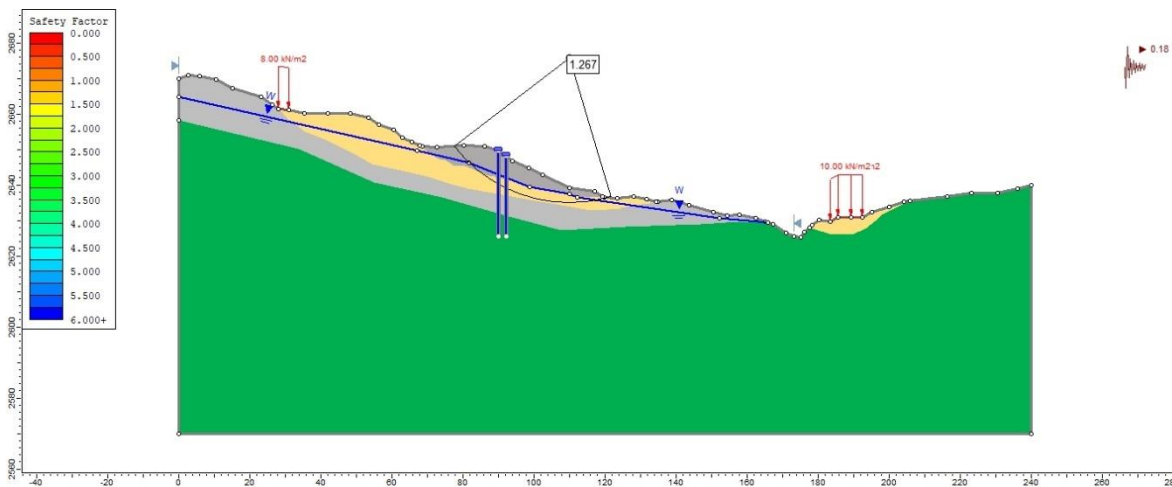


Figura 136. Sección A-A'. Escenario con obras condición extrema sismo ($kst=0.18g$). FS=1.26

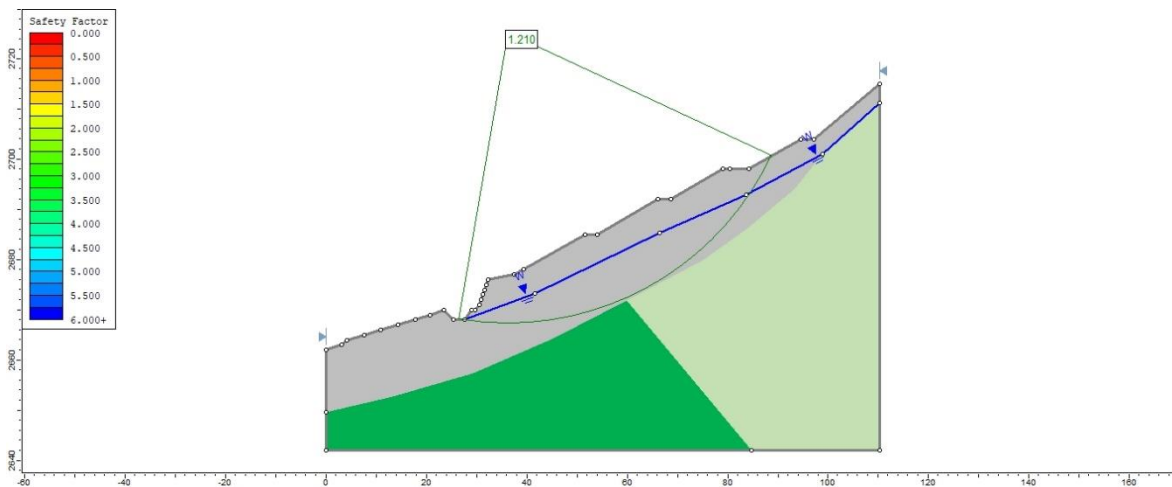


Figura 137. Sección 2-2'. Escenario con obras condición normal. FS=1.21

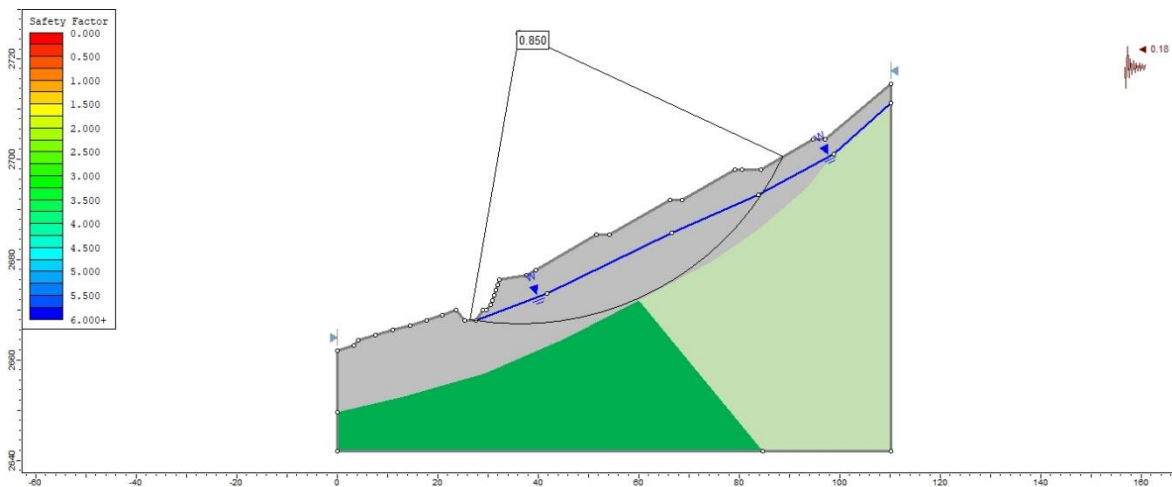


Figura 138. Sección 2-2'. Escenario con obras condición extrema sismo ($K_{st}=0.18g$).
FS=0.85

13.8.7 SECCIÓN 3-3 ANÁLISIS DE CAIDA DE ROCAS

En la sección 3-3 localizada en el costado oriental del área de estudio se procedió a realizar el análisis de caída de rocas desde el talud en roca que se presenta, evaluando la posibilidad de caída de rocas de tamaño de 1.0 m de diámetro, para ello se empleó el programa Rocfal V4.0 el cual permite modelar la caída de bloques sobre la superficie del terreno y evaluar la distancia y altura de viaje de los fragmentos de roca desprendidos.

Para el caso de la sección 3-3 se obtuvo que los bloques que se desprenden desde el talud en roca pertenecientes a la formación Arenisca de Labor Tierna, pueden alcanzar una distancia de viaje de 11 m, dado que cae sobre el depósito de deslizamiento conformado por un cono de deyección en donde se encuentran bloques y matriz areno arcillosa. En la *Figura 139* se muestra el resultado del análisis, en el cual se aprecia que de 100% de los bloques que se modelan en la evaluación caída el 60% de estos cae antes de los 10 m de distancia desde la base de la ladera.

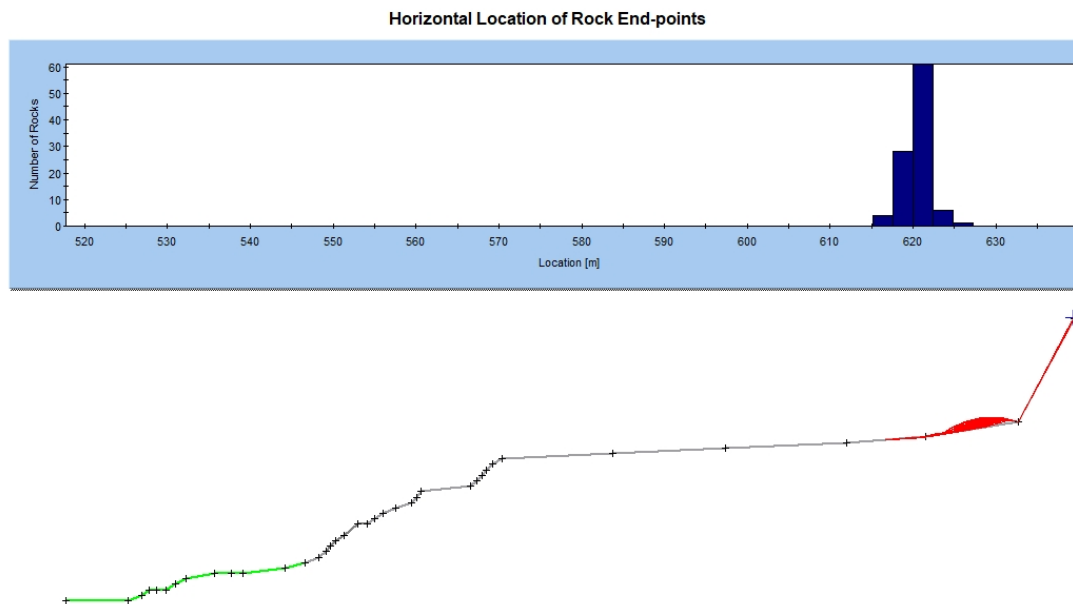




Figura 139. Sección 3-3'.

13.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la Tabla 81 muestran que en el costado norte del área de estudio entre la calles 59 y el borde del polígono representado por las secciones B-B' y 1-1' se obtuvo un factor de seguridad para la condición normal entre 1.22 y 2.26, respectivamente, lo cual representa niveles de amenaza media y baja, respectivamente; sin embargo para la sección B-B' en los escenarios extremos se obtienen niveles de amenaza baja; mientras que la sección 1-1' se obtuvieron factores de seguridad en las condiciones extremas de 1.57 y 1.23 lo cual representa un nivel de amenaza media.



Para las secciones 2-2' y 3-3' se obtuvo de la evaluación de la condición normal factores de seguridad de 1.07 y 1.01, respectivamente, lo cual indica un nivel de amenaza alta, para el caso de la sección 2-2' se observa en el terreno que en la base de la ladera se presenta un corte de aproximadamente 2.5 m de altura, que no cuenta con contención, dicho corte se encuentra a 8 m del borde del canal interceptor de aguas lluvias, lo cual es desfavorable a la estabilidad de la ladera. Mientras que para el caso de la sección 3-3' los análisis concuerdan con lo observado en campo en donde en este sector del polígono se tiene un depósito de materiales proveniente de la caída de rocas y fragmentos desde la parte alta de la ladera y que se acumulan en la margen derecha de la quebrada aguas arriba del puente vehicular existente.

Para el costado sur del área de estudio y sobre la margen izquierda de la Qda. Las Delicias se analizó en primer lugar la sección A-A' la cual atraviesa materiales conformados por

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

depósitos coluviales, antrópicos y de deslizamiento, por lo que para la condición actual el factor de seguridad es de 1.12 para una superficie de falla que se desarrolla en el contacto entre el depósito de relleno antrópico y el depósito coluvial, este valor de factor de seguridad indica una condición de amenaza alta para el caso normal, para los escenarios extremos la condición de amenaza también es alta con factores de seguridad inferiores a 1.0.

Por su parte para la sección 4-4' se obtuvo para la condición normal un factor de seguridad de 2.29 que representa un nivel de amenaza bajo, debido a que en este sector del área de estudio no se cuenta con depósitos de relleno antrópico, para el caso de la condición extrema con agua el factor de seguridad es de 1.67 y para la condición extrema con sismo se obtuvo un factor de seguridad de 1.36, valores que indican un nivel de amenaza baja

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

13.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.10.1 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 nueve (9) perforaciones mecánicas entre 7 y 15 m de profundidad, trincheras y apiques de 1.5 m de profundidad, así mismo se realizaron seis (6) líneas de refracción sísmica con longitudes entre 50 y 70 m.

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

En el área de estudio del polígono 1 se observa que el nivel freático varía entre 4.9 a 8.2 m en el costado oriental de área, tal como lo muestran los sondeos S-1, S-2, S-3 y S-6; mientras que en el costado sur occidental la variación se presenta entre 3.2 a 4.9 m de profundidad como lo indican los sondeos S-7 y S-8.



13.10.2 RESULTADOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

De acuerdo con los resultados del análisis de estabilidad para el sitio 1 se observa en general que en la condición normal (con agua de nivel freático y sin sismo) se obtienen niveles de amenaza baja y media en la mayor parte del polígono, al revisar las Secciones A-A' (margen derecha de la quebrada Las Delicias), B-B', 1-1', 4-4' y 5-5', para las cuales se obtuvieron factores de seguridad entre 1.22 y 2.51.

Por su parte para las secciones A-A' (margen izquierda de la quebrada Las Delicias), 2-2', y 3-3', se obtuvo para la condición normal un nivel de amenaza alto con factores de seguridad inferiores a 1.2 de acuerdo con la resolución 227 de 2006. En la sección A-A' para la margen izquierda de la quebrada Las Delicias, se tiene la presencia de un depósito antrópico y de deslizamiento los cuales reposan sobre la capa de depósito coluvial, configuración que es desfavorable a la estabilidad, debido a que los materiales superficiales presentan una consistencia media.

En la sección 2-2' se observa en la base de la ladera que existe un talud de corte de aproximadamente 2.5 m de altura, el cual no cuenta con contención y por tanto dada la pendiente topográfica del terreno en este sector del polígono, se presentan condiciones desfavorables a la estabilidad del talud.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 190</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

Por su parte para la sección 3-3' se tienen la presencia de un depósito de deslizamiento con materiales acopiados sobre la margen derecha de la quebrada las Delicias, en el sector aguas arriba del puente vehicular en concreto de la transversal 5 Este.

Al evaluar la condición extrema con agua se observa para las secciones A-A' (margen derecha de la quebrada las Delicias y 4-4' niveles de amenaza baja, y en las secciones 1-1' y 5-5' niveles de amenaza media, mientras que para las secciones A-A', B-B', 2-2' y 3-3' se obtienen niveles de amenaza alta, lo anterior indica la sensibilidad de los modelos al aumento de los niveles de agua.

Para el caso de la condición extrema con sismo se obtienen para las secciones A-A' (margen derecha de la quebrada las Delicias y 4-4' niveles de amenaza baja, y en las secciones 1-1' y 5-5' niveles de amenaza media, mientras que para las secciones A-A', B-B', 2-2' y 3-3' se obtienen niveles de amenaza alta

13.10.3 RECOMENDACIONES

Al comparar los factores de seguridad obtenidos para las condiciones normal y extrema con agua, se observa una reducción del orden del 40% en los factores de seguridad al considerar el caso extremo con agua, por lo que resulta pertinente recomendar para el control de la estabilidad de los taludes la implementación de medidas de drenaje subsuperficial con filtros y drenes horizontales que permitan controlar el nivel de agua y evitar que este ascienda.

Para el caso de la sección 2-2' debido a la presencia de un talud de corte de 2.5 m de altura en la base de la ladera, sobre la cual existen viviendas, se hace necesario implementar medidas de descarga del terreno para controlar la superficie de falla que se genera en el modelo de estabilidad evaluado. De esta manera se propone la implementación de terrazas con inclinación 1.0 V : 1.7 H (30 grados) y bermas de 2.5 m de ancho, y la construcción de filtros para el abatimiento del nivel freático, con el fin de obtener un factor de seguridad de 1.21 para la condición estática el cual se asocia con un nivel de amenaza medio.

Con respecto a la sección A-A' en la margen izquierda de la Quebrada Las Delicias para reducir el nivel de amenaza se recomienda la instalación de dos filas de pilotes metálicos de 8" (0.20 m) de diámetro, longitud 20 m y espaciados entre ejes 0.80 m, los cuales serán instalados en el depósito de deslizamiento con el fin confinar dicho depósito y aumentar el factor de seguridad, de esta manera se obtiene para el escenario con obras en condición normal un factor de seguridad de 3.12 asociado a un nivel de amenaza media, mientras que para la condición extrema con sismo se obtiene un factor de seguridad de 1.29 que se relaciona con un nivel de amenaza media. En la Tabla 43 se resumen los factores de seguridad obtenidos para la condición con obras y de la Figura 135 a Figura 138 se muestran los resultados gráficos de análisis de estabilidad.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 191</p>
--	------------------------------------	---------------------



Tabla 43 – Resultados de corridas de análisis de estabilidad en el escenario con obras

Sección	Condición con obras	Condición extrema (sismo Kst=0.18g)
A-A' Margen izquierda de la Qda. Las Delicias	3.21	1.26
2-2'	1.21	0.85

En cuanto a la sección 3-3' en la cual se tiene la presencia de un depósito de deslizamiento de caída de rocas, se requiere realizar el retiro de dichos materiales, con el fin de evitar que una mayor acumulación de estos pueda obstruir el cauce de la Quebrada Las Delicias aguas arriba del puente vehicular en concreto de la Transversal 5 Este.

Se recomienda la implementación de obras de control de erosión y revegetalización con especies nativas, tendientes a atenuar la degradación de la parte superior de la ladera dado que se observa la pérdida de cobertura vegetal, lo cual favorece el arrastre de materiales, y la conformación de surcos y cárcavas en el costado oriental del área de estudio.

Se recomienda revisar la delimitación de la Zona de Manejo y Preservación Ambiental ZMPA para el cauce de la quebrada las Delicias, dado que al momento de ejecución del estudio se observan viviendas construidas sobre las márgenes de la quebrada, así como también la instalación de puentes en madera para el cruce de vehículos desde la diagonal 58 hacia los predios localizados en la margen izquierda del cauce.



 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	 <p>DINAMICA S.A.</p>
<p>VERSIÓN 1</p>		

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 Bosque Calderón 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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 193</p>
--	------------------------------------	---------------------

 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AMBIENTE Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático</p>	<p>CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA EN SECTORES PRIORITARIOS DE LAS LOCALIDADES CHAPINERO Y USME PARA LA EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA CONTRATO No 507 DE 2020</p>	
<p>VERSIÓN 1</p>		

15 BIBLIOGRAFÍA:

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

Claro Rizo, F. (Septiembre de 2006). Índice 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 (ET_o) 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.

<p>AUTOR: GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A</p>	<p>CONTRATO 507 DE 2020</p>	<p>Página 194</p>
--	------------------------------------	---------------------