ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA Y RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN PARA POLÍGONO DE INTERÉS DEL BARRIO BUENAVISTA DE LA LOCALIDAD DE USAQUÉN.

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 del consorcio: Ing. Mauricio Hernán Camargo
Supervisor: Ing. Esteban Montaña

CONSORCIO GEOJAM 2019

ORIGINAL
JULIO DE 2020

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

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
IDIGER	SUPERVISOR	CD
INTERVENTORÍA	DIRECTOR	ORIGINAL
CONSORCIO GEOJAM 2019	DIRECTOR	COPIA 1

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por (Consorcio Geojam BUENAVISTA):	**Diego Camargo**
Firma:	
Fecha:	**Julio de 2020**
Aprobado por (director de consultoría):	**Mauricio Camargo**
Firma:	
Fecha:	**Julio de 2020**
Aprobado por (director de interventoría):	**Flavio Soler**
Firma:	
Fecha:	**Julio de 2020**

TABLA DE CONTENIDO

1 GENERALIDADES 21
1.1 INTRODUCCIÓN 21
1.2 ÁREA DE ESTUDIO 21
2 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA. 24
2.1 CONCEPTOS Y DIAGNÓSTICOS EMITIDOS POR EL IDIGER 25
2.1.1 UTILIDAD: 27
2.2 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DEL HÁBITAT SDHT. 29
2.2.1 UTILIDAD: 30
2.3 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE GAS NATURAL VANTI30
2.3.1 UTILIDAD: 32
2.4 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ EAAB. 32
2.4.1 UTILIDAD: 34
2.5 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA DEFENSORÍA DEL ESPACIO PÚBLICO DADEP. 34
2.5.1 UTILIDAD: 35
2.6 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN SDP. 36
2.6.1 UTILIDAD: 38
2.7 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO IDU Y OBTENIDA MEDIANTE EL SIGIDU. 38
2.7.1 UTILIDAD: 40
2.8 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE 41
2.8.1 UTILIDAD: 44
2.9 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD 44
2.10 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACIÓN Y DEPORTE 44
2.10.1 UTILIDAD: 45

2.11 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE TELEFONÍA DE BOGOTÁ - ETB 45
2.12 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS 45
2.12.1 UTILIDAD: 46
2.13 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE RENOVACIÓN Y DESARROLLO URBANO DE BOGOTÁ - ERU 46
3 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PRELIMINAR. 46
3.1 Contexto geológico y geomorfológico. 46
3.1.1 ESTRATIGRAFÍA ESPERADA. 46
4 PROGRAMA DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 48
4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO 50
4.2 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN 52
5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 53
5.1 CONSIDERACIONES DEL PROYECTO 53
5.1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA Y GENERALIDADES DEL PROYECTO 53
5.1.2 ÁREA DE ESTUDIO 53
5.1.3 ALTURA DE LA ZONA Y GEOMORFOLOGÍA 54
5.2 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA 54
5.3 DÍAS DE TRABAJO 55
5.4 CONSIDERACIONES AMBIENTALES 55
5.5 CONSIDERACIONES ADICIONALES 55
5.5.1 SEGURIDAD PERSONAL Y DE LOS EQUIPOS 55
5.5.2 CONTACTOS EN LA ZONA 56
5.6 TOMA DE IMÁGENES AÉREAS 56
5.6.1 FASE DE EJECUCIÓN DE LOS VUELOS 56
5.7 INFORME TOPOGRÁFICO 59
5.8 PROCESAMIENTO DE DATOS 60
5.8.1 FASE DE PRE- PROCESAMIENTO, PROCESAMIENTO Y ENTREGA 60
5.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS 63
5.9.1 PRECISIÓN DEL TRABAJO 64
5.9.2 ESCALA DEL TRABAJO 65

5.9.3 CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS GCP 66
5.9.4 CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS GCP 67
5.9.5 ESCALA DE LA ORTOFOTO 67
5.10 DIFICULTADES EVIDENCIADAS 67
5.10.1 ADVERSIDADES PRESENTADAS 68
5.10.2 CORRECTIVOS 68
5.11 Salidas graficas 68
6 EVALUACIÓN GEOLÓGICA 71
6.1 GEOLOGÍA REGIONAL 71
6.1.1 ESTRATIGRAFÍA 71
6.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 72
6.1.3 DATOS ESTRUCTURALES 72
6.2 GEOLOGÍA LOCAL 72
6.2.1 ESTRATIGRAFÍA 73
6.2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 76
6.2.3 DATOS ESTRUCTURALES 76
6.3 MODELO GEOLÓGICO 77
7 EVALUACIÓN GEOMORFOLÓGICA 83
7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS GEOFORMAS 83
7.2 LEVANTAMIENTO GEOMORFOLÓGICO 84
7.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL 85
8 HIDROGEOLOGÍA 92
8.1 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS 92
8.2 CONDICIONES DE USO ACTUAL 92
8.3 CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA TEXTURA DE LOS MATERIALES 92
8.4 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS Y PLUVIOMÉTRICAS DEL ÁREA. .. 93
8.5 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA 93
8.6 POSICIONES DE NIVELES DE AGUA O FACTORES RU (PRESIÓN DE POROS) EN CONDICIONES NORMALES. 94
8.7 POSICIONES DE NIVELES DE AGUA O FACTORES RU (PRESIÓN DE POROS) EN CONDICIONES EXTREMAS. 94

9 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA 95
9.1 Recopilación de Información existente 95
9.1.1 Estaciones Meteorológicas aferentes a la zona de estudio 96
9.2 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL 98
9.2.1 Precipitación 98
9.2.2 Temperatura media anual 98
9.2.3 Número de días con lluvia 99
9.2.4 Clasificación Climática 100
9.3 RESUMEN DEL CLIMA A PARTIR DE INFORMACIÓN OBTENIDA DE ESTACIONES. 105
9.4 Precipitación 105
9.5 Temperatura 108
9.6 Análisis Espacial de Precipitaciones 109
9.7 Datos Faltantes 109
9.8 Análisis de Puntos Anómalos (Outliers) 110
9.9 Inverso Cuadrado de la Distancia 111
9.10 Ajuste de distribuciones de precipitación 114
9.10.1 Pruebas de Ajuste 114
9.11 Estimación de Curvas IDF 119
9.12 Análisis multitemporal 121
9.13 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN E INCIDENCIA EN MOVIMIENTOS EN MASA 130
9.14 Cálculo de la lluvia acumulada 138
10 EVALUACIÓN DE REDES DE SERVICIO PÚBLICO 143
10.1 Redes de Acueducto y Alcantarillado 143
10.1.1 Actividades previas 143
10.1.2 Evaluación de redes de agua potable 143
10.1.3 Evaluación de las redes de alcantarillado. 145
10.2 Visitas de campo y ejecución de obras para actualización y mejoramiento de redes. 151
10.2.1 Visitas de campo 151
10.2.2 Caracterización de Vertimientos. 157
11 ANÁLISIS DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO 158

11.1 PROCESO 158
11.2 COBERTURA Y USO DEL SUELO EN CONDICIONES ACTUALES 161
11.2.2 Uso actual 170
11.3 ANÁLISIS PRECEDENTE DE LA COBERTURA DEL SUELO 172
11.4 CAMBIOS EN LA COBERTURA 176
11.5 COBERTURA Y USO DEL SUELO EN CONDICIONES FUTURAS 177
11.6 INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS EN LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD 177
12 SISMOLOGÍA 178
13 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA Y ANÁLISIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 181
13.1 MARCO DE REFERENCIA 181
13.2 EXPLORACIÓN DE CAMPO. 184
13.2.1 EXPLORACIÓN DIRECTA 184
13.2.2 EXPLORACIÓN MEDIANTE MÉTODOS INDIRECTOS 186
13.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 191
13.3.1 ENSAYOS DE CAMPO- SPT 192
13.4 EXPLORACIÓN MEDIANTE MÉTODOS INDIRECTOS 195
13.4.1 OBJETIVOS 195
13.4.2 CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN 195
13.4.3 EQUIPO EMPLEADO 196
13.4.4 EQUIPO EMPLEADO 196
13.4.5 ADQUISICIÓN DE DATOS 198
13.4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS 199
13.5 LÍNEA 1 201
13.6 LÍNEA 2. 203
14 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y DETERMINACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO 205
14.1 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 205
14.1.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL 205
14.1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 207
14.1.3 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA 207

14.1.4 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA 207
14.2 .CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 208
14.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 208
14.3.1 PARÁMETROS ÍNDICE 208
14.3.2 GRANULOMETRÍA 210
14.3.3 PESO UNITARIO 211
14.3.4 PARÁMETROS DE RESISTENCIA 213
14.3.5 PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN E,v 217
14.4 NIVEL FREÁTICO 219
14.5 MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO 219
15 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA. 224
15.1 INTRODUCCIÓN 224
15.2 MECANISMOS DE FALLA A ANALIZAR 224
15.2.1 Mecanismos de falla del macizo rocoso 224
15.2.2 Mecanismos de falla en suelos 227
15.3 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA LADERA 227
15.4 ESCENARIOS DE EVALUACIÓN 229
15.5 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA. 230
15.6 SECCIONES DE ANÁLISIS 230
15.7 RESUMEN DE RESULTADOS. 230
15.7.1 Falla planar en roca 230
15.7.2 Falla en suelo 236
15.8 CONCLUSIÓN ANÁLISIS DE LA AMENAZA 241
15.8.1 SECTOR 1 242
15.8.2 SECTOR 2 247
15.8.3 SECTOR 3. 250
15.8.4 SECTOR 4 254
15.8.5 SECTOR 5 257
15.8.6 SECTOR 6A y 6B. 261
15.8.7 SECTOR 7A 270
15.8.8 SECTOR 7B. 273
15.8.9 SECTOR 8 276

15.8.10 RESUMEN 279
16 VULNERABILIDAD Y RIESGO. 285
16.1 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS (EXPOSICIÓN) 286
16.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS 289
16.2.1 Caracterización socioeconómica 289
16.2.1.10 *POBLACIÓN INFANCIA, ADOLESCENTE Y ADULTO MAYOR* 299
16.2.2 Infraestructura vial y de Servicios 312
16.2.3 Caracterización física estructural de las edificaciones. 320
16.3 FRAGILIDAD DE LAS EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE SERVICIOS POR MOVIMIENTOS EN MASA 324
16.1 INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA 329
16.1.1 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural. 332
16.4 Evaluación del Riesgo 333
17 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS NO ESTRUCTURALES. 337
17.1 PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE TIPO NO ESTRUCTURAL 337
17.2 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS NO ESTRUCTURALES. 340
17.2.1 Alternativa general de intervención 340
17.3 DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO. 340
17.3.1 Consideraciones técnicas. 340
17.3.1 Consideraciones ambientales y sociales 341
17.3.1 Consideraciones económicas 341
17.4 MATRIZ DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA MÁS FAVORABLE 348
17.4.1 Criterio técnico 348
17.4.2 6.2.3.1.1 Criterio ambiental y social 348
17.4.3 Criterio Económico 348
17.4.4 Matriz de comparación 349
18 RECOMENDACIONES PARTICULARES. 350
18.1.1 Consideraciones técnicas. 354
18.1.1 Consideraciones Catastrales 358
18.2 Resumen 361

18.2.1 Sector 1. 361
18.2.2 Sector 2. 361
18.2.3 Sector 3. 361
18.2.4 Sector 4. 362
18.2.5 Sector 5. 362
18.2.6 Sector 6A y 6B. 362
18.2.7 Sector 7A y 7B. 362
18.2.8 Sector 8. 363
18.3 RECOMENDACIONES ADICIONALES. 367
18.4 ANÁLISIS DE RECOMENDACIONES ADICIONALES. 374
18.4.1 Consideraciones técnicas 375
18.4.2 Consideraciones ambientales y sociales 377
18.4.3 Consideraciones Catastrales 380
18.5 MATRIZ DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA MÁS FAVORABLE 383
18.5.1 Criterio técnico 383
18.5.2 Criterio ambiental y social 383
18.5.3 Matriz de comparación 384
18.5.4 Resumen de alternativa recomendada seleccionada 387
18.6 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS COMPLEMENTARIAS A LAS RECOMENDACIONES ADICIONALES 387
18.6.1 Sector 1: 388
18.6.2 Sector 2: 391
18.6.3 Sector 3: 392
18.6.4 Sector 4: 393
18.6.5 Diseño de subdrenes 394
18.6.6 Geotextil 395
18.6.7 Sector 5: 399
18.6.8 Diseño de subdrenes 400
18.6.9 Geotextil 401
18.6.10 Sector 6A: 401
18.6.11 Diseño de campo filtrante 402

18.6.12 Geotextil 403
18.6.13 Sector 6B: 403
18.6.14 Diseño de campo filtrante 404
18.6.15 Geotextil 404
18.6.16 Sector 7A: 404
18.6.17 Diseño de subdrenes 405
18.6.18 Geotextil 406
18.6.19 Sector 7B: 407
18.6.20 Diseño de subdrenes 408
18.6.21 Geotextil 408
18.6.22 Sector 8: 409
18.6.23 Diseño de subdrenes 410
18.6.24 Geotextil 410
19 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL – LÍNEA BASE AMBIENTAL 411
19.1 Medio Físico 411
19.2 Medio Biótico 415
19.3 Clima e hidrología 415
19.4 EVALUACIÓN AMBIENTAL 415
19.5 EVALUACIÓN SIN INTERVENCIONES 418
20 ANÁLISIS PREDIAL 420
20.1 IDENTIFICACIÓN JURÍDICO CATASTRAL 422
20.1.1 SECTOR 1 422
20.1.2 SECTOR 2 430
20.1.3 SECTOR 3 432
20.1.4 SECTORES 4 - 5 433
20.1.5 SECTORES 6A - 6B - 7B 437
20.1.6 SECTORES 7A – 8 439
20.2 CONCLUSIONES PREDIALES 441
21 CONCLUSIONES. 442
22 RECOMENDACIONES 449
23 LIMITACIONES. 450
24 BIBLIOGRAFÍA. 451

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Lugar de Estudio 23
Ilustración 1-2. Polígono de estudio, barrió Buenavista. 23
Ilustración 2-1. Respuesta sísmica polígona de estudio. 27
Ilustración 2-2. Zonas de amenaza por remoción en masa. 27
Ilustración 2-3. Información general SDHT 29
Ilustración 2-4. Información general GAS. 31
Ilustración 2-5. Red de agua potable 32
Ilustración 2-6. Sistema de alcantarillado sanitario. 33
Ilustración 2-7. Sistema de alcantarillado pluvial. 34
Ilustración 2-8. Predios DADEP - Información. 35
Ilustración 2-9. Sectores normativos en el polígono de estudio. 36
Ilustración 2-10. Plano urbanístico y localización de predios localizados parcialmente en líneas de cerros. 37
Ilustración 2-11. CIVs en el polígono de estudio. 38
Ilustración 2-12. Límite ampliación de la Carrera Séptima y límite del polígono de estudio. 40
Ilustración 2-13. Ruido diurno 41
Ilustración 2-14. Ruido nocturno 42
Ilustración 2-15. Zonificación Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental Bogotá. 43
Ilustración 2-16. Zonas IDRD. 44
Ilustración 2-17. Individuos registrados en el SIGAU. 45
Ilustración 3-1. Columna estratigráfica Formación Arenisca de labor-Tierna. 47
Ilustración 4-1 Localización Sondeos véase anexo 3 localización de la exploración. 49
Ilustración 5-1 Polígono de estudio, Barrio Buenavista, Localidad Usaquén. 54
Ilustración 5-2 Grilla de vuelo empleada 58
Ilustración 5-3 Distribución de los GCP en las áreas de estudio 60
Ilustración 5-4 Salida Esquemática MDT. 69
Ilustración 5-5 Salida Esquemática obtenido en Topografía. 70
Ilustración 6-1 Columna estratigráfica sector sur 74
Ilustración 6-2 Columna estratigráfica sector Norte 75
Ilustración 6-3 Capa vegetal Proveniente del sondeo 4. 79
Ilustración 6-4 nivel de areniscas friables provenientes del sondeo 3. 79
Ilustración 6-5 Nivel de areniscas de grano fino provenientes del sondeo 3. 79
Ilustración 6-6 Nivel de arcillolitas provenientes del sondeo 4. 80
Ilustración 6-7 Nivel de limolitas provenientes del sondeo 6.. 80
Ilustración 6-8 Sección Geológica del sector sur. 81
Ilustración 6-9 Sección Geológica del sector Norte 82
Ilustración 7-1 Fotografía aérea año 1977. Esc. 1:5000. 87

Ilustración 7-2 Fotografía aérea año 1986. Esc. 1:5000 88
Ilustración 7-3 Imagen de satélite año 2019. Esc. 1:5000 90
Ilustración 7-4 Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos. Esc. 1:5000 91
Ilustración 8-1 Precipitación mensual multianual Estación Venado de Oro. 93
Ilustración 9-1 Ubicación de las estaciones meteorológicas aferentes a la zona de estudio 97
Ilustración 9-2 Precipitación media anual para el departamento Cundinamarca. 98
Ilustración 9-3 Temperatura media anual (°C) en el departamento de Cundinamarca. 99
Ilustración 9-4. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca. 99
Ilustración 9-5 Clasificación Climática del departamento de Cundinamarca. 101
Ilustración 9-6 Precipitación total anual en la ciudad de Bogotá D.C. 102
Ilustración 9-7 Precipitación media Anual, en el Polígono de estudio. 103
Ilustración 9-8 Distribución de la Temperatura media anual 104
Ilustración 9-9 Valores totales mensuales de precipitación. 106
Ilustración 9-10 Valores máximos de precipitación. 107
Ilustración 9-11 Valores medios de temperatura 108
Ilustración 9-12. Curvas IDF 120
Ilustración 9-13 Mapa del Polígono de estudio con Plancha IGAC del año 1960 123
Ilustración 9-14 Imagen satelital 1977 124
Ilustración 9-15 Mapa del Polígono de estudio con Plancha IGAC del año 1981 126
Ilustración 9-16 Imagen satelital 1986 127
Ilustración 9-17 Imagen satelital 2019. 128
Ilustración 9-18 Análisis multitemporal de la red de drenaje 129
Ilustración 10-1 Redes de acueducto en el polígono de estudio. 144
Ilustración 10-2 Redes de alcantarillado sanitario en el polígono de estudio. 146
Ilustración 10-3 Redes de alcantarillado pluvial en el polígono de estudio 147
Ilustración 10-4 Contratos de obra en ejecución por parte de la EAAB en el barrio Buenavista 152
Ilustración 10-5 Afloramiento de aguas sobre la Carrera 6, provenientes del talud sitio 1 153
Ilustración 10-6 Instalación de redes sanitarias en los sitios priorizados 2 y 3. 155
Ilustración 10-7 Muro y escaleras para la protección de las redes sanitarias sitio 5. 156
Ilustración 11-1 Edificaciones para vivienda 162
Ilustración 11-2 estación de servicio 163
Ilustración 11-3 bodega de reciclaje 163
Ilustración 11-4 via pavimentada 164
Ilustración 11-5 parqueadero 165
Ilustración 11-6 andenes 165
Ilustración 11-7 Mapa cobertura de tierra 166
Ilustración 11-8 camino peatonal 167
Ilustración 11-9 Disposición materiales de construcción. 168
Ilustración 11-10 zonas verdes urbanas al interior de viviendas 168
Ilustración 11-11 zonas verdes urbanas entre viviendas 169

Ilustración 11-12 Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos heterogéneos ... 169
Ilustración 11-13 Mapa de Uso actual ... 171
Ilustración 11-14 Mapa de cobertura de la tierra 1977 ... 173
Ilustración 11-15 Mapa de cobertura de la tierra 1986 ... 175
Ilustración 13-1 Modelo geológico geotécnico estudio y diseños de las obras de mitigación en las localidades de Usaquén y Chapinero Barrio El Codito ... 182
Ilustración 13-2 Resumen perforaciones ... 185
Ilustración 13-3 Tomografia Vp-LSR1 ... 187
Ilustración 13-4 Perfil de velocidad Vs – LS1 ... 189
Ilustración 13-5 Tomografia Vp-LSR2 ... 190
Ilustración 13-6 Perfil VS-LSR2 ... 191
Ilustración 13-7 a) Resultados de campo SPT b) N60 ... 194
Ilustración 13-8. Tomografia Vp-LSR1 ... 199
Ilustración 13-9. Tomografia Vp-LSR2 ... 201
Ilustración 13-10. Perfil de Vs – LS1 ... 202
Ilustración 13-11. Perfil de Vs – LS2 ... 204
Ilustración 14-1 Perfil 2 Contrastación de topografías ... 206
Ilustración 14-2 Perfil 4 Contrastación de topografías ... 206
Ilustración 14-3 Perfil 6 Contrastación de topografías ... 206
Ilustración 14-4 Contenido de agua y límites de consistencia ... 209
Ilustración 14-5 Carta de plasticidad ... 210
Ilustración 14-6 Granulometría ... 211
Ilustración 14-7 Pesos Unitarios en función de la profundidad ... 212
Ilustración 14-8 σ_v' vs τ- Relleno ... 214
Ilustración 14-9 σ_v' vs τ- Suelo Residual ... 214
Ilustración 14-10 Resultados obtenidos a partir de RocLab ... 216
Ilustración 14-11 Parámetros de deformación a partir de ensayos geofísico ... 218
Ilustración 14-12 Perfil geológico geotécnico 2 ... 222
Ilustración 14-13 Perfil geológico geotécnico 3 ... 223
Ilustración 14-14 Perfil geológico geotécnico 7 ... 223
Ilustración 15-1 Red estereográfica. ... 225
Ilustración 15-2 Vista e perfil falla general en SLIDE ... 226
Ilustración 15-3 a) Vista en 3D falla planar b) Vista en perfil falla planar. ... 226
Ilustración 15-4 Mapa de pendientes. ... 228
Ilustración 15-5 a) Vista general en 3D b) Vista en perfil con sobrecarga ... 231
Ilustración 15-6 a) Parámetros ingresados al modelo b) Vista en perfil presión del agua 232
Ilustración 15-7 Vista en perfil con las fuerzas actuantes ... 233
Ilustración 15-8 Resultado modelo en SLIDE falla planar- condición corto plazo ... 234
Ilustración 15-9 Resultado modelo en SLIDE falla planar- condición largo plazo ... 235
Ilustración 15-10 Resultados perfil 7 condicion a corto plazo ... 237
Ilustración 15-11 Resultados perfil 7 condicion a largo plazo ... 237
Ilustración 15-12 Resultados perfil 3 condicion a corto plazo ... 239
lustración 15-13 condicion a largo plazo ... 239

Ilustración 15-14 Resultados perfil 2 condicion a corto plazo 240
Ilustración 15-15 Resultados perfil 2 condicion a largo plazo 241
Ilustración 15-16 muros zona 1 y salida de agua punto 1 242
Ilustración 15-17 muros zona 1 y salida de agua punto 2 243
Ilustración 15-18 Resultados zona 1 condicion a corto plazo. 245
Ilustración 15-19 Resultados zona 1 condicion a largo plazo. 246
Ilustración 15-20 Rellenos antrópicos y basuras sector 2. 247
Ilustración 15-21 Resultados zona 2 condicion a corto plazo. 248
Ilustración 15-22 Resultados zona 2 condicion a largo plazo. 249
Ilustración 15-23 Aumento en la acumulación de basuras. 250
Ilustración 15-24 Resultados zona 3 condicion a corto plazo. 252
Ilustración 15-25 Resultados zona 3 condicion a largo plazo. 253
Ilustración 15-26 Zona 4. 254
Ilustración 15-27 Resultados zona 3 condicion a corto plazo. 255
Ilustración 15-28 Resultados zona 4 condicion a largo plazo. 256
Ilustración 15-29 Zona 5 taludes sin confinamiento y rellenos varios. 257
Ilustración 15-30 Resultados zona 5 condicion a corto plazo. 259
Ilustración 15-31 Resultados zona 5 condicion a largo plazo. 260
Ilustración 15-32 Talud sitio 6ª. 261
Ilustración 15-33 Talud sitio 6B. 263
Ilustración 15-34 Localización muro en cilindros de concreto. 264
Ilustración 15-35 Talud sitio 6A y 6B. 267
Ilustración 15-36 Resultados zona 6ª y 6B condicion a corto plazo. 268
Ilustración 15-37 Resultados zona 6ª y 6B condicion a largo plazo. 269
Ilustración 15-38 sitio 7ª 270
Ilustración 15-39 Resultados zona 7ª condicion a corto plazo. 271
Ilustración 15-40 Resultados zona 7ª condicion a largo plazo. 272
Ilustración 15-41 Sector 7B. 273
Ilustración 15-42 Resultados zona 7B condicion a corto plazo. 274
Ilustración 15-43 Resultados zona 7B condicion a largo plazo. 275
Ilustración 15-44 Sector 8.. 276
Ilustración 15-45 Resultados zona 8 condicion a corto plazo. 277
Ilustración 15-46 Resultados zona 6A condicion a largo plazo. 278
Ilustración 15-47 Construcciones sin rigor tecnico, disposicion no tecnica ni adecuada de basuras y rellenos que generan una amenaza. 284
Ilustración 16-1 Estado del acceso peatonal. Carrera 5ª hacia la calle 192c. 287
Ilustración 16-2 Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento. 288
Ilustración 16-3 Lugar de Estudio. 290
Ilustración 16-4 Figura 4 Mapa de Bogotá 291
Ilustración 16-5 Número de Integrantes por Hogar - Usaquén 2019. 295
Ilustración 16-6 Estado civil personas barrio Buenavista - 2016 296
Ilustración 16-7 Actividad económica personas barrio Buenavista - 2016 297
Ilustración 16-8 Locales comerciales barrio Buenavista - 2016 298

Ilustración 16-9 Régimen de salud personas barrio Buenavista - 2019 302
Ilustración 16-10 Sistema de alcantarillado sanitario barrio Buenavista – 2019. 305
Ilustración 16-11 Sistema de alcantarillado pluvial barrio Buenavista – 2019. 306
Ilustración 16-12 Sistema de alcantarillado pluvial barrio Buenavista – 2019. 308
Ilustración 16-13 Sistema de alcantarillado pluvial barrio Buenavista – 2019. 309
Ilustración 16-14 Talud vial Carrera 6 entre calles 190a y 189b 312
Ilustración 16-15 Carrera 6 entre calles 190a y 189b 313
Ilustración 16-16 Sendero en su parte media y superior, carrera 5d (peatonal). 313
Ilustración 16-17 Talud comprendido entre las proyecciones de las carreras 6b y 6d, y entre calles proyección 192 y escaleras 191. 314
Ilustración 16-18 Sendero peatonal y escaleras, talud inferior, carrera 6a y 192d. 315
Ilustración 16-19 Talud superior carrera 6a. 315
Ilustración 16-20 Sector 6A, parte superior e inferior, carrera 5b, entre calles 192c y 192d 316
Ilustración 16-21 Sector 6B, carrera 5b. 318
Ilustración 16-22 carrera 5a, entre calles 192c y 192d. En la imagen de la derecha se muestra el espesor del lleno para la conformación del sendero, y que corresponde a la parte posterior de la vivienda, este espesor de lleno es superior a los 2 metros. 319
Ilustración 16-23 Sector 7B. Carrera 5a vista desde calle 192c (izquierda) y desde calle 192a-bis (derecha) 319
Ilustración 16-24 Sector 8. Lleno contra el muro de la carrera 5b –calle 192. 320
Ilustración 16-25 Edificaciones escalonadas. Concepto gráfico y ejemplo. 321
Ilustración 16-26 Edificaciones en la zona de estudio. 321
Ilustración 16-27 Predio localizado en la carrera 6 calle 192 al lado del comedor comunitario Buenavista. 323
Ilustración 18-1 Esquema localización sitios críticos y predios identificados 360
Ilustración 18-2 Componentes del sistema de malla de alta resistencia anclada 368
Ilustración 18-3 Esquema de muros de contención a) Muro con cimentación superficial b) Muro cimentado en caisson 368
Ilustración 18-4 Esquema muro en suelo reforzado 369
Ilustración 18-5 Esquema de cortina de caisson o pilotes 369
Ilustración 18-6 Esquema pantalla anclada 370
Ilustración 18-7 Esquema localización sitios críticos y predios identificados 381
Ilustración 18-8 Sector 1 388
Ilustración 18-9 Sección típica de canal trapezoidal. 390
Posteriormente, se realiza el dimensionamiento de un canal en la corona del talud para la captación de las aguas de escorrentía, por medio de la ecuación de Manning se diseñó un canal paralelo a la vía Carrera 5D para la captación de estas aguas. A continuación, se muestra un resumen de las dimensiones del canal diseñado.Ilustración 10. Sección típica de canal trapezoidal. 391
Ilustración 18-11 Sección típica de canal trapezoidal. 391
Ilustración 18-12 Sector 2 392
Ilustración 18-13 Sector 3 393

Ilustración 18-14 Sector 4 394
Ilustración 18-15 Sector 5 399
Ilustración 18-16 Sector 5 401
Ilustración 18-17 Sector 6B 403
Ilustración 18-18 Sector 4 405
Ilustración 18-19 Sector 4 407
Ilustración 18-20 Sector 8 409
Ilustración 19-1 Material partículado PM_{10} 412
Ilustración 19-2 Material partículado $PM_{2.5}$ 413
Ilustración 20-1. Localización lugares críticos sobre capa predial. 421
Ilustración 20-2. Localización predio catastral y zonas verdes (parque bolsillo) 434
Ilustración 20-3. Localización sector 7A 440
Ilustración 20-4. Localización sector 8 440

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Coordenadas del Polígono de Estudio. 22
Tabla 2-1. Diagnósticos - IDIGER. 25
Tabla 2-2 CIVS en el polígono de estudio. 39
Tabla 4-1. Localización sondeos. 50
Tabla 4-2. Localización líneas de refracción sísmica. 50
Tabla 4-3. Plan de Ensayos de Laboratorio (Anexo técnico). 50
Tabla 4-4. Plan de Ensayos de Laboratorio (b). 51
Tabla 5-1. Especificaciones de Cámara y Sensor RGB empleados en la toma de imágenes aéreas 56
Tabla 5-2. Especificaciones UAV para toma de imágenes aéreas 58
Tabla 5-3. Coordenadas suministradas de los Puntos de Control 59
Tabla 5-4. Ficha técnica del procesamiento. 61
Tabla 5-5. Resumen de procesamiento GCP Buenavista. 65
Tabla 5-6. Estándar de precisión para mapas. 66
Tabla 7-1. Unidades Geomorfológicas 84
Tabla 9-1 Estaciones meteorológicas aferentes a la zona de estudio. 96
Tabla 9-2 Valores de K_n para la prueba de datos dudosos. 110
Tabla 9-3 Precipitación Máxima Anual en 24 horas. 112
Tabla 9-4 Distancia al centroide estación virtual del centroide del polígono de Buenavista. 113
Tabla 9-5 Precipitación Máxima en 24 horas Estación Virtual del Polígono de Buenavista 113
Tabla 9-6 Valores distribución Normal. 115
Tabla 9-7 Resultados Prueba Kolmogorov. 118
Tabla 9-8 Períodos de Retorno para diferentes distribuciones de probabilidad - Precipitación máxima en 24 horas 119

Tabla 9-9 Coeficientes para curvas IDF 119
Tabla 9-10. Valores de las curvas IDF 120
Tabla 9-11 Planchas del IGAC, en la zona de estudio 121
Tabla 9-12 Resumen de conceptos técnicos emitidos por el IDIGER 130
Tabla 9-13 Precipitaciones diarias acumuladas para las duraciones características 140
Tabla 9-14 Resultados de precipitación acumulada para 5 días. 140
Tabla 9-15 Resultados de precipitación acumulada para 16 días. 141
Tabla 9-16 Período de retorno para una duración acumulada de 5 días. 141
Tabla 9-17 Período de retorno para una duración acumulada de 16 días. 142
Tabla 11-1 Cobertura de la tierra 2020. 161
Tabla 11-2 Uso actual 170
Tabla 11-3 Cobertura de tierra 1977 172
Tabla 11-4 Cobertura de tierra 1986 174
Tabla 11-5 cambios cobertura 1977-1986 y 1986 -2020 176
Tabla 12-1 Características zonas geotécnicas 178
Tabla 12-2 Características zonas de respuesta sísmica 179
Tabla 12-3 Coeficientes de diseño 179
Tabla 12-4 Valores de K_{ST}/a_{max} mínimos para análisis seudoestáticos de taludes 180
Tabla 13-1 Ubicación sondeos 183
Tabla 13-2 Profundidad de las perforaciones y coordenadas 184
Tabla 13-3 Ubicación líneas de refracción sísmica 186
Tabla 13-4 Calculo VS30 188
Tabla 13-5 Calculo VS30-LSR2 190
Tabla 13-6 Tipo y Cantidad de ensayos de laboratorio 192
Tabla 13-7. Unidades Geomorfológicas 196
Tabla 13-8. Parámetros de adquisición de los registros para el ensayo MASW – Microtremores. 198
Tabla 13-9. Parámetros de adquisición de los registros para el ensayo de refracción sísmica 198
Tabla 13-10. Calculo VS30 -LSR1 202
Tabla 13-11. Calculo VS30 –LSR2 203
Tabla 14-1 Relación cartográfica 205
Tabla 14-2 Modulo de Young. 218
Tabla 15-1 Categorización amenaza 230
Tabla 15-2 Resumen FS condición corto plazo 233
Tabla 15-3 Resumen FS condición a largo plazo 233
Tabla 15-4 Resultado modelo falla planar SLIDE condición estática 234
Tabla 15-5 Resultado modelo falla planar SLIDE condición con sismo 235
Tabla 15-6 Tabla resumen análisis de estabilidad. 236
Tabla 15-7 Resumen resultados perfil 3 238
Tabla 15-8 Resumen de resultados perfil 2 240
Tabla 15-9 Resumen falla de muro. 265
Tabla 15-10 Resumen. 280

Tabla 16-1 Tipologías de edificaciones. 324
Tabla 16-2. Factor de fragilidad en función de la Tipología de la Construcción. 325
Tabla 16-3 Factor de fragilidad en función de la Altura de la Construcción. 326
Tabla 16-4 Factor de fragilidad en función del estado de conservación de la Construcción. 326
Tabla 16-5 Vida Útil de la edificación en función de la tipología. 327
Tabla 16-6 Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción. 327
Tabla 16-7 Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad 329
Tabla 16-8 Características de los movimientos en masa inducidos por sismos, según adaptación de Keefer (1984) 330
Tabla 17-1 Matriz de Riesgo. 334
Tabla 17-2 Estimación del costo aproximado de daño 334
Tabla 17-1 Consideraciones técnicas 340
Tabla 17-2 Costos Divulgación y Promoción de Normas de Urbanismo y Construcción. 343
Tabla 17-3 Costos Educación Ambiental. 345
Tabla 17-4 Costos Divulgación Pública Sobre Condiciones de Riesgo. 347
Tabla 17-5 Resumen comparación alternativas por sector 349
Tabla 18-1 Recomendaciones particulares por sector de intervención 350
Tabla 18-2 Consideraciones técnicas 355
Tabla 18-3 Matriz de responsabilidades 364
Tabla 18-4 Alternativas RECOMENDADAS por sector de intervención 371
Tabla 18-5 Consideraciones técnicas 375
Tabla 18-6 Consideraciones ambientales 378
Tabla 18-7 Resumen comparación alternativas por sector 384
Tabla 18-8 Resumen alternativa Recomendada seleccionada 387
Tabla 18-9 Estructuras hidráulicas complementarias 387
Tabla 18-10 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 389
Tabla 18-11 Dimensiones de cuneta vial costado occidental sitio 29. 390
Tabla 18-12 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 390
Tabla 18-13 Dimensiones de cuneta vial costado occidental sitio 29. 391
Tabla 18-14 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 395
Tabla 18-15 Criterio de retención 396
Tabla 18-16 Criterio de permeabilidad 396
Tabla 18-17. Requerimiento mínimo de las propiedades mecánicas del geotextil. 397
Tabla 18-18 Requerimientos mínimos de las propiedades hidráulicas del geotextil. 397
Tabla 18-19 Factores de reducción para geotextiles y para geodrenes en aplicaciones de drenaje 399
Tabla 18-20 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 400
Tabla 18-21 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 402
Tabla 18-22 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 404
Tabla 18-23 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 406
Tabla 18-24 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores 408

Tabla 18-25 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores..... 410
Tabla 19.1. Valoración cualitativa de impactos 416
Tabla 19.2. Clasificación de impactos impactos positivos y negativos 417
Tabla 19.3. Clasificación de impactos impactos – evaluación sin proyecto. 418
Tabla 20-1. Predios asociados a los sitios críticos. 420
Tabla 20-2. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 1 422
Tabla 20-3. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 2 424
Tabla 20-4. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 3 425
Tabla 20-5. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 4 426
Tabla 20-6. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 5 427
Tabla 20-7. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 6 429
Tabla 20-8. Información Jurídico Catastral sector 2 431
Tabla 20-9. Información Jurídico Catastral sector 3 432
Tabla 20-10. Mejoras del predio con dirección KR 6A 190A 02 434
Tabla 20-11. Información Jurídico Catastral sectores 4 - 5 435
Tabla 20-12. Mejoras del predio con dirección KR 6A 190A 02 437
Tabla 20-13. Información Jurídico Catastral sectores 6A - 6B - 7B 438
Tabla 21-1 Resumen. 443

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al anexo técnico del barrio Buenavista, el cual tiene por objeto el "Estudio detallado de amenaza y riesgo por movimientos en masa y planteamiento de alternativas de mitigación para el polígono de interés del barrio Buenavista de la localidad de Usaquén.

El levantamiento topográfico se realiza en el polígono de estudio y en el área de influencia del proyecto la cual es determinada mediante una visita de campo. El levantamiento se realiza con Dron e incluye localización de viviendas, vías, y de ser posible, cajas de alcantarillado, tanques, corrientes de agua, drenajes, afloramientos de agua, accidentes topográficos, frentes mineros abandonados, afloramientos de roca, entre otros.

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

El barrio Buenavista se localiza en la localidad de Usaquén al nororiente de la ciudad de Bogotá, entre la carrera 5 y avenida carrera 7 y las calles 189 B Y 192 D, tiene un área aproximada de 7.56 Ha y contiene el polígono de la sentencia judicial, ampliado por delimitación geomorfológica para garantizar el cubrimiento de unidades de ladera y está demarcado por las coordenadas planas señaladas en la Tabla 1.1.

De acuerdo a la información suministrada por la aplicación Geoportal del SIRE (Sistema de información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá), los límites del barrio Buenavista son los siguientes, al norte el barrio La Estrellita I, occidente barrio Tibabita, sur barrio La estrellita III y oriente el barrio Mirador del Norte.

La siguiente tabla de coordenadas fue obtenida del anexo técnico del contrato, según lo informado el sistema de referencia es Magna Sirgas Bogotá Zone.

Tabla 1-1. Coordenadas del Polígono de Estudio.

Vértice	Este	Norte
0	105769.75	118947.64
1	105778.16	118918.04
2	105759.91	118925.97
3	105746.41	118924.86
4	105730.09	118916.15
5	105724.98	118993.43
6	105736.38	118831.76
7	105722.28	118830.30
8	105701.64	118829.50
9	105641.77	118827.35
10	105637.54	118790.10
11	105615.14	118789.66
12	105582.09	118788.79
13	105593.51	118841.02
14	105590.69	118846.49
15	105581.01	118848.71
16	105546.20	118850.27
17	105543.03	118894.72
18	105534.62	118948.39
19	105530.16	118989.37
20	105531.95	119012.98
21	105537.74	119043.72
22	105546.64	119070.44
23	105604.87	119204.63
24	105606.53	119207.72
25	105782.21	119161.06
26	105776.04	119147.1
27	105759.72	119119.08
28	105753.38	119099.61
29	105753.11	119078.34
30	105763.63	119031.25
31	105769.98	119005.09
32	105766.85	118988.12
33	105769.75	118947.64

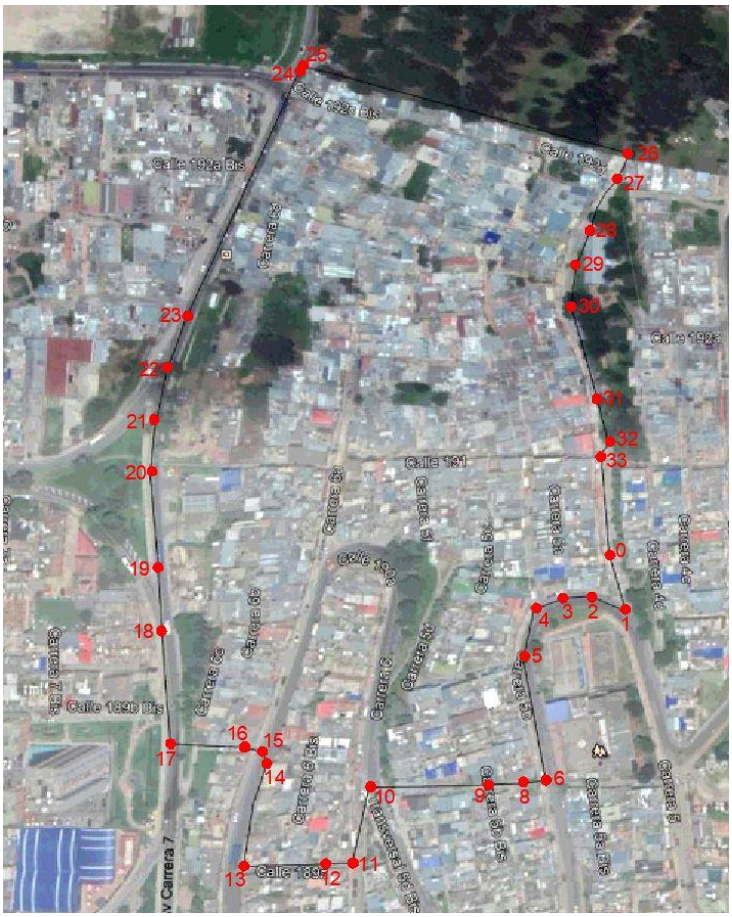
Fuente: Anexo técnico del contrato

Ilustración 1-1 Lugar de Estudio



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 1-2. Polígono de estudio, barrió Buenavista.



Fuente: Elaboración propia.

2 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

Con el fin de realizar la caracterización del polígono de estudio y obtener información base para la ejecución del proyecto se solicitó formalmente al IDIGER los conceptos y diagnósticos técnicos emitidos, también se realizó la solicitud formal de información ante entidades públicas (Ver anexo 1, Solicitud de información a entidades), ha continuación se mencionan las fuentes de información secundaria:

1. Conceptos técnicos, diagnósticos técnicos y geología 1:5000 emitidos por el IDIGER y consultas en el SIG. predial y el SIRE.
2. Secretaría Distrital del Hábitat el cual tiene por objeto “REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO EN LA INTERVENCIÓN INTEGRAL DEL BARRIO BUENAVISTA EN LA LOCALIDAD DE USAQUÉN ”.
3. Shapefiles e información proporcionados por la Secretaría Distrital del Hábitat. Plano red de gas natural, Empresa de Gas Natural Fenosa.
4. Información proporcionada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB y obtenida del SIG.
5. Shapefiles proporcionados por el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público DADEP e información consultada en el SIGDEP.
6. Información suministrada por la Secretaría Distrital de Planeación.
7. Información suministrada por el Instituto de Desarrollo Urbano IDU y consultas realizadas en el SIGIDU.
8. Renovaciones urbanas y de desarrollo proporcionadas por el ERU.

De acuerdo con la información proporcionada por las entidades (Ver anexo 2 Respuesta de entidades) se hace un análisis, recopilación y resumen de la información relevante relacionada con el polígono de estudio y cercanías, esto con el fin de obtener datos base para generar un panorama de las condiciones actuales del sector.

2.1 CONCEPTOS Y DIAGNÓSTICOS EMITIDOS POR EL IDIGER

Con los diagnósticos emitidos por el IDIGER se establece un panorama del sector de estudio y se identifican antecedentes de problemas geotécnicos y emergencias en predios, los diagnósticos se incluyen en el anexo 2 (Ver anexo 2 respuestas de entidades), a continuación se presentan brevemente los diagnósticos.

Tabla 2-1. Diagnósticos - IDIGER.

NOMENCLATURA	LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN
DI -4113	Calle 192 No. 5C-04	Se presenta perdida de verticalidad moderada, agrietamiento, fisura y exposición de elementos de cimentación del muro en concreto realizado como obra de estabilización de un talud de relleno el cual posiblemente fue construido para el emplazamiento de la vía de la Carrera 5C, localizada en la parte alta del mismo. Según se expone en el DI-4113, a pesar de las afectaciones apreciadas se considera que en el corto plazo no existe riesgo de colapso del muro de estabilización en concreto, sin embargo en el mediano plazo y en caso que no se implementen medidas de reducción de riesgo, la estabilidad del mismo puede verse comprometida y con ella la estabilidad estructural y habitabilidad de la zona.
DI-4196	Calle 192 No.5C-04	En esta se evidencia un avance en el deterioro de las condiciones de integridad y estabilidad del muro de estabilización del relleno, evidenciado por el aumento en la perdida de verticalidad del sector norte del muro, como el incremento de la abertura de una grieta con tendencia diagonal escalonada identificada en el sector sur del muro.
DI-4332	Calle 192 No. 5C-04	Se presenta un leve avance en el deterioro de las condiciones de integridad y estabilidad del muro de estabilización del rellenó localizado en la intersección de la Calle 192 A con Carrea 5B, posiblemente por causa de la no implementación de medidas de intervención en el elemento.
DI-4962	Carrera 6 A No.189B - 44	Se presentó un deslizamiento local de materiales que involucro un volumen cercano a los 6 m3, compuesto de suelo residual, cobertura vegetal y fragmentos rocosos desde un talud de corte sin medidas de protección, en la parte alta del talud se observa un sendero peatonal sin pavimentar, sin sistemas para la captación y conducción de aguas de escorrentías superficial.
DI-5025	Tramo vial de las carrera 6 – Tv 5D Bis entre Calles 190ª y189	Remoción en masa desde un talud de corte el cual involucro un volumen de material rocoso cercano a los 10 m3. Pero las viviendas localizadas en la parte alta del talud evaluado no se encontraban comprometidas. Se señaló que algunas de las viviendas que se emplazan hacia la parte alta del talud habían desarrollado la conexión de aguas lluvias provenientes de las cubiertas directamente sobre el talud de corte y en algunos casos profundizadas algunos centímetros sobre los suelos que se ubican en la parte alta del talud. Lo cual pudo hacer favorecer la saturación de las capas de suelo.

DI - 5762	Calle 191ª # 6-10, Calle 191ª # 5C-20, Calle 192 # 5C-21	Perdida de verticalidad considerable (aproximadamente un ángulo de 15° con respecto a la vertical) y agrietamiento de un muro en piedra pegada el cual según lo observado cumple la función de confinamiento y estabilidad para un talud de corte y relleno. Entre las posibles causas son la perdida de verticalidad del muro en cemento, se destaca principalmente el tipo de estructura que conforma el mismo, la cual pudiese no ser una medida monolítica adecuada para soportar empujes ejercidos por el terreno
DI – 6778	Calle 192 No.5C-04	Se realiza nuevamente la inspección al muro de contención en concreto, evidenciando un avance desfavorable en las condiciones de estabilidad del mismo e identificado que no se han tenido en cuenta por parte de las entidades competentes y tampoco se ha tenido en cuenta la recomendación de evacuación.
DI – 7834	Carrera 6 A No. 189 A-32	Movimiento en masa de carácter local que ocasiono la inclinación del sendero peatonal conformado por una escalera en concreto.
DI – 10701	Carrea 6 Calle 190	Movimiento en masa de carácter local sobre el talud de corte vial localizado hacia el oriente de la carrera 6 a la altura de la calle 190. El movimiento involucro un volumen de material cercano a los 5 m3 y se depositó hacia la parte baja del talud. Las posibles causas se destacan la falla de medidas de protección de talud y la ausencia de medidas para el manejo de drenaje.

Fuente: Elaboración propia a partir de información del IDIGER.

De acuerdo a la información descrita por los diagnósticos en el sector de estudio se presenta:

- Fenómenos de remoción en masa que afecta viviendas y senderos peatonales aledaños al talud.
- Deslizamientos antiguos, caída de bloques y erosión.
- Manejo inadecuado de aguas superficiales y subsuperficiales debido a la construcción de predios y extensión de la zona urbana sin redes hidráulicas adecuadas, por lo que las aguas son descargadas directamente a la ladera.
- Viviendas construidas en laderas, de manera artesanal sin tener en cuenta aspectos técnicos. Las viviendas han modificado el paisaje y han alterado los suelos mediante movimiento de tierras y rellenos en materiales de mala calidad que no soportan las cargas producidas por las viviendas.
- Recomendaciones relacionadas con ejecución de obras de mitigación para fenómenos de remoción en masa y obras hidráulicas para captación y disposición de aguas servidas y lluvia.

Mediante consultas en el SIRE (SIG. del IDIGER) se identifican dos zonas de respuesta sísmica (FOPAE 2010): Cerros y depósitos de ladera.

Ilustración 2-1. Respuesta sísmica polígona de estudio.



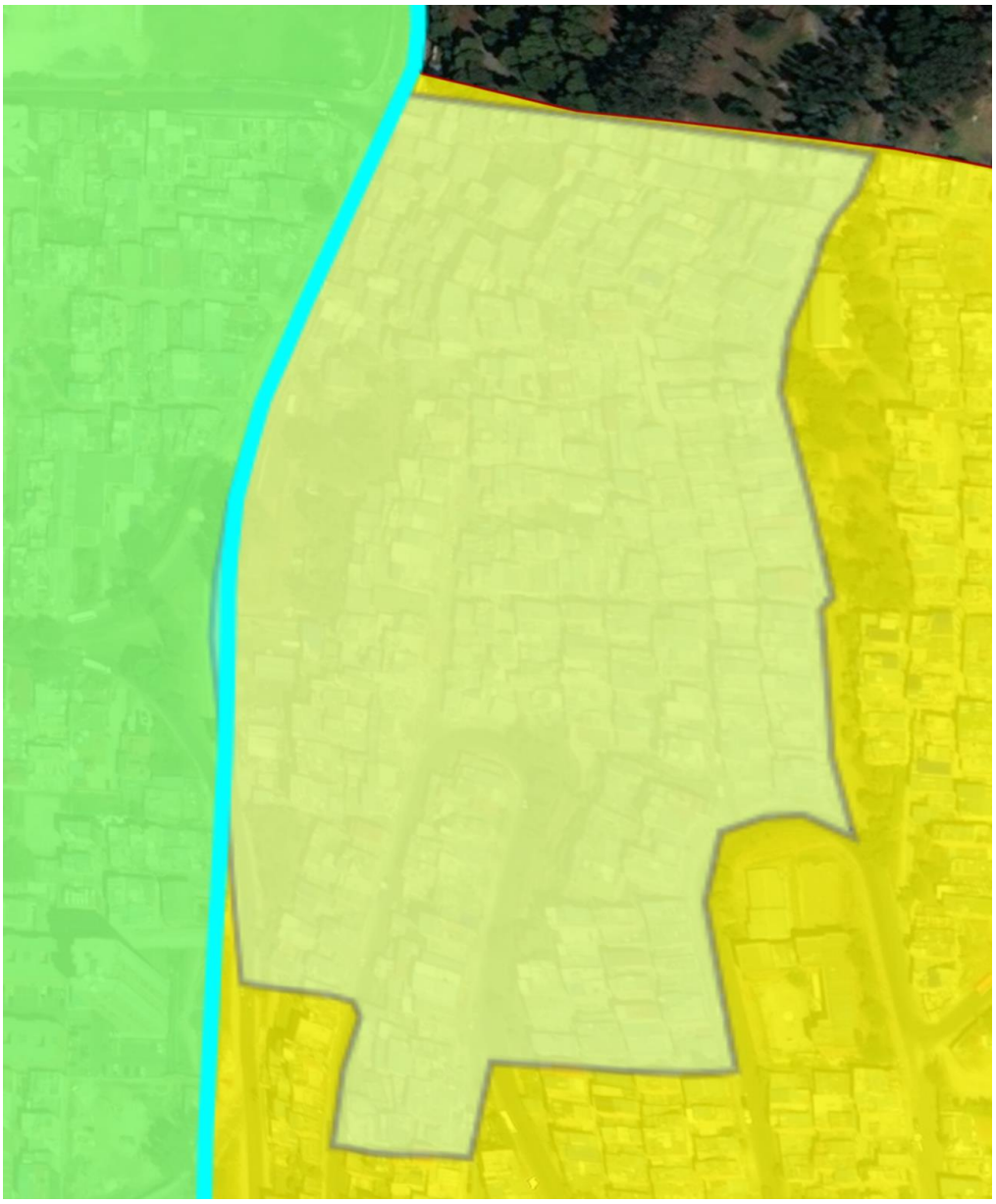
Fuente: Adaptado del portal SIRE – IDIGER (2018).

Respecto a la amenaza por fenómenos de remoción en masa, dentro del polígono se encuentran en amenaza: La parte del sur-oriente del polígono una amenaza alta en zonas aledañas con el barrio la estrellita igualmente en la zona oriental se presenta amenaza alta de remoción en masa. Para este estudio solo se evalúa en los predios ubicados de manera legal.

2.1.1 UTILIDAD:

Esta información fue especialmente útil como punto de partida para la caracterización previa de la zona de estudio y permitió identificar fenómenos de remoción en masa, lotes en procesos de reasentamiento, zonas de respuesta sísmica entre otros aspectos importantes para la caracterización.

Ilustración 2-2. Zonas de amenaza por remoción en masa.

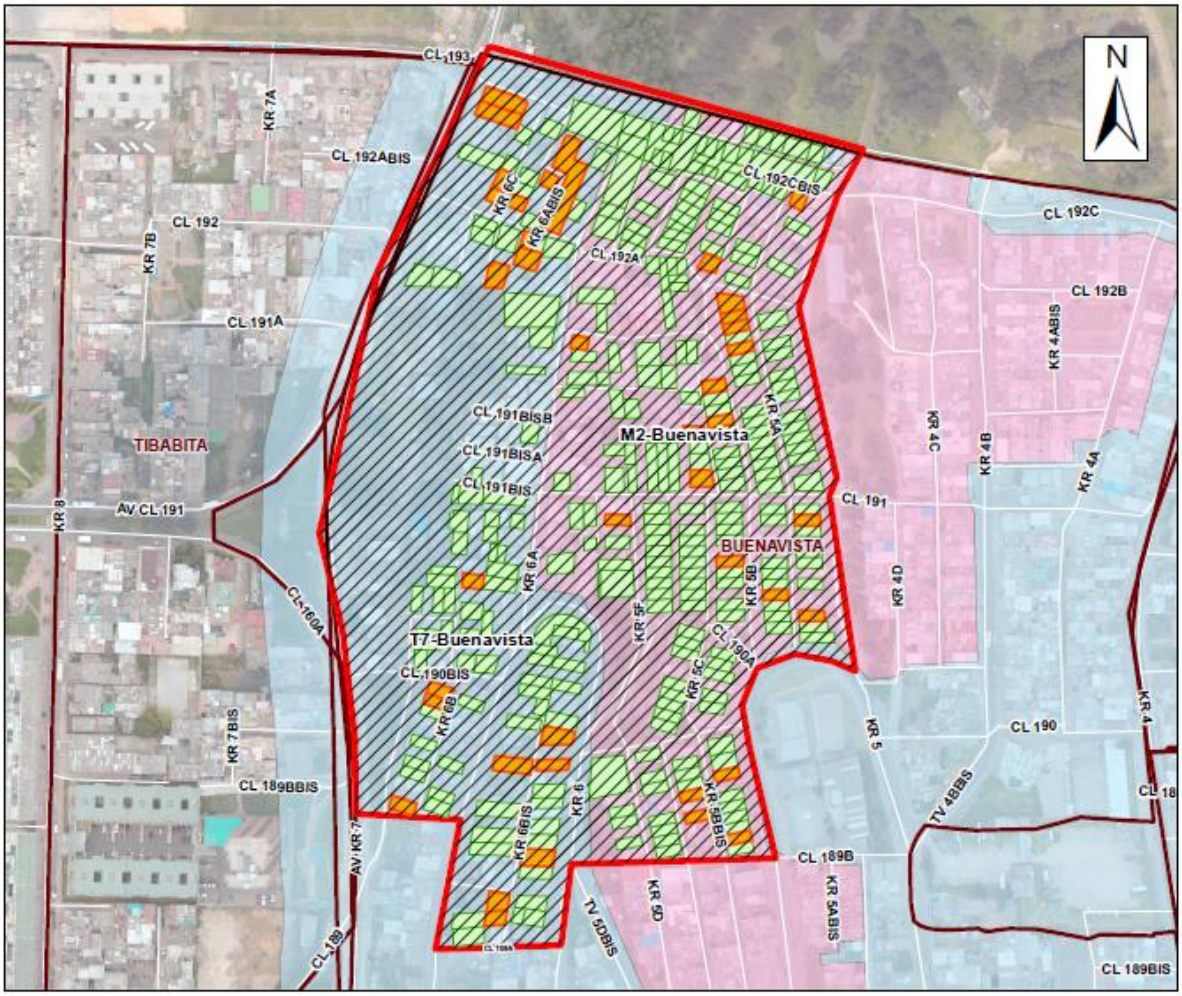


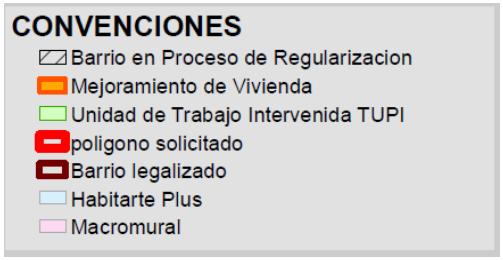
Fuente: Adaptado del portal SIRE – IDIGER (2018).

2.2 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DEL HÁBITAT SDHT.

De acuerdo al plano de información general proporcionado por la Secretaría Distrital del Hábitat (SDHT), el área consultada corresponde al barrio Buenavista, el cual fue legalizado mediante la resolución 1126 de 1996, este barrio se encuentra en proceso de regularización con estado prediagnosticado. En el barrio Buenavista se encuentra en ejecución 41 mejoramientos de vivienda y fueron intervenidas 296 unidades de trabajo con el programa Habitarte Plus (2017), haciendo parte de las áreas de transformaciones urbanas para la inclusión: Macrocomunal Buenavista y T7-Buenavista. En el área no se han realizado intervenciones de mejoramiento de entorno hasta la fecha (Véase anexo 2, respuestas de entidades).

Ilustración 2-3. Información general SDHT





Fuente: Secretaría Distrital de Hábitat.

2.2.1 UTILIDAD:

De esta fuente se extrajo la información de proyectos aledaños a la zona de estudio.

2.3 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE GAS NATURAL VANTI

El polígono de estudio cuenta con una infraestructura de red diseñada de 6” de acero, además de una red construida de 3/4", 1”, 3”, 4” y diseñada de 3/4", 3” en polietileno. (Véase Anexo 2, respuestas de entidades)

La empresa de gas natural Vanti suministra planos de la red de gas existente en el sector de estudio, respecto a las acometidas domiciliarias se hace la salvedad que su localización corresponde a una línea perpendicular desde la red de gas hasta cada medidor.

La empresa hace énfasis en que durante construcciones o intervenciones se haga comunicación con la empresa y se siga la normatividad vigente.

Ilustración 2-4. Información general GAS



Fuente: Vanti gas natural.

2.3.1 UTILIDAD:

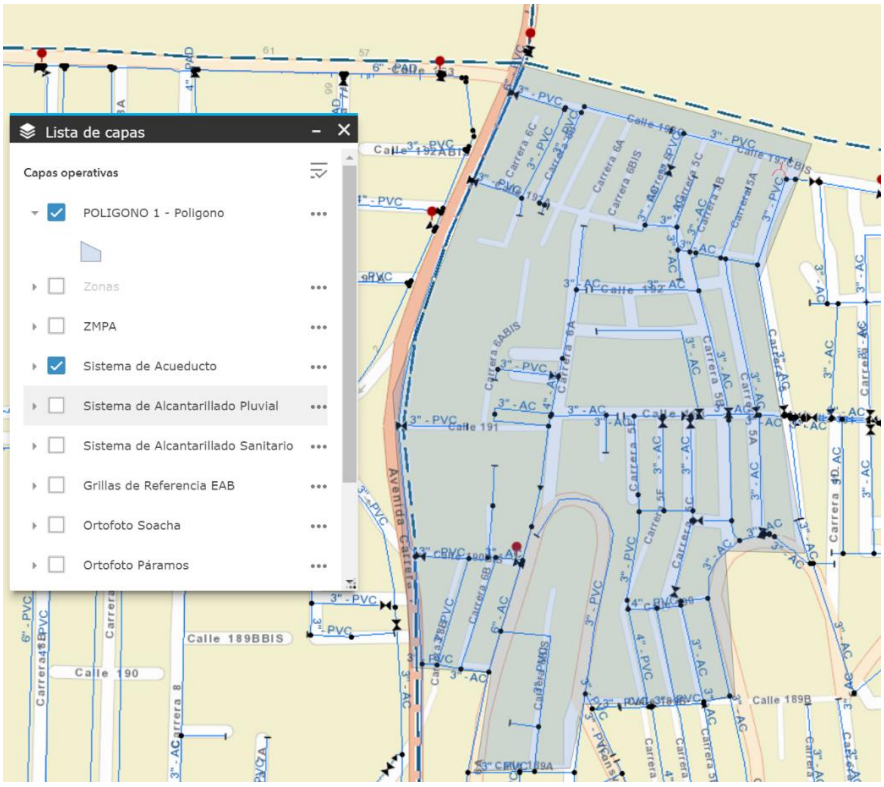
De esta fuente se extrajo la información de redes de gas, información que fue tenida en cuenta para la localización de la exploración directa.

2.4 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ EAAB.

La EAAB indica que la información secundaria puede ser obtenida del SIG de la empresa, a partir de esta herramienta se determina que el polígono se encuentra en la zona 1, dentro del polígono y en cercanías a este no se presentan cuerpos de agua de ningún tipo, por lo que dentro de la zona de interés no se presentan Zonas de Manejo y Protección Ambiental (ZMPA) ni Zonas de Ronda Hidráulica (ZRH).

Respecto a la red de agua potable, esta corresponde a la red menor compuesta de tuberías en su mayoría de 3” y en menor cantidad de 4” y 6”, estas tuberías son en su mayoría en asbesto cemento y en menor cantidad en PVC.

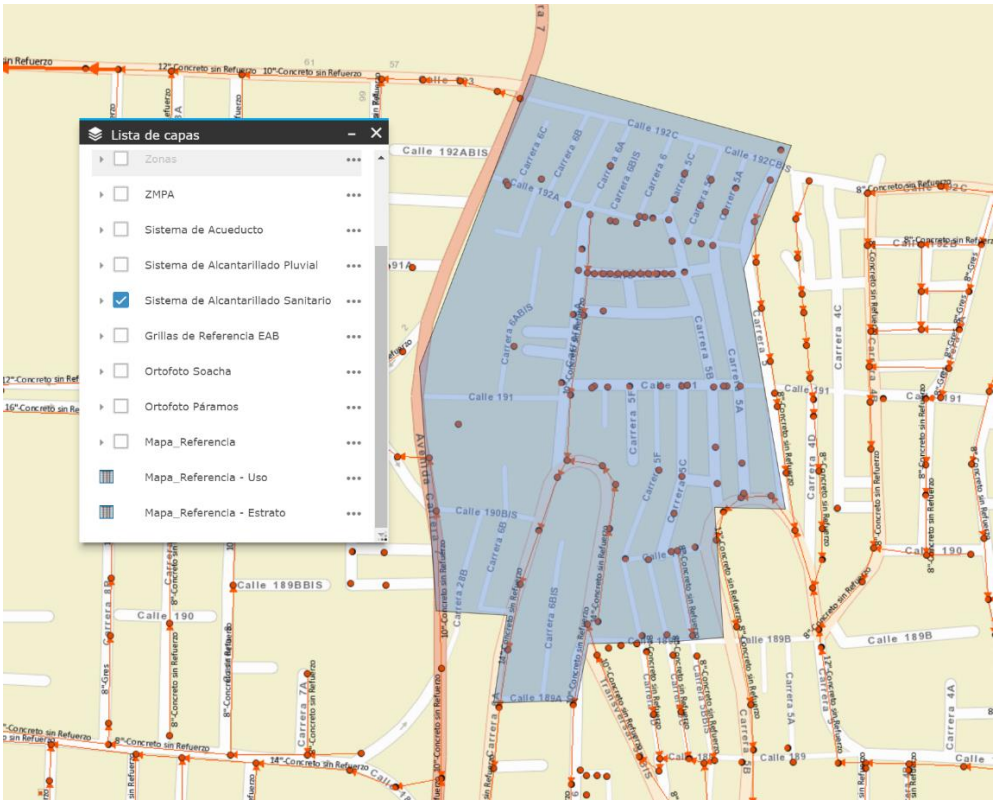
Ilustración 2-5. Red de agua potable



Fuente: Adaptado del SIG de la EAAB.

El sistema de alcantarillado sanitario se encuentra conformado por tuberías en concreto sin refuerzo de 14", 12" y 10" y por pozos. Se observa que la red se localiza en la carrera 6A, la carrera 6, carrera 5 B Bis y calle 190 A. Los pozos se encuentran ubicados en diferentes puntos del sector de estudio.

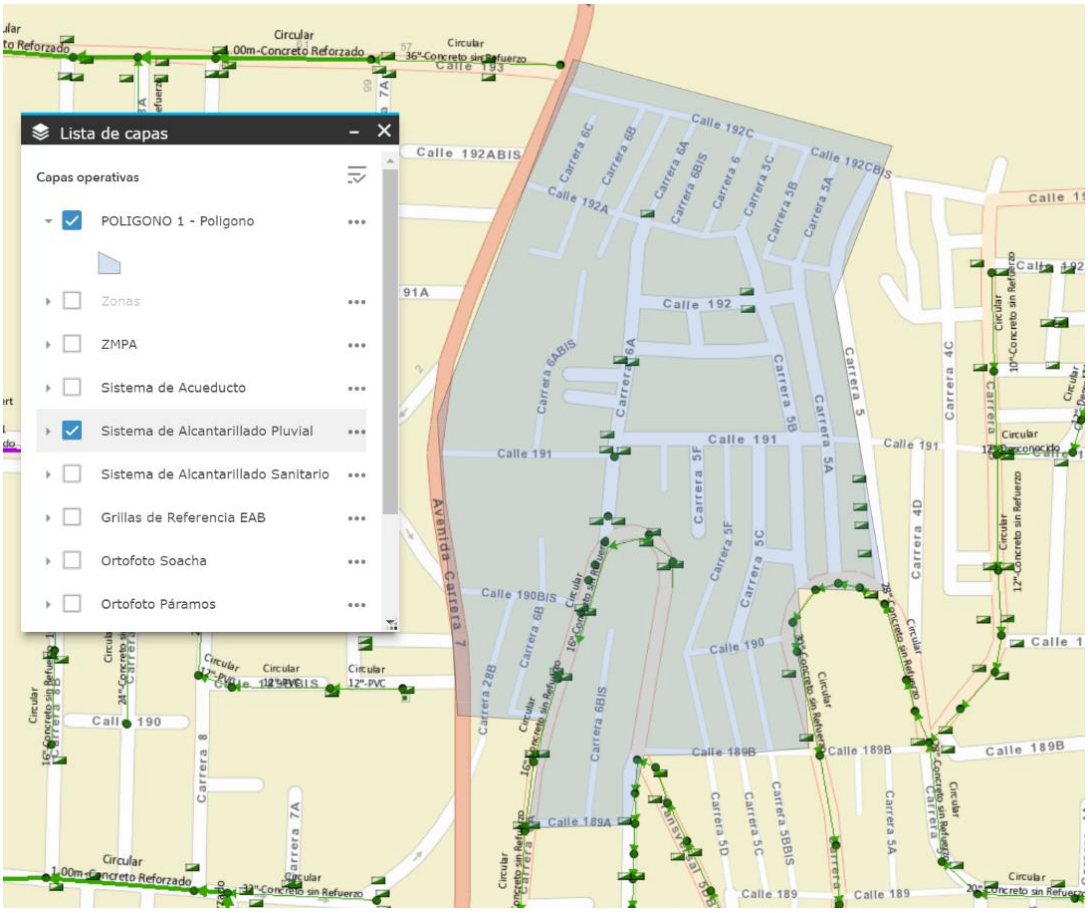
Ilustración 2-6. Sistema de alcantarillado sanitario.



Fuente: Adaptado del SIG de la EAAB.

El sistema de alcantarillado pluvial se encuentra conformado por tuberías en concreto sin refuerzo de 16" y 12" y por pozos y sumideros. Se observa que la red se localiza en la carrera 6A, la carrera 6 y calle 190 A. Los pozos se encuentran ubicados en diferentes puntos del sector de estudio.

Ilustración 2-7. Sistema de alcantarillado pluvial.



Fuente: Adaptado del SIG de la EAAB.

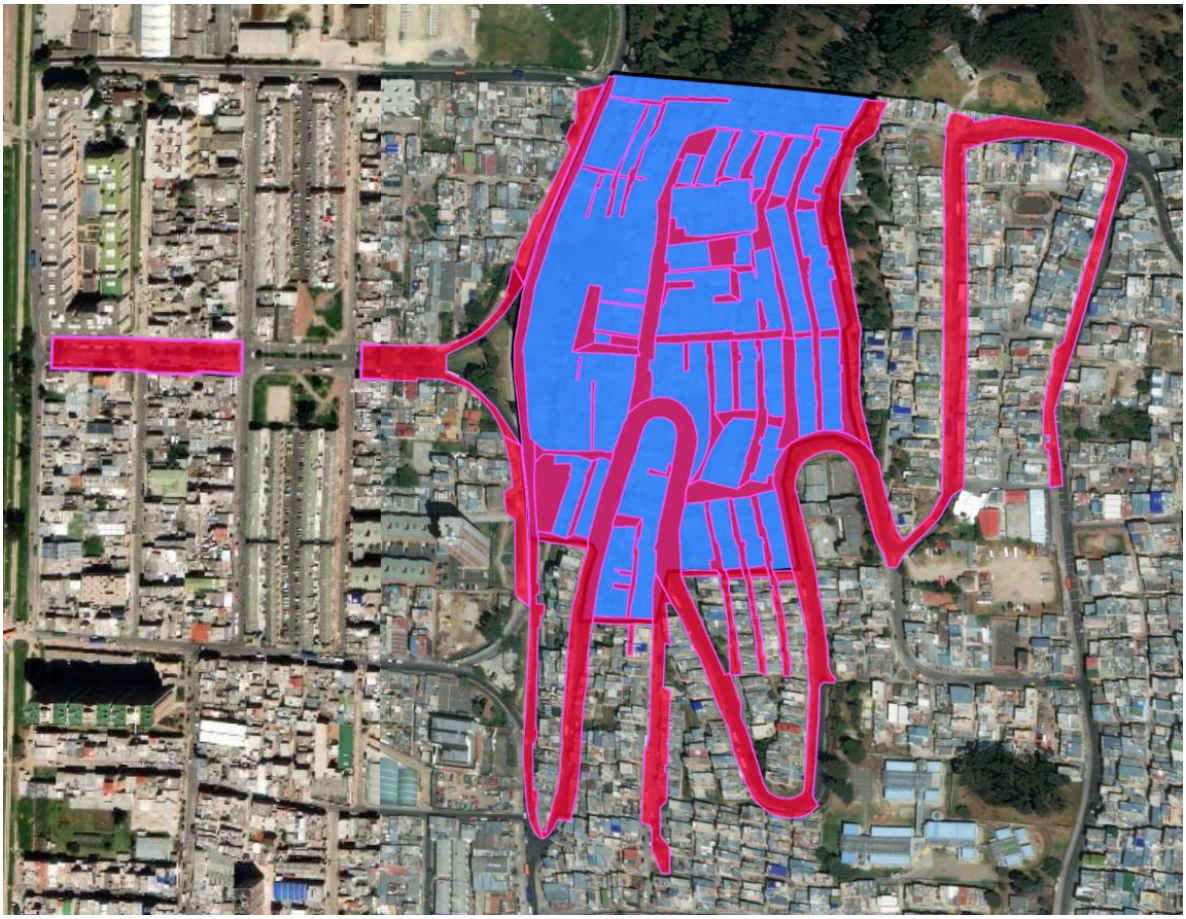
2.4.1 UTILIDAD:

De esta fuente se extrajo la información de redes de acueducto y alcantarillado, como nos lo indico el acueducto en su respuesta, el polígono de estudio se encuentra en la zona 1.

2.5 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA DEFENSORÍA DEL ESPACIO PÚBLICO DADEP.

El DADEP identificó 72 predios o zonas de de espacio público incorporados en el Inventario Distrital de Bienes Inmuebles, los cuales intersectan total o parcialmente con la zona de interés.

Ilustración 2-8. Predios DADEP - Información.



Fuente: Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público DADEP.

El listado de predios DADEP y su información general se presentan en el oficio de respuesta emitido por esta entidad. (Véase anexo 2, respuestas de entidades). Se evidencia que la mayoría de predios DADEP son de uso vial o vehicular.

En color azul al fondo tenemos el polígono de estudio

En color magenta encima tenemos los predios DADEP

2.5.1 UTILIDAD:

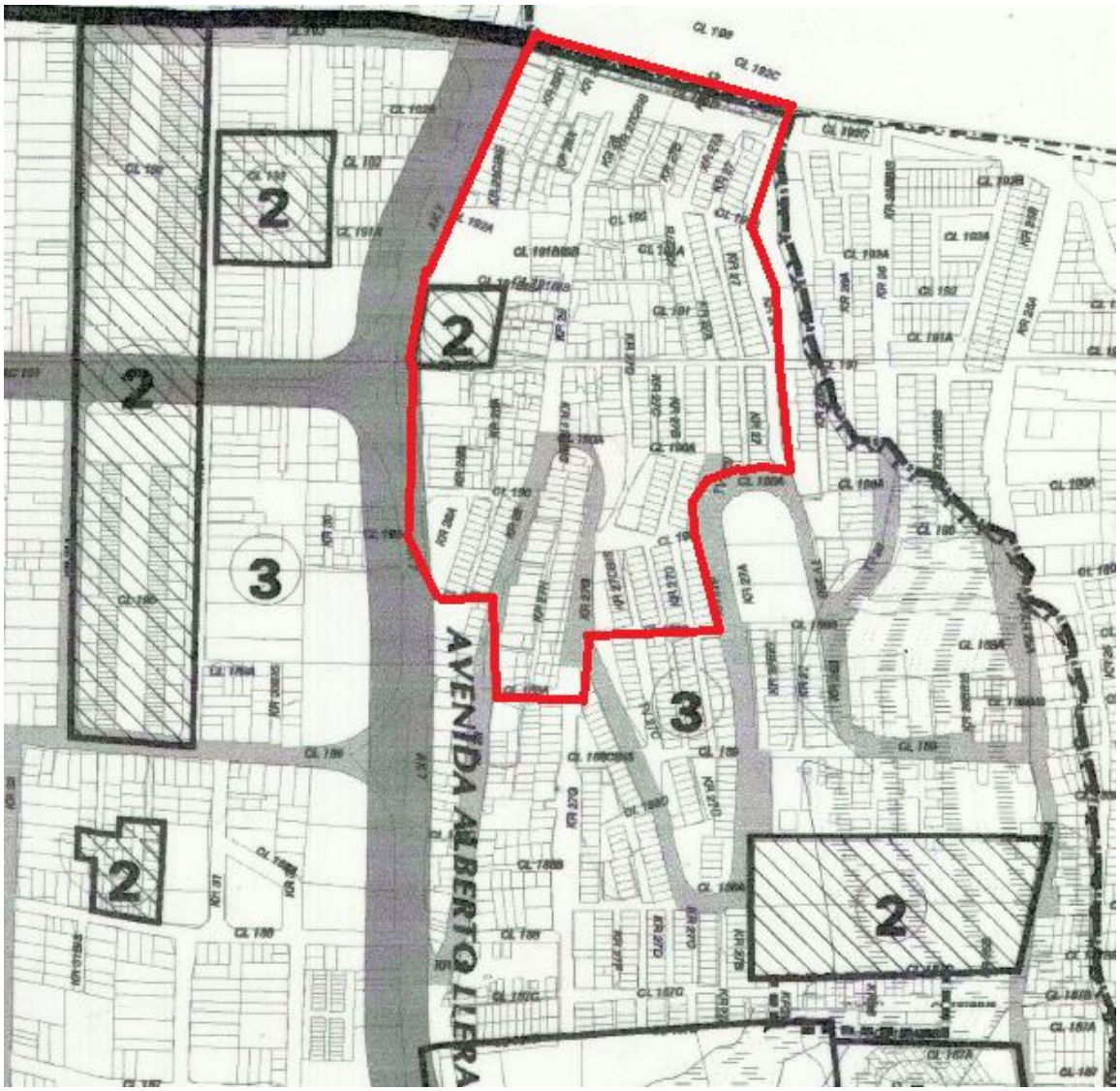
De esta fuente se extrajo la información de uso de las zonas públicas su ubicación y uso.

2.6 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN SDP.

El polígono de estudio se encuentra dentro de la UPZ 9 Verbenal, en el barrio Buenavista que cuenta con el plano de legalización U10/4-07, este barrio fue legalizado mediante resolución 1126 del 18 de diciembre de 1996. (Véase anexo 2, respuestas de entidades).

El área de estudio se encuentra en su mayoría en el sector normativo 3 y en pequeña proporción en el sector normativo 2.

Ilustración 2-9. Sectores normativos en el polígono de estudio.



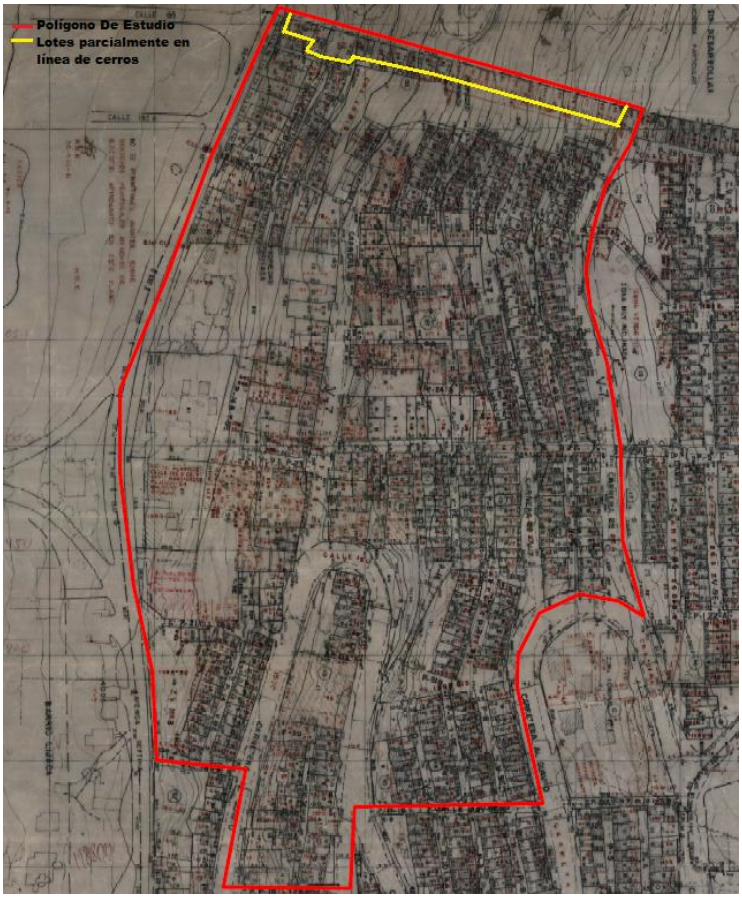
Fuente: Secretaría Distrital de Planeación SDP.

Para el sector normativo 3 se tiene un tratamiento de mejoramiento integral, modalidad complementaria, área de actividad residencial y zona residencial con actividad económica en la vivienda.

Para el sector normativo 2, se tiene un tratamiento de consolidación, modalidad urbanística, área de actividad residencial y zona residencial con zonas delimitadas de comercio y servicios.

La secretaría Distrital de Planeación informa que al cruzar información con la cartografía oficial de la resolución 0463 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible se determina que los predios de los lotes 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 y 109 de la manzana 58 del plano urbanístico U10/4-07 se encuentran parcialmente en la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá que hace parte del Sistema de Áreas Protegidas de Orden Nacional y se constituye en el primer componente de la Estructura Ecológica Principal del Distrito.

Ilustración 2-10. Plano urbanístico y localización de predios localizados parcialmente en líneas de cerros.



Fuente: Adaptado de Secretaría Distrital de Planeación SDP.

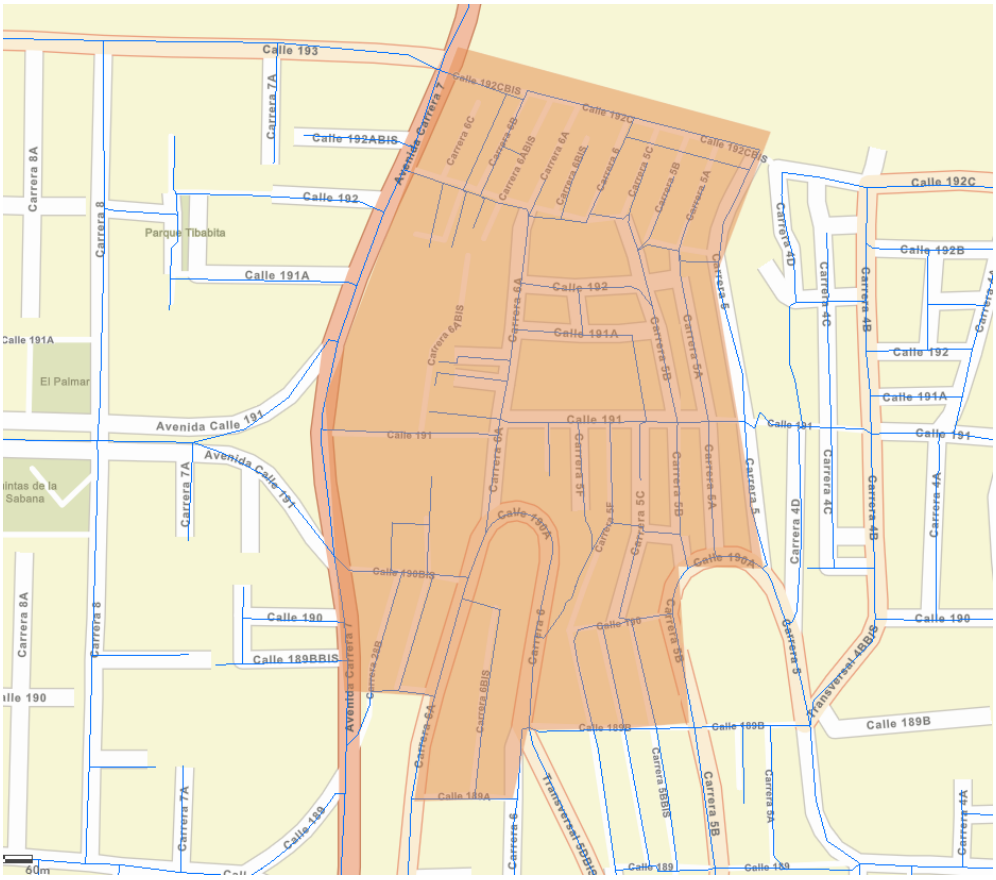
2.6.1 UTILIDAD:

De esta fuente se extrajo la información de legalización de barrios y conceptos urbanísticos, encontramos que aproximadamente el 5% del polígono se encuentra en el sector normativo 2, el objeto del contrato no contempla ningún desarrollo urbanístico así que esta información se usa para dar un contexto de lo que se encuentra en la zona pero no afecta el normal desarrollo del proyecto.

2.7 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO IDU Y OBTENIDA MEDIANTE EL SIGIDU.

Dentro del polígono de estudio se encuentran varios CIVs que se encuentran registrados en el inventario del IDU y hacen parte del área legalizada del barrio Buenavista.

Ilustración 2-11. CIVs en el polígono de estudio.



Fuente: Adaptado del SIGIDU.

A continuación se listan los CIVS identificados por el IDU en el polígono de estudio junto con su identificador de calzada y su estado. (Véase anexo 2, respuestas de entidades).

Tabla 2-2 CIVS en el polígono de estudio.

CIV	IDENTIFICADOR CALZADA	PCI	ESTADO
1000255	138601	88	REGULAR
1000324	138577	83	REGULAR
1007376	91019375	75	REGULAR
1006418	508371	89	REGULAR
1006313	509567	89	REGULAR
1000165	138564	88	REGULAR
1000172	600066	89	REGULAR
1000123	138565	89	REGULAR
1000192	138563	88	REGULAR
1006896	91019678	89	REGULAR
1000087	524961	67	REGULAR
1000040	141475	52	MALO
1000151	529452	0	MALO
1006809	91010951	0	MALO
1000063	141473	0	MALO
1000039	524932	34	MALO
1006314	509564	19	MALO
1000335	138588	94	BUENO
1000179	138615	96	BUENO
1006334	524924	90	BUENO
1000187	524955	90	BUENO
1000062	508362	90	BUENO
1000044	508384	90	BUENO
1000288	138613	96	BUENO
1000053	138554	96	BUENO
1006821	606910	96	BUENO
1000117	138617	96	BUENO
1000084	138553	90	BUENO
50007692	138585	91	BUENO
1000157	138603	98	BUENO
1000070	138606	93	BUENO
1000101	138620	96	BUENO
1000124	138552	96	BUENO
1000329	138561	94	BUENO
1006899	91019391	96	BUENO
1000165	91024201	93	BUENO
1000112	138618	96	BUENO
1000153	138616	96	BUENO
1000225	138614	96	BUENO
1000170	604420	95	BUENO
1000155	138604	98	BUENO
1000202	138537	96	BUENO
1000088	526482	98	BUENO
1000284	138600	92	BUENO
1007378	91019415	96	BUENO
1000105	138619	96	BUENO
1000241	138562	93	BUENO
1000090	138621	96	BUENO
1000171	138551	96	BUENO
1000209	138602	96	BUENO

Fuente: IDU

También se conoce que en el sector de estudio no existen predios que sean propiedad del Instituto de Desarrollo Urbano.

El IDU suministra información sobre la localización de la ampliación de la séptima, de acuerdo a los esquemas suministrados se puede apreciar que parte de la línea límite de dicha ampliación esta sobre los predios del barrio que colindan con la séptima, los cuales también están incluidos dentro del polígono del presente estudio.

Ilustración 2-12. Límite ampliación de la Carrera Séptima y límite del polígono de estudio.



Fuente: IDU

Como se puede observar en la primera imagen, la línea morada corresponde al límite de intervención de la ampliación de la Carrera Séptima, en la imagen inferior se observa el límite del polígono de estudio.

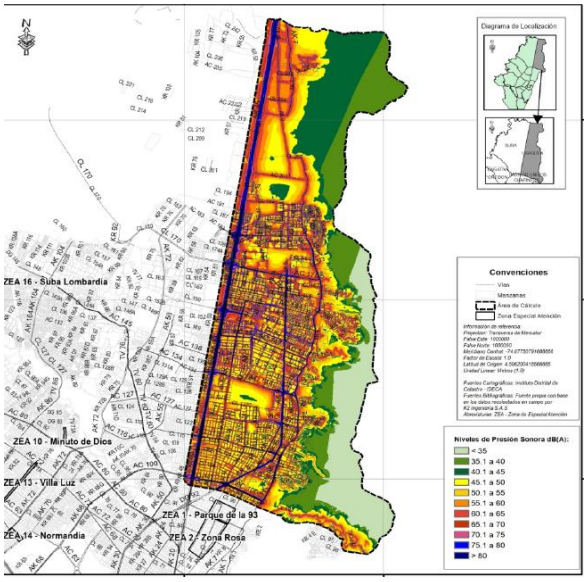
2.7.1 UTILIDAD:

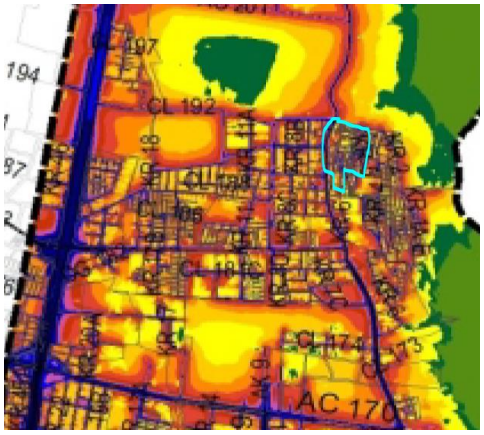
De esta fuente se extrajo la información de CIVs y espacio público en la zona de estudio.

2.8 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

La subdirección de calidad del aire, auditiva y visual de la Secretaria Distrital de Ambiente realiza las mediciones de fuentes sonoras (tráfico aéreo, tráfico rodado y fuentes asociadas a actividades industriales, comerciales y de servicios) de las cual se obtiene que el ruido total ordinario diurno y nocturno es de 45 a 55 dB(A)

Ilustración 2-13. Ruido diurno

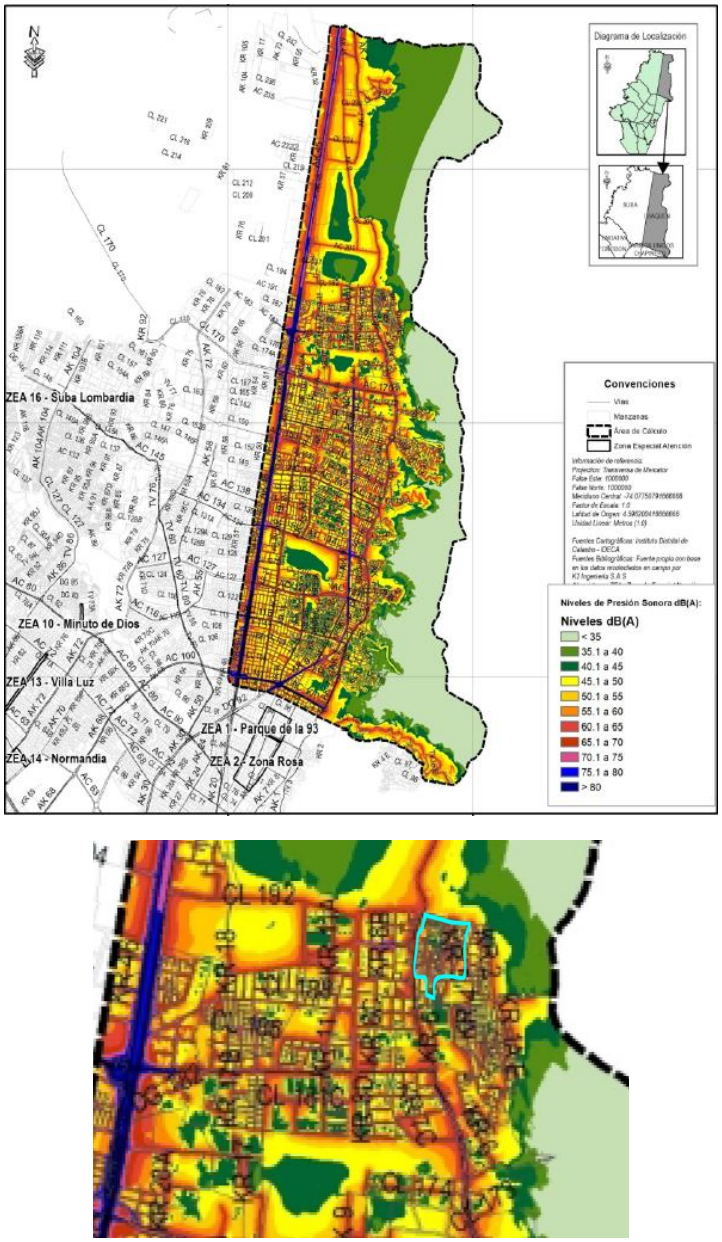




Fuente: SDA

De la información suministrada a escala 1:90.000 se puede extraer que aproximadamente el rango de ruido diurno en el sector es de 40 a 70 dB.

Ilustración 2-14. Ruido nocturno



Fuente: SDA

De la información suministrada a escala 1:90.000 se puede extraer que aproximadamente el rango de ruido nocturno en el sector es de 40 a 60 dB.

La SDA notificó que en el sector de estudio no hay presencia de cuerpos de agua por lo que no se tienen Zonas de Ronda Hidráulica ni Zonas de Manejo y Preservación Ambiental, tampoco se encuentran Corredores ecológicos al interior del polígono., Sin embargo notifica que en cercanías del área de estudio se encuentra la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá.

El grupo de Declaratoria de nuevas áreas protegidas y alinderamiento de cuerpos de agua del Distrito Capital de la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad no presenta estudios climatológicos, hidrológicos e hidráulicos en el barrio Buenavista.

Consultando la base de datos SIG de la SDA se obtiene que para el año 2019 la concentración de ozono en el polígono de estudio era de 27 ppb, la precipitación anual acumulada para el 2018 fue de 822 mm, la tempertura promedio del año 2018 fue de 14 °C.

Algunos predios de la zona norte del polígono de estudio se encuentran parcialmente sobre el área de cerros como se puede observar en la capa de zonificación de la reserva forestal protectora bosque oriental de Bogotá, la cual corresponde a zona de restauración mediante acto administrativo resolución 1766 de 2014.

Ilustración 2-15. Zonificación Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental Bogotá.



Fuente: Adaptado del SIG de la SDA

2.8.1 UTILIDAD:

De esta fuente se extrajo la información relacionada al medio ambiente.

2.9 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD

De acuerdo a la información suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad, dicha entidad no se encuentra adelantando estudios de transito de proyectos en el área de estudio.

2.10 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL INSTITUTO DISTRITAL DE RECREACIÓN Y DEPORTE

Dentro del polígono de estudio se presentan parques de escala de Bolsillo identificados con códigos IDRD No 01-305 y 01-114, parques de escala vecinal de códigos IDRD No 01-241 y 01-104; en los cuales el IDRD no ha realizado ninguna intervención en el marco del proyecto de inversión 1082 que tiene por objeto “Construcción y adecuación de parques y equipamientos para todos”.

La alcaldía local de Usaquen solicitó al IDRD previo concepto y favorable para el mantenimiento de los parques de escala de Bolsillo de código IDRD No 01-305 y 01-114, bajo esta solicitud el IDRD dio concepto favorable.

Ilustración 2-16. Zonas IDRD.



Fuente: IDRD

2.10.1 UTILIDAD:

De esta fuente se extrajeron los predios registrados ante el IDRD con vocación de uso para parque de bolsillo y vecinales.

2.11 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE TELEFONÍA DE BOGOTÁ - ETB

La Empresa de telefonía de Bogotá informa que no tiene previsto realizar ningún tipo de ampliación o intervención de su infraestructura a corto plazo en el barrio Buenavista, específicamente en el sector de estudio.

2.12 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS

El jardín botánico suministra información referente a individuos presentes en el área de estudio, en total son 293 individuos de los cuales se presentan en el anexo 2 información como código de árbol, nombre de la especie y altura.

Ilustración 2-17. Individuos registrados en el SIGAU.



Fuente: Jardín Botánico José Celestino Mutis.

2.12.1 UTILIDAD:

Se conocen los individuos existentes e inventariados oficialmente por el Jardín Botanico.

2.13 INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA EMPRESA DE RENOVACIÓN Y DESARROLLO URBANO DE BOGOTÁ - ERU

El ERU no se encuentra ejecutando ni prevé ejecutar programas y proyectos de renovación urbana en el sector de estudio.

3 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PRELIMINAR.

3.1 Contexto geológico y geomorfológico.

El área evaluada forma parte de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá, se ubica en la denominada Serranía de Usaquén, afloran rocas sedimentarias de edad Cretáceo, recubiertas por depósitos de edad Cuaternario. La unidad de roca sedimentaria hace parte de la Formación Arenisca Labor Tierna (K2lt), y los depósitos recientes hacen parte de un depósito de coluvión (Qco).

La unidad de arenisca está presente en el flanco occidental del Anticlinal de Usaquén, que presenta una orientación de N5°E; es una estructura estrecha de mediano tamaño, que presenta algunos pliegues menores asociados, esta estructura se encuentra afectada por varias fallas con orientación NW-SE y E-W.

La unidad de areniscas conforman una unidad competente que origina un escarpe que se destaca en el paisaje, por encontrarse flanqueado por unidades blandas, el sector evaluado hace parte de una geoforma de origen estructural, que corresponde al límite de los Cerros Orientales.

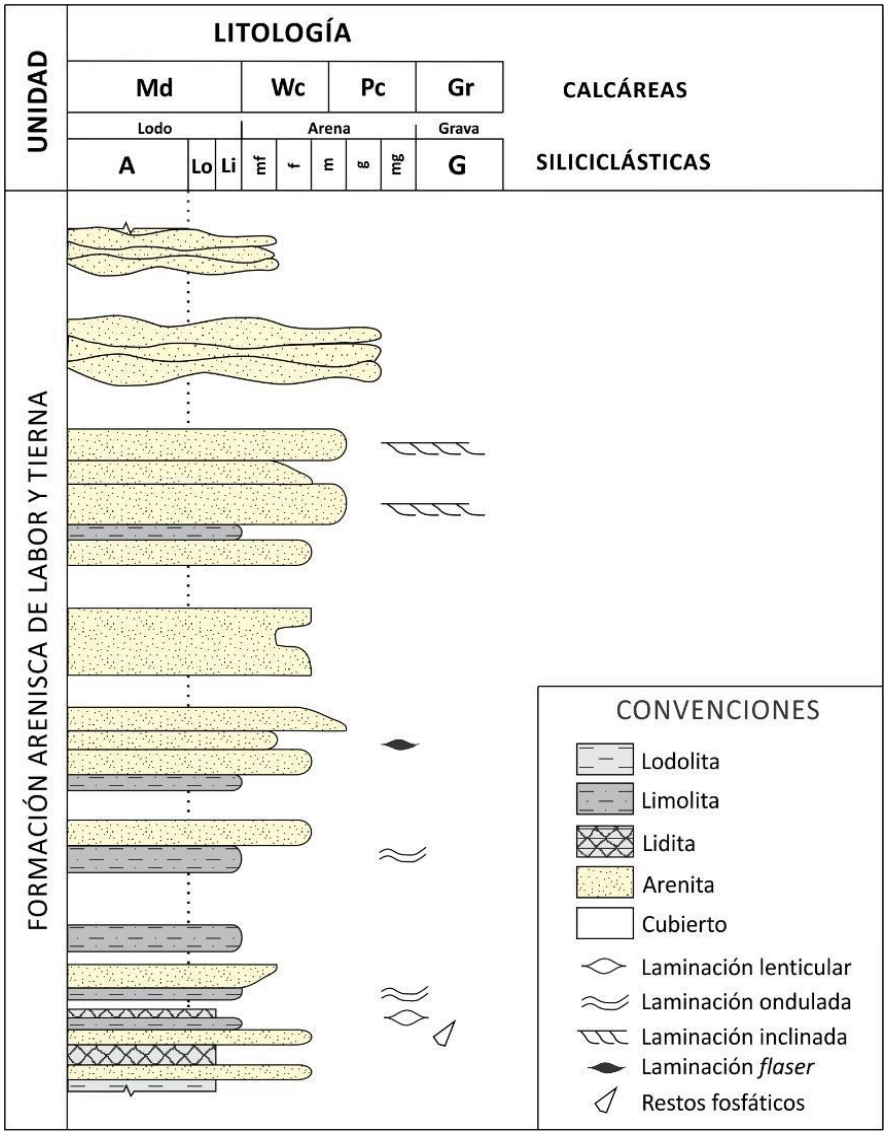
El depósito de coluvión se localiza en la parte baja de la ladera en contacto con la planicie, donde conforma un cono coluvial explayado.

3.1.1 ESTRATIGRAFÍA ESPERADA.

La secuencia estratigráfica presente en la zona de estudio corresponde: rocas de la Formación Arenisca de Labor Tierna (K2lt), nivel de arenisca friable, suelo orgánico-residual (So,Sr) y localmente depósitos de relleno antrópico (Qra).

La Formación Arenisca de Labor y Tierna (K2lt), está integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, estratificadas en capas medias a gruesas, Intercalados con los niveles de areniscas se presentan capas delgadas de liditas, limolitas y arcillolitas. (INGEOMINAS, 2015).

Ilustración 3-1. Columna estratigráfica Formación Arenisca de labor-Tierna.



Fuente: INGEOMINAS 2015.

4 PROGRAMA DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

La *primera etapa*, estuvo soportada en la auscultación de la información disponible en temas como la geología, la geomorfología, y la investigación geotécnica, y en la interpretación de fotografías aéreas y de imágenes de satélite. De ella se abstrajo la incidencia de los factores, antrópicos y estructurales, en los procesos, la evolución morfodinámica del medio, la exploración del subsuelo acometida por otros consultores, y se estructuro el modelo geológico geotécnico preliminar, insumo para el redireccionamiento o el refinamiento del programa de exploración.

La *segunda etapa* tuvo como derrotero fundamental la exploración directa, y como instrumentos sustanciales los sondeos mecánicos. Sus pretensiones abarcaron la auscultación directa de los materiales presentes mediante la obtención de muestras. Debido a las condiciones encontradas en el sitio, el cual se encuentra habitado casi en su totalidad, la falta de zonas verdes o comunales para realizar exploración como se puede evidenciar en el ANEXO 4 REGISTRO FOTOGRÁFICO, fue posible la realización de 8 perforaciones mecánicas, de profundidad variable para un total de 135.6 m de perforación remplazando así las trincheras y apiques por metros de perforación en el ANEXO 3 LOCALIZACIÓN DE LA EXPLORACIÓN, se muestra la localización de la misma..

La totalidad del área a estudiar se encuentra en amenaza media por fenómenos de remoción en masa según el Geoportal Sire del IDIGER.

Ilustración 4-1 Localización Sondeos véase anexo 3 localización de la exploración.



Tabla 4-1. Localización sondeos.

SONDEO	PROF.	COORDENADA	
		NORTE	ESTE
S3	20,20 m	118927,74	105738,53
S2	10,00 m	119143,50	105667,28
S4	18,10 m	118931,98	105682,23
S5	15,20 m	118882,13	105673,98
S6	20,00 m	119152,13	105775,00
S8	15,10 m	118907,03	105565,16
S10	17,00 m	119002,28	105583,95
S11	20,00 m	119145,50	105729,83

Tabla 4-2. Localización líneas de refracción sísmica.

NOMBRE	COORDENADA INICIO		COORDENADA INICIO		LONGITUD
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
LRS-1	118944,64	105690,3	118912,96	105673,19	36,00 m
LRS-2	118914,82	105552,69	118868,85	105554,35	45,00 m

Y la *Tercera Etapa* congrego, exclusivamente, las líneas de refracción sísmica, para lo cual se programaron 2. Se enfocará a cubrir los corredores carentes de información, a dilucidar los espesores del macizo fracturado, y a completar, ante todo longitudinalmente, los modelos geológico-geotécnicos. Sus atributos, en específico su longitud y su profundidad de investigación, serán función de los requerimientos de espacio; no obstante, el tendido sísmico será lo más cerrado, de manera que se tenga la mayor confiabilidad posible.

4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se definió a la luz de los resultados de la exploración del subsuelo y de la calidad de las muestras obtenidas y al alcance del proyecto, un plan de ensayos (b) que disto de lo solicitado en el anexo técnico del contrato, ambos cuadros se muestran a continuación.

Tabla 4-3. Plan de Ensayos de Laboratorio (Anexo técnico).

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso Unitario por peso y volumen	25	Un
Humedad Natural	25	Un
Peso específico de solidos	12	Un
Límites de Consistencia (líquido y plástico)	10	Un

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD	UNIDAD
Granulometría por tamizado sin lavado	10	Un
Carga puntual en roca	2	Un
Corte directo Consolidado Drenado tiempo 3 puntos	2	Un
Compresión simple en roca	15	Un
Compresión inconfinada (curva esf-def)	2	Un

Fuente: Anexo técnico.

Tabla 4-4. Plan de Ensayos de Laboratorio (b).

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso Unitario por peso y volumen	15	Un
Humedad Natural	25	Un
Peso específico de solidos	5	Un
Límites de Consistencia (líquido y plástico)	25	Un
Granulometría por tamizado sin lavado	25	Un
Carga puntual en roca	2	Un
Corte directo Consolidado Drenado tiempo 3 puntos	6	Un
Compresión simple en roca	12	Un
Compresión inconfinada (curva esf-def)	2	Un

Fuente: Anexo técnico.

Para dar cumplimiento a los anexos técnicos, los ensayos de laboratorio son ejecutados por: LABORATORIO BATEMAN INGENIERÍA S.A, SUELOS, MATERIALES, PAVIMENTOS Y CONCRETOS. Dicho laboratorio presentará los certificados de calibración de equipos empleados previamente a la ejecución de los ensayos de laboratorio.

Las órdenes de ensayo de laboratorio se harán bajo los siguientes criterios:

- De acuerdo al modelo geológico y los sondeos en campo, se esperan identificar estratos, a los cuales se les harán ensayos de peso unitario, humedad natural, límites de consistencia, granulometría.
- En cada sondeo, donde se evidencie cambio de estrato se realizaran ensayos de peso unitario, humedad natural, límites de consistencia, granulometría.

- Se realizarán ensayos de peso unitario, humedad natural, límites de consistencia y granulometría en muestras o estratos que aparentemente presenten características diferentes a las descritas para el modelo geológico.
- En muestras de roca se ejecutaran los ensayos de peso unitario, compresión simple y carga puntual. Se realizaran en muestras de núcleos o material rocoso determinar sus propiedades geomecánicas.

4.2 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El rendimiento proyectado para la máquina de perforación con la que se realizarán los sondeos es de 5 m/día, la longitud total de perforaciones será de 135 m, por lo que se planea un tiempo de perforación de 27 días. Teniendo en cuenta los tiempos de traslado e instalación del equipo de perforación y el tiempo de ejecución de las perforaciones, se estima un tiempo de 32 días, es decir aproximadamente 4 semanas para la ejecución de la exploración del subsuelo. Respecto a las líneas de refracción sísmica, se programan para el inicio de la tercera semana de exploración y están proyectadas para una duración de 3 días en campo.

Los ensayos de laboratorio se ejecutarán a partir de la segunda semana, se planea el transporte de muestras hacia el laboratorio, la realización de órdenes de ensayo y la ejecución de ensayos a medida que se avanza con la exploración del subsuelo para cumplir con los tiempos establecidos en el cronograma propuesto por la consultoría en el que se estima una duración de 6 semanas para la exploración del subsuelo.

5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El presente capitulo corresponde a las actividades de planeamiento de misión, toma de imágenes aéreas, pre-procesamiento de imágenes, localización de puntos de control en tierra, generación de Ortofoto, Modelo Digital de Superficie, curvas de Nivel, nube de puntos, anaglifo y restitución digital, del área del proyecto en el barrio Buenavista, en la localidad de Usaquén.

La actividad de toma de imágenes se realizó mediante el empleo de vehículos aéreos no tripulados o “Drones”. El procesamiento de los datos para la generación de la Ortofoto y el Modelo Digital de Superficie se realizó mediante Software especializado Agisoft PhotoScan Professional. La edición y post procesamiento del Modelo Digital de Superficie para la generación de las curvas de nivel se hizo mediante una edición manual con base en la depuración de elementos como viviendas y árboles, a partir de la nube de puntos.

A continuación se describen las actividades desarrolladas.

5.1 CONSIDERACIONES DEL PROYECTO

Para la realización del levantamiento se consideran y evalúan los siguientes factores dentro del planeamiento del mismo:

5.1.1 UBICACIÓN DE LA ZONA Y GENERALIDADES DEL PROYECTO

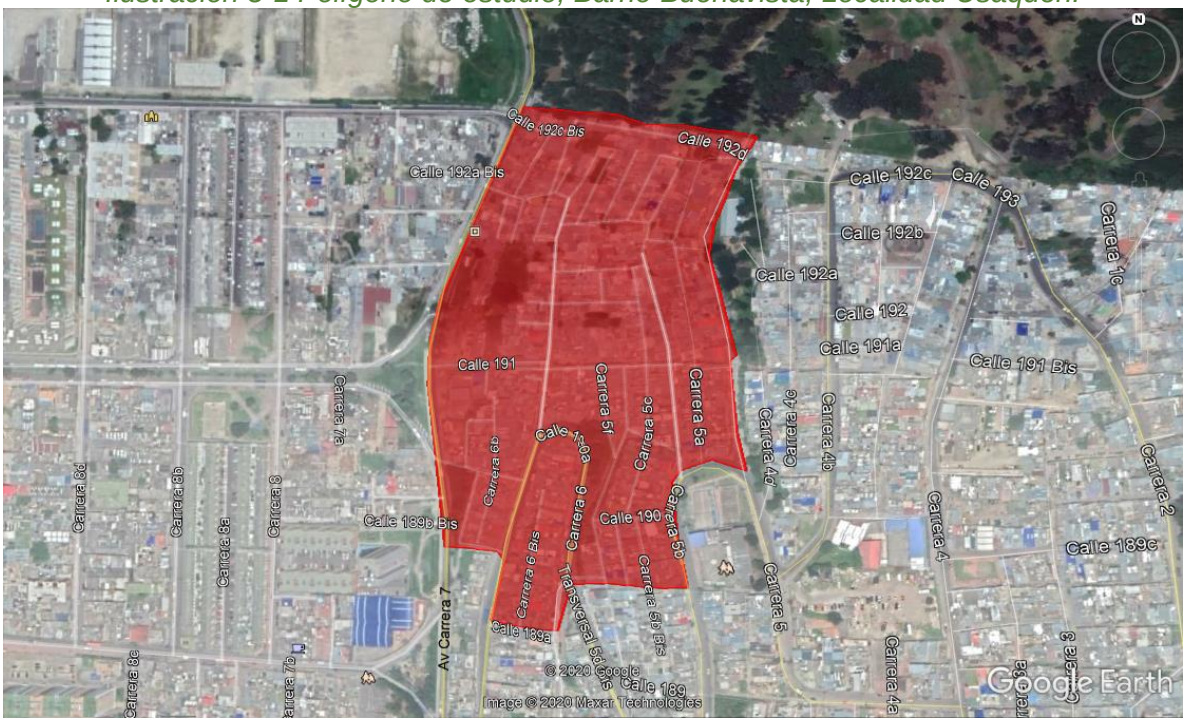
El presente proyecto se desarrolla en el oriente de Bogotá en las inmediaciones de los cerros orientales. Los cerros Orientales son un conjunto orográfico situado al oriente de Bogotá, el cual sirve como frontera natural de la ciudad. A grandes líneas sigue una dirección sur-norte. Se encuentra principalmente en las zonas rurales en las localidades de Sumapaz, Usme, San Cristóbal, Santa Fe, Chapinero y Usaquén. Los cerros orientales de Bogotá son una serie de montes visibles desde la mayor parte de la ciudad. Cuentan con cerca de 14.000 ha. Limita al norte con Torca y al sur con el boquerón de Chipaque. En su costado oriental, las elevaciones aumentan hasta constituir el páramo de Cruz Verde, que junto al de Sumapaz conforma el mismo sistema.[1]

5.1.2 ÁREA DE ESTUDIO

[1] Tomado de http://ambientebogota.gov.co/cerros-orientales

La zona objeto del levantamiento fotogramétrico consiste en un área de 7,59 Ha, la cual se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 5-1 Polígono de estudio, Barrio Buenavista, Localidad Usaquén.



Fuente: Google Earth

5.1.3 ALTURA DE LA ZONA Y GEOMORFOLOGÍA

La zona está caracterizada por una topografía montañosa con alturas que varían desde los 2571 msnm a los 2673 msnm en su parte más alta.

5.2 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA

En campo, se procedió a realizar el reconocimiento de la zona para verificar aspectos como puntos más altos y bajos, obstáculos, zonas de despegue y aterrizaje y habitantes del lugar que pudieran brindar información enfocada a reporte de nubes, lluvia y vientos principalmente.

5.3 DÍAS DE TRABAJO

Los días de trabajo se dividieron en los del tiempo tomado para la planeación, los tomados para la ubicación de los puntos de control georreferenciados distribuidos por toda el área de trabajo, los días tomados para la ejecución de los vuelos, y finalmente, los días utilizados para el pre-procesamiento y procesamiento final.
La planeación y ejecución de este proyecto se realizó en veinte (20) días desde el recibo de intención del trabajo, la cual incluyó trabajo de oficina y trabajo de campo. Fue necesario asegurarse de contar con condiciones meteorológicas óptimas para la ejecución de los vuelos. El detalle de las actividades fue el siguiente:

- Movilización a campo: 15 de febrero.
- Finalización Ejecución de vuelos y toma de imágenes aéreas: 15 de febrero.
- Finalización Pre-Procesamiento de Ortofotografía para localización de GCP: 20 de febrero.
- Anáglifos y Nube de Puntos: 01 de marzo.
- Ubicación de GCP: 01 de marzo.
- Finalización procesamiento de Ortofoto y DSM: 04 de marzo.
- Finalización de procesamiento DTM y generación de Curvas de Nivel: 10 de marzo.
- Restitución Digital: 13 de marzo.

5.4 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

En el área de Buenavista se contó con condiciones climáticas favorables lo que permitió realizar las tomas completas sin inconvenientes.

5.5 CONSIDERACIONES ADICIONALES

5.5.1 SEGURIDAD PERSONAL Y DE LOS EQUIPOS

Para este proyecto, no fue necesario contar con el apoyo de la Policía Nacional para ingreso a los sectores de toma de vuelos, dadas las condiciones de orden público normales en el área de trabajo. Sin embargo, se tomaron las medidas mínimas de seguridad para el personal y los equipos.

5.5.2 CONTACTOS EN LA ZONA

En los reconocimientos de campo que se realizaron, se ubicaron algunas personas que brindaron información valiosa que se utilizó para confirmar las condiciones meteorológicas de la zona de trabajo con el fin de optimizar el tiempo y optimizar los recursos logísticos.

5.6 TOMA DE IMÁGENES AÉREAS

5.6.1 FASE DE EJECUCIÓN DE LOS VUELOS

5.6.1.1 *Definición de los patrones de vuelo*

Con base en el polígono de estudio se construyó el polígono de vuelo de manera que cubra la zona completa.

5.6.1.2 *Cálculo de alturas, rumbos de patrón de vuelo, y toma de imágenes*

De acuerdo con el nivel de resolución requerido, se realizó la programación del patrón de vuelo a las alturas deseadas, teniendo en cuenta los factores previos mencionados en la sección del planeamiento; posteriormente de ajustó el patrón de vuelo de acuerdo a la tendencia predominante del viento y finalmente se ajustó la programación del sensor RGB para la toma de imágenes.

Para la toma de imágenes se empleó una cámara Tipo Compacto con Sensor RGB y software de automatización cuyas especificaciones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5-1. Especificaciones de Cámara y Sensor RGB empleados en la toma de imágenes aéreas

Característica	Descripción
Tipo de Cuerpo	Compacto
Resolución Máxima	4000 x 3000
Píxeles Efectivos	20 Megapíxeles
Tamaño de Sensor	(8,8 x 24 mm)
Tipo de Sensor	CMOS
ISO	Auto, 100, 3200, 12800
Longitud Focal (Equivalente)	2.8 – 11 mm
Velocidad de Obturador	1/8000 segundos
Formato	H.264 JPEG
Tipo de Almacenamiento	Micro SD

Fuente: Elaboración propia.

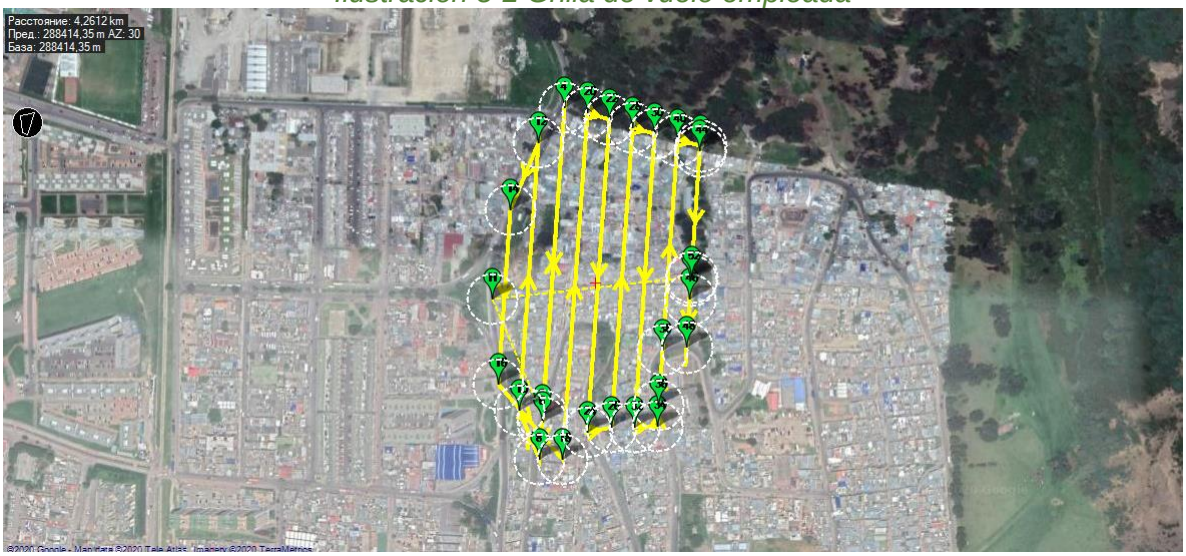
5.6.1.3 *Lanzamiento en las zonas escogidas*

En el área de operación escogida, se ensambló la aeronave, se cargó el patrón de vuelo al sistema automático del drone, se realizaron las pruebas de controles de vuelo, configuración del vuelo, potencia del motor, estabilidad del centro de gravedad y de enganche del control remoto con la aeronave. Posteriormente se despegó la aeronave y una vez con la altura deseada se cambió al modo automático para que empezar a seguir el patrón de vuelo. Durante toda la fase de vuelo, se tuvo un control de la aeronave por medio de la telemetría en la Estación de Control en Tierra. Una vez se cumplió con el patrón de vuelo se aterrizó la aeronave en el campo escogido, revisando el estado de la misma y descargando los datos recogidos.

5.6.1.4 *Misión de Vuelo*

Una vez definido el polígono para la ejecución del vuelo, se hizo uso del Software especializado del Drone para generar la respectiva misión para toma de imágenes.
Posterior a esta etapa, establecida la altura de vuelo, que para el área de estudio fue de 100 m con respecto al punto de despegue, se procedió a trazar la grilla de vuelo. El Software permite ajustar el traslapo deseado, tanto longitudinal como transversalmente. Para el área de Buenavista, se programó un traslapo entre líneas de vuelo del 80%. En la Figura 6-2 se muestra la grilla de vuelo.

Ilustración 5-2 Grilla de vuelo empleada



Fuente: Elaboración propia.

Para la ejecución de los vuelos se empleó un drone tipo cuadricóptero cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 6-2.

Tabla 5-2. Especificaciones UAV para toma de imágenes aéreas

Característica	Descripción
Dimensiones	350 mm Diagonal
Peso	1.4 Kg
Velocidad de Crucero	20 m/s
Autonomía	30 min
Velocidad de Viento Máxima	10 m/s
Rango de frecuencias RC	2.400 - 2.483 GHz y 5.725 - 5.825 GHz
Baterías	6000 mAh LiPo 2S
Piloto Automático	Integrado
GPS	Integrado
Gimbal	Stabilization 3-axis (pitch, roll, yaw) Controllable Range Pitch: -90° to +30° Max Controllable Angular Speed Pitch: 90°/s Angular Control Accuracy ±0.02°

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.5 *Revisión inicial de las imágenes en campo*

Al descargar las imágenes en la Estación de Control en Tierra, se verificó inicialmente su georreferenciación, la calidad de las mismas y la cantidad de fotos de acuerdo a la programación previa, con el fin de que se cumpliera del objetivo.

5.7 INFORME TOPOGRÁFICO

Para el proyecto de Buenavista, la base topográfica para ejecución de los vuelos, consistente en la materialización y georreferenciación de los puntos de control en tierra estuvo a cargo de la comisión topográfica. Se materializaron en campo un total de 6 puntos.

A continuación en la Tabla 6-3 se presentan las coordenadas de los 6 puntos suministrados por la comisión topográfica y en la figura 6-3, se presenta la localización de los mismos.

Considerando el área del proyecto, se procedió a hallar los centroides de las áreas de estudio. Con respecto a este centroide se trazó un rectángulo con el fin de determinar la distancia diagonal del polígono regular, obteniendo los valores que se muestra en la Figura 6-3.
Este valor, según las recomendaciones de la National Standard for Spatial Data Accuracy NSSDA, debe ser la separación entre cada GCP. Adicionalmente, se recomienda que al menos 20% de los puntos de control se ubiquen en cada uno de los cuadrantes mostrado en la Figura 6-3. En cuanto a la separación de los GCP, el criterio establecido por la NSSDA se cumple.

Tabla 5-3. Coordenadas suministradas de los Puntos de Control

PUNTO GPS	NORTHING	EASTING	ALTITUDE
GCPS002	1019078.02537	1005586.65686	2575.13
GCPS003	1018803.48585	1005645.54258	2610.42
GCPS004	1018901.54241	1005541.07636	2567.69
GCPS006	1019180.91045	1005587.28180	2565.05
GCPS007	1019137.86099	1005766.32941	2663.96
GCPS008	1018995.02742	1005693.52922	2624.14

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5-3 Distribución de los GCP en las áreas de estudio



Fuente: Elaboración propia.

5.8 PROCESAMIENTO DE DATOS

5.8.1 FASE DE PRE- PROCESAMIENTO, PROCESAMIENTO Y ENTREGA

5.8.1.1 *Pre-Procesamiento*

Una vez se contó con la toma de imágenes en campo, se procedió a una fase de pre-procesamiento. Esta fase considera la ejecución de un procesamiento rápido de las imágenes aéreas el cual comprende las siguientes etapas:

- Alineamiento de fotos de acuerdo a las líneas de Vuelo.
- Verificación de calidad de las imágenes.
- Generación de triangulación.
- Generación de la nube de puntos.
- Generación de la textura.
- Se generó la Ortofoto a baja resolución.

5.8.1.2 *Procesamiento*

Una vez se obtuvo la ortofoto preliminar, se procedió a la ubicación de los puntos de Control en Tierra. Con ayuda del Software Agisoft se ubicaron manualmente los puntos y se establecieron las coordenadas tomadas con equipo de doble frecuencia.

Una vez se ubicaron los puntos de control, el Software se encargó de amarrar los modelos preliminares a las coordenadas conocidas con el fin de garantizar la precisión del mismo. Una vez se introducen los puntos de control el procesamiento incluye las siguientes etapas:

- Optimización de la nube de puntos con base en las coordenadas de los puntos de control
- Depuración de los puntos cuya re-proyección no se da en más de 2 fotografías
- Generación de la nueva nube de puntos. Para este caso se obtuvo una densidad de 175.63 puntos por m² equivalente a 88,938,214 puntos para todo el área de estudio
- Generación de la textura empleando los puntos de Control
- Generación de la Ortofoto y DSM

Para la generación del DTM, se hace un paso intermedio, antes de la generación de la textura, el cual consiste en clasificar los puntos de acuerdo a su naturaleza. Mediante un proceso manual o automático, el Software permite separar puntos de viviendas, árboles, obstáculos y terreno con base en criterios de diferencia de alturas y pendientes. Una vez se clasifican los puntos, se realiza una nueva nube de puntos incluyendo únicamente los puntos correspondientes a la superficie del terreno, para así posteriormente generar el DTM.

5.8.1.3 *Entrega*

Finalmente, con el DTM, el DSM y la Ortofoto se procede a la generación de las curvas de Nivel y la depuración de áreas innecesarias dentro del proyecto. De esta manera los entregables son:

- 1 Ortofotos en formato .tiff
- 1 Digital Surface Model DSM's en formato .tiff
- 1 Curvas de Nivel para el DTM's en formato .shp
- 1 Digital Terrain Model DTM Raster en formato .tiff
- 1 Anaglifo en formato .tls
- 1 Nube de Puntos en formato .las
- 1 Restitución Digital en formato .dwg

En la Tabla 6-4 se presenta la ficha técnica de los productos obtenidos:

Tabla 5-4. Ficha técnica del procesamiento.

General	Software	Agisoft
	Versión	1.0.3
	PC Info	• 32686MB - Available 26631 MB - Used Percent 18 % • Windows 7 - Ultimate Edition - Build Number: 7601 - 64-bit platform - Service Pack 1 (Build 7601) • Intel(R) HD Graphics 4600
	Project Name	Buenavista
	Number of Images	177
	Average GSD	0.03 m
Coordinate System	Projection	Magna Sirgas Bogota (EPSG::3116)
	Datum	Not Defined
	Fuse	Own
	Unit	Meters
Extents	Total Area	0.26 Km²
	Ortophoto Area	0.079 Km²
Camera Passport	Camera Model	FC330 Drone Integrated
	Calibrate Date	20122019
	Calibration Type	Undefined
Flight Info	Flight Time	15 minutes, 02 calc seconds
	Absolute Flight Height	2722 m
	Relative Flight Height	100 m
	Average Ground Elevation	2622 m
Bundle Process	Bundle Algorithm	• Template Matching • Minimum number of matches: 32 • Number of neighbor images: 20 • Epipolar threshold (pix): 2.000 • Key search radius (pix): 0.016 • Template window size (pix): 25 • Target window size (pix): 25 • Cost correlation threshold: 0.700
	Bundle Images	5034
	Average Bundle Residuals	1.393 um

GCP	GCP Imported	Yes
	GCP Collimated	5
	GCP Average Residuals	0.0238167m
	GCP Max Residuals	0.0372403m
Results	Seamlines Generated	Yes
	Seamlines Number	129
	Ortophoto	Yes
	Ortophoto Average GSD	0.03 m
	Ortophoto Radiometric Balancing	Yes
	DSM	Yes
	DSM Average GSD	0.075 m
	3D Points Number	779,172

5.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los estándares del FDGC (Federal Geographic Data Commitee) de Estados Unidos, la precisión a partir de productos de cartografía aérea se divide en la componente horizontal de precisión y la componente vertical de precisión.

- **Precisión Horizontal:** El estándar de reporte de la componente horizontal es el radio de un círculo de incertidumbre, tal que la localización teórica real del punto, se encuentra en dicho círculo el 95% de las veces.

- **Precisión Vertical:** El estándar de reporte de la componente vertical es un valor lineal de incertidumbre, tal que la localización teórica real del punto se encuentra en +/- en dicho valor línea de incertidumbre el 95% de las veces.

Este comité ha generado un estándar conocido como National Standard for Spatial Data Accuracy NSSDA, el cual emplea el error cuadrático para estimar la precisión para el nivel de confianza del 95% anteriormente descrito. Esta precisión significa que 95% de las posiciones en el set de datos tendrán un error con respecto a la posición real, igual o menor que el valor de precisión reportado. La precisión reportada refleja todas las incertidumbres, incluyendo las introducidas por coordenadas de control geodésico, compilación, y el cómputo final de los valores de las coordenadas en terreno.

5.9.1 PRECISIÓN DEL TRABAJO

De acuerdo al estándar citado, la precisión (tanto horizontal como vertical) está dividida en la precisión local y la precisión de la red de puntos. Para el caso de la precisión local (Local Accuracy), el documento refiere que esta precisión corresponde al error en el cierre entre dos puntos. Por otro lado, la precisión de red (Network Accuracy) requerida para la construcción de un sistema de información del terreno, considera la tolerancia en la posición de un set de coordenadas.

Para el caso de levantamiento topográfico con el empleo de drones, la precisión local o "local accuracy" se estima como la precisión en la medición de coordenadas desde el punto de amarre a cada uno de los GCPs (Ground Control Points). Este valor se estima mediante las siguientes fórmulas:

$$Accuracy_r \cong 2.4477 \times 0.5 \times \left(RMSE_x + RMSE_y\right)$$
$$Accuracy_z = 1.9600 \times RMSE_z$$

Donde:

$Accuracy_r$ = Precisión en x,y
$RMSE_x$ = Raíz Error Medio Cuadrático en x
$RMSE_y$ = Raíz Error Medio Cuadrático en y
$Accuracy_z$ = Precisión en z
$RMSE_z$ = Raíz Error Medio Cuadrático en z

Los valores de los error medios cuadráticos en x, y y z se calculan de acuerdo a los datos de precisión en x, y y z respectivamente, los cuales aparecen en el reporte de la estación RTK, empleada para la medición de los GCP.

En cuanto al "network accuracy", éste corresponde al error generado por la red de puntos de control. Este es un parámetro que realiza internamente el Software de procesamiento y que es reportado como el "GCP Average Residual" que para el caso del proyecto de Buenavista es 0.0238167m (2,38 cm). Este parámetro se calcula como el error cuadrático correspondiente a la diferencia entre la coordenada real del punto vs la coordenada del punto en cada una de las fotos individuales donde son identificados los GCPs. Este valor residual correspondiente al RMSE mencionado en el documento de referencia. En la Figura 6-4, se puede apreciar el número de datos para calcular el error cuadrático, el error cuadrático en x (X error), el error cuadrático en y (Y error) y el error cuadrático en z (Z error) de cada uno de los GCPs.

Tabla 5-5. Resumen de procesamiento GCP Buenavista.

Label	XY error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCPS004	0.011641	0.0353741	0.0372403	18	0.441
GCPS006	0.0132132	-0.0031455	0.0135824	28	0.515
GCPS002	0.0173909	-0.0192475	0.0259405	28	0.536
GCPS003	0.0063156	-0.0105045	0.0122569	22	0.638
GCPS007	0.0089765	0.0190035	0.0210169	13	0.539
Total	**0.0121079**	**0.0205094**	**0.0238167**		**0.539**

Fuente: Elaboración propia.

Los GCP utilizados en el procesamiento se relacionan en la figura 6-4. Dos de los GCP utilizados se encuentran fuera del polígono contratado, sin embargo se utilizaron sin discrepcia para la georeferenciación del modelo. El punto identificado como GCP008 no fue tenido en cuenta por su baja calidad.

5.9.2 ESCALA DEL TRABAJO

De acuerdo a los estándares de Accuracy Standards for Large-Scale Maps, el documento recomienda los valores mostrados en la **tabla 5-6** De acuerdo a esta recomendación, para el proyecto Buenavista, de acuerdo a la ficha técnica del procesamiento, el RMSE promedio (GCP Average Residuals) es de 0.0238167m y el RMSE Máximo (GCP Max Residuals) es de 0.0372403m. De acuerdo con la tabla estos valores corresponden a los límites para lograr una representación adecuada a escala 1:100 a 1:500. Este valor hace referencia al "Network Accuracy". La determinación para el "Local Accuracy", deberá calcularse de acuerdo con los reportes de medición del RTK.

En cuanto a la precisión vertical, de acuerdo con la recomendación de emplear los criterios del ASPRS Accuracy Standards, el RMSE límite corresponde a un tercio del intervalo entre las curvas de nivel, que para el caso del procesamiento equivale a la resolución del DSM.

Tabla 5-6. Estándar de precisión para mapas.

Class 1 Planimetric Accuracy Limiting RMSE (meters)	Map Scale
0.0125	1:50
0.025	1:100
0.050	1:200
0.125	1:500
0.25	1:1,000
0.50	1:2,000
1.00	1:4,000
1.25	1:5,000
2.50	1:10,000
5.00	1:20,000

Fuente: https://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects

Para el caso del proyecto Buenavista, donde se requiere presentar curvas de nivel cada 0,5m, el máximo error cuadrático en z estaría dado por 1/3 = 0.33 m. Para el “Network Accuracy”, los errores en Z reportados son menores a este valor, por lo que se estaría dentro de la recomendación. En cuanto al “Local Accuracy” habría que hacer la evaluación de acuerdo a los reportes de RTK.

5.9.3 CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS GCP

Debido a la diversidad de requerimientos para la generación de mapas y datos geoespaciales, no es realista incluir enunciados que especifiquen la distribución espacial de los GCPs. No obstante, el documento de referencia incluye recomendaciones para su distribución. Como ejemplo, se cita que para un área rectangular con precisión uniforme de localización de los GCPs, estos deben distribuirse de tal manera que queden espaciados en intervalos de al menos 10 % de la distancia diagonal del rectángulo y al menos 20% de los puntos deben quedar localizados en cada uno de los cuadrantes asociados el rectángulo.

5.9.4 CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LOS GCP

Debido a la diversidad de requerimientos para la generación de mapas y datos geoespaciales, no es realista incluir enunciados que especifiquen la distribución espacial de los GCPs. No obstante, el documento de referencia incluye recomendaciones para su distribución. Como ejemplo, se cita que para un área rectangular con precisión uniforme de localización de los GCPs, estos deben distribuirse de tal manera que queden espaciados en intervalos de al menos 10 % de la distancia diagonal del rectángulo y al menos 20% de los puntos deben quedar localizados en cada uno de los cuadrantes asociados el rectángulo.

5.9.5 ESCALA DE LA ORTOFOTO

Para el proyecto de Buenavista, de acuerdo con el reporte de procesamiento se obtuvo un Average GSD (Ground Sample Distance) = 0.03 m lo que representa una resolución promedio de 3 cm por píxel.

La escala para imágenes digitales está relacionada con el GSD de la foto mediante la siguiente fórmula:

Escala=(Tamaño Píxel ×96)/0.0254

Para el caso de Buenavista se tiene:

Escala = 0.03 x 96 / 0.0254 = 113

5.10 DIFICULTADES EVIDENCIADAS

En la realización de este proyecto, como en cualquier otro siempre van a ocurrir situaciones que generan retrasos en la terminación de los mismos, y que han sido tenidos en cuenta por la consultoría para el cálculo de los tiempos de entrega.

Sin embargo, existen siempre algunas variables que no son posibles de controlar, y más aún en una situación en la que hay un riesgo de sufrir un percance, tal y como ocurre con las aeronaves tripuladas, guardando las proporciones.

Es así, que estas son las situaciones que más se han presentado y que ocasionaron los mayores retrasos en la terminación de este proyecto.

5.10.1 ADVERSIDADES PRESENTADAS

Particularmente, las condiciones meteorológicas durante toda la operación en Buenavista fueron buenas.

El factor de accesibilidad a las zonas de lanzamiento también fue positivo, gracias a que se realizó un análisis detallado de las posibles zonas de operación y contamos con la amabilidad de los dueños / administradores de los predios que nos facilitaron la entrada durante la operación.

5.10.2 CORRECTIVOS

5.10.2.1 *Factor meteorología*

Este factor no se puede controlar, pero sí se puede tratar de predecir las condiciones para los vuelos mediante los reportes meteorológicos del área, que permiten de algún modo tomar la decisión de programar el vuelo para un día específico. Adicionalmente, se cuenta con personas que habitan en el lugar en puntos estratégicos para hacer un contacto directo en el día de realización del proyecto; estas personas nos pueden dar una confirmación de las condiciones de visibilidad, lluvia y vientos en el lugar, lo cual aumenta de buena forma la probabilidad de lograr un buen vuelo.

5.10.2.2 *Factor Aeronave no tripulada*

Como se había mencionado antes, todos los equipos o máquinas tienen ciertas limitantes, en el campo aeronáutico, por más grande que sea un avión, siempre va a tener unos límites de operación que deben ser respetados; específicamente hablando de los sistemas no tripulados empleados, la tecnología utilizada es de las más modernas conocidas para lo que se permite a las aeronaves de uso no militar. Se ha visto la necesidad de mejorar el desempeño de las aeronaves en el territorio Colombiano, puesto que las condiciones geográficas y ambientales pueden llegar a ser extremas, de tal forma que proactivamente se ha estado trabajando con los ingenieros del fabricante.

5.10.2.3 *Factor Puntos de Control*

Se debe revisar por parte de la comisión topográfica los procesos de toma de GCP y su validación. Para este proyecto fue necesario descartar uno de los puntos por falta de precisión, lo cual estaba afectando el máximo error permitido.

5.11 Salidas graficas

Estas pueden ser consultadas a detalle en el anexo 5, se logró obtener: localización de viviendas, vías, cajas y tapas de alcantarillado, drenajes, accidentes topográficos, visibles en la ortofotografía, y en si todo detalle de interés para el desarrollo del proyecto.

Ilustración 5-4 Salida Esquemática MDT.

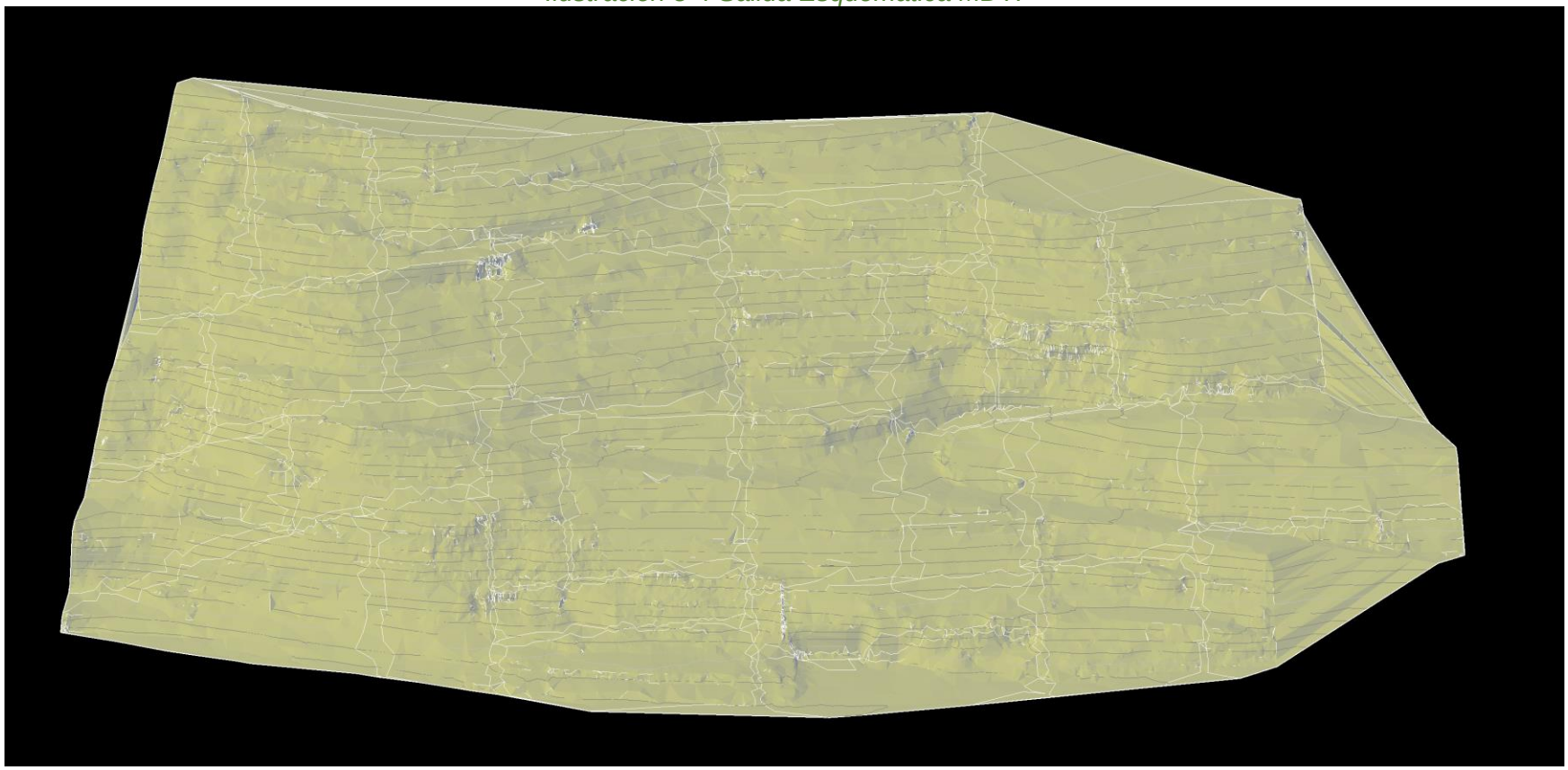
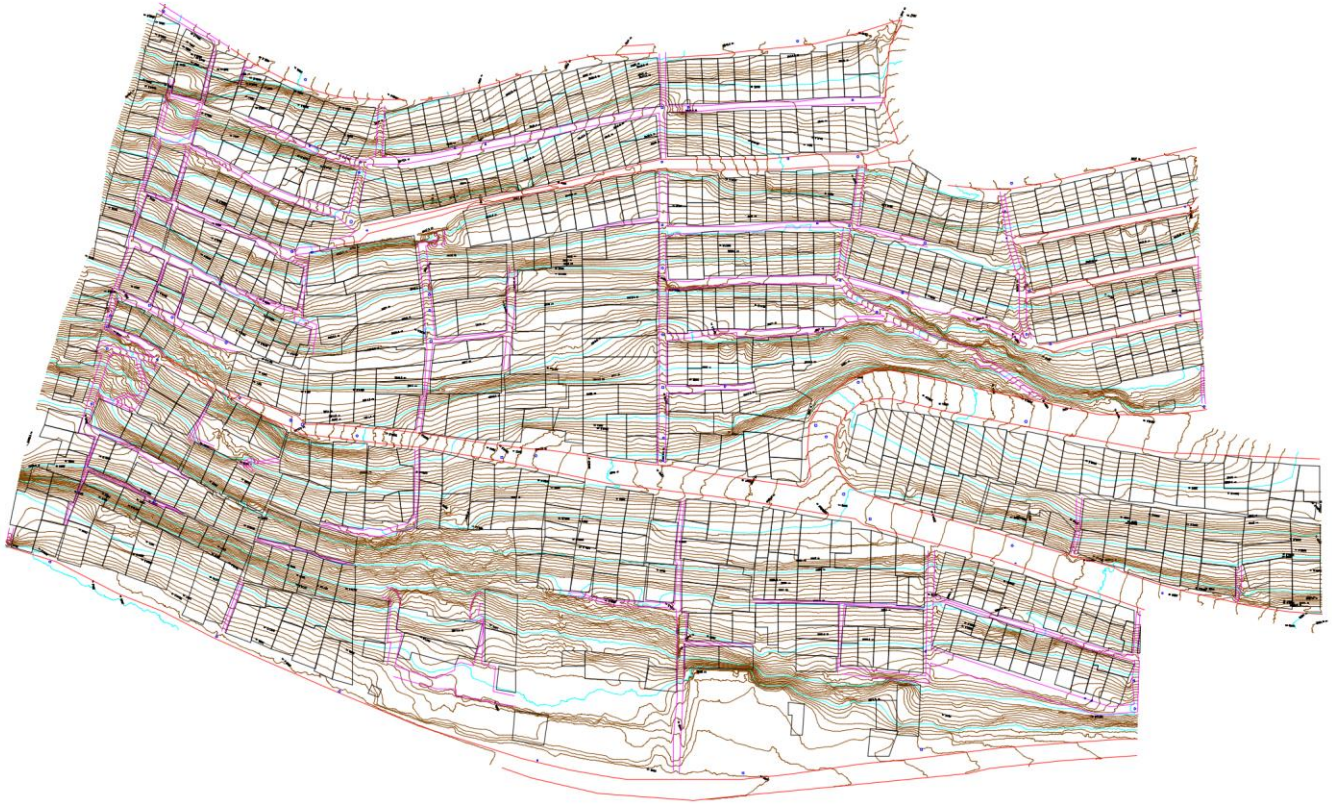


Ilustración 5-5 Salida Esquemática obtenido en Topografía.



6 EVALUACIÓN GEOLÓGICA

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área evaluada forma parte de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá, se ubica en la denominada Serranía de Usaquén, el sector estudiado y sus alrededores está conformado por rocas sedimentarias de edad Cretáceo afectadas por plegamiento, en forma discordante sobre las rocas Cretáceas reposan depósitos Cuaternarios. La secuencia sedimentaria aflorante hace parte de las Formaciones Arenisca de Labor – Tierna y Plaeners.

En relación con el marco tectónico, la secuencia sedimentaria presente hace parte del flanco occidental del Anticlinal de Usaquén, que es una estructura estrecha con orientación N5˚E, afectada por fallas. (Ver mapa geología regional)

El barrio Buenavista se encuentra asentado sobre una ladera integrada por areniscas, localmente sobre las rocas se presentan suelos residuales, suelo orgánico y depósitos antrópicos. En la parte baja de la ladera se presenta un depósito de coluvión, en contacto con el depósito de coluvión se encuentra la Formación Sabana.

6.1.1 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas presentes en el área estudiada y los alrededores, corresponden a rocas de la Formación Arenisca Labor Tierna, está unidad se encuentra recubierta por depósitos recientes. A continuación se realizará una descripción de las unidades mencionadas.

6.1.1.1 *Formación Arenisca Labor Tierna (K2lt):*

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 Arenisca de Labor y Tierna (K2lt), está integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, estratificadas en capas medias a gruesas. Intercalados con los niveles de areniscas se presentan capas delgadas de liditas, limolitas y arcillolitas; el espesor de la unidad se ha estimado en 220 m. (INGEOMINAS, 2015).

El contacto inferior de la Formación Arenisca de Labor y Tierna con la infrayacente Formación Plaeners es concordante y gradual rápido. El contacto superior, con la suprayacente Formación Guaduas es concordante y neto. La edad de la Formación Arenisca de Labor y Tierna es Maastrichtiano inferior (Pérez & Salazar, 1978; Föllmi, 1992).

6.1.1.2 *Formación Sabana (Q1Sa)*

Se denomina Formación Sabana (Q1sa) a los depósitos lacustres que afloran en toda la zona plana y que hacen parte de la Sabana de Bogotá, la unidad está constituida principalmente por arcillas lacustres y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas arcillosas (Helmens,1990).

6.1.1.3 *Depósito de coluvión (Qco)*

En el sector de la carrera séptima, en la parte baja de la ladera se presenta un depósito de coluvión (Qco) que ha conformado un cono aluvial, integrado por el material producto de la erosión que ha sido transportado desde la parte alta.

6.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La secuencia sedimentaria presente hace parte del flanco occidental de un anticlinal estrecho con una orientación promedio N 5 a 10˚E, que se encuentra limitado por dos fallas de orientación EW a NW-SE, el límite Norte de la estructura corresponde a la falla de Torca, que pone en contacto las Formaciones Arenisca de Labor-Tierna y Plaenners

6.1.3 DATOS ESTRUCTURALES

Los planos de estratificación descansan con dirección un rumbo general de N5E, con buzamientos entre 16 y 25 grados hacia el NW, de acuerdo a la información de los mapas publicados disponibles; el hecho de que el barrio 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, los taludes presentes en los cortes viales están cubiertos por mallas y concreto lanzado.

6.2 GEOLOGÍA LOCAL

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

El barrio Buenavista se encuentra asentado sobre una ladera estructural 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 nivel de areniscas friables, y en la parte superior en superficie, depósitos antrópicos asociados a la adecuación de terrenos para urbanizar y desechos de construcción. En el sector occidental se observa la presencia de un depósito de coluvión en el sector cercano a la Carrera Séptima.

6.2.1 ESTRATIGRAFÍA

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

6.2.1.1 *Formación Arenisca de Labor Tierna (K2lt):*

Unidad integrada por una secuencia de areniscas de grano fino de color gris, cementadas, estratificadas en capas de espesor medio a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y limolitas de color gris, estratificadas en capas finas a medias.

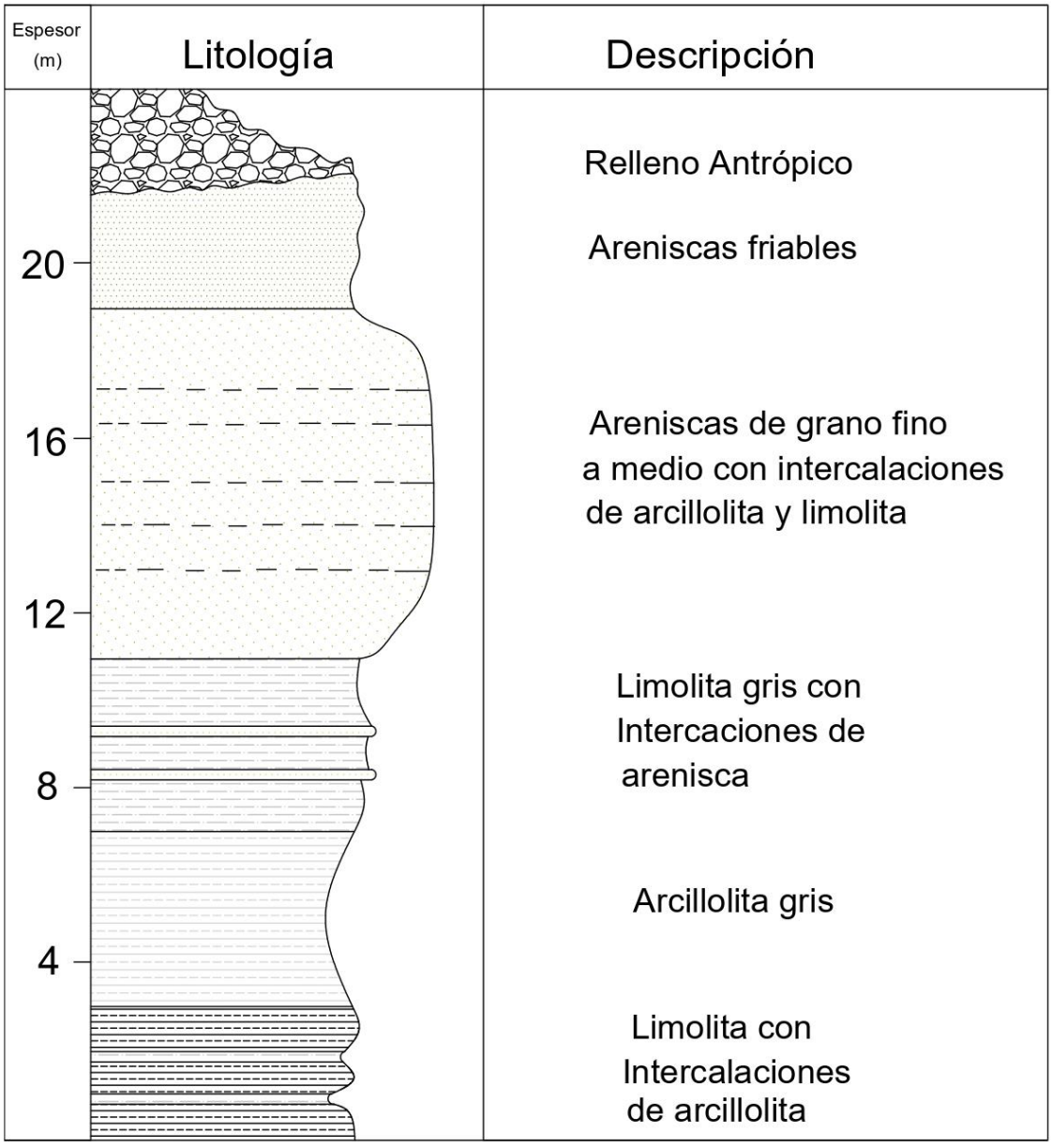
En el sector sur del polígono se realizaron los sondeos exploratorios S3, S4, S5 y S8 que permitieron establecer siguiente la secuencia litológica mostrada en la columna estratigráfica de la ilustración 20 y el perfil geológico 2, (ver ilustración 22).

La Formación Arenisca de Labor Tierna fue registrada en los sondeos exploratorios a partir de 4 y hasta 20 m. La secuencia inicia con un nivel de arenisca de grano fino a medio de color gris, con un espesor variable entre 11 metros en la parte baja de la ladera (S8), a 6 m en la parte media (S3). Luego aparece un nivel de limolita gris de forma lenticular, estratificado en capas de espesor medio, que alcanza un espesor de 3 a 4 m; a continuación aparece un nivel de arcillolita gris con un espesor entre 3 y 5 m, y en la parte baja un nivel de limolita con intercalaciones de arcillolita, con un espesor de 3 m.

En el sector norte del polígono se realizaron los sondeos exploratorios S2, S6, y S11 que permitieron establecer siguiente la secuencia litológica mostrada en la columna estratigráfica de la ilustración 21 y el perfil geológico 6, (ver mapa geología local).

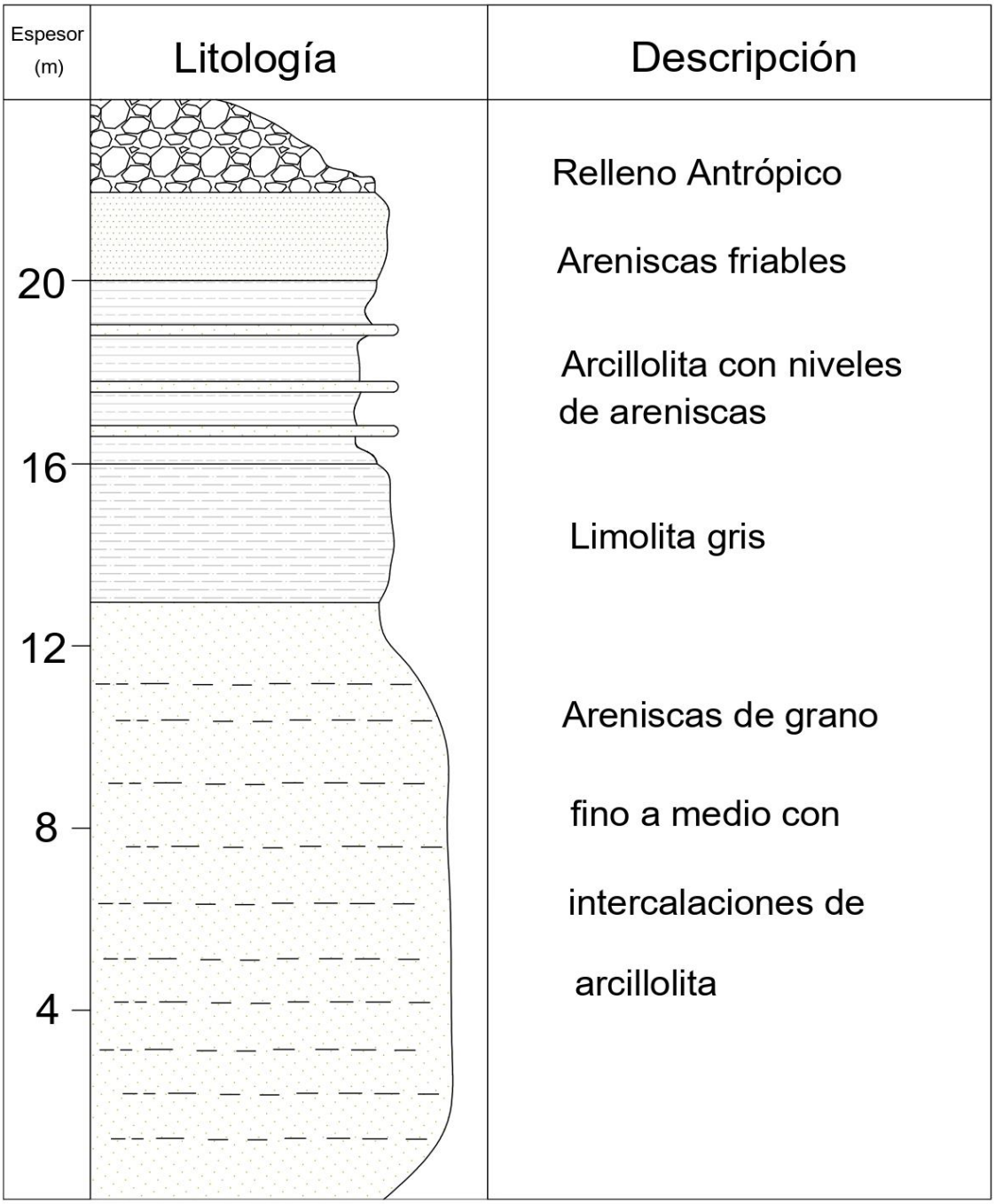
La Formación Arenisca de Labor Tierna fue registrada en los sondeos exploratorios a partir de 4 y hasta 20 m. La secuencia inicia con un nivel de arcillolita gris con presencia de alteración y algunos niveles de arenisca de grano fino, con un espesor variable entre 3 y 5 m. En el sector cercano al S6 Luego aparece un nivel de limolita gris de forma lenticular, estratificado en capas de espesor medio, que alcanza un espesor de 3.

Ilustración 6-1 Columna estratigráfica sector sur .



Fuente Elaboración propia.

Ilustración 6-2 Columna estratigráfica sector Norte .



Fuente: elaboración propia

En la parte baja de la secuencia explorada aparece un nivel de arenisca de grano fino a medio de color gris con niveles delgados de arcillolita con un espesor de 12 m.

6.2.1.2 *Areniscas friables (Qaf):*

Unidad integrada por areniscas cuarzosas de grano fino, con algo de limo, blandas cerca de la superficie, medianamente densas en profundidad, en la parte superior de la unidad se encuentra capa vegetal. El espesor es variable entre 2 y 4 m.

6.2.1.3 *Relleno antrópico (Qra):*

Unidad heterogénea integrada por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas, escombros de construcción, de color café amarillento; el espesor es variable entre 0.8 y 2.2 m.

6.2.1.4 *Depósito de coluvión (Qco):*

Unidad integrada por niveles de arenas, limos y arcillas producto de la erosión de los niveles de areniscas friables, arcillolitas y limolitas, que fueron transportadas por acción hidrogravitacional desde la parte alta y media de la ladera, hacia la parte baja cercana a la Carrera Séptima.

6.2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

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

6.2.3 DATOS ESTRUCTURALES

Los planos de estratificación descansan con un orientación general o rumbo de N5 a10E, con un buzamiento promedio de 25 grados hacia el NW, el hecho de que el barrio 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, los taludes presentes en los cortes viales están cubiertos con concreto lanzado.

El valor del buzamiento de la unidad de roca fue definido a partir de información secundaria, se consultó un informe del año 1995 cuando se realizó un trabajo para estabilizar un talud de una vía,(inf 035-95-ES), se midió un rumbo NS buzando 22˚ al W. Además se realizó una revisión de los mapas geológicos realizados por el INGEOMINAS y de las fotografías aéreas utilizadas en el presente estudio, para establecer un valor promedio para el rumbo de la estructura y el valor del buzamiento de las capas; los valores establecidos corresponden a rumbo N 5˚ E y un buzamiento entre 22 y 25˚ hacia el NW.

6.3 MODELO GEOLÓGICO

El área evaluada hace parte de una área montañosa plegada, donde se originó una estructura anticlinal, modelada por procesos de erosión, que removieron los materiales sueltos, transportándolos hasta la parte baja y originando un depósito de coluvión. La ladera donde se ubica el barrio Buenavista hacia parte de una zona rural con una cubierta vegetal arbustiva que hasta el año 1960 estaba dedicada únicamente a la recreación, en el año 1960 se realiza la construcción de una vía de acceso para vehículos que atraviesa totalmente el polígono evaluado, la vía presenta varias regresivas y se construyó con el objeto de acceder desde la carrera séptima a empalmar con la vía hacia Sopó.

En el año 1977 se trazaron 4 vías complementarias a la vía existente, en el sentido paralelo a la pendiente, con el claro propósito de realizar un proceso de parcelación del polígono evaluado, que hacia parte de la urbanización Buenavista. Se observa el trazado de senderos de acceso peatonal entre las vías, sobre estos senderos se construirán en el futuro las escaleras. Para la época la ladera presentaba una forma escalonada a abrupta, estaba cubierta por arbustos y destinada para uso recreativo; solamente existían dos construcciones, pero es evidente que en el predio se planeaba realizar una parcelación.

En el año 1986 se observa que el proceso de parcelación ya se ha culminado, en el polígono la cubierta vegetal arbustiva desapareció y fue reemplazada por un acelerado proceso de urbanización, el predio original se subdividió en una gran cantidad de pequeños predios, donde se llevaron a cabo construcciones de carácter informal de una sola planta.

En el 2014 se observa que el proceso de urbanización se ha completado en su totalidad, se han realizado construcciones hasta de 4 pisos, con elevada densidad; existen muy pocos espacios verdes. Se culminaron las vías de acceso vehicular y peatonal al barrio, como también se construyeron las escaleras de acceso desde la parte baja, el barrio cuenta con vías de acceso pavimentadas y adoquinadas, tiene red de acueducto y alcantarillado, energía y teléfono, además una institución educativa distrital y un puesto de salud.

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 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 2 se realizó en el sector sur relacionando los resultados de los sondeos exploratorios S3, S4, S5 y S8. 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 2 m. Infrayaciendo el depósito se encuentra un nivel de areniscas friables, con un espesor promedio cercano a los 2 m, que corresponde al nivel superior de la Formación Arenisca de labor Tierna. (Ver ilustración 27).

La secuencia continua con un nivel de arenisca de grano fino a medio de color gris, con un espesor promedio de 8.5 m, luego aparece un nivel de limolita gris de forma lenticular, con un espesor de 3.5 m; a continuación aparece un nivel de arcillolita gris con un espesor de 4 m, y en la parte baja un nivel de limolita con intercalaciones de arcillolita, con un espesor de 3 m.

La sección 6 se realizó en el sector norte relacionando los resultados de los sondeos exploratorios S2, S6 y S11. 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 2.2 m. Infrayaciendo el depósito se encuentra un nivel de areniscas friables, con un espesor promedio cercano a los 2.3 m, que corresponde al nivel superior de la Formación Arenisca de labor Tierna. (Ver ilustración 28).

La secuencia continua con un nivel de arcillolita de color gris, con un espesor promedio de 4.5 m, luego aparece un nivel de limolita gris de forma lenticular, en el sector del sondeo 6, con un espesor de 2.5 m; a la misma profundidad se presenta un nivel de areniscas de grano fino a medio de color gris, presente en los sondeos 2 y11 hasta la profundidad explorada, con un espesor de 12 m.

Se registró en el subsuelo la presencia de la Formación Arenisca de Labor y Tierna (K2lt), integrada por una secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino, estratificadas en capas medias a gruesas, con intercalaciones de arcillolitas y limolitas en capas de espesor fino a medio. Las capas se encuentran buzando en el mismo sentido de la pendiente con un ángulo estimado de 25˚. La parte superior de la unidad corresponde a un nivel de areniscas friables (Q2af), de grano fino con intercalaciones de lodolitas y arcillolitas alteradas, que registró un espesor entre 2 y 4 m.

En la secuencia explorada la parte superior corresponde a un depósito antrópico (Qra), unidad heterogénea integrada por arena limosa, materiales sobrantes de excavación, fragmentos de areniscas, escombros de construcción, de color café amarillento; el espesor es variable entre 1 y 3 m.

En el sector occidental del barrio en la parte baja, cercana la carrera séptima, se presenta un depósito de coluvión (Qco), que conforma un cono aluvial explayado, el depósito está integrado por arenas, limos y arcillas.

El modelo geológico está representado en las secciones 2 y 6 que acompañan al mapa de geología local y que se muestran como las ilustraciones 27 y 28.

Ilustración 6-3 Capa vegetal Proveniente del sondeo 4.



Ilustración 6-4 nivel de areniscas friables provenientes del sondeo 3.

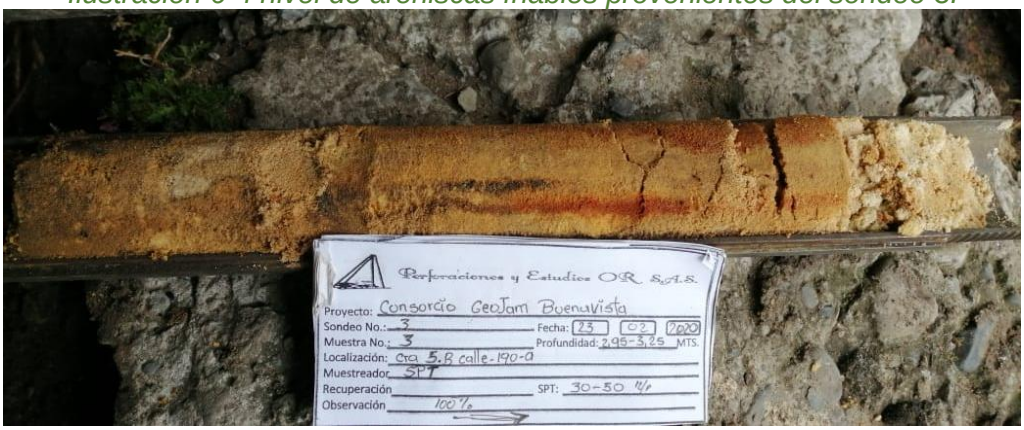


Ilustración 6-5 Nivel de areniscas de grano fino provenientes del sondeo 3.



Ilustración 6-6 Nivel de arcillolitas provenientes del sondeo 4



Ilustración 6-7 Nivel de limolitas provenientes del sondeo 6..



Ilustración 6-8 Sección Geológica del sector sur

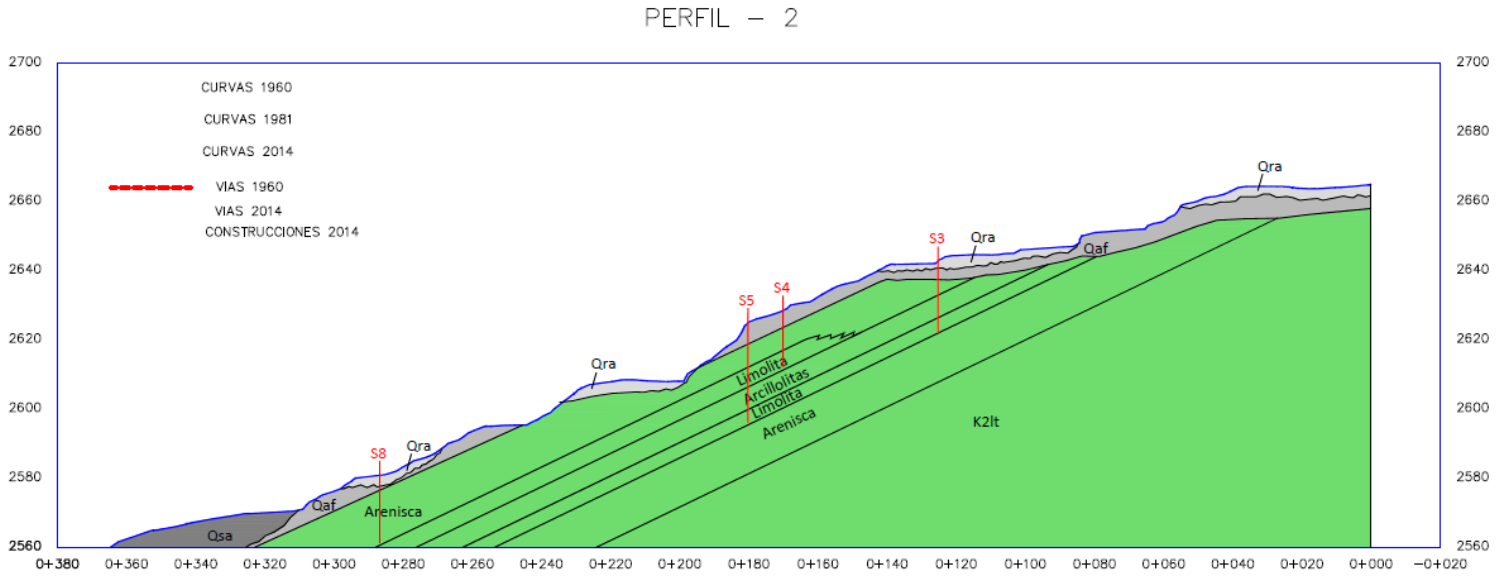
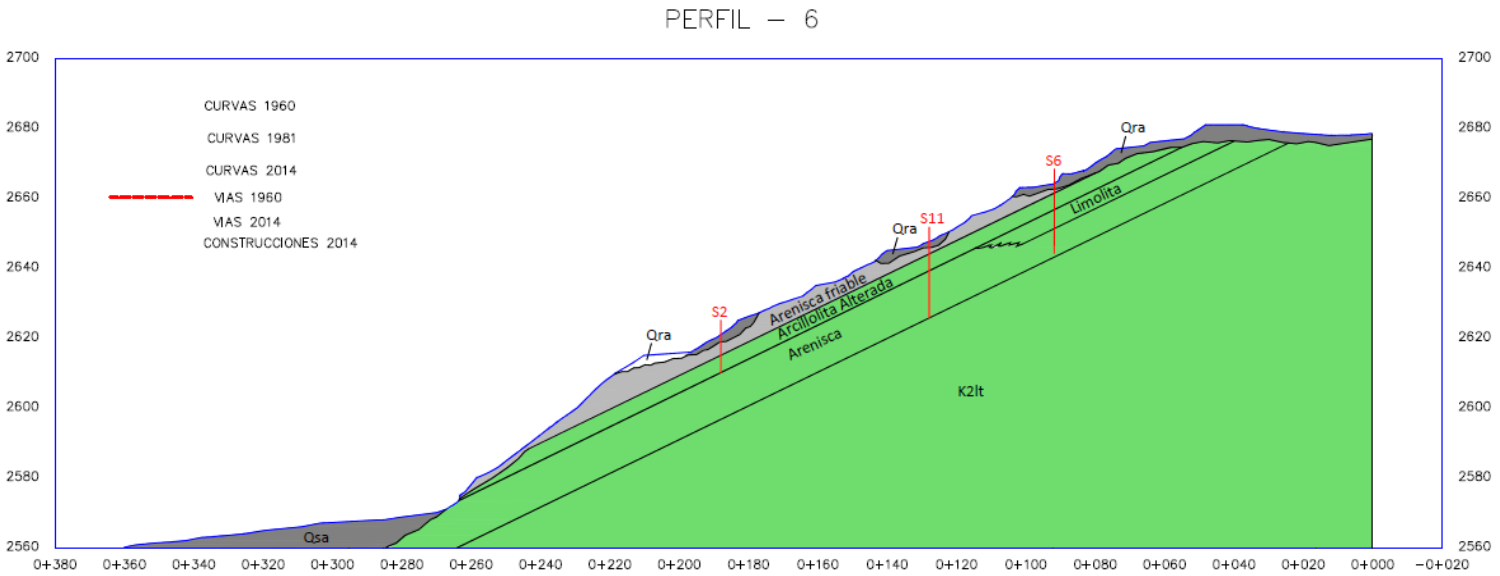


Ilustración 6-9 Sección Geológica del sector Norte



7 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 inclinada y areniscas friables; la erosión transportó material desde la parte alta hacia la parte baja de la ladera, donde se generó un depósito que conformó un abanico explayado con una zona de menor pendiente.

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 división del predio en lotes, construcción de escaleras y la construcción de viviendas, además dispuso materiales sobrantes sobre las laderas adyacentes a las viviendas, para conformar vías de acceso peatonal y vehicular.

.

7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS GEOFORMAS

En la región Oriental de Usaquén se presenta en forma de sierra anticlinal de morfología montañosa de dirección aproximada norte – sur, con elevaciones sobre la sabana de Bogotá de 100 – 250 m. El sector evaluado hace parte del flanco occidental de la estructura, se caracteriza por presentar una superficie estructural donde la pendiente del terreno se empina de 25° - 30°; en la parte media de ladera se presenta un escalón donde las pendientes presentes varían entre 5° y 15°. En la parte baja de la ladera se presenta una zona amplia de relieve bajo que hace parte de la altiplanicie, con pendientes de 5° a 10° de inclinación, donde se forman conos de deyección ocasionados por el cambio de pendiente.

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 la unidad geomorfológica denominada Área Urbanizada (Aur). Esta zona no se clasifica en subunidades debido a sus constantes modificaciones por acciones antrópicas. La

urbanización Buenavista se construyó cerca de la parte baja de la ladera, donde esta presenta una fuerte inclinación, con cortes producidos por la construcción de vías, escaleras y accesos peatonales.

7.2 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, agradaciónales, denudativas, y la intervención antrópica.

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

En el sector evaluado se destacan tres unidades geomorfológicas, la primera corresponde a una Ladera Estructural donde la morfogénesis es denudativa, la segunda corresponde a una zona de cornisa estructural, donde la morfogénesis predominante es estructural, y la tercera corresponde a un Cono coluvial donde la morfogénesis es agradacional. (Ver mapa geomorfológico).

La Tabla 8-1 describe las características de las unidades geomorfológicas identificadas:

Tabla 7-1. Unidades Geomorfológicas

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SÍMBOLO	MORFOLOGÍA	MORFOGÉNESIS	PROCESOS MORFODINÁMICOS
Ladera Estructural denudada	**Dlep**	Ondulada	Denudativa	Erosión laminar
Cornisa estructural	**Scor**	Ondulada	Estructural	Erosión laminar
Cono coluvial	**Dco**	Ondulada	Agradacional	

Fuente: Elaboración propia.

7.2.1.1 *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 parques, teniendo en cuenta que gran parte del polígono estudiado se encuentra ocupado por construcciones.

7.2.1.2 - *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.

7.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Para realizar el análisis multitemporal se utilizaron dos juegos de fotografías aéreas, y una imagen de satélite, las fotografías aéreas corresponden al vuelo C–1799, en escala 1:8.900 de diciembre de 1977, fotos 046 y 046 y el vuelo C-2265, en escala 1:23.400 de noviembre de 1986, fotos 010 y 011. La imagen de satélite es de Ideca mapas Bogotá del año 2014.

Para realizar el análisis multitemporal se utilizaron dos juegos de fotografías aéreas, y una imagen de satélite, las fotografías aéreas corresponden al vuelo C–1799, en escala 1:8.900 de diciembre de 1977, fotos 046 y 046 y el vuelo C-2265, en escala 1:23.400 de noviembre de 1986, fotos 010 y 011. La imagen de satélite es de Ideca mapas Bogotá del año 2014.

En la fotografía del año 1977 se observa una red de drenaje poco densa, bien integrada, de forma sub-paralela, una de las laderas fue intervenida para la construcción de una vía de acceso hacia la parte alta, que presenta varias regresivas. Se observa la presencia de una cubierta vegetal arbustiva, con presencia de pocas construcciones de madera tipo informal, localizadas cerca de la vía construida.

Adicionalmente a la vía construida hacia la parte alta, que atraviesa el predio donde se desarrollará posteriormente el barrio Buenavista, se le trazaron 4 vías complementarias en el sentido paralelo a la pendiente, con el claro propósito de realizar un proceso de parcelación del predio. Se observa el trazado de senderos de acceso peatonal entre las vías, sobre estos senderos se construirán en el futuro las escaleras.

Para la época la ladera donde se ubicará el barrio, presenta una forma escalonada a abrupta, está cubierta por arbustos y destinada para uso recreativo, el terreno sobre el que se asentará el barrio fue intervenido únicamente con la construcción de las vías de acceso,

no fue utilizado para explotación minera; el predio contiguo hacia el norte fue destinado a la explotación minera, se observan dos canteras de arena de tipo artesanal. En la parte alta de la ladera, lejos del predio del barrio, se observan varias canteras de arena, de diversos tamaños, todas con explotaciones artesanales. (Véase ilustración 7-1).

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 y localmente erosión en cárcavas, que afecta un sector de un talud por el que desciende el agua lluvia desde la parte alta. En la ladera donde se ubicará el barrio Buenavista no se observan procesos de remoción en masa.

En la fotografía del año 1986 se observa que el proceso de parcelación ya se ha culminado, en el predio del barrio la cubierta vegetal arbustiva ha sido reemplazada por un acelerado proceso de urbanización, el predio original se subdividió en una gran cantidad de pequeños predios, sobre los que se están adelantando construcciones de carácter informal de una sola planta.

Ilustración 7-1 Fotografía aérea año 1977. Esc. 1:5000.

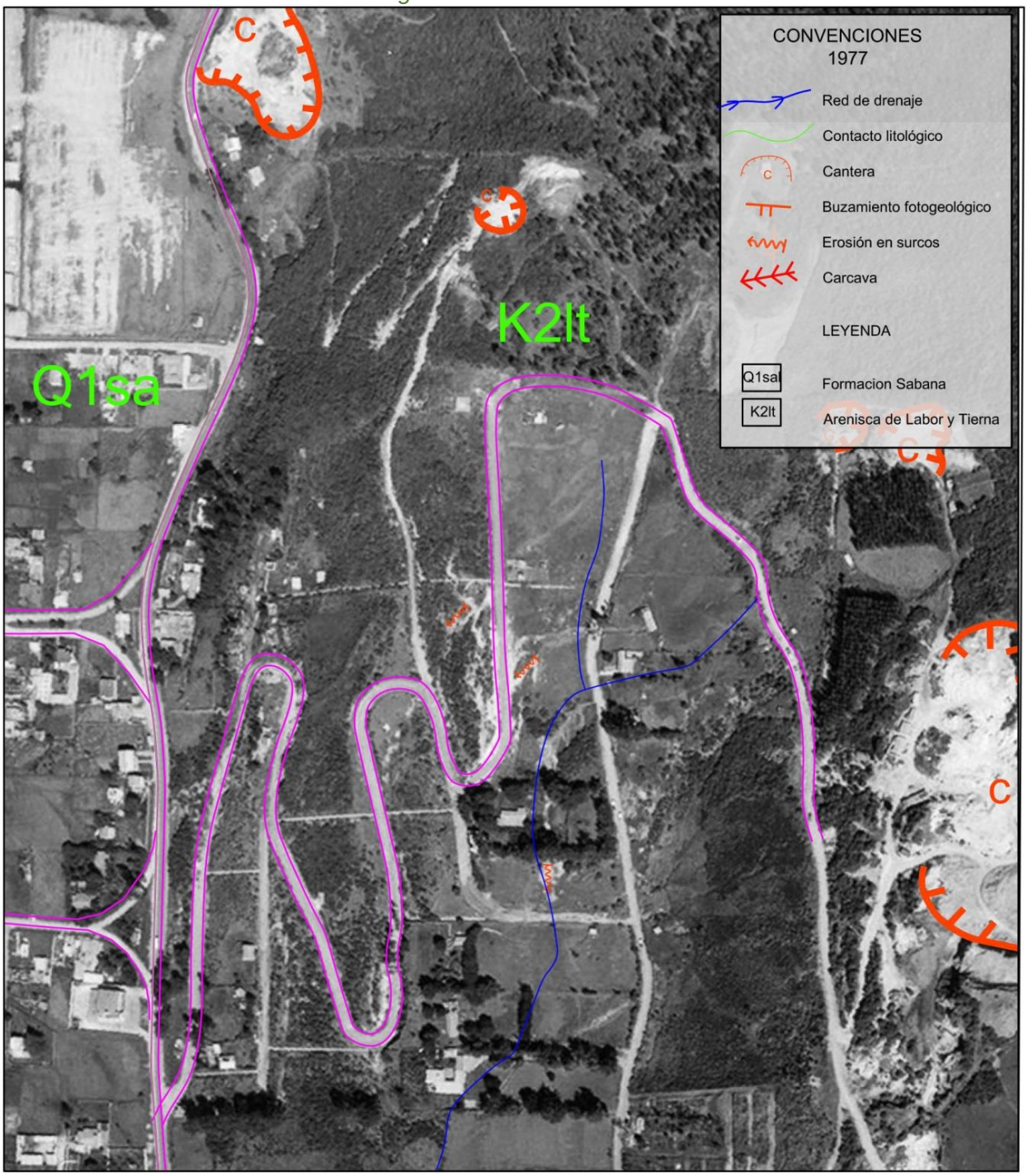


Ilustración 7-2 Fotografía aérea año 1986. Esc. 1:5000



El proceso de explotación de canteras artesanales para arenas continuó en los predios cercanos localizados al norte y lejanos ubicados en la parte alta, todos vinculados a la vía de acceso que va hacia Sopó.

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 dos predios destinados a la recreación. (Véase ilustración 7-2).

En la Imagen de satélite del año 2014 se observa que el proceso de urbanización se ha completado en su totalidad, se han realizado construcciones hasta de 4 pisos, con elevada densidad; existen muy pocos espacios verdes. Se culminaron las vías de acceso vehicular y peatonal al barrio, como también se construyeron las escaleras de acceso desde la parte baja. (Véase ilustración 7-3).

Sobre la carrera 6a se construyó una obra hidráulica que permite captar las aguas que escurren por esta vía desde la parte alta, y conducirlas hacia la red de aguas lluvias para evacuarlas 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 ilustración 32 se observa el resultado del análisis multitemporal de los procesos morfodinámicos, en color rojo se marcan los procesos del año 1977, en color fucsia los procesos del año 1984 y en color naranja los procesos del año 2014.

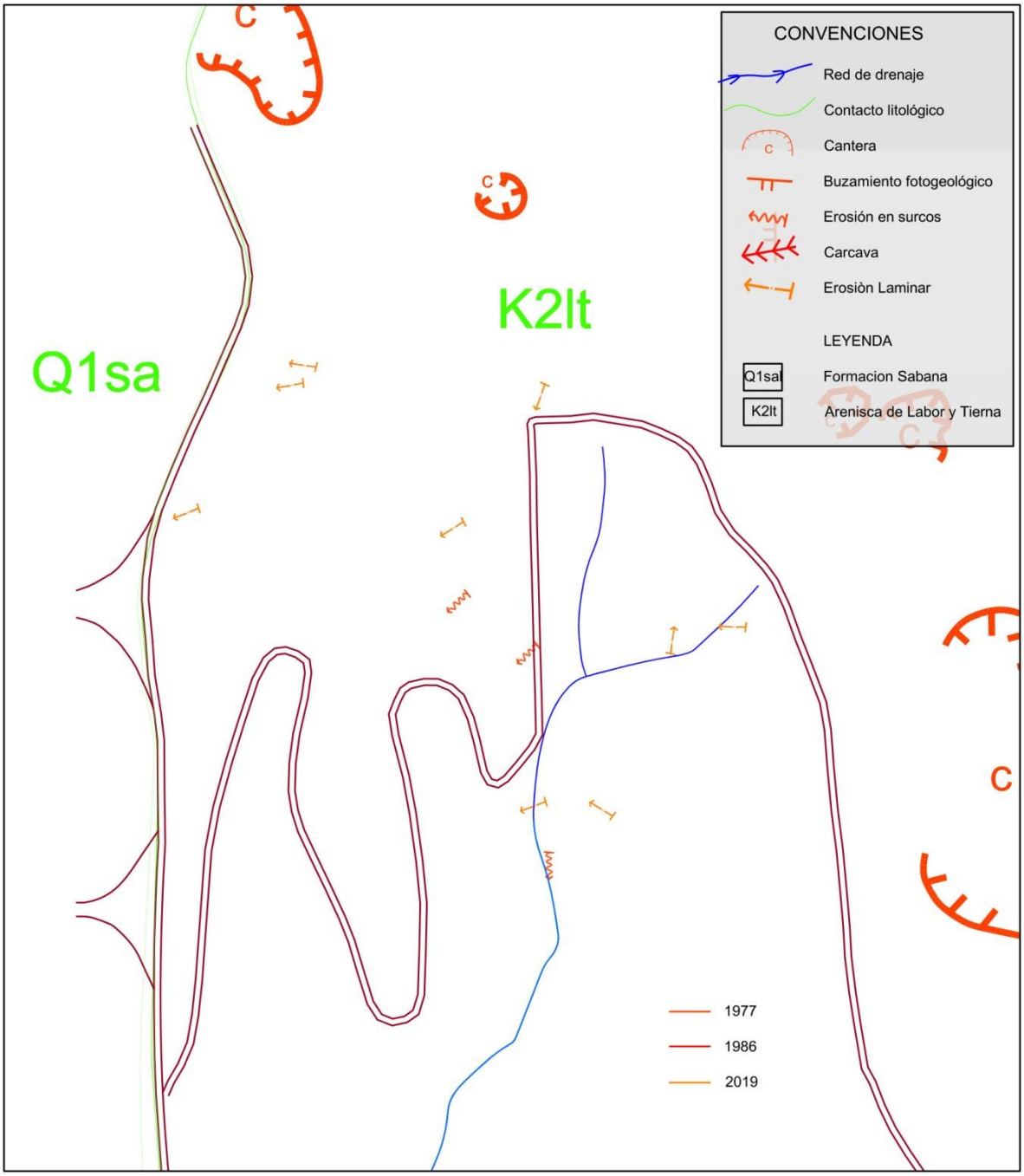
Los procesos morfodinámicos presentes en el polígono evaluado para el periodo analizado corresponden a procesos erosivos, de carácter local, tipo erosión difusa y concentrada que se manifiestan por la presencia de erosión laminar y en surcos, procesos que se presentan en sectores desprovistos de vegetación,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

Ilustración 7-3 Imagen de satélite año 2019. Esc. 1:5000



Fuente: Ideca Mapas Bogotá

Ilustración 7-4 Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos. Esc. 1:5000



Fuente: Propia

8 HIDROGEOLOGÍA

8.1 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS

El barrio Buenavista se localiza en la localidad de Usaquén al nororiente de la ciudad de Bogotá, entre la carrera 5 y avenida carrera 7 y las calles 189 B Y 192 D, tiene un área aproximada de 7.56 Ha; los límites del barrio Buenavista son los siguientes, al norte el barrio La Estrellita I, occidente barrio Tibabita, sur barrio La estrellita III y oriente el barrio Mirador del Norte.

El polígono se ubica en una ladera con orientación general NNE y pendiente al NW, en el sector occidental se presenta la mayor elevación que corresponde a 2680 m, la parte central y oriental corresponde a una ladera uniforme que desciende en forma continua hacia el NW, hasta una altura de 2565 m en el sector occidental cerca del trazo de la carrera Séptima.

Las vías de acceso al polígono evaluado corresponden a la carrera 6a, desde la carrera Séptima el sector occidental y carrera 4, por el sector oriente, que representa un acceso desde el sur y conecta con la calle 189.

8.2 CONDICIONES DE USO ACTUAL

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

8.3 CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA TEXTURA DE LOS MATERIALES

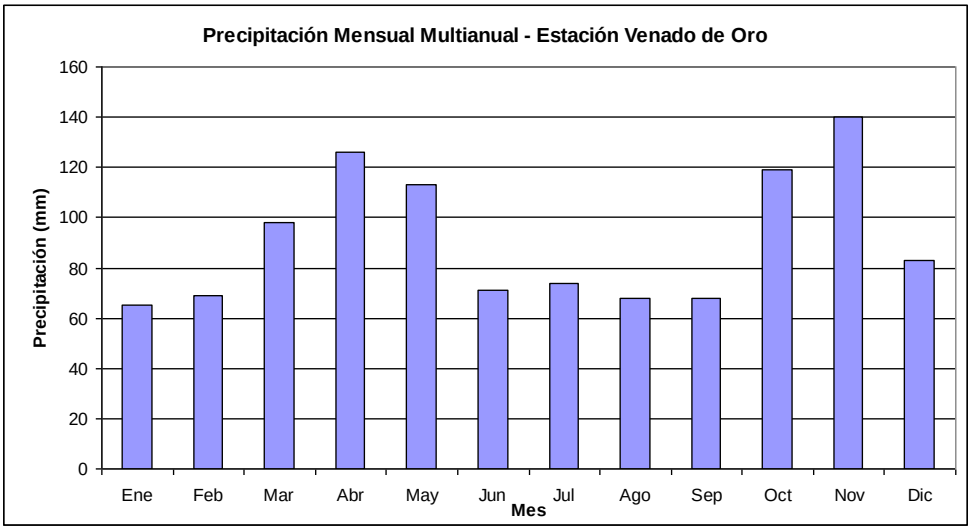
Uno de los objetivos primordiales de un estudio hidrogeológico es determinar y cuantificar en lo posible la capacidad de las unidades geológicas presentes en un área para almacenar y trasmitir agua subterránea; para la caracterización de las unidades hidrogeológicas se recurrió a información litológica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

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

8.4 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS Y PLUVIOMÉTRICAS DEL ÁREA.

Las condiciones climáticas de la zona fueron definidas por el estudio “Caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo” IDEAM. 2007. Se tomó como referente la estación Venado de Oro.

Ilustración 8-1 Precipitación mensual multianual Estación Venado de Oro.



La zona evaluada presenta un clima frio, con temperatura media multianual es de 12.6 °C, el régimen de lluvias es bimodal, las precipitaciones mensuales oscilan entre 98 y 140 mm, la precipitación media mensual multianual es de 1093 mm.

8.5 EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

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

El predio evaluado presenta un clima frio, con temperatura promedio de 12.6 °C, la precipitación media anual es de 1093 mm, en relación con la infiltración de agua lluvia se puede afirmar que corresponde a un valor bajo, dado que gran parte del área se encuentra

ocupada por construcciones y vías de acceso, que conforman zonas impermeables, donde se presentará escorrentía del agua lluvia.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

9.1 Recopilación de Información existente

La caracterización hidrológica del polígono de estudio está apoyada en la información disponible por entidades del orden nacional, regional y distrital. Las condiciones climáticas para el sitio se determinaron con el uso de información secundaria obtenida de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambiental (IDEAM).

Con la información disponible fue posible obtener las lecturas de las estaciones hidrometeorológicas en escala diaria, seguidamente. Dado el número de estaciones y su cercanía al polígono de estudio las mediciones pueden ser representativas para llevar a cabo un análisis hidrológico.

Adicionalmente, resulta de gran utilidad la información secundaria de la zona como un complemento para la descripción del régimen espacial y temporal de las variables hidrometeorológicas que definen el clima en la zona de estudio, lo anterior debido a que las estaciones más próximas a los puntos de interés son Pluviográficas. Para tal fin, se tiene en cuenta el estudio realizado para la Secretaría Distrital de Ambiente denominado “Sistema de modelamiento hidrogeológico del Distrito Capital” (Franco, 2013) y el publicado por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM denominado “Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo”.

9.1.1 Estaciones Meteorológicas aferentes a la zona de estudio

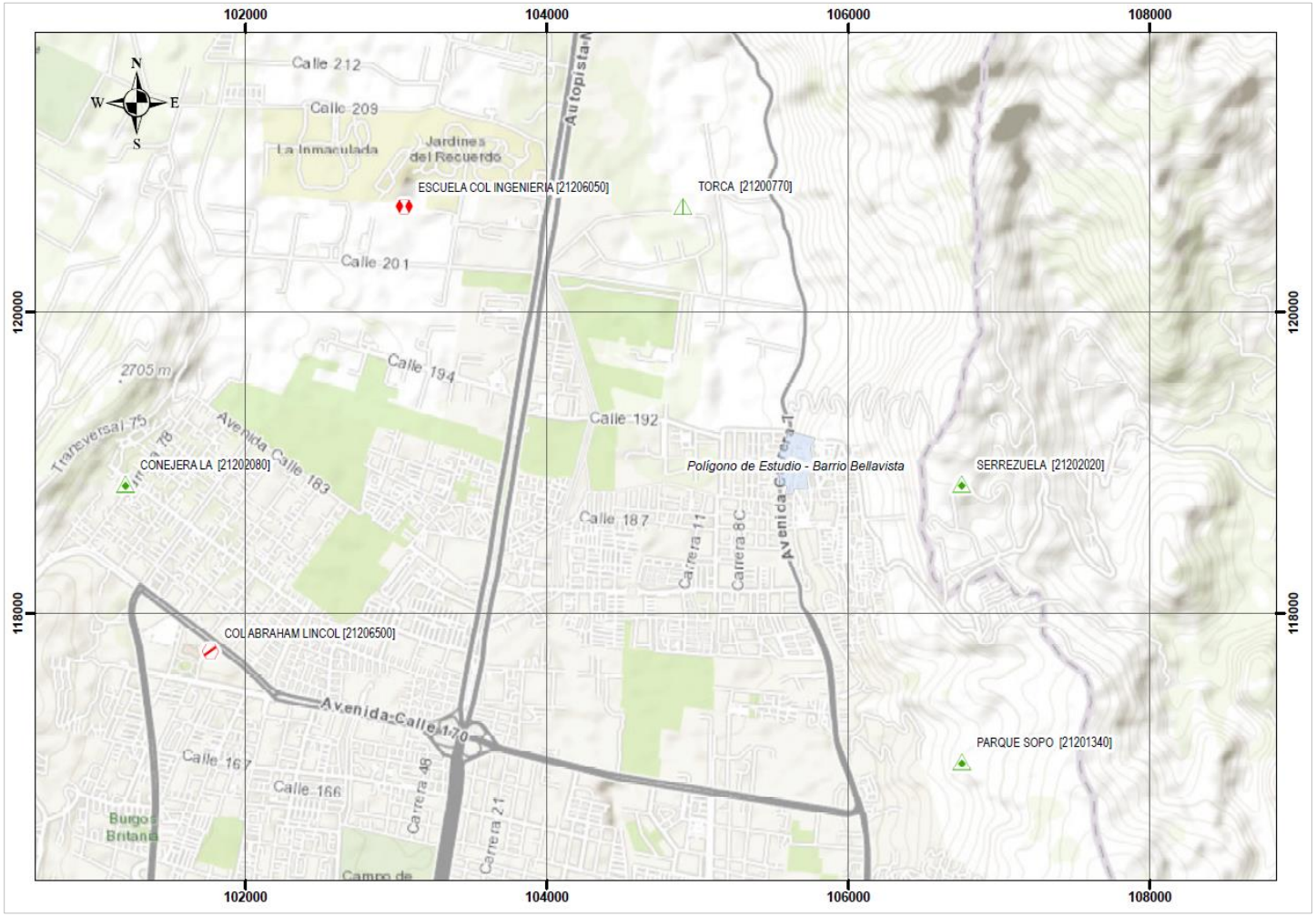
A partir del "shape" de estaciones hidrometeorológicas a nivel nacional del IDEAM, se identifican seis estaciones meteorológicas, con información suficiente (superior a 10 años de registro continuo), para el desarrollo del estudio hidrológico e hidráulico presentado a continuación:

Tabla 9-1 Estaciones meteorológicas aferentes a la zona de estudio.

Nombre	Categoría	Fecha Instalación	Altitud	Latitud	Longitud	Municipio	Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Entidad	Fecha de Suspensión	Subzona
SERREZUELA [21202020]	Pluviográfica	15/11/1989	2800	4.766667	-74.01667	Bogotá, D.C	Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Empresa De Acueducto Y Alcantarillado De Bogotá E.S.P	-	Río Bogotá
CONEJERA LA [21202080]	Pluviográfica	15/05/1990	2500	4.766667	-74.06667	Bogotá, D.C	Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Empresa De Acueducto Y Alcantarillado De Bogotá E.S.P	-	Río Bogotá
PARQUE SOPO [21201340]	Pluviográfica	15/03/1980	2540	4.75	-74.01667	Sopó	Magdalena Cauca	Alto Magdalena	CAR - Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca	-	Río Bogotá
TORCA [21200770]	Pluviométrica	15/02/1960	2579	4.783333	-74.03333	Bogotá, D.C	Magdalena Cauca	Alto Magdalena	CAR - Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca	-	Río Bogotá
COL ABRAHAM LINCOL [21206500]	Climática Ordinaria	15/10/1994	2570	4.756639	-74.06158	Bogotá, D.C	Magdalena Cauca	Alto Magdalena	IDEAM - Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales	03/11/2009	Río Bogotá
ESCUELA COL INGENIERIA [21206050]	Climática Principal	15/04/1986	2650	4.783333	-74.05	Bogotá, D.C	Magdalena Cauca	Alto Magdalena	IDEAM - Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales	10/12/2008	Río Bogotá

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 9-1 Ubicación de las estaciones meteorológicas aferentes a la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.

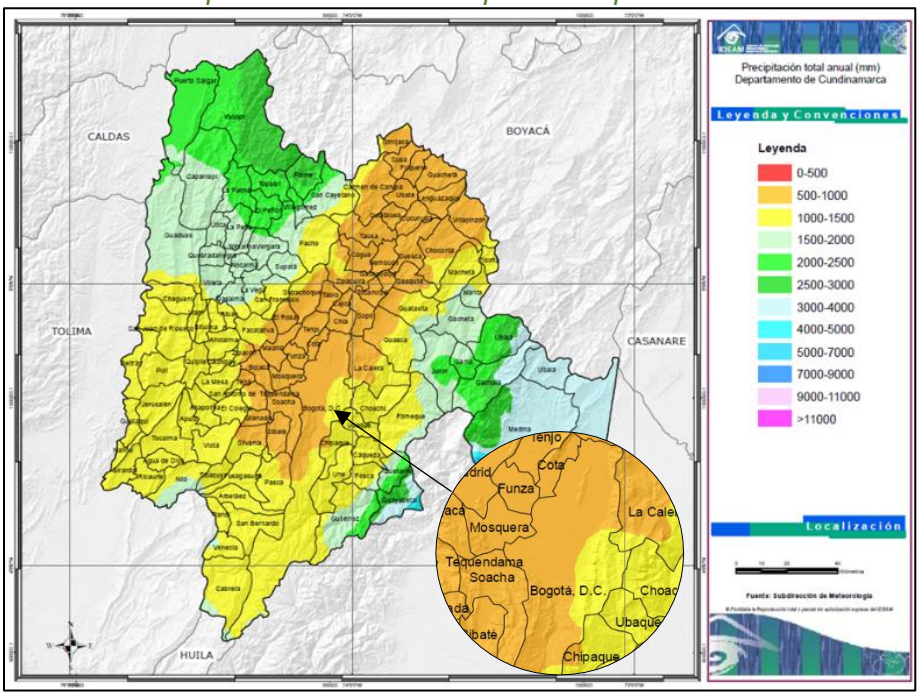
9.2 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL

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.

9.2.1 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.

Ilustración 9-2 Precipitación media anual para el departamento Cundinamarca.



Fuente: IDEAM, 2014.

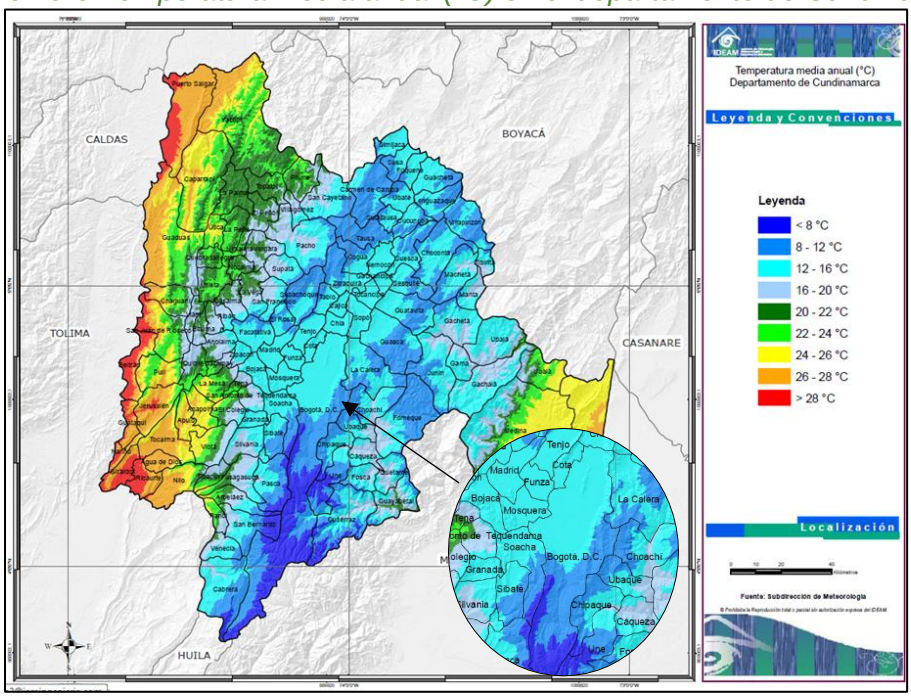
Para la zona norte de Bogotá, la precipitación presenta un rango bajo respecto a los valores nacionales establecidos por el IDEAM, arrojando valores promedio entre 500 a 1000 mm, que aumentan hacia los cerros orientales de la ciudad.

9.2.2 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.

Ilustración 9-3 Temperatura media anual (°C) en el departamento de Cundinamarca.



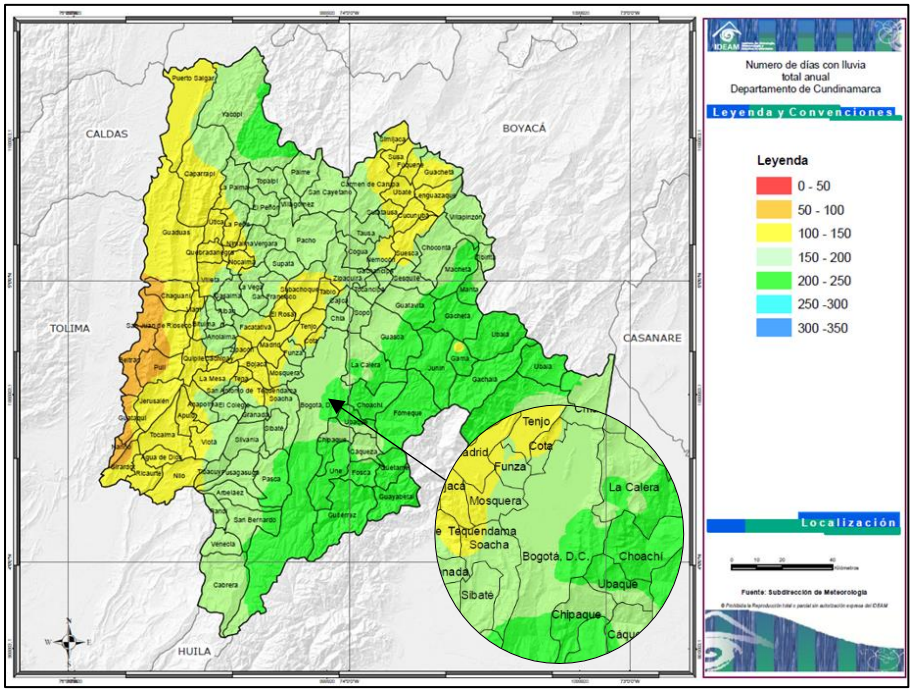
Fuente: IDEAM, 2014.

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.

9.2.3 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.

Ilustración 9-4. Número de días con lluvia para el departamento de Cundinamarca.



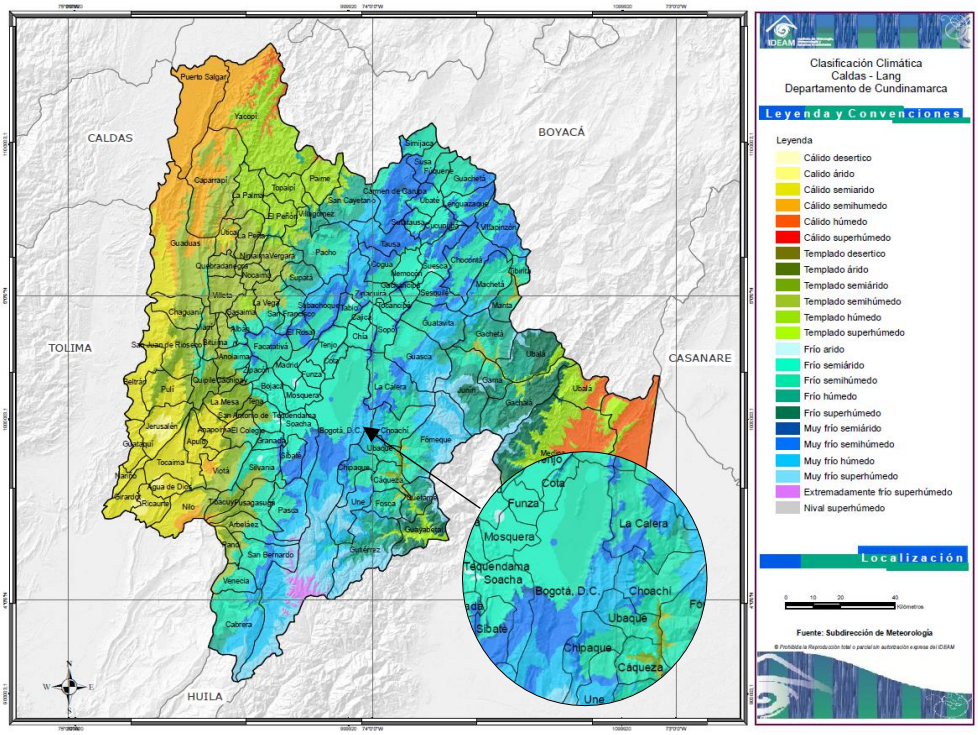
Fuente: IDEAM, 2014.

9.2.4 Clasificación Climática

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

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

Ilustración 9-5 Clasificación Climática del departamento de Cundinamarca.

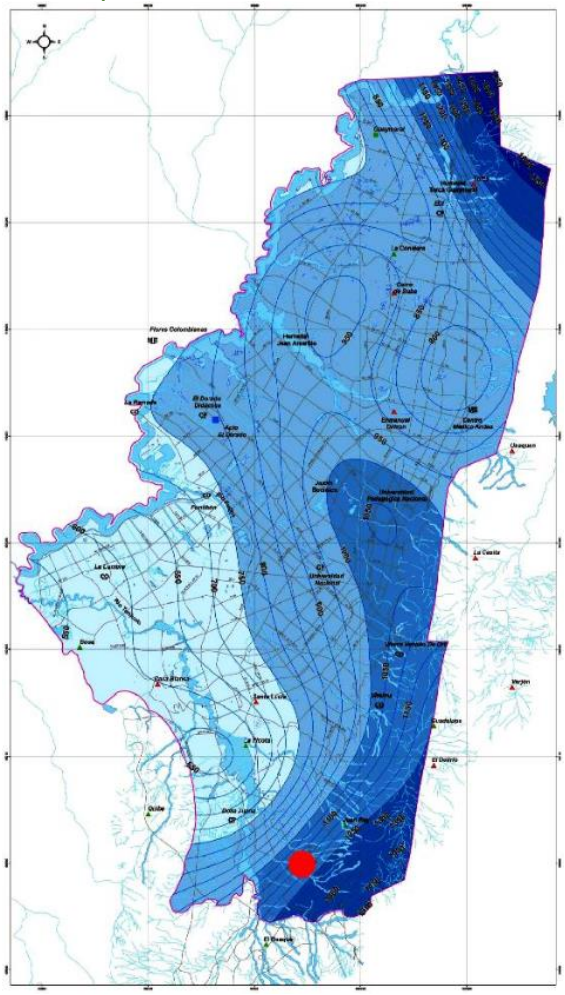


Fuente: IDEAM, 2014.

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.

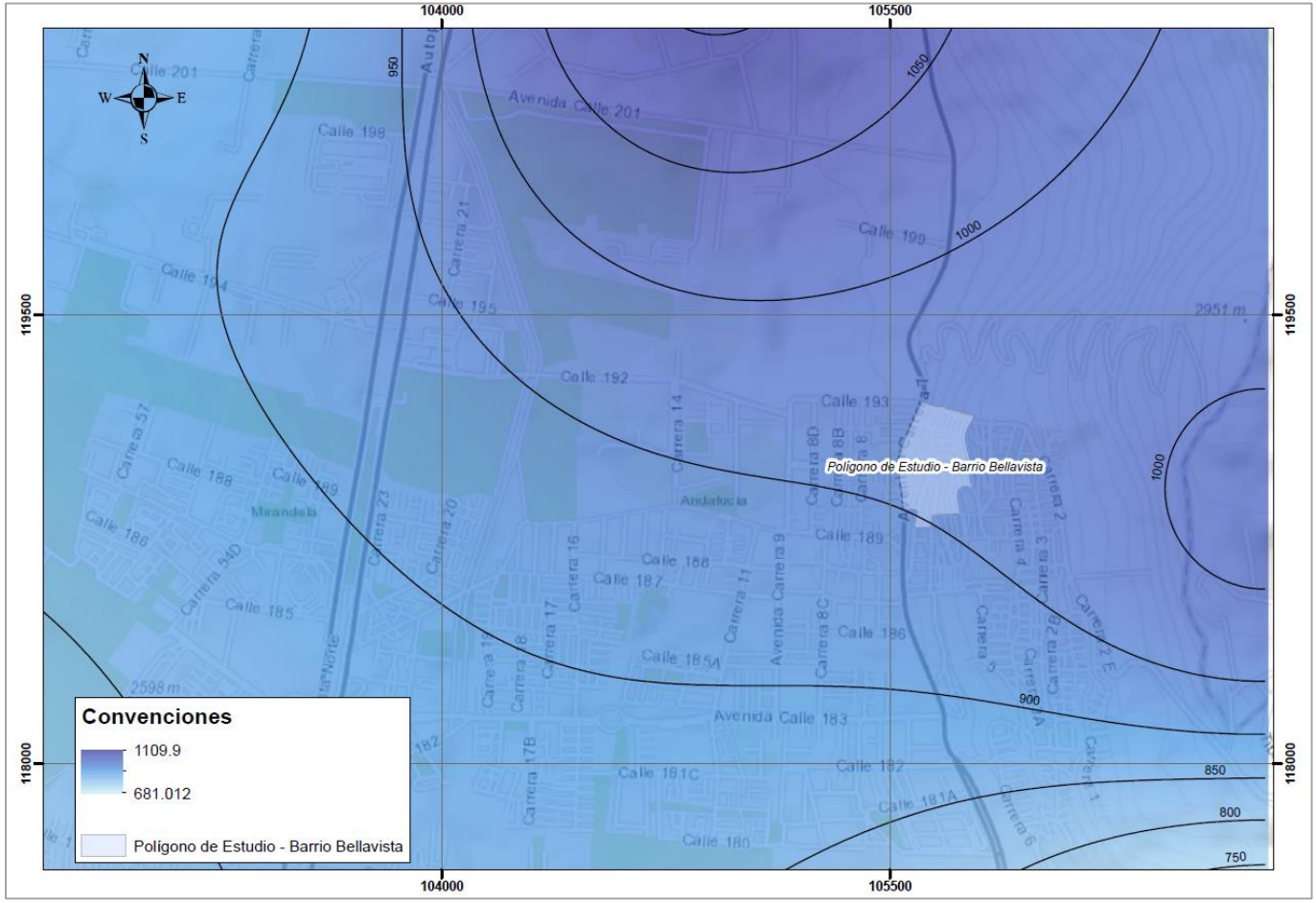
Ilustración 9-6 Precipitación total anual en la ciudad de Bogotá D.C.



Fuente: Veloza Franco, 2013.

Para las condiciones particulares de precipitación en el polígono de estudio, se utilizaron las estaciones climatológicas presentadas en la Tabla 9-1, 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.

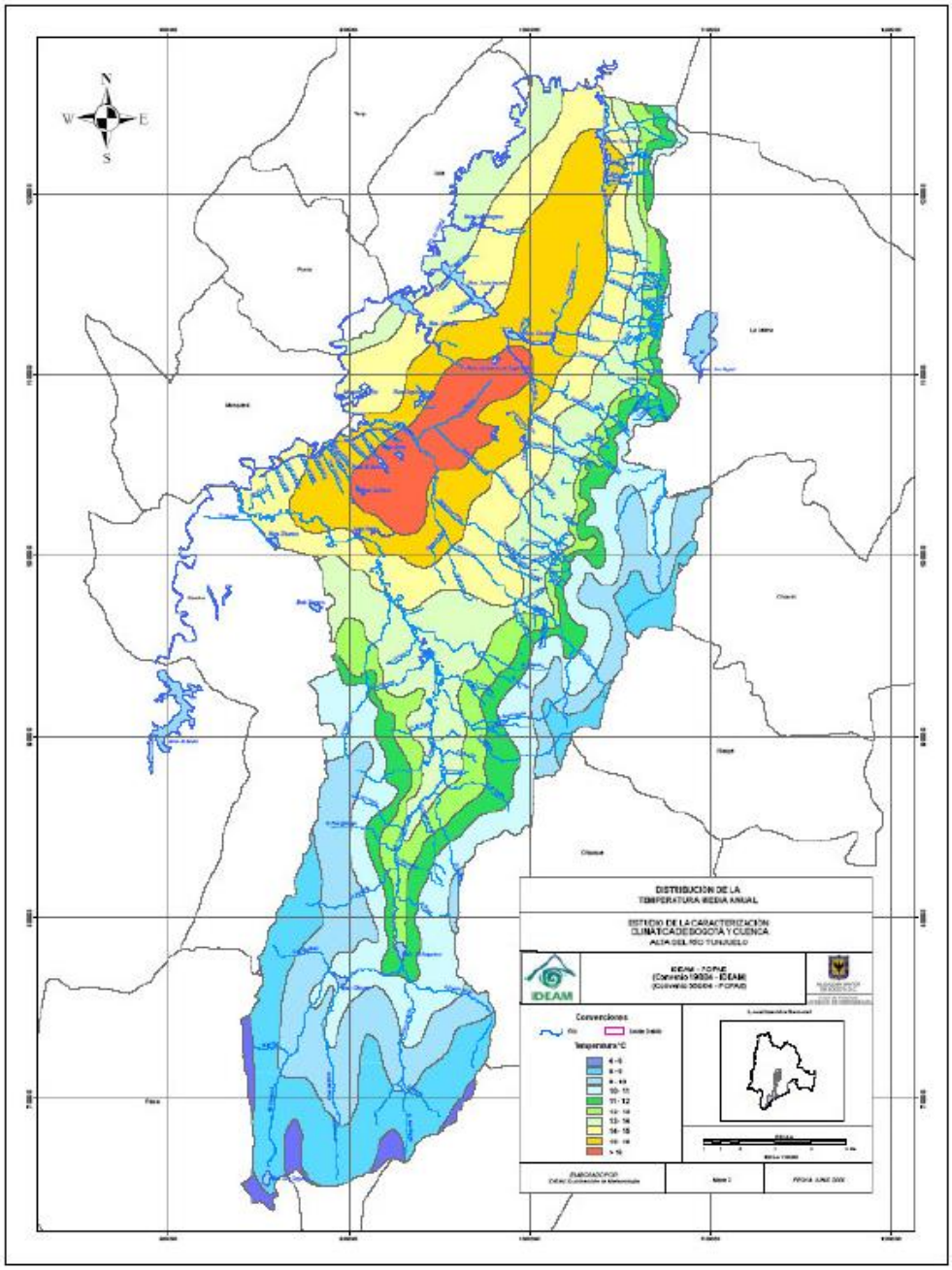
Ilustración 9-7 Precipitación media Anual, en el Polígono de estudio



Fuente: Elaboración Propia.

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.

Ilustración 9-8 Distribución de la Temperatura media anual



Fuente: Elaboración Propia.

Por el número de estaciones climatológicas y su cercanía al polígono de estudio, no es posible presentar un análisis preciso de la variación espacial de la temperatura, por lo que la descripción de las condiciones de esta magnitud se desarrolla a nivel de las estaciones COL ABRAHAM LINCOL [21206500] y ESCUELA COL INGENIERIA [21206050].

9.3 RESUMEN DEL CLIMA A PARTIR DE INFORMACIÓN OBTENIDA DE ESTACIONES.

Con base a la información obtenida de las estaciones hidroclimatológicas operadas por el IDEAM, y representativas del área de estudio, se caracterizan las variables climatológicas, como la precipitación en la zona de interés.

9.4 Precipitación

El análisis de la precipitación, tanto temporal como espacial, se realizó con los valores totales mensuales de la serie histórica de las estaciones climatológicas más representativas. (SERREZUELA [21202020], CONEJERA LA [21202080], PARQUE SOPO [21201340], TORCA [21200770], COL ABRAHAM LINCOL [21206500] y ESCUELA COL INGENIERIA [21206050]). En la tabla a continuación, se observa el régimen de precipitaciones de las estaciones seleccionadas:

Ilustración 9-9 Valores totales mensuales de precipitación.

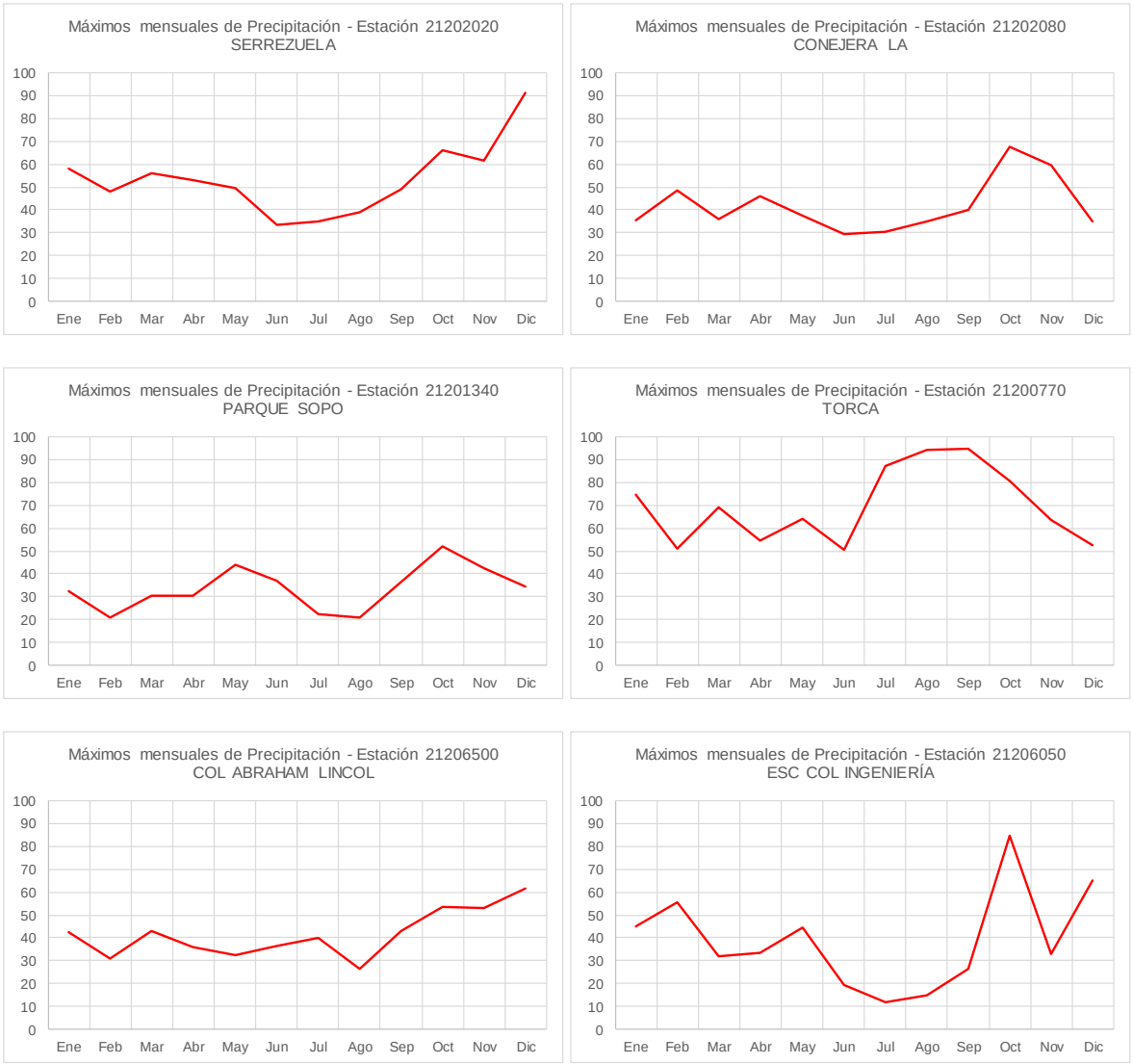


Fuente: Elaboración Propia.

En las seis estaciones se observa la presencia de un comportamiento con dos temporadas invernales, correspondientes a los períodos de marzo y abril, como octubre y noviembre consecuente con el inicio del periodo de lluvias para Colombia, con dos periodos: húmedo (invierno) y seco (verano), el periodo seco inicia entre los meses de junio hasta septiembre y diciembre hasta enero. Es importante resaltar que aun cuando las seis estaciones presentan el mismo tipo de comportamiento, los valores pico para la estación Toca son del orden de los 140 mm, y los valores pico para el restante de las estaciones no superan los 120 mm.

Lo anterior muestra una diferencia en cuanto a la cantidad de lluvia que se precipita a lo largo de la región comprendida entre las seis estaciones.

Ilustración 9-10 Valores máximos de precipitación.



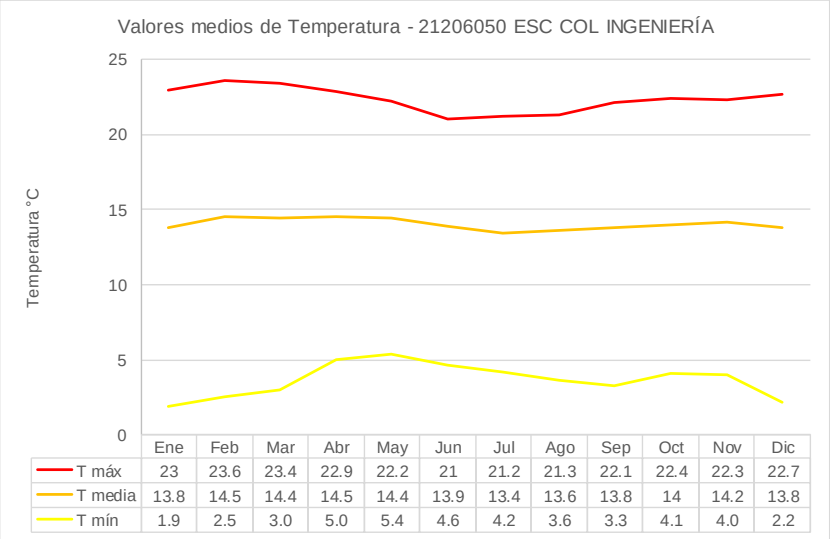
Fuente: Elaboración Propia.

Similar a la distribución de valores totales mensuales de precipitación, los registros máximos son más evidentes en el segundo semestre del año, coincidiendo con las temporadas invernales observadas en la zona. Las estaciones Torca y Esc Col Ingeniería presentan el mayor número de milímetros de precipitación, describiendo el norte de la ciudad como una de las zonas con mayor intensidad.

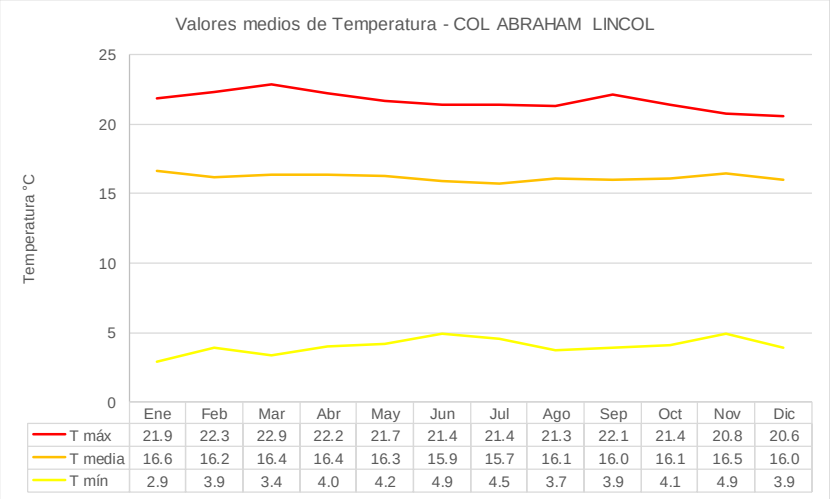
9.5 Temperatura

De las estaciones climatológicas cercanas al sitio de interés, se toman las condiciones medias para las temperaturas normal, máxima y mínima.

Ilustración 9-11 Valores medios de temperatura



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T máx	23	23.6	23.4	22.9	22.2	21	21.2	21.3	22.1	22.4	22.3	22.7
T media	13.8	14.5	14.4	14.5	14.4	13.9	13.4	13.6	13.8	14	14.2	13.8
T mín	1.9	2.5	3.0	5.0	5.4	4.6	4.2	3.6	3.3	4.1	4.0	2.2



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T máx	21.9	22.3	22.9	22.2	21.7	21.4	21.4	21.3	22.1	21.4	20.8	20.6
T media	16.6	16.2	16.4	16.4	16.3	15.9	15.7	16.1	16.0	16.1	16.5	16.0
T mín	2.9	3.9	3.4	4.0	4.2	4.9	4.5	3.7	3.9	4.1	4.9	3.9

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de temperatura para ambas estaciones presentan ordenes de magnitud similares. Las condiciones de temperatura mínima arrojan una mayor variación entre los meses de diciembre a febrero, con temperaturas que descienden a mínimos cercanos a los 2°C. Los valores promedio se encuentran entre los 14 y 16°C (Esc Col Ingeniería y Col Abraham Lincol respectivamente).

9.6 Análisis Espacial de Precipitaciones

A partir de la información de las estaciones recopilada del IDEAM, CAR y EAAB (se realiza un análisis estadístico, identificando los datos faltantes de las series de precipitación máxima promedio en 24 horas y su posterior llenado de datos en función de los valores de precipitación de las estaciones próximas. Posteriormente, se realiza la eliminación de datos dudosos, conocido como análisis de Outliers para las estaciones del área de estudio. Con los valores de cada estación, se eliminan los valores que se encuentran por fuera de los rangos normales, bajo un intervalo de confianza del 99% de la media.

9.7 Datos Faltantes

Con base en la definición de datos faltantes del libro Hidrología en la Ingeniería de Germán Monsalve (1999), tenemos que:

"*Existen estaciones pluviométricas con datos faltantes en sus registros debido, entre otros factores, a la negligencia del operador o a la ausencia del aparato durante de determinado tiempo. Como en hidrología se trabaja con series continuas, se deben completar dichos datos faltantes.*

En general, se puede utilizar la siguiente fórmula para completar dichos datos faltantes, siempre y cuando se conozcan datos durante ese período en otras estaciones pluviométricas cercanas."

$$P_x = \frac{1}{n} * \left[\left(\frac{N_x}{N_1}\right) * P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2}\right) * P_2 + \cdots . + \left(\frac{N_x}{N_n}\right) * P_n\right]$$

En donde:

$n =$ Número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercana a la estación la cual va a ser completada en su registro.

P_x = Precipitación de la estación "x" durante el período de tiempo por completar.

N_x= Precipitación media anual a nivel multianual de la estación "x".

$P_1\ a\ P_n$= Precipitación de las estaciones 1 a n durante el período de tiempo por completar.

$N_1\ a\ N_n$ = Precipitación media anual a nivel multianual de las estaciones de 1 a n."

9.8 Análisis de Puntos Anómalos (Outliers)

Los datos dudosos (outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante (Chow, 1994) y que afectan de una manera considerable la magnitud de los parámetros estadísticos de la serie, especialmente en muestras pequeñas. Para detectar los datos dudosos, se calcularon umbrales superiores e inferiores para la serie de datos de precipitación de la estación analizada de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia, recomendadas por Ven Te Chow:

$$Y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

$$Y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde,

$Y_H =$ Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

$Y_L =$ Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

$\bar{y} =$ Media de los logaritmos de los caudales.

$S_y =$ Desviación estándar de los logaritmos de los caudales.

$K_n =$ Valor tabulado para una muestra de tamaño n.

El valor de K_n para los análisis de datos dudosos se presentan en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2 Valores de K_n para la prueba de datos dudosos.

Tamaño de muestra *n*	K_n	Tamaño de muestra *n*	K_n	Tamaño de muestra *n*	K_n	Tamaño de muestra *n*	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078

Tamaño de muestra *n*	K_n	Tamaño de muestra *n*	K_n	Tamaño de muestra *n*	K_n	Tamaño de muestra *n*	K_n
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, (1981).

Una gran parte de los datos dudosos y faltantes encontrados obedecen a la inexistencia de registros mensuales para períodos de exceso y déficit de lluvia, dando coherencia a la eliminación de los datos.

A partir de las estaciones de precipitación previamente mencionadas y el respectivo ajuste de datos anómalos y faltantes, se procede a establecer metodologías que determinen la precipitación que mejor representa la zona de estudio.

9.9 Inverso Cuadrado de la Distancia

Para realizar el análisis espacial de las precipitaciones, primero se comparan los años con información disponible de cada estación con la finalidad de identificar cuales años tienen en común todas las estaciones y así tener el mismo período de registro, luego se calcula la distancia de cada estación al centroide del polígono de Buenavista; lo anterior para hacer uso de la ecuación descrita por el método de las distancias inversas:

$$P_{max} = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i}{{D_i}^2} \Big/ \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{{D_i}^2}$$

Donde,

P_{max} = Precipitación máxima, en mm

P_i = Precipitación máxima por año de cada estación, en mm

D_i = Distancia de cada estación al centroide del sitio de interés, en m

Para estimar los valores de precipitación del polígono de estudio se utilizaron los siguientes registros de precipitación.

Tabla 9-3 Precipitación Máxima Anual en 24 horas.

IDEAM		IDEAM		IDEAM		IDEAM		IDEAM	
CONEJERA LA 21202080		21206050 ESC COL INGENIERÍA		PARQUE SOPO 21201340		SERREZUELA 21202020		TORCA 21200770	
Precipitación Máxima Promedio Anual en 24 horas a nivel Multianual (mm)									
Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1990	61.30	1990	84.50	1990	25.00	1990	66.00	1990	50.60
1991	32.00	1991	32.90	1991	37.00	1991	51.80	1991	74.70
1992	30.10	1992	65.00	1992	63.00	1992	47.80	1992	40.90
1993	36.30	1993	33.30	1993	36.00	1993	49.30	1993	56.00
1994	25.80	1994	55.60	1994	34.00	1994	56.50	1994	40.00
1995	43.20	1995	60.70	1995	20.00	1995	53.30	1995	40.00
1996	36.00	1996	48.20	1996	40.00	1996	43.80	1996	26.70
1997	58.50	1997	46.30	1997	43.00	1997	58.00	1997	74.50
1998	41.00	1998	55.00	1998	48.00	1998	61.70	1998	95.00
1999	48.40	1999	34.70	1999	37.00	1999	35.50	1999	46.50
2000	40.00	2000	45.70	2000	49.00	2000	49.80	2000	54.50
2001	27.50	2001	41.60	2001	26.00	2001	30.70	2001	29.30
2002	36.00	2002	33.70	2002	33.00	2002	30.40	2002	27.00
2003	39.00	2003	48.00	2003	27.00	2003	91.20	2003	50.60
2004	33.80	2004	36.40	2004		2004	56.30	2004	18.40
2005	33.50	2005	30.80	2005		2005	46.60	2005	
2006	46.00	2006	35.00	2006	31.00	2006	50.40	2006	50.80
2007	43.80	2007	11.20	2007	25.00	2007	36.00	2007	94.50

Fuente: Elaboración Propia.

Las distancias de cada estación respecto al centroide del polígono de estudio son mostradas a continuación:

Tabla 9-4 Distancia al centroide estación virtual del centroide del polígono de Buenavista.

Estación	Longitud m
21202080 CONEJERA LA	4448.59
ESC COL INGENIERÍA 21206050	3101.20
PARQUE SOPO 21201340	2276.65
SERREZUELA 21202020	1112.81
TORCA 21200770	1853.03

Fuente: Elaboración Propia.

Las estimaciones de la precipitación para cada uno de los valores de precipitación máxima por estación varían de acuerdo con su proximidad al centroide. Por tanto, la estimación de la precipitación máxima ponderada, al tener en cuenta las distancias al centroide del polígono de estudio, tal como se aprecia en la ecuación para el cálculo del inverso de la distancia, pondera los resultados de cada estación y le da mayor valoración a la estación más cercana. A continuación, se presentan los valores de precipitación máxima para el polígono de estudio.

Tabla 9-5 Precipitación Máxima en 24 horas Estación Virtual del Polígono de Buenavista

Año	Precipitación máxima (mm)
1990	58.59
1991	52.39
1992	49.06
1993	47.27
1994	49.04
1995	46.36
1996	39.89
1997	58.50
1998	58.40
1999	38.31
2000	50.00
2001	30.46
2002	30.50
2003	69.53
2004	48.21
2005	40.86
2006	46.63
2007	36.16
Media	47.23

Fuente Elaboración Propia.

9.10 Ajuste de distribuciones de precipitación

Con los registros de precipitación obtenidos de las estaciones cercanas al polígono de Buenavista y su posterior estimación para el centroide del polígono, se propone el ajuste de los resultados a diferentes distribuciones de probabilidad que permitan obtener la frecuencia teórica de la ocurrencia de la precipitación con relación a un período de retorno.

9.10.1 Pruebas de Ajuste

Con base en el registro de precipitación máxima promedio anual a nivel multianual, se realiza un análisis de distribuciones de probabilidad con el fin de determinar a qué tipo de distribución se ajustan mejor los valores de precipitación para la estación analizada mediante la prueba de Kolmogorov.

- Distribución Normal

En general, la distribución de la suma de N valores de la variable aleatoria tiende hacia una distribución normal con media Nμ y varianza Nσ² a medida que N aumenta (Mijares, 1992). La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

En donde μ y σ corresponden a la media y la desviación estándar del conjunto de datos respectivamente.

- Distribución Log Normal

En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente (Mijares, 1992). La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{x\beta\sqrt{2\pi}} exp^{-\frac{1}{2}\left(\frac{lnx-\alpha}{\beta}\right)^2}$$

En donde los valores de α y β son parámetros de la distribución.

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln x_i}{n} \qquad \beta = \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{(\ln x_i - \alpha)^2}{n}\right]^{1/2}$$

Los valores de la función de distribución de probabilidad se obtienen usando la Tabla 3-8. Definiendo la variable estandarizada como:

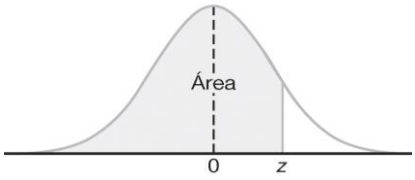
$$z = \frac{lnx - \alpha}{\beta}$$

Tabla 9-6 Valores distribución Normal.

Áreas bajo la curva normal

de $-\infty$ a z

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-z/2}\, dz$$



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Fuente: Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias - 8va Edición (Walpole, 2007).

Despejando x se tiene:

$$x = exp^{(z\beta+\alpha)}$$

- Distribución Pearson Tipo III

Esta distribución (también llamada Gamma de tres parámetros) hace uso de los tres momentos de la muestra (media, desviación estándar y coeficiente de asimetría) para definir su función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \frac{\lambda^{\beta}(x-\epsilon)^{\beta-1}exp^{-\lambda(x-\epsilon)}}{\Gamma(\beta)}$$

Donde,

$$\beta = \left(\frac{2}{Cs}\right)^2$$

$$\lambda = \frac{s_x}{\sqrt{\beta}}$$

$$\epsilon = \bar{x} - s_x\sqrt{\beta}$$

- Distribución Gumbel

Según (Mijares, 1992), la distribución de Gumbel es una de las distribuciones más adecuadas para analizar la frecuencia de eventos hidrológicos extremos máximos. Supóngase que se tiene N muestras, cada una de las cuales contiene N eventos. Si se selecciona el máximo x de los N eventos, es posible demostrar que, a medida que N aumenta, la función de distribución de probabilidad es la siguiente:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de la probabilidad es entonces:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son los parámetros de la función, estimados como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

- Distribución SQRT-ET Max

La serie SQRT-ET Max, ha adquirido relevancia por su fácil aplicación en el análisis de valores extremos en el campo de la meteorología. La distribución fue propuesta Etoh et al. (1986), así

$$F(x) = exp\left[-k\left(1+\sqrt{\alpha x}\right) * exp\left(-\sqrt{\alpha x}\right)\right]$$

Donde:

$F(x)$ = probabilidad de que se presente un valor inferior a x

k, α = parámetros de la distribución que dependen de la media y desviación típica

Los parámetros k y α, se desarrollan de la siguiente forma:

$$\ln(k) = \sum_{i=0}^{6} \alpha_i * [\ln(C_v)]^i$$

C_v = coeficiente de variación (desv típica/media aritmética)

$$\ln(I_l) = \sum_{i=0}^{6} b_i * [\ln(k)]^i$$

$$\alpha = \frac{k}{1-e^{-k}} \frac{I_l}{2\bar{x}}$$

α_i, b_i,= coeficientes calculados por publicación original de Zorraquino, C (2004).

$\bar{x}$ = media aritmética

Con los valores de precipitación máxima anual en 24 horas, para el polígono de estudio se obtiene lo siguiente:

Tabla 9-7 Resultados Prueba Kolmogorov.

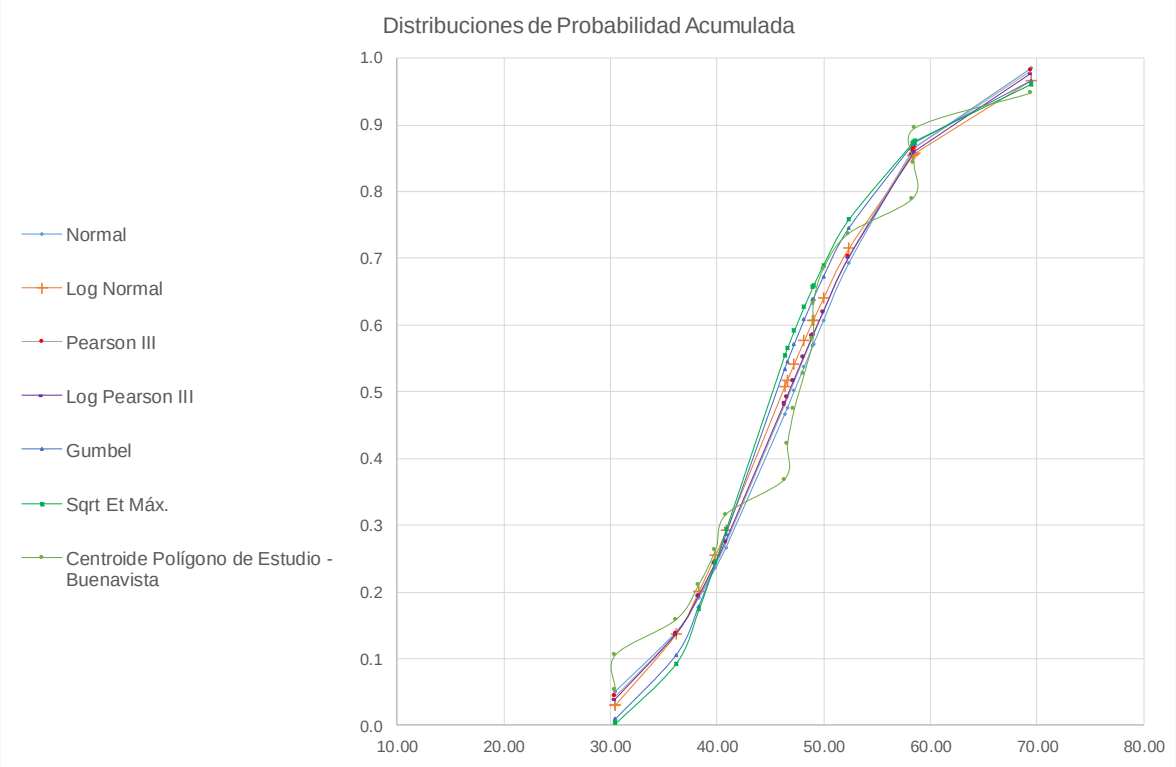
$F0_{(Xm)} - F_{(Xm)}$					
Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III	Gumbel	Sqrt Et Máx.
0.0976	0.1391	0.1115	0.1163	0.1661	0.1865
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Mejor Distribución	**Normal**	0.0976

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presenta la gráfica para la distribución de probabilidad de precipitaciones máximas para el polígono de Buenavista.

Figura 9-1 Distribución de Probabilidad Acumulada.



Fuente: Elaboración Propia.

Con el ajuste de los datos de precipitación máxima en 24 horas a nivel multianual, se desarrolla el análisis de precipitación asociados a un período de retorno en función de las distribuciones previamente mostradas.

Tabla 9-8 Períodos de Retorno para diferentes distribuciones de probabilidad - Precipitación máxima en 24 horas

Períodos de Retorno para diferentes distribuciones de probabilidad - Precipitación máxima en 24 horas (mm)						
Tr	**Normal**	**Log Normal**	**Pearson III**	**Log Pearson III**	**Gumbel**	**Sqrt Et Máx.**
2.33	49.06	48.03	48.70	48.62	47.24	47.23
5	55.84	55.68	55.72	55.83	54.59	54.15
10	60.34	61.41	60.55	60.83	60.57	60.55
20	64.06	66.59	64.65	65.08	66.32	66.99
25	65.14	68.18	65.86	66.33	68.14	69.11
50	68.24	72.94	69.38	69.95	73.75	75.80
100	71.03	77.51	72.61	73.25	79.32	82.75

Fuente: Elaboración Propia.

Con los resultados de la distribución de probabilidad, se observa que el mejor ajuste a los resultados reales de precipitación del polígono de estudio es la distribución normal. Sin embargo y dependiendo del análisis que se desee realizar, se podrán utilizar distribuciones para eventos máximos como Gumbel, Log Pearson y Sqrt Et máx, en especial en eventos con períodos de retorno superiores a 25 años, donde los datos tienden a reportar resultados superiores a los obtenidos de la distribución normal.

9.11 Estimación de Curvas IDF

Para el polígono de estudio se realizó la solicitud a la EAAB, para la obtención de los coeficientes para la estimación de las curvas de intensidad duración y frecuencia del punto mediante la aplicación de la siguiente ecuación.

$$I=C1*(t+X_0)^{C2}$$

Donde, *I* es la intensidad de la precipitación en mm/h, *C1, X_0* y *C2*, son suministrados por la EAAB, y *t* es la duración del evento en minutos.

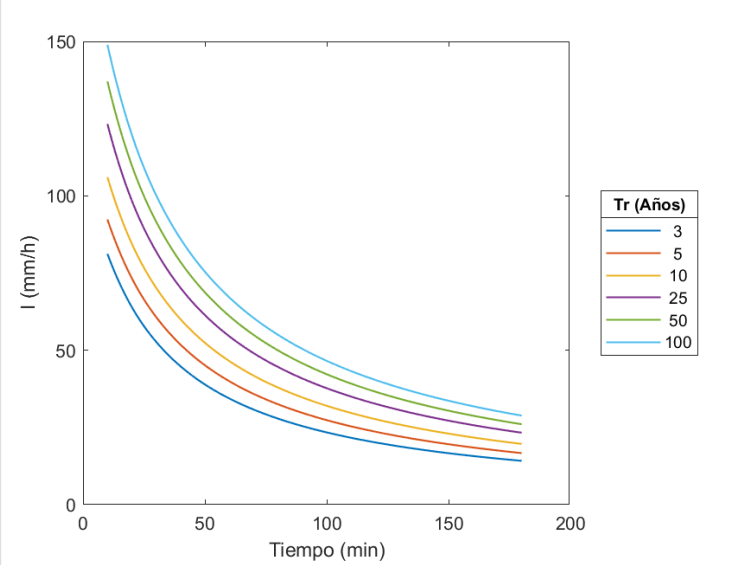
En la Tabla 9-9 se presentan los coeficientes suministrados con los cuales se construyen las curvas IDF, cuyos valores corresponden con los mostrados en la Tabla 11-9

Tabla 9-9 Coeficientes para curvas IDF

Tr (Años)	C1	Xo	C2
3	4306.67	31.2	-1.06162
5	4786.71	31.5	-1.05366
10	5171.46	31.3	-1.04002
25	5727.42	30.9	-1.03017
50	6187.84	30.6	-1.02439
100	7038.16	31.7	-1.0299

Fuente: EAAB, 2019

Ilustración 9-12. Curvas IDF



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9-10. Valores de las curvas IDF

	Periodo de Retorno (TR) (Años)					
Duración (min)	**3**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
10	81.2	92.3	106	123.3	137.1	148.9
20	64	73.3	84.5	98.5	109.9	119.8
30	52.7	60.7	70.2	82	91.6	100.2
40	44.8	51.8	60	70.2	78.6	86.1
50	38.9	45.1	52.4	61.4	68.7	75.4
60	34.4	40	46.5	54.5	61.1	67.1
70	30.8	35.9	41.8	49.1	55	60.5
80	27.9	32.5	37.9	44.6	49.9	55
90	25.4	29.7	34.7	40.8	45.8	50.4
100	23.4	27.4	32	37.7	42.2	46.6
110	21.7	25.4	29.7	35	39.2	43.2
120	20.2	23.6	27.7	32.7	36.6	40.4
130	18.8	22.1	25.9	30.6	34.3	37.9
140	17.7	20.8	24.4	28.8	32.2	35.6
150	16.7	19.6	23	27.2	30.4	33.6
160	15.8	18.5	21.8	25.8	28.8	31.9

170	14.9	17.6	20.7	24.5	27.4	30.3
180	14.2	16.7	19.7	23.3	26	28.8

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos de la estimación de las curvas IDF, son uno de los parámetros establecidos para el análisis de caudales para las obras de drenaje y subdrenaje que se planteen en la elaboración de obras para la conducción y descarga de los flujos de agua que se consideren pertinentes dentro del estudio. Así mismo servirán de aporte en la evaluación de la amenaza y riesgo en el sitio.

9.12 Análisis multitemporal

El análisis multitemporal del polígono de Buenavista desde una perspectiva se apoyó en el uso de las planchas del IGAC, con la identificación de los drenajes con influencia en la zona de estudio que se realiza mediante el uso de la información cartográfica disponible e imágenes satelitales.

Para los drenajes antiguos se identificaron dos años de información cartográfica disponible a través del IGAC. A continuación, se describen las planchas utilizadas en la identificación de drenajes.

Tabla 9-11 Planchas del IGAC, en la zona de estudio

Plancha	**Año**
F – 14	1960
F – 14	1981
F – 4	1960
F – 4	1981

* Escala 1:2.000

Fuente: Elaboración Propia.

De igual manera y para complementar la identificación de drenajes por medio de las planchas del IGAC, se utilizaron dos juegos de fotografías aéreas para los años de 1977 y 1986, de los vuelos C-1799 y C-2265 respectivamente.

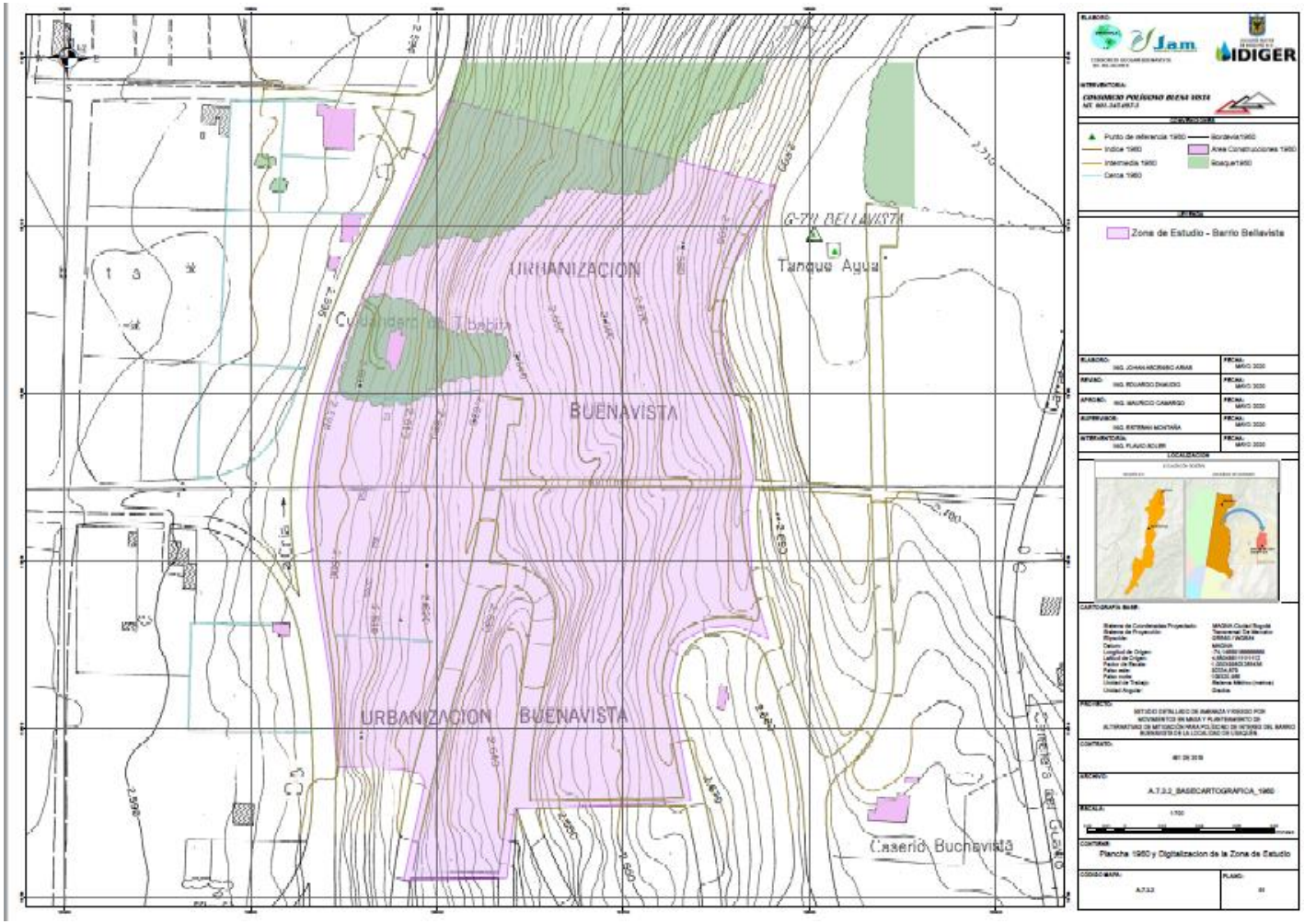
Para el primer año de registro 1960, no se identificaron drenajes con cercanía al polígono de estudio. Sin embargo y de acuerdo con los registros de las fotografías aéreas se pudo constatar que, en el año de 1977, existe la presencia de varios drenajes en especial al norte y sur oriente del polígono.

Al sur oriente del polígono en el año 1960, se observa una depresión de la superficie que pudiera alojar un drenaje del tipo intermitente y al occidente una zona de estancamiento de aguas, sin que estos generen una condición de influencia directa al Barrio.

Con relación a la interpretación de los años 1960 y 1977, ni las curvas de nivel, ni la fotografía aérea, evidencian cruces de drenaje sobre el polígono, pero si es de esperarse que en temporadas de lluvias la escorrentía superficial que recorre la zona adquiera velocidades importantes por la pendiente de la ladera y la baja cobertura vegetal del sitio.

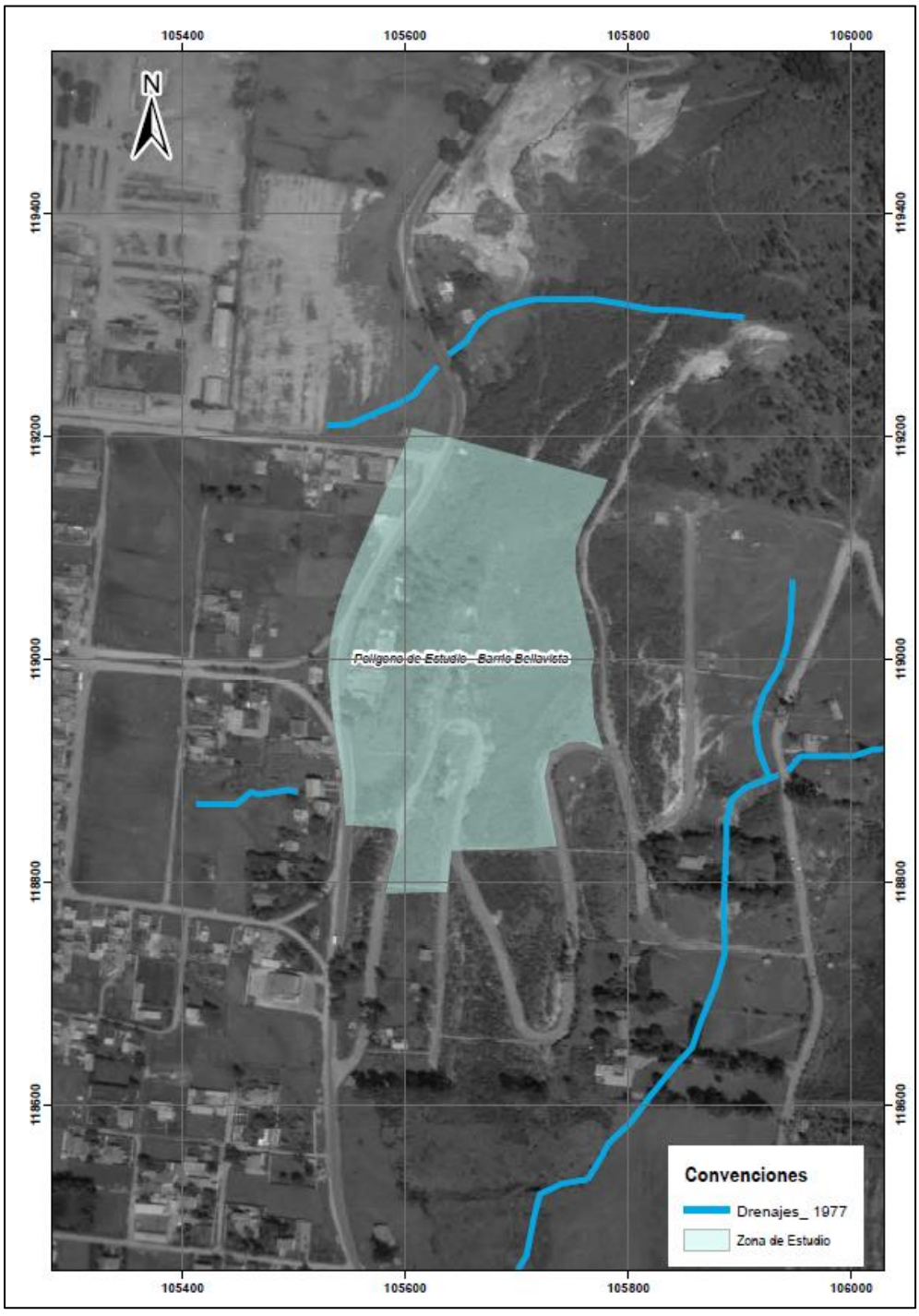
Los cuerpos de agua identificados en el año 1977 y debido al crecimiento urbanístico de la zona, son captados y conducidos por sistemas de drenaje de alcantarillado pluvial.

Ilustración 9-13 Mapa del Polígono de estudio con Plancha IGAC del año 1960



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 9-14 Imagen satelital 1977



Fuente: Adaptado IGAC

Para el año de 1981, la plancha del IGAC, es el registro más completo de información, relacionada al tránsito de diferentes cuerpos de agua, con relación a las imágenes previamente mostradas. En este documento se aprecian diferentes cuerpos de agua donde el agua circula desde la parte alta de la ladera a las zonas bajas. Sin embargo, no existen cuerpos de agua, ni estructuras hidráulicas de conducción que crucen directamente por el polígono de estudio.

En el año de 1986, se observa un cambio importante en la dinámica del sitio. Debido al crecimiento urbanístico del sitio se han perdido los valles de los cauces en las zonas intervenidas. Aunque se aprecia el cauce de los drenajes, en los años posteriores estos tienden a desaparecer y las aguas de escorrentía son captadas mediante el uso de redes de alcantarillado pluvial, y el aprovechamiento de las pendientes de los corredores viales para su conducción a las zonas donde existen sistemas de alcantarillado pluvial.

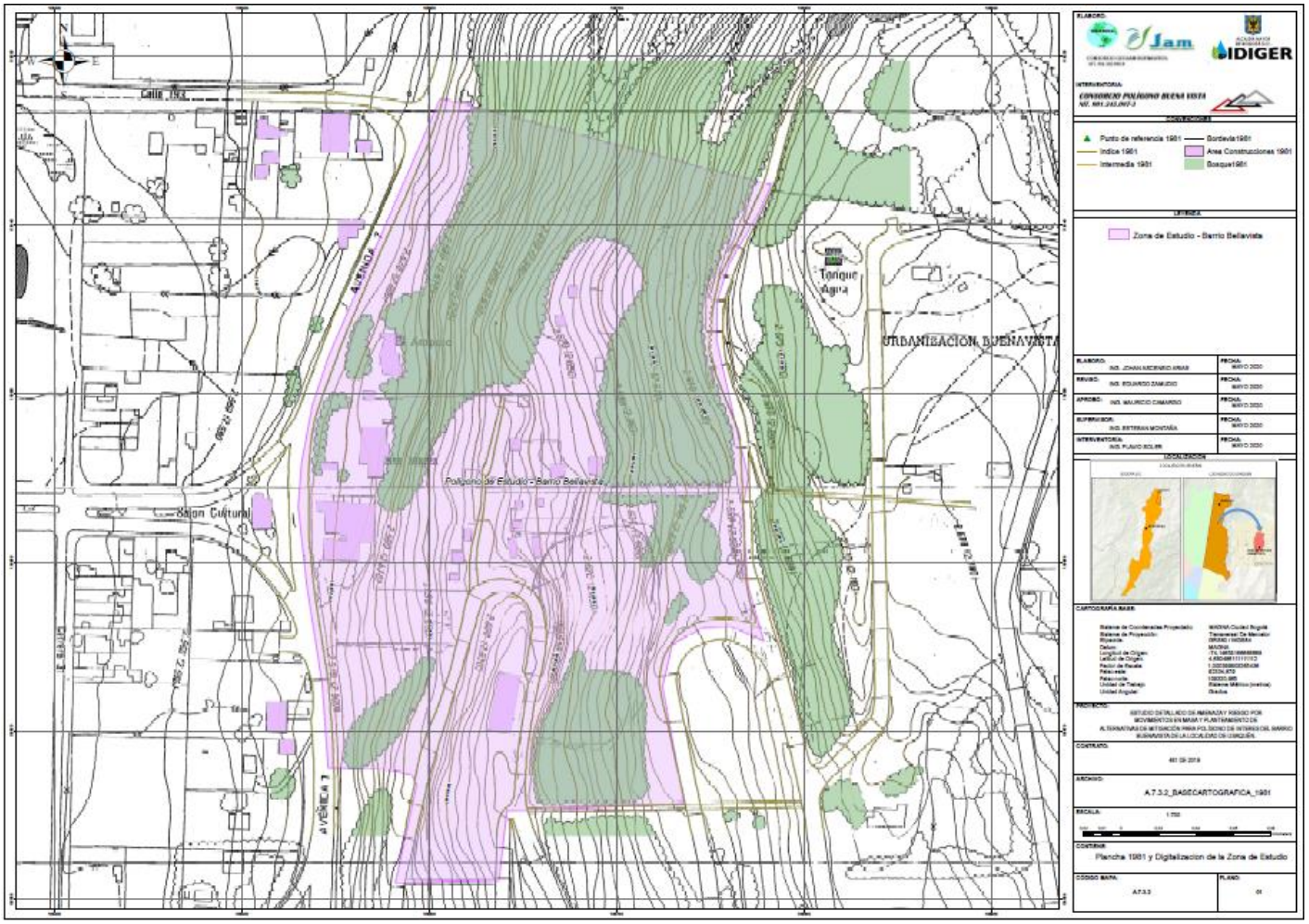
Adicional a esto, para la fotografía del año 1986, el cambio del tipo de superficie del suelo condicionara el aumento de la escorrentía superficial y, por tanto, la percepción de un escurrimiento de agua mayor al evidenciado en años previos.

Para las condiciones actuales se utilizaron los “shapes” del sistema de Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA), donde no se identificaron drenajes con influencia directa sobre el polígono de estudio, los registros de imágenes satelitales no describen condiciones particulares de cuerpos de agua con influencia en la zona, debido al uso de sistema de alcantarillado pluvial, sanitario y combinado en el polígono de estudio.

Para el año 2019, la zona se encuentra totalmente intervenida a excepción de la zona norte, donde actualmente se aprecia un cambio importante en la cobertura vegetal, como el abandono del corredor vial de acceso a la parte alta de la ladera desde este punto.

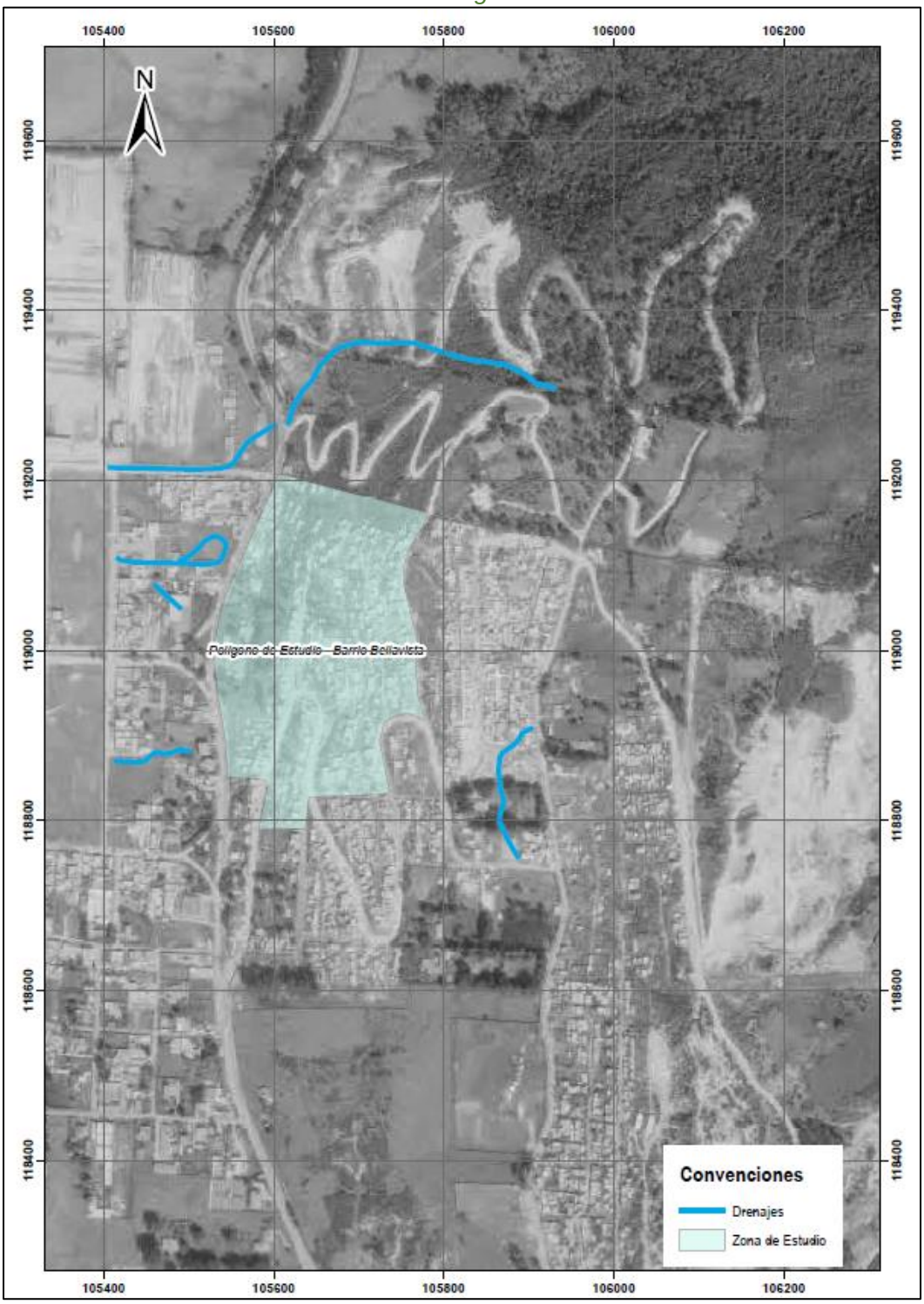
De lo anterior, la Ilustración 9-18, relaciona los drenajes observados en los diferentes períodos de tiempo, obtenidos de la información cartográfica e imágenes satelitales del sitio.

Ilustración 9-15 Mapa del Polígono de estudio con Plancha IGAC del año 1981



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 9-16 Imagen satelital 1986



Fuente: Adaptado IGAC

Ilustración 9-17 Imagen satelital 2019.



Fuente: Adaptado IGAC

Ilustración 9-18 Análisis multitemporal de la red de drenaje.



Fuente: Elaboración Propia

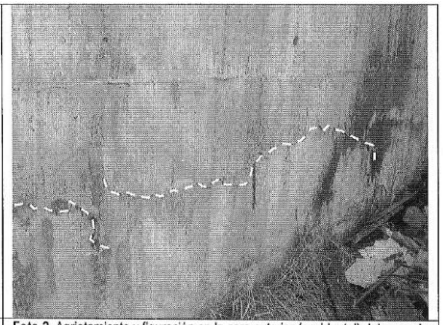
9.13 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN E INCIDENCIA EN MOVIMIENTOS EN MASA

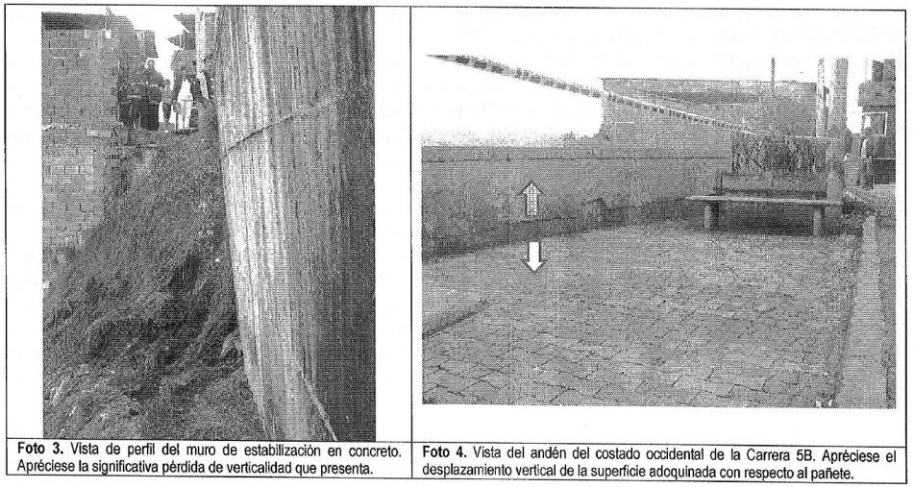
De acuerdo con los registros de información de la base de datos del IDIGER y su correspondencia en el sistema de información para el riesgo y cambio climático, se encuentran 29 documentos técnicos relacionados al barrio Buenavista y específicamente su polígono de estudio. Después de realizada una revisión de los archivos, se unificaron aquellos documentos que mencionaran posibles eventos de movimientos en masa relacionados a eventos previos de precipitación y/o el manejo inadecuado de aguas pluviales y/o sanitarias. El total de los documentos es presentado en el Anexo 7.5 y su resumen es mostrado a continuación. Es importante mencionar que la descripción de la tabla es una copia textual de los diagnósticos y por ende no se considera una conclusión del actual proyecto.

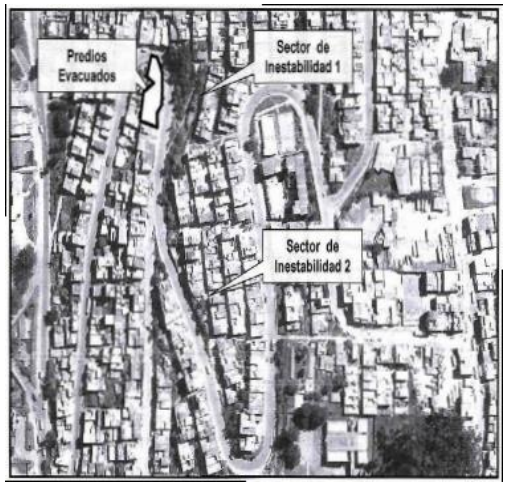
Tabla 9-12 Resumen de conceptos técnicos emitidos por el IDIGER

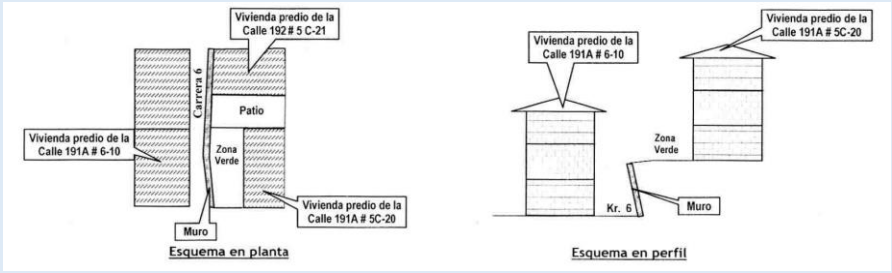
Documento	Localización	Fecha	Descripción
DI - 493	Buenavista I Sector Carrera 27 No. 191 D BIS - 10	Septiembre de 1998	El sector de interés corresponde a una ladera de muy alta pendiente, conformada superficialmente por material de relleno y suelo orgánico y residual, en donde, dependiendo de las posibilidades económicas de cada habitante, se encuentran viviendas consolidadas de 2 y 3 pisos, construidas con especificaciones técnicas aceptables, así como viviendas en madera, **en las cuales no existen redes de acueducto y alcantarillado, lo que obliga a que estas corran por el terreno y se infiltren, acelerando el movimiento de reptación de este, generado principalmente por la alta pendiente**. En esta zona la comunidad solicita el muro para conformar la base de la continuación de la vía vehicular, en el sendero que actualmente se utiliza como vía peatonal.
DI - 982	Carrera 27 A No. 189 - 23	28/06/2000	**Probabilidad de que las redes de acueducto y alcantarillado construidas artesanalmente presenten fugas o rompimientos**, generando situaciones similares a las descritas en el presente diagnóstico. La EAAB/. Realiza inspección y procede al mantenimiento (limpieza) de las redes de alcantarillado.
DI - 1982	Carrera 27C # 190A - 40	28/04/2004	El fenómeno de inestabilidad se presentó **debido a la ausencia de confinamiento e incorporación de aguas lluvias en el talud de acceso peatonal correspondiente a la carrera 27B**, el cual está compuesto por material de relleno. Se recomienda construir el sistema de confinamiento del talud, con su respectivo sistema de drenaje, así como la construcción de cunetas para interceptar las aguas lluvias y de escorrentía en la carrera 27B

DI - 2896	Cl 190 - KR 27G	16/07/2006	Las causas de los desprendimientos se asocian al alta pendiente del talud, a la ausencia de estructuras de contención proyección y estabilización en el constado norte del talud y a **la ausencia de medidas de drenaje adecuadas para el manejo de la escorrentía superficial y subsuperficial en el sector del talud**. Al momento de la visita se evidenció que, en la parte sur del talud, el recubrimiento de concreto lanzado, se aprecian algunos agrietamientos que constituyen evidencias de desplazamientos menores, **al tiempo que algunos lloraderos se encontraron taponados y no trabajan de manera adecuada por la falta de mantenimiento**. Adicionalmente los gaviones ubicados en la parte baja del talud, contra la vía Carrera 27G a la altura de la calle 190A, presentan evidencia de pérdida de soporte en la base, posiblemente por lavado del suelo que los soporta. No obstante, lo anterior, al momento de la visita no se encontró comprometida su funcionalidad y transitabilidad de la vía Carrera 27G ni de la vía peatonal aledaña.
CAR - 5146	Avenida Carrera 7 # 190 - 34/40/50	15/01/2008	**Las condiciones de drenaje de la zona corresponden a obras de infraestructura, por medio de las cuales el agua de escorrentía es recolectada y conducida al sistema de alcantarillado del sector, no obstante, dadas las condiciones geológicas y estructurales de la ladera que colinda con el sector oriental de los predios, es común que las aguas subsuperficiales afloren en la cara del talud de corte y en algunos sectores de la estructura de contención mencionados.** En la visita de campo se observó que actualmente en los predios donde se desarrollara el proyecto de construcción se encuentran tres edificaciones con distinta tipología que se les ha dado diversos usos las cuales permanecen habitadas y no presentan daños que indiquen movimientos locales o generales del terreno.

DI - 4113	Calle 192 No. 5C-04	7/05/2009	Se presenta pérdida de verticalidad moderada, junto con agrietamiento y fisuración, y exposición de elementos de cimentación del muro en concreto realizado como obra de estabilización de un talud de relleno, localizado en la intersección de la Calle 192 con Carrera 5B. De la revisión: Se anota que, en dicho sector de la vía, no se **dejó con una pendiente adecuada para la evacuación de las aguas lluvias o que dicha pendiente se perdió con el tiempo**. La inspección visual de la zona ubicada ladera arriba de la intersección de la Carrera 5B con Calle 192 permitió apreciar que, en general**, el sector no presenta una adecuada red de alcantarillado de aguas lluvias, sobre todo por la carencia de sumidero lo cual hace del sector una zona propensa a que durante precipitaciones intensas dichas aguas drenen por sobre las vías y escaleras peatonales acumulándose o empozándose en zonas de pendiente baja o nula como la localizada en la intersección en comento**. **Las afectaciones descritas posiblemente se deben a combinaciones altas de empujes de tierra e hidrostáticos que se presentan en épocas de lluvias, por causa de la infiltración de las aguas de escorrentía superficial favorecida por la permeabilidad del adoquinado, la baja pendiente o nula del sector y un posible trabajo deficiente de los lloraderos; es importante descartar que a pesar de las lluvias caídas en días anterior a la visita técnica, ninguno de los presentaba humedad o evidencia de filtraciones reciente**. Adicionalmente, el muro no fue diseñado con zapata en la base, de modo que presenta una susceptibilidad mayor al vuelco. **Finalmente, los grandes caudales de agua que al parecer corren por las vías peatonales del sector debido a las deficiencias en la red de alcantarillado de aguas lluvias generan condiciones propicias para que se presenten infiltraciones de agua dentro del terreno.**  **Foto 1.** Vista general del emplazamiento del muro de estabilización del relleno ubicado en la intersección de la Carrera 5B con Calle 192A.  **Foto 2.** Agrietamiento y figuración en la cara exterior (occidental) del muro de estabilización del relleno.

			 **Foto 3.** Vista de perfil del muro de estabilización en concreto. Apréciese la significativa pérdida de verticalidad que presenta. **Foto 4.** Vista del andén del costado occidental de la Carrera 5B. Apréciese el desplazamiento vertical de la superficie adoquinada con respecto al pañete.  **Foto 5.** Exposición de los pilotes de cimentación del extremo norte del muro de estabilización.  **Foto 4.** Vivienda de la Calle 192 No. 5C-04, localizada en la parte baja del talud de relleno estabilizado mediante el muro en concreto.
DI - 4196	Calle 192 No. 5C-04	26/05/2009	En este concepto, se recoge lo mencionado en el DI-4113, y se mantuvieron vigentes las demás recomendaciones impartidas mediante el Diagnóstico Técnico No. DI-4113.

DI - 4962	Carrera 6 A No. 189B -44	14 y 15/11/2010	 El proceso de inestabilidad 1 corresponde a la caída de rocas desde la parte alta de un talud de corte de pendiente cercana a los 70°, el cual presenta una altura superior a los 10 metros y una longitud cercana a los 90 metros; dicho talud cuenta hacia su parte alta con un recubrimiento en mortero lanzado en el sector donde aflora roca arenisca y hacia la parte baja se construyó un muro en concreto de altura cercana a los 1.3 metros y algunas líneas de gaviones como medidas de estabilización. **De acuerdo con la inspección visual realizada se identificó que el mortero que recubre el sector donde aflora la roca presenta agrietamientos, envejecimiento y se encuentra cubierto por vegetación de bajo porte y pastos principalmente hacia la parte alta, lo cual permite la filtración de aguas hacia el interior de la roca**. **Para el pedio ubicado en la Carrera 6 A No. 198B - 44 (Carrera 28 No. 189B - 54) por nomenclatura antigua), el FOPAE emitió el Diagnóstico Técnico DI-2646 en enero de 2006, debido a la caída de bloques y pequeños flujos de detritos generados en el talud de corte de aproximadamente 6.0m de altura y pendiente subvertida, causados por el desconfinamiento y el lavado de estratos arcillas luego de las intensas lluvias registradas en el sector, así como por la ausencia de medidas de protección y drenaje.** El DI-2646 recomendó entre otros, a los responsables del predio adelantar un estudio de estabilidad geotécnica del talud de corte que defina las obras necesarias para garantizar la estabilidad el mismo e incluya las respectivas medidas de drenaje superficial y subsuperficial, e implementar las recomendaciones derivadas del estudio. igualmente recomendó a los propietarios de los predios evaluado hacer el mantenimiento preventivo de las viviendas. Recomendaciones: A la alcaldía local de Usaquén, desde su competencia, identificar el responsable de evaluar y mejorar las condiciones de transitabilidad y drenaje superficial y subsuperficial de la vía peatonal Carrera 6 Bis entre Calle 189 A y Calle 190 Bis, y especialmente en la parte posterior del predio con nomenclatura Carrera 6 A No. 189 B - 44, barrio Buenavista. Lo anterior, con el fin de evitar vertimientos inadecuados de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial hacia el mencionado predio.

DI - 5025	Tramo vial de las Carrera 6 -Tv 5D Bis entre Calles 190 A y 189	17/11/2010 y 29/11/2010	 Para el sector aledaño a la Carrera 6 con Calle 190 (sector oriental de la carrera 6) se emitió en el mes de junio de 2010 la Resp proceso relacionado con la pérdida de suelo desde la parte alta de una ladera de pendiente cercana a los 70° **generada por la ca por la falta de un sistema adecuado de captación y manejo de aguas lluvias las cuales se encausan por la Calle 190 y d gran volumen que discurre por el sector no alcanzan a ser captadas por los sumideros existentes y se vierten directame** por la comunidad residente en la zona, se ha venido implementando de manera progresiva por parte de la Alcaldía Local de Usaq de acuerdo con lo informado no se culminaron, condición que no fue posible corroborar con base en la inspección visual realizada Local de Usaquén, llevar a cabo las labores administrativas tendientes a establecer el o los responsables de implementar las c implementación de obras de protección geotécnica, las cuales deben contar con un sistema de drenaje para la evacuación de las garantizar la estabilidad del talud evaluado. Adicionalmente de acuerdo a lo informado por algunos residentes del sector**, se habían identificado en algunas de las viviend la conexión de aguas lluvias provenientes de las cubiertas directamente sobre el talud de corte** y en algunos casos dicha sobre los suelos que se ubican en la parte alta del talud, situación que posiblemente pudo haber favorecer la saturación de dichos cuales se encuentran soportadas las rocas que afloran en dicho sector favoreciendo el proceso de c El proceso de inestabilidad 2 se identificó sobre el talud de corte vial existente sobre el costado oriental de la Tv 50 Bis con Calle 1 06, el proceso corresponde a un desprendimiento de material desde la parte alta del talud con un volumen de material movilizado cuenta con una altura que varía entre los 1 y 4 metros y una longitud de 60 metros aprox., hacia su parte alta se localiza una vía identificaron afectaciones; **sin embargo de acuerdo a lo informado por la comunidad del sector, la capacidad de los sistem tramo vial fue superada producto de las fuertes lluvias registradas en la zona lo cual provoco la entrega de agua directam remoción evidenciado al momento de la verificación no se estaba presentando la entrega directa de agua sobre el talud).** presta la pérdida del suelo de soporte de algunos individuos arbóreos lo cual puede comprometer en el mediano plazo la estabilid Tv 50 Bis con Calle 189.

DI - 5762	Calle 191A # 6 - 10 Calle 191 A # 5C - 20 Calle 192 # 5C - 21	29/04/2011	Se presenta la perdida de verticalidad considerable de un muro en piedra pegada el cual según lo observado cumple la función de confinamiento y estabilización para un talud de corte y relleno sobre el que se emplazan los predios de la Calle 192 # 5C-21 y la Calle 191A # 5C-20. Dada la configuración topográfica del terreno, las viviendas del sector han sido acomodadas al mismo mediante la implementación de cortes y/o rellenos realizados de manera antrópica y poco técnica. Para el caso tratado en el presente documento, se desarrolló un talud de corte y relleno posiblemente para la adecuación y nivelación del terreno en el que se emplazan los predios de la Calle 192 # 5C-21 y la Calle 191A # 5C-20 y el sendero peatonal correspondiente a la Carrera 6 entre la Calle 191A y la Calle 192; dicho talud tiene una altura cercana a los 2 m, una pendiente de tendencia vertical y se extiende sobre una longitud cercana a los 25 m, sobre los cuales se identificó como medida de estabilización y confinamiento un muro en piedra pegada parcialmente confinado por columnas en concreto reforzado el cual pudiere no ser medida monolítica adecuada para soportar los empujes ejercidos por el terreno. **Se anota que de acuerdo con la inspección visual no se identificó ningún tipo de obra para el manejo del drenaje de aguas superficial y subsuperficial, lo cual puede favorecer presiones hidrostáticas sobre el respaldo del muro.** Hacia la parte alta del talud en comento y sobre el costado sur del mismo, se emplaza la vivienda del predio de la Calle 191A # 5C-20, la cual de acuerdo con la inspección visual corresponde a una estructura de tres (3) niveles en mampostería parcialmente confinada por columnas en concreto, cuenta con placas de entrepiso macizas y cubierta liviana en tejas de asbesto cemento. Dicha vivienda refleja algunas deficiencias constructivas relacionadas principalmente con la carencia de elementos de confinamiento y amarre tipo vigas; sin embargo, no se evidencia grietas, deformaciones u otro tipo de patología que indiquen compromiso en su estabilidad en el corto plazo bajo cargas normales de servicio. Hacia la parte alta del talud en comento y sobre el costado sur del mismo, se emplaza la vivienda del predio de la Calle 191A # 5C-20, la cual de acuerdo con la inspección visual corresponde a una estructura de tres (3) niveles en mampostería parcialmente confinada por columnas en concreto, cuenta con placas de entrepiso macizas y cubierta liviana en tejas de asbesto cemento. Dicha vivienda refleja algunas deficiencias constructivas relacionadas principalmente con la carencia de elementos de confinamiento y amarre tipo vigas; sin embargo, no se evidencia grietas, deformaciones u otro tipo de patología que indiquen compromiso en su estabilidad en el corto plazo bajo cargas normales de servicio.
DI 6778	Calle 192 No. 5C-04	30/11/2012	Con base en lo anteriormente mencionado (DI – 4113 - DI – 4196 y DI -5762) se realiza nuevamente “ la inspección al muro de contención en concreto, encontrando que al momento no se han tenido en cuenta por parte de las entidades competentes, las recomendaciones impartidas mediante los diferentes documentos emitidos por el FOPAE, ni tampoco se ha tenido en cuenta por parte de la Alcaldía Local de Usaquén, la recomendación de evacuación del predio de la Calle 192 No. 5C-04, situación que ve con preocupación el FOPAE, dado que de no acatarse dichas recomendaciones, posiblemente pueden verse afectadas tanto las personas que habitan el predio, así como también sus vecinos y transeúntes.

DI - 10701	Carrera 6 con Calle 190	27/03/2017	Se evidencia al costado oriental del tramo vial de la carrera 6, un proceso de remoción en masa tipo deslizamiento el cual movilizó un volumen de material de aproximadamente 5 m3, conformados por suelo orgánico y cobertura vegetal, las cuales se depositaron en la parte baja del talud; obstruyendo el carril derecho del tramo vial de la carrera 6 a la altura de la calle 190; el talud de corte vial se encuentra conformado por un macizo rocoso, con una altura de aproximadamente 8 metros y una longitud de aproximadamente 150 metros, a lo largo de los cuales no se aprecian medidas de proyección ni sistemas adecuados para el manejo de aguas de escorrentía **Las posibles causas que generaron la inestabilidad del talud de corte corresponden a la falta de medidas de protección de dicho talud y la falta de un sistema para el manejo del drenaje superficial y subsuperficial.** Lo anterior sumado a las precipitaciones ocurridas durante el mes de marzo de 2017 que superan el doble del promedio mensual multianual de las precipitaciones acumuladas en este mes desde el año 2001, así como las ocurridas durante este mes en el año 2011.

Fuente: Elaboración Propia

Como conclusión, la mayoría de los conceptos describen la ausencia de estructuras de captación y conducción de las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial, y en algunos casos en especial, la ausencia de alcantarillado según los diagnósticos más antiguos.

La calle 192 No. 5C-04, es el sitio en que mayor número de diagnósticos se han realizado, donde se han mencionado diferentes empujes en el muro, como la ausencia de estructuras de alcantarillado que han producido empozamientos en zonas de baja pendiente. Los diagnósticos (DI – 4113, DI – 4196 y DI - 6778), describen eventos previos a la construcción del muro actual, sin que a la fecha se hayan generado nuevos diagnósticos que mencionen daños en la estructura actual.

Para la Carrera 6 A No. 189B -44 de acuerdo con el DI – 4962, se mencionan eventos fuertes de lluvias previos a la ocurrencia de los algunos eventos de deslizamientos pequeños, como la ausencia de medidas de control y drenaje de las aguas de escorrentía.

Para el sitio Tv 50 Bis con Calle 189, en el extremo sur de la zona de estudio, de acuerdo con lo informado por la comunidad del sector, la capacidad de los sistemas de captación y manejo de aguas del tramo vial fue superada producto de las fuertes lluvias registradas provocando la entrega de agua directamente sobre el talud provocando procesos de remoción (DI -5025).

En síntesis, la gran mayoría de los diagnósticos menciona la falta de estructuras para el control y drenaje de las aguas superficiales y subsuperficiales, sin que mencionen eventos previos de precipitación, a excepción de los mostrados en DI – 4962, DI – 5025.

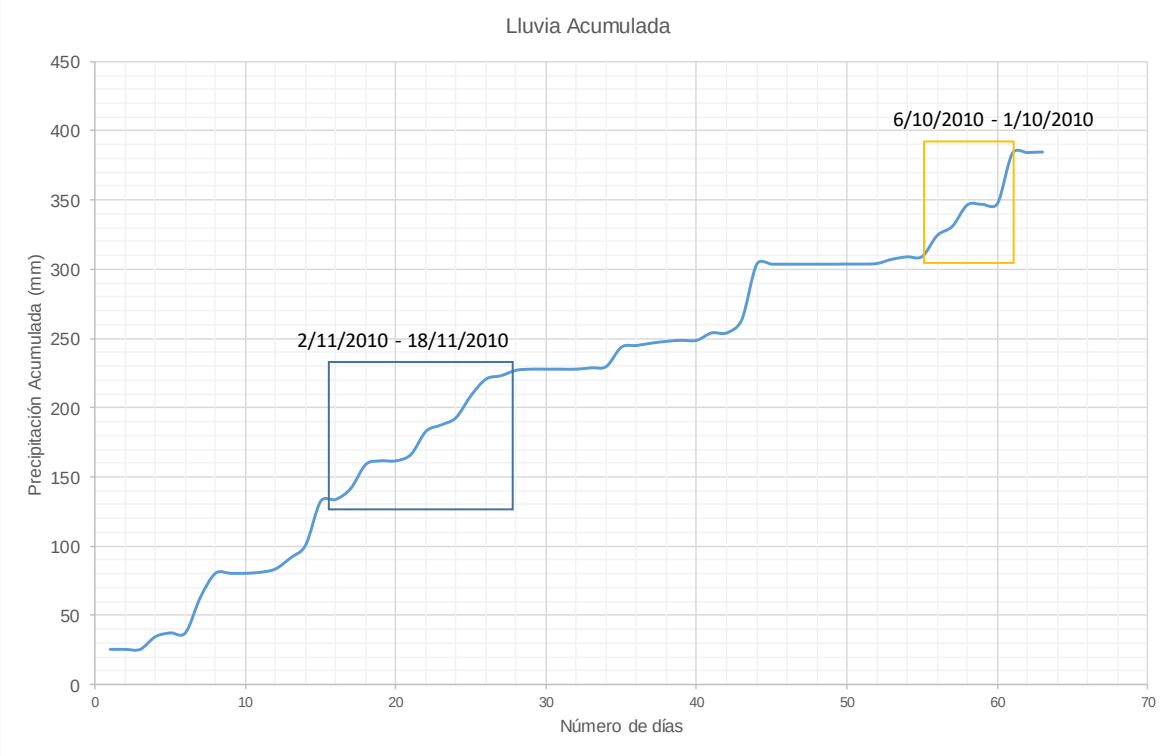
9.14 Cálculo de la lluvia acumulada

A partir del registro diario de precipitación de la estación SERREZUELA [21202020], estación más cercana a la zona de estudio y ubicada a 1.2 km del centroide del polígono, como los registros de eventos relacionados por posibles movimientos en masa, se realiza el respectivo análisis de incidencia de eventos de precipitación en el barrio Buenavista.

Respecto al análisis de información relacionada con eventos de emergencia en el sitio, se mencionan dos eventos producto de lluvias fuertes y que ocurren en la Carrera 6 A No. 189B -44, en el mes de noviembre de 2010 y con visita del IDIGER el 14 y 15 de noviembre del mismo año y el segundo de ellos en el Tramo vial de las Carrera 6 -Tv 5D Bis entre Calles 190 A y 189 con fecha de visita del IDIGER del 17/11/2010 y 29/11/2010.

Para el análisis se tomó como referencia la precipitación acumulada de los días previos a la ocurrencia de los eventos, buscando días continuos de lluvia en el sitio, como lo muestra la figura de lluvia antecedente acumulada.

Figura 9-2 Lluvia antecedente acumulada. Octubre y noviembre del 2010.



Fuente: Elaboración Propia.

Una vez se construye la curva de lluvia antecedente, se registran los períodos de precipitación más fuertes observados, como lo registra la Tabla 9-13.

Tabla 9-13 Precipitaciones diarias acumuladas para las duraciones características

Períodos importantes de lluvia acumulada				
Período	**Día**	**Fecha**	**Días acumulados**	**Precipitación Acumulada (mm)**
1	13	18/11/2010	16	144.2
	29	2/11/2010		
2	56	6/10/2010	5	74.5
	61	1/10/2010		

Fuente: Elaboración Propia.

Luego, con base en las duraciones identificadas previamente, se analizan estos márgenes de tiempo para toda la serie de precipitación, buscando identificar las lluvias máximas acumuladas a nivel anual. Posteriormente, se toma el registro de precipitaciones acumuladas identificando la mejor distribución de probabilidad y las pruebas de bondad de ajuste con el ánimo de establecer la función de distribución de probabilidad que mejor represente los datos.

Con el registro de precipitación acumulada para los eventos del año 2010, se analizan sus respectivos períodos de retorno, estableciendo si los eventos de lluvia con duraciones de 5 y 16 días de lluvia acumulada obedecen a registros significativos, es decir si se presentan o no de forma recurrente en el sitio de análisis.

A continuación, se presentan los resultados de las series históricas de lluvia acumulada para 5 y 16 días.

Tabla 9-14 Resultados de precipitación acumulada para 5 días.

Períodos de Retorno para diferentes distribuciones de probabilidad					
Tr	**Normal**	**Log Normal**	**Pearson III**	**Log Pearson III**	**Gumbel**
2.33	92.55	91.27	90.25	90.28	89.82
5	102.76	101.85	101.60	101.42	100.88
10	109.53	109.54	110.35	110.17	109.89
20	115.12	116.33	118.35	118.37	118.53
25	116.75	118.38	120.82	120.95	121.27
50	121.42	124.47	128.26	128.83	129.71
100	125.62	130.21	135.41	136.63	138.09

Fuente: Elaboración Propia.

Para la distribución de probabilidad Sqrt Et Máx funciona a partir de coeficientes de variación superiores a 0.19, razón por la que no se presenta en la tabla anterior.

Tabla 9-15 Resultados de precipitación acumulada para 16 días.

Períodos de Retorno para diferentes distribuciones de probabilidad						
Tr	**Normal**	**Log Normal**	**Pearson III**	**Log Pearson III**	**Gumbel**	**Sqrt Et Máx.**
2.33	166.37	163.29	167.70	167.09	160.53	160.49
5	188.20	188.80	188.52	189.36	184.18	182.04
10	202.68	207.88	201.67	203.51	203.44	201.78
20	214.64	225.08	212.14	214.65	221.91	221.61
25	218.12	230.35	215.12	217.79	227.78	228.08
50	228.10	246.15	223.51	226.50	245.83	248.55
100	237.08	261.28	230.85	233.92	263.75	269.76

Fuente: Elaboración Propia.

Las distribuciones que mejor representan la lluvia acumulada en períodos de tiempo de 5 y 16 días son Pearson III y Log Normal.

Con los registros del año 2010, de la Tabla 9-13, (74.5 y 144.2 mm de lluvia acumulada para 5 y 16 días respectivamente) se estima la ocurrencia de los eventos respecto al registro histórico de precipitaciones acumuladas.

Tabla 9-16 Período de retorno para una duración acumulada de 5 días.

Período de Retorno Tr para el evento de duración de 5 días en noviembre del 2010

Tipo	Precipitación Total acumulada (mm/d)	**x**	74.50

	Normal	**Log Normal**	**Pearson III**	**Log Pearson III**	**Gumbel**	**Sqrt Et Máx**
	F (x)					
F(x)	0.6840	0.8218	0.7881	0.8295	0.7380	0.7990
Probabilidad de Ocurrencia	0.3160	0.1782	0.2119	0.1705	0.2620	0.2010
Tr	3.16	5.61	4.72	5.87	3.82	4.97

Fuente: Elaboración Propia.

Para el evento de noviembre de 2010 y con duración de 5 días, se describen períodos de retorno pequeños de alta recurrencia, A pesar de ser un evento extremo, este no describe un valor que permita validar la incidencia de la precipitación en eventos de remoción en masa.

Tabla 9-17 Período de retorno para una duración acumulada de 16 días.

Período de Retorno Tr

Tipo	Precipitación Total acumulada (mm/d)	**x**	144.20

	Normal	**Log Normal**	**Pearson III**	**Log Pearson III**	**Gumbel**	**Sqrt Et Máx**
	F (x)					
F(x)	0.9687	0.9614	0.9448	0.9466	0.9498	0.9507
Probabilidad de Ocurrencia	0.0313	0.0386	0.0552	0.0534	0.0502	0.0493
Tr	31.97	25.88	18.10	18.74	19.91	20.30

Fuente: Elaboración Propia.

El segundo evento analizado (16 días), con fecha del 18 de noviembre del 2010, presenta en función del registro histórico de lluvias acumuladas una probabilidad de ocurrencia de 25.88 años, lo que describe este período de tiempo como un evento poco común, y que guarda una relación directa con los eventos presenciados en el DI – 4962 y DI -5025. Así mismo, la duración de las lluvias da claridad sobre la posible falta de estructuras adecuadas para el drenaje de la escorrentía superficial y saturación de los suelos previos a la ocurrencia de los eventos.

10 EVALUACIÓN DE REDES DE SERVICIO PÚBLICO

10.1 Redes de Acueducto y Alcantarillado

10.1.1 Actividades previas

La evaluación de las redes de servicio de acueducto y alcantarillado inicia con el estudio, análisis y validación de la información secundaria obtenida de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, lo que permite determinar las condiciones propias de la zona, y de las estructuras en el diseño e implantación de alternativas de mitigación relacionadas a posibles afectaciones a las redes.

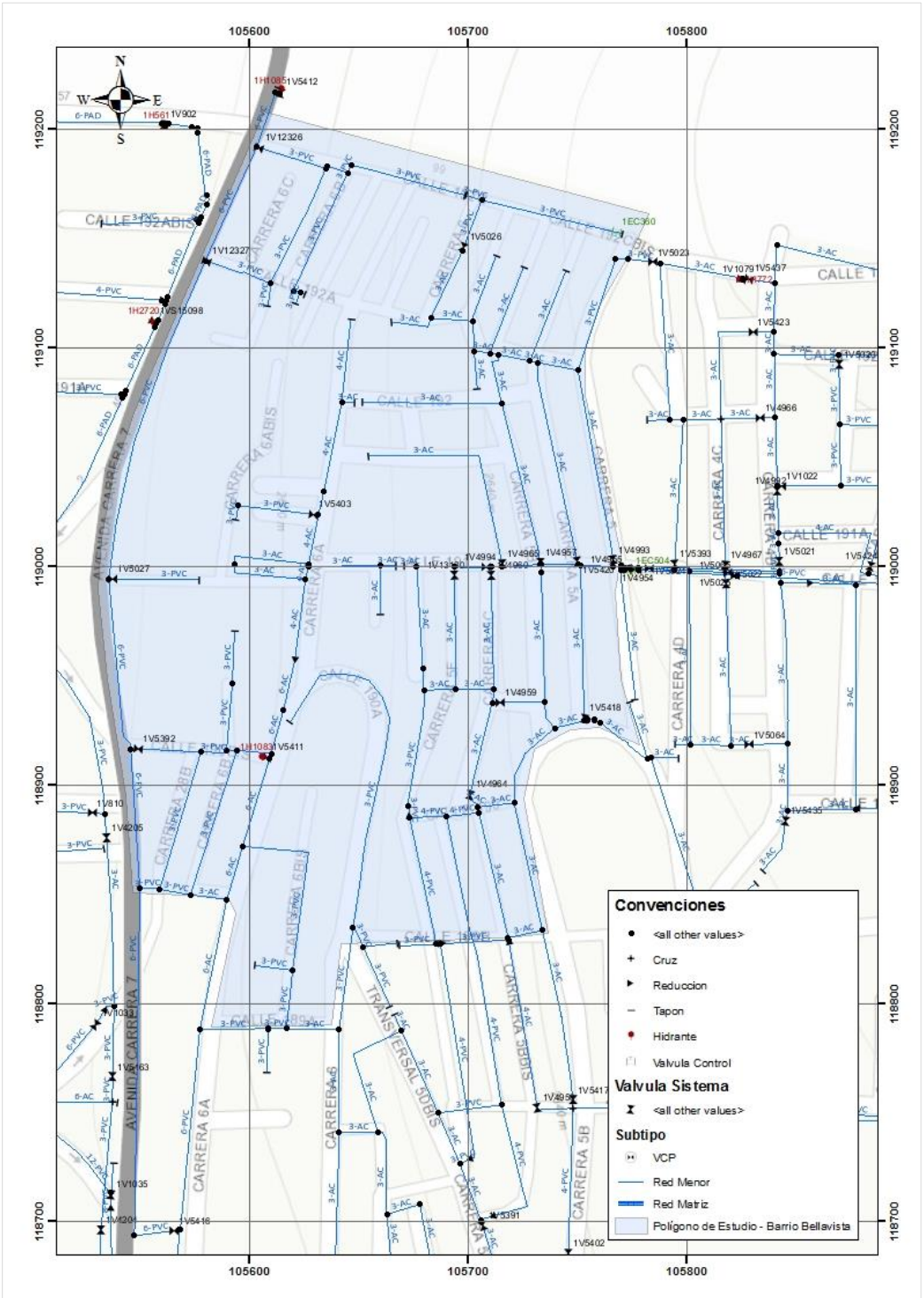
Una de las actividades previas en la fase de diseño del presente proyecto es la verificación y validación de la información secundaria suministrada, lo cual realizó el equipo consultor a través de visitas de campo a cada uno de los sitios priorizados, lo que permite determinar condiciones propias de la zona para el diseño e implantación de alternativas de mitigación en afectaciones a las redes hidrosanitarias y en los efectos de las lluvias sobre los puntos determinados.

10.1.2 Evaluación de redes de agua potable

El polígono en el barrio Bellavista se caracteriza por el desarrollo de actividades comerciales y residenciales. Dentro del polígono de estudio únicamente se identifican redes menores que distribuyen las aguas del tanque el mirador alto, cercano a la zona.

Las redes de acueducto son en su mayoría de asbesto cemento, y en una pequeña proporción de PVC, donde se presentan diámetros no menores a 3”, y máximos de 6”.

Ilustración 10-1 Redes de acueducto en el polígono de estudio.



Fuente. Adaptado sistema de información geográfico de la EAAB, 2019.

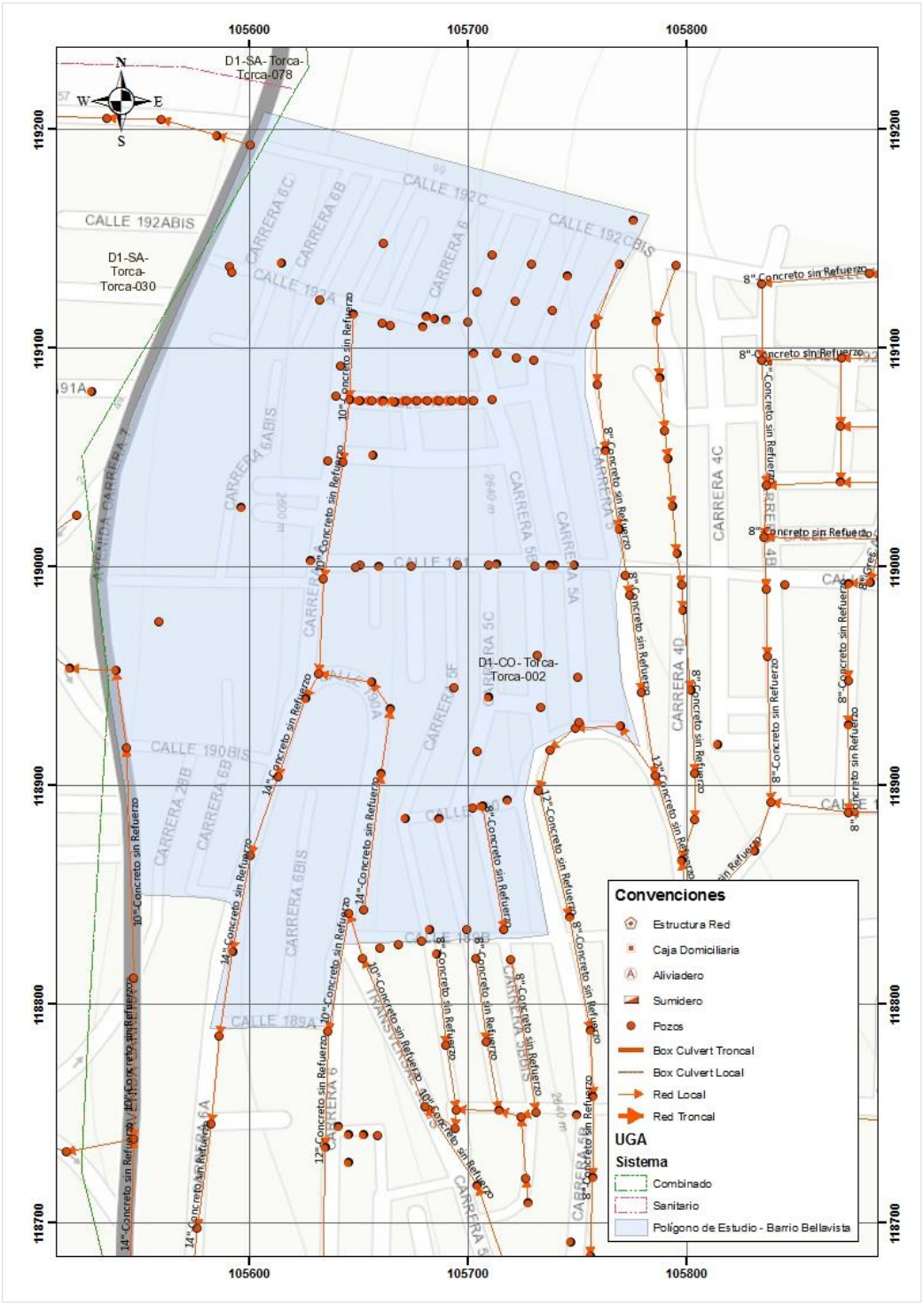
10.1.3 Evaluación de las redes de alcantarillado.

La revisión del sistema de redes de alcantarillado pluvial y sanitario presentan incongruencias en cuanto a la descripción de la conducción de las aguas en algunos sumideros y pozos. De acuerdo con lo planteado en el estudio geotécnico de los sitios se realizará la validación de la información obtenida como soporte del estudio y levantamiento de redes.

Respecto a la información disponible para las redes de alcantarillado sanitario, las aguas servidas son a la parte baja del polígono mediante tuberías en concreto, con diámetros no mayores a 14". La disposición de los pozos de inspección es paralela al trazado de las calles y carreras del barrio Bellavista, ubicándose sobre los corredores viales y peatonales. La Ilustración 10-2 esquematiza la disposición de las redes de alcantarillado sanitario.

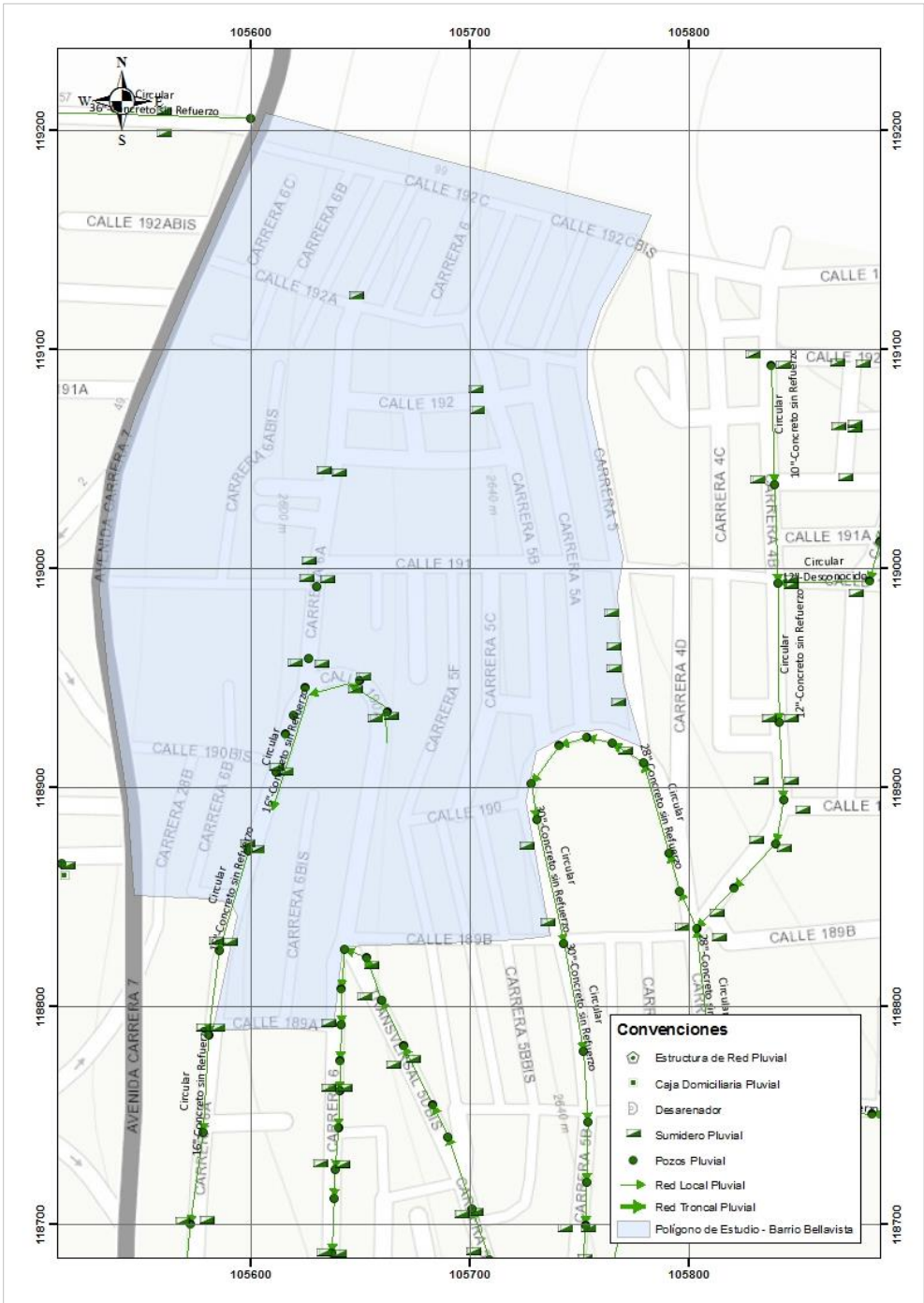
De igual manera la revisión de las redes de alcantarillado pluvial se desarrolla en función de la información disponible por el sistema de información de la EAAB, conforme a la revisión, los sumideros no guardan conexión directa con los pozos describiendo la ausencia de estos o la desactualización en el sistema.

Ilustración 10-2 Redes de alcantarillado sanitario en el polígono de estudio.



Fuente. Adaptado sistema de información geográfico de la EAAB, 2019.

Ilustración 10-3 Redes de alcantarillado pluvial en el polígono de estudio



Fuente. Adaptado sistema de información geográfico de la EAAB, 2019.

El trabajo de campo realizado dentro del polígono de estudio, evidencia dos sistemas para la conducción de las aguas pluviales como sanitarias, coherente con lo registrado por el sistema de información geográfico de la EAAB. Aunque el sistema requiere de una actualización para complementar lo ilustrado por dicho sistema, los pozos, como los sumideros identificados se ajustan con lo encontrado en el trabajo de campo. En cuanto a las redes de aguas lluvias, únicamente se observa alcantarillado pluvial sobre las carreras 6 y 6ª, donde las aguas son conducidas a la parte sur del barrio fuera de la zona de interés, mientras que el restante de las aguas utiliza las pendientes de los corredores viales y peatonales para transportar el flujo con cunetas y canales rectangulares a espacios más amplios, donde se disponen de sistemas de captación como sumideros.

Fotografía 10-1 Registro fotográfico de la salida de campo.



a. Conducción de la escorrentía superficial por gravedad, y captación mediante sumideros ubicados en las carreras principales (Carrera 5ta con calle 190ª).



b. Captación de aguas lluvias con sumidero lateral, con dirección a la calle 190ª en la parte alta del barrio Buenavista



c. Conducción de aguas lluvias con canal de sección cuadrada y descarga sobre las carreras principales del barrio Buenavista



d. Conducción de aguas lluvias en los canales laterales de ingreso (Calle 191)

En algunos tramos, las vías de acceso se encuentran en mal estado, generando que, en condiciones de lluvia, el agua se acumule y debilite los andenes, como se observa en la Fotografía 10-1 (e.). De igual manera, la falta de corredores viales y peatonales amplios entre viviendas condicionan la funcionalidad de un sistema con dos redes independientes (sanitario y pluvial), que permita transportar las aguas de manera eficiente.

La ausencia de sistemas de captación del agua lluvia, pueden generar daños en las estructuras poco profundas que por la topografía del sitio son transportadas de manera superficial.



e. Conducción de las aguas lluvias, sin sumideros



f. Descarga de aguas lluvias en los canales sobre las calles del polígono de estudio.



g. Sumidero lateral, con conducción al sistema de alcantarillado pluvial sobre la carrera 6ª con calle 191



h. Conducción de las aguas lluvias mediante cunetas.

10.2 Visitas de campo y ejecución de obras para actualización y mejoramiento de redes.

10.2.1 Visitas de campo

Durante el mes de Junio se realizaron visitas técnicas al barrio Buenavista en el marco del contrato de consultoría del presente estudio en donde se buscaba la interpretación y validación de la información secundaria en cuanto a las obras hidrosanitarias de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) existentes en la zona de estudio. Lo cual se pudo realizar de manera parcial, lo primero es debido a las condiciones de pandemia a causa del virus SARS-CoV-2 (COVID-19), en la que la cual se determina no realizar la inspección de pozos sanitarios debido a la alta probabilidad de contagio del virus en contacto con aguas residuales. Lo segundo a causa de las obras de mejoramiento del sistema de alcantarillado que actualmente se lleva a cabo en el barrio Buenavista

Como se mencionó previamente, la EAAB se encuentra ejecutando dos (2) contratos de obra de manera simultánea, con los cuales se busca el mejoramiento de la infraestructura sanitaria de barrio Buenavista, y por ende, en la zona de estudio del presente contrato. Por lo cual, la contratación de información secundaria obtenida a partir del Geoportal de la EAAB no corresponde de manera certera con lo existente y con la red de alcantarillado al momento de realizar la implantación de obras sugeridas en el presente informe.

Ilustración 10-4 Contratos de obra en ejecución por parte de la EAAB en el barrio Buenavista

Proyecto

REDES LOCALES ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA CALLE 190 Y LA CALLE 193 ENTRE LA CARRERA 4B Y CARRERA 7 DEL BARRIO BUENA VISTA DE LA LOCALIDAD DE USAQUEN

MACROPROYECTO: 0020
LOCALIDAD: USAQUEN
COD. DEL PROYECTO: LS-1001-014

Ejecutado Mediante:

- El contrato de Obra No: 1-01-31100-1213-2018

POB. BENEFICIADA: 2.563
ALCANCE DEL PROYECTO:
VALOR TOTAL: $ 2.879.955.628
FECHA DE INICIO: 03-03-2019
FECHA DE FIN: 04-07-2020
ESTADO: En Ejecución



Proyecto

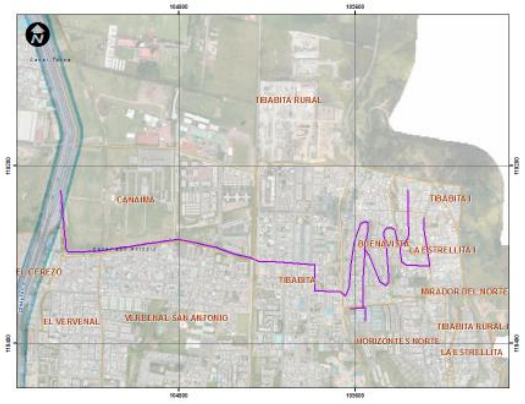
COLECTORES BUENAVISTA TRAMO III

MACROPROYECTO: 0022
LOCALIDAD: USAQUEN
COD. DEL PROYECTO: TP-1001-002

Ejecutado Mediante:

- El contrato de Obra No: 1-01-31100-1207-2017
- El contrato de Obra No: 1-01-31100-1207-2017

POB. BENEFICIADA: 18.242
ALCANCE DEL PROYECTO:
VALOR TOTAL: $ 89.428.343.798
FECHA DE INICIO: 27-02-2018
FECHA DE FIN: 26-02-2021
ESTADO: En Ejecución



Sin embargo, gracias al acompañamiento obtenido por parte del personal administrativo de obra de la EAAB presentes en el barrio Buenavista, se pudieron establecer, de manera parcial, la condición de redes de alcantarillado en los sitios priorizados por el consultor,

posibles interferencias de redes con las obras de estabilización sugeridas y adecuaciones de las redes de alcantarillado proyectadas. De las cuales, la consultoría presenta algunas recomendaciones a entidades como el Idiger y la EAAB, en la búsqueda de la disminución del riesgo de afectaciones a la infraestructura hidrosanitaria al momento (y en el caso) en el que se decidan implantar las obras de estabilización propuestas en el presente estudio.

- Sitio 1

En el talud priorizado sobre la Carrera 6, denominado como sitio 1 por el equipo consultor, se pueden evidenciar dos salidas continuas de agua hacia el corredor vial, provenientes del talud estudiado.

Una vez realizada una verificación visual en la zona (con las dificultades de accesibilidad a la zona boscosa del talud) se estableció que los puntos de afloramiento hídrico se encuentran localizados en la base de dos muros de gaviones existentes y deteriorados, por lo cual, se determina que estas salidas de agua continua corresponden a flujos subsuperficiales que drenan a través de los espacios vacíos de los gaviones y son conducidos hacia el corredor de la Carrera 6, en donde son captados por la infraestructura pluvial existente sobre la vía, por lo cual se requiere una recolección y canalización de las aguas de escorrentía hacia la descarga sobre la Carrera 6, con lo cual no se siga contribuyendo a la erosión de los materiales finos superficiales localizados en la parte posterior de los gaviones existentes.

Ilustración 10-5 Afloramiento de aguas sobre la Carrera 6, provenientes del talud sitio 1





Así mismo, se descarta la posibilidad de una fuga de alguno de los sistemas de acueducto debido a la falta de evidencia de afloramientos de agua en la corona del talud (donde se localizan las redes de abastecimiento de agua potable) al igual que de la infraestructura de alcantarillado debido a la falta de evidencias como malos olores o la presencia de insectos en el caso de ser una fuga de aguas residuales domésticas. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de una conexión errada de sistemas pluviales de viviendas localizadas en la corona del talud e instaladas de manera irregular por la comunidad, por lo cual se le recomienda a la EAAB realizar la verificación de estos afloramientos, y verificar la posibilidad de que sean conexiones o sistemas de drenaje sin ningún concepto técnico por parte de la entidad.

Finalmente, es de resaltar que, según información conocida por el equipo técnico de consorcio GEOJAM BUENAVISTA 2019, la cual fue entregada por parte de la comunidad, estos afloramientos de agua se remontan a más de 20 años atrás, en donde, ellos aseguran, se presentan las descargas hacia la Carrera 6.

- **Sitios 2 y 3**

En los sitios 2 y 3 se estableció que parte de los detonantes que generan la desestabilización del talud se asocia a la descarga de aguas sanitarias a pluviales por parte de las viviendas localizadas a en la corona del talud, al igual que la disposición de basuras descontroladas.

Sin embargo, durante la visita técnica realizada y con base en información del personal administrativo de obra la EAAB se evidencia que se realizó la instalación de una red de tuberías y cajas de inspección para la red sanitaria en donde se conectan las descargas

sanitarias de las viviendas localizadas en la corona del talud, lo cual contribuye a la disminución del riesgo de movimientos en masa.

Ilustración 10-6 Instalación de redes sanitarias en los sitios priorizados 2 y 3.



Por otro lado, estructuras para el manejo y control de escorrentía en la corona del talud no existen, por lo cual las aguas lluvias sobre las cubiertas y viviendas captadas en la parte alta del talud se descargan de manera natural, por lo cual en el capítulo de Diseño de estructuras hidráulicas complementarias se sugiere la construcción de un paso peatonal en la corona del talud y un sistema de canales de recolección que permitan la captación de aguas de escorrentía, priorizando la protección de los taludes de los sitios 2 y 3.

- Sitio 5

En el sitio 5 se encontró una infraestructura compuesta por muro y escaleras de acceso en concreto reforzado con el objetivo principal de proteger la nueva serie de tuberías y pozos de alcantarillado sanitarios instalados por la EAAB en el marco del contrato de obra 1213/2018.

Ilustración 10-7 Muro y escaleras para la protección de las redes sanitarias sitio 5.



Esto es una alternativa que contribuye a uno de los mayores problemas asociados a los procesos de movimientos en masa registrados en el barrio Buenavista y el cual es la descarga de sistemas sanitarios a los taludes, ya que con esto se garantiza que todas las descargas domésticas sean recolectadas y transportadas de manera técnica y eficaz. Por otro lado, se recomienda verificar la localización de dichas tuberías una vez se determine realizar la implantación de estructuras de protección y contención del talud como las que se sugieren en el presente estudio, lo cual debe realizarse en cooperación con la EAAB y en la búsqueda de la menor afectación física a la infraestructura hidrosanitaria instalada.

- Infraestructura insuficiente

Una de las recomendaciones dadas por la comunidad durante las visitas técnicas realizadas por el equipo consultor está asociada a la capacidad insuficiente de algunos pozos de alcantarillado en épocas de fuertes lluvias. Los cuales se localizan principalmente sobre las Carreras 6B, 6C y Calle 190ª.

Esto no pudo ser corroborado por el equipo consultor personalmente debido a que no se presentaron estos eventos de tormenta durante las visitas técnicas realizadas. Sin embargo, se busca con esto hacer una recomendación y sugerencia a la entidad encargada (EAAB) para verificar las capacidades de la infraestructura sanitaria y realizar las adecuaciones a las que hubiere lugar, con el objetivo de reducir el transito de escorrentía a nivel superficial que puedan conducir a la disposición de dichas aguas en taludes o zonas con susceptibilidad a movimientos en masa.

10.2.2 Caracterización de Vertimientos.

La descarga de aguas residuales (sanitarias o pluviales) sobre un talud expuesto puede llegar a ser uno de los principales detonantes de inestabilidad o movimientos en masa en zonas con pendientes moderadas o altas. Por lo tanto, en este aparte se detallan los posibles eventos de vertimientos en los taludes priorizados en el desarrollo de este proyecto.

Ahora bien, tal y como se mencionó previamente, en la actualidad no existen descargas de vertimientos a los taludes priorizados, bien sea porque nunca existió evidencia de este proceso –como en los sitos 5 y 8–, o porque la acción de la EAAB en el desarrollo de los contratos de obra 1207-2017 y 1213-2018 ha permitido captar esas descargas y conectarlas al sistema de alcantarillado sanitario existente en el barrio Buenavista –sitios 2 y 3– y el cual actualmente se encuentra en proceso de mejoramiento, en el marco de los contratos de obra previamente mencionados.

Adicionalmente, se tiene la condición particular del sitio 1, en el cual se pueden observar dos descargas puntuales sobre la Carrera 6, las cuales se encuentran descritas de manera detallada en el capítulo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. Luego de una nspección de la zona, el equipo consultor determinó que estas descargas no son producto de vertimientos hacia el talud, pues no existe evidencia física que estas pertenezcan a vertimientos de aguas residuales que no se encuentran conectadas a la red de alcantarillado, debido principalmente a la inexistencia de olores o materiales característicos de aguas residuales –sedimentos, detergentes–. En contraste, se evidenció la existencia de gaviones en los puntos en donde estas aguas afloran hacia la Carrera 6, por esta razón, la consultoría concluye que estas descargas corresponden a flujos subsuperficiales permanentes provenientes de la parte alta del talud a causa de eventos de precipitación y que afloran debido a la condición propia de los gaviones, los cuales funcionan como un gran filtro. Adicionado a la perdida de drenajes naturales a causa del proceso de densificación de la zona –tal y como se puede evidenciar en el análisis multitemporal–.

Por último, si bien la consultoría no encontró evidencias de fugas de agua potable en la parte alta del talud –lo cual podría explicar las descargas sobre la Carrera 6– debido a conexiones erradas del sistema de acueducto. Se recomienda a la EAAB realizar una verificación de sus redes de acueducto en la zona.

11 ANÁLISIS DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO

La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisionómicas y ambientales que van desde herbazales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales; incluye las coberturas vegetales inducidas por la acción humana como las áreas de cultivos.

Para la clasificación de las distintas coberturas vegetales, este estudio utilizó como herramienta la Leyenda Nacional de Coberturas de Tierras - Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, del IDEAM (2010), adoptada para la homogenización de las coberturas para Colombia y la elaboración de mapas a escala 1:100.000. Teniendo en cuenta que los términos de referencia establecen que los mapas se deben presentar a escala 1:1.000, donde se evidencie el área de afectación del proyecto y su impacto real en las diferentes capas de vegetación y el uso de suelo que se da en éstas; se toma como referencia la leyenda, puntualizando en ciertas categorías el uso real observado en campo y contrastado con la interpretación de fotografías aéreas, tomadas por el Consorcio GEOJAM Buenavista y adaptadas para la aplicación en el desarrollo del analisi de coberturas y uso del suelo.

11.1 PROCESO

La cobertura y usos de la tierra se elaboró bajo los criterios de la metodología Corine Land Cover (Coordination of Information on the Environmental por su sigla en inglés) fue concebida en la década de los 90 en Europa debido al auge de las herramientas de teledetección satelital, permitiendo modelar con alta exactitud las diversas coberturas terrestres. Para Colombia, Corine Land Cover (adaptada Colombia 2010) inició con el programa de apoyo y la colaboración prestada por el Fondo Francés para el Medio Ambiente (FFEM), la Embajada de Francia en Colombia, el Instituto Geográfico Nacional de Francia (ING) y ONF Andina Colombia (SIAC, 2012);con el propósito de tener métodos que permitieron consolidar cifras, análisis, esquemas, y desarrollar un sistema único de clasificación de coberturas para poder tener elementos de planificación comunes entre las diferentes regiones del país; es decir, hablar un "mismo idioma" a nivel nacional.

En el 2008 y producto de la cooperación interinstitucional entre el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM, Parques Nacionales Naturales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Instituto de Investigaciones Amazónicas SINCHI y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, se publicó la leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a Escala 1:100.000. (Humboldt, 2014)

Luego de las experiencias tenidas con la primera aproximación o leyenda (IGAC, 2002) el IDEAM presentó en junio de 2010 la segunda aproximación de la leyenda nacional para la

escala 1:100000, la cual sirve de guía para el desarrollo de la aplicación a escala 1:25.000 e igualmente se tomaron experiencias de soporte los trabajos realizados por el IGAC en el levantamiento de los trabajos de cobertura en los departamentos de Antioquia (1:100.000), Quindío (1:25.000) los municipios de Fusagasugá y Jericó (1:25.000) entre otros.

Una particularidad importante de la metodología CLC es el uso de una leyenda jerárquica, basada en clases de cobertura y discriminadas principalmente por atributos físicos y fisionómicos (Nunes de Lima, 2005; Perdigao and Annoni, 1997), organizada en niveles, que permiten agregar datos a nivel nacional o, desagregarlos, para trabajar a nivel departamental o municipal. Lo anterior justifica el hecho de que la leyenda está fuertemente relacionada con los procesos de interpretación de imágenes, la escala de publicación y el área mínima de mapeo (Perdigao and Annoni, 1997).

En el desarrollo del presente trabajo, se utilizó la metodología CLC adaptada para Colombia, respetando sus conceptos y la secuencia operativa. Sin embargo, considerando que la metodología debe adecuarse consistentemente a las particularidades físico-naturales y biodiversidad del área de estudio, ella fue adoptada llevando la leyenda hasta un nivel coherente con la publicación de la cartografía a una escala de 1:1.000.

La metodología utilizada para el trabajo de interpretación comenzó con la revisión de la información base, que consiste en verificar el cumplimiento de las características de las imágenes para llevar a cabo el proceso de interpretación: resolución espacial y espectral adecuadas para la interpretación de coberturas; sistema de referencia acorde con el sistema de proyección cartográfica y ortorrectificación para la producción de información.

Para el proceso de interpretación propiamente dicho se utilizó la interpretación visual en pantalla de las Fotografías aéreas (técnica conocida como PIAO) mediante la utilización de un programa SIG (para el caso ArcGis 10x). Esta consiste en cargar la capa o feature de la GDB donde se piensa delinear o restituir[2] la Cobertura de la Tierra, junto con la ortofoto. No deberá haber discrepancias entre los sistemas de coordenadas, ya que no permitiría una vectorización conforme.

La base de datos se conformó de acuerdo con los parámetros establecidos para la misma por la metodología Corine Land Cover y los códigos asignados a las coberturas encontradas corresponderán a la nomenclatura consignada en la leyenda oficial publicada por el IDEAM en el año 2010, la cual se complementó teniendo en cuenta que la leyenda nacional está planteada para escala 1:100.000, por lo que en algunos casos se aumentó el nivel de detalle de la cobertura encontrada, para adaptarla a la escala de trabajo.

[2] Restitución fotogramétrica: consiste en la vectorización de la información capturada con la digitalización de una orto fotografía.

Es así como para la elaboración del mapa de coberturas se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Selección y revisión del insumo para la interpretación, en este caso se hizo uso de una orto fotografía tomada en el mes de enero de 2020. En el documento de este estudio, correspondiente a 5 levantamientoTopografico, se presenta con mayor detalle el proceso de captura y procesamiento de la imagen.
- Se deberá crear el respectivo archivo gráfico, que para este caso será el MXD con el programa ArcGIS 10.x, verificando el marco de referencia de trabajo (Magna Colombia Este) para el restudio (Según los Términos de Referencia y la zonificación o área determinada por le Marco Especial de Referencia del IGAC).
- Así mismo, se cargó la capa o feature de la GDB donde se delineara o vectorizara la Cobertura de la Tierra, junto con la imagen.
- Delineación de las unidades de cobertura identificadas visualmente.
- Mediante comparaciones entre diferentes factores, como patrones, tono, forma, tamaño, textura, características morfopictóricas de la cobertura y respuesta espectral a diferentes longitudes de onda de los elementos presentes en la imagen, además de ubicación espacial, nivel de referencia en relación con el área de trabajo y experiencia en el tema, para de este modo asignar el código correspondiente de acuerdo con lo planteado dentro de la metodología CLC.

En cuanto a la identificación y definición de los cambios en las coberturas se usaron fotografías aéreas del Instituto geográfico Agustín Codazzi para los periodos 1977 y 1986, las cuales se georreferenciaron e interpretaron siguiendo el proceso anteriormente descrito.

En lo referente a la identificación de los cambios, se utilizó el “Indicador de Tasa de Cambio de las Coberturas Naturales de la Tierra (TCCN)”, el cual mide los cambios de área de las coberturas a partir de un análisis multitemporal en un periodo de años, a esta metodología se adaptado un análisis de perdida y ganancia de coberturas independientemente si eran o no coberturas naturales. Se calcula mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$TCCN = (LnATC_2 - LnATC_1) * \frac{100}{T_2 - T_1}$$

Donde:

TCNN= Tasa de cambio de coberturas naturales en %

ATC_2= Área total de la cobertura en el momento dos o final.

ATC_1= Área total de la cobertura en el momento uno o inicial.

T1 – T2= número de años entre el momento inicial y el momento final

Ln= Logaritmo natural

11.2 COBERTURA Y USO DEL SUELO EN CONDICIONES ACTUALES

Las coberturas de la tierra para el proyecto, se clasificaron de acuerdo a la metodología CORINE Land cover adaptada para Colombia, con esta clasificación se obtuvieron once coberturas diferentes de las cuales diez pertenecen a territorios artificializados y una a territorios agrícolas.

El área con mayor cobertura son las Edificaciones para vivienda con 4,73 ha, seguido de la vía pavimentada y el Camino peatonal (Tabla 11-1). No se encontraron coberturas naturales, las unidades con características de naturalidad corresponden a mosaicos de pastos con árboles de diferentes especies. Ver Anexo fotográfico puntos de campo

Tabla 11-1 Cobertura de la tierra 2020.

NIVEL1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA HA	% ÁREA
1. Territorios artificializados	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	1.1.1.1. Ciudad capital	1.1.1.1.1 Edificaciones	1.1.1.1.1.1 Edificaciones para vivienda	4,73	62,7
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales	1.2.1.1.1. Petroquímica	1.2.1.1.1.1 Estaciones de servicio	0,14	1,8
			1.2.1.2. Zonas comerciales	1.2.1.2.1. Centros de acopio	1.2.1.2.1.1. Bodega para material de reciclaje	0,08	1,1
		1.2.2. Red vial, ferrovias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	1.2.2.1.1. Red vial	1.2.2.1.1.1. Via pavimentada	0,68	9,0
				1.2.2.1.2. Terrenos asociados a la red vial	1.2.2.1.2.1. Paradero, parqueadero y/o terminal	0,26	3,4
					1.2.2.1.2.2.Andenes	0,30	3,9
					1.2.2.1.2.3. Camino peatonal	0,62	8,2
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	1.3.2. Zonas de disposición de residuos	1.3.2.1. Escombreras	1.3.2.1.1. Disposición de materiales de construcción		0,22	3,0
	1.4. Zonas	1.4.1. Zonas	1.4.1.1. Zonas verdes urbanas			0,06	0,8

NIVEL1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA HA	% ÁREA
	verdes artificializadas, no agrícolas	verdes urbanas	al interior de viviendas				
			1.4.1.2. Zonas verdes urbanas entre las viviendas			0,10	1,3
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.4.1. Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos	2.4.4.1.1. Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos heterogéneo		0,36	4,8

FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

De acuerdo a la leyenda de Corine Land Cover, 2008, a continuación se definen las coberturas encontradas en la aérea de trabajo.

11.2.1.1 *Edificaciones para vivienda*

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada cuyo destino corresponde a viviendas familiares.

Ilustración 11-1 Edificaciones para vivienda



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.2 *Estaciones de servicio*

Corresponde a espacios artificializados asociados a la prestación de servicios de suministro de combustible y actividades asociadas.

Ilustración 11-2 estación de servicio



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.3 *Bodega para material de reciclaje*

Espacio asociado al almacenaje de materiales de reciclaje proveniente de la recolección de estos en vías y calles de la zona, donde se embalan y distribuyen a plantas de procesamiento.

Ilustración 11-3 bodega de reciclaje



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.4 *Vía pavimentada*

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones correspondientes a vías pavimentadas, en este caso dentro de un espacio de uso urbano.

Ilustración 11-4 via pavimentada



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.5 *Paradero, parqueadero y/o terminal*

Unidad de tipo artificial, que se destina a actividades de apoyo a la red vial, entre las que se encuentran parqueaderos, paraderos y/o terminal.

Ilustración 11-5 parqueadero



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.6 *Andenes*

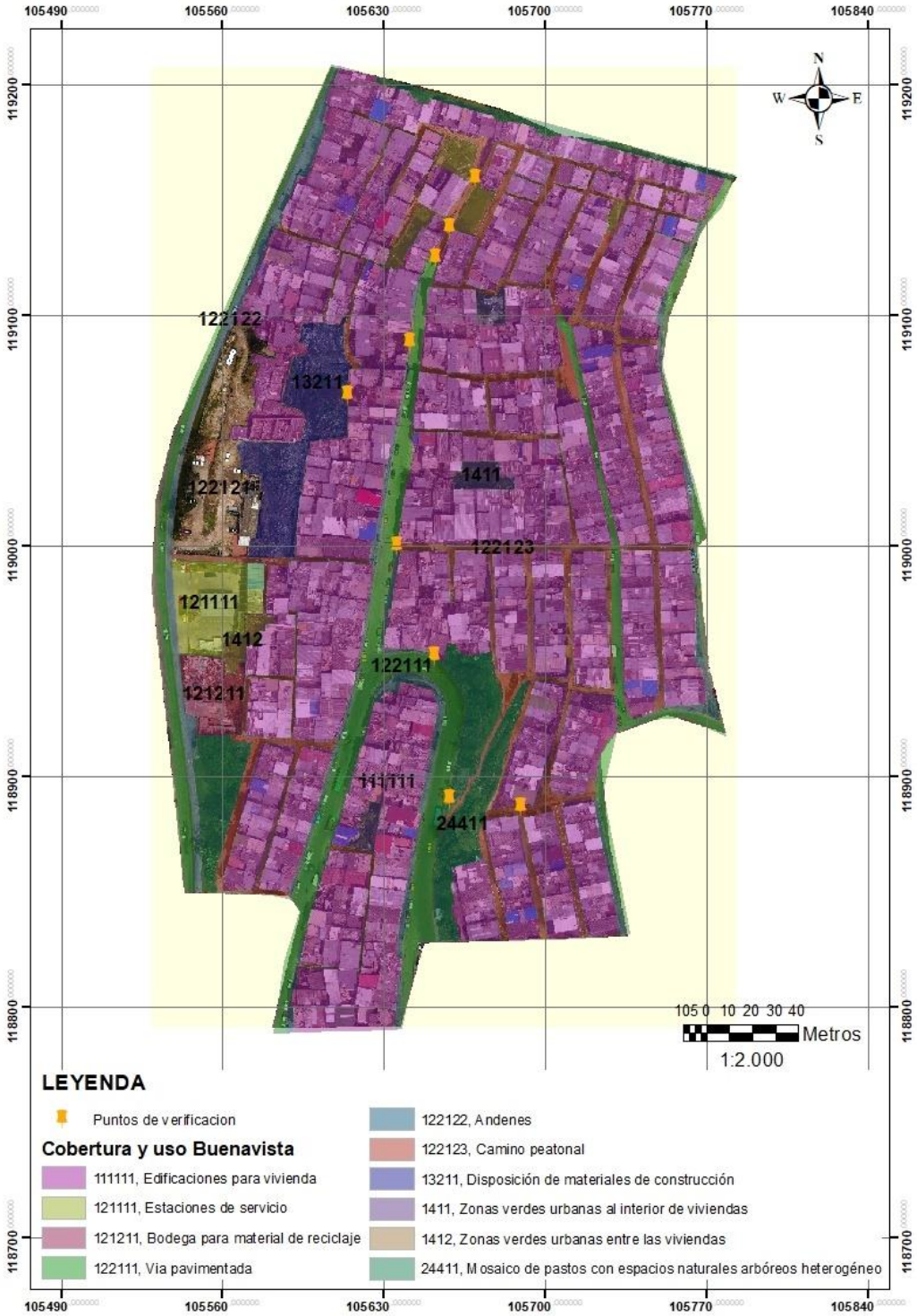
Corresponden a elementos lineales que acompañan las vías, cuya finalidad corresponde al tránsito de peatones.

Ilustración 11-6 andenes



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

Ilustración 11-7 Mapa cobertura de tierra



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.7 *Camino peatonal*

Estas unidades hacen referencia a los elementos lineales que sirven como via de comunicación a los peatones, son estrechos por lo cual no es posible el paso de vehículos, algunos son en escaleras y otros son caminos con cemento o en tierra.

Ilustración 11-8 camino peatonal



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.8 *Disposición de materiales de construcción*

Hace referencia a zonas en las cuales se hace la disposición de materiales de construcción de las obras ubicadas en el entorno del barrio.

Ilustración 11-9 Disposición materiales de construcción.



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.9 *Zonas verdes urbanas al interior de viviendas*

Estas son las zonas verdes asociadas a patios de las viviendas, es decir están al interior de las viviendas o lotes.

Ilustración 11-10 zonas verdes urbanas al interior de viviendas



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.10 *Zonas verdes urbanas entre las viviendas*

Estas son unidades con cobertura semi natural que se encuentran en áreas de uso público, que por sus características y tamaño no tienen condiciones para ser un parque público o de bolsillo.

Ilustración 11-11 zonas verdes urbanas entre viviendas



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.1.11 *Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos heterogéneo*

Son unidades heterogéneas ocupadas por coberturas de pastos en combinación con árboles que no pueden separarse en unidades puras debido a su patrón de distribución, es así como el pasto representa aproximadamente el 30% y los árboles que en este caso son de diferentes especies ocupan el 70% de la unidad.

Ilustración 11-12 Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos heterogéneos



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.2.2 Uso actual

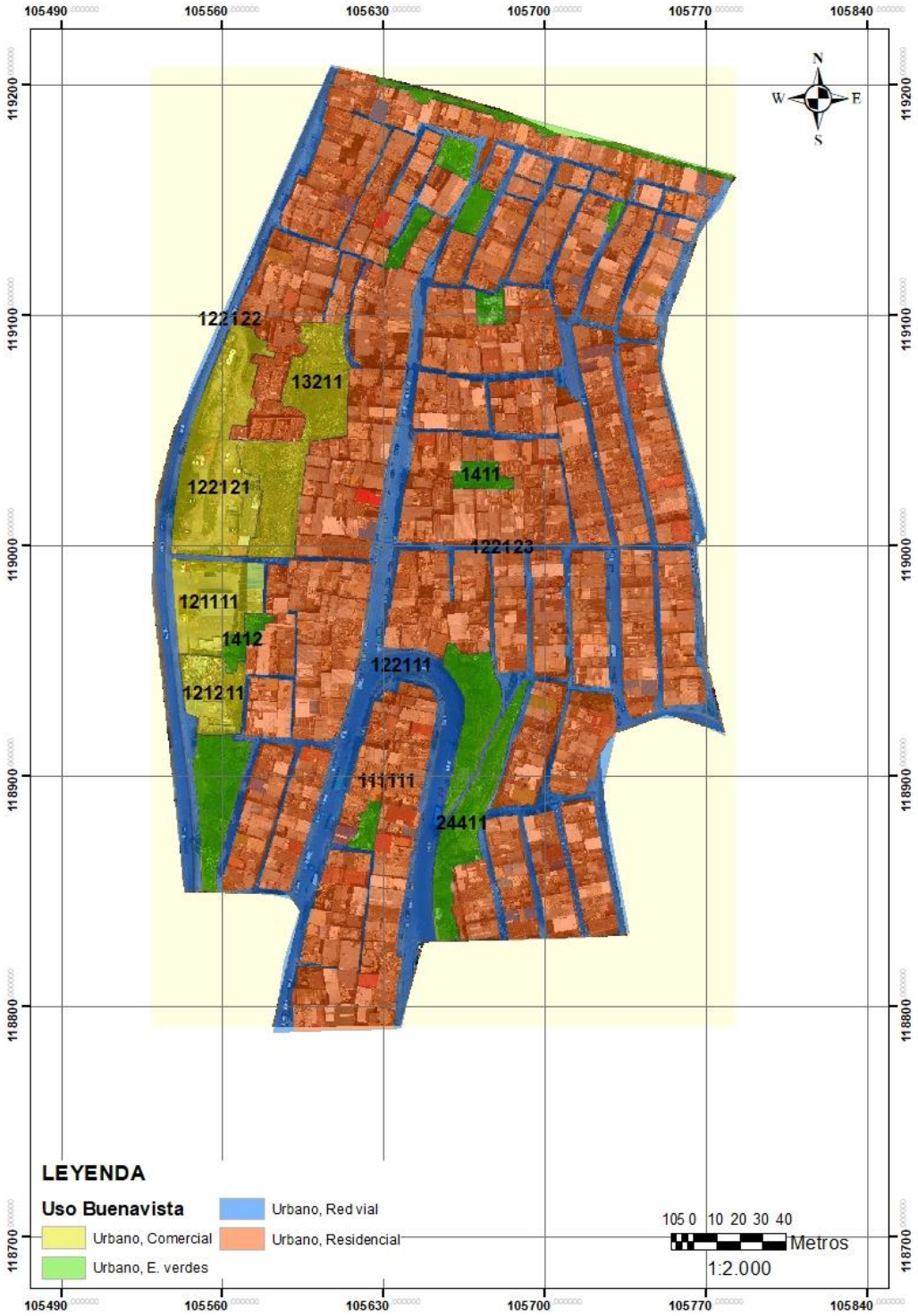
El uso actual corresponde a los tipos de ocupación o utilización que de una cobertura hace el hombre, apuntando a la producción de bienes y servicios para la sociedad. Es así, que de acuerdo a las coberturas identificadas, se tiene un único uso que predomina que corresponde al de infraestructura, con uso urbano correspondiente a viviendas, vías y demás unidades asociadas a la actividad humana que ha modificado las coberturas y las a antropizado completamente con endurecimiento de la zona. Así mismo, los sub usos definidos para cada cobertura están relacionadas con la manera en la que se intervienen y/o ocupan.

Tabla 11-2 Uso actual

Cobertura	Uso actual	Sub Uso actual	ÁREA HA	% ÁREA
1.1.1.1.1.1 Edificaciones para vivienda	Urbano	Residencial	4,73	62,7
1.2.1.1.1.1 Estaciones de servicio		Comercial	0,14	1,8
1.2.1.2.1.1. Bodega para material de reciclaje		Comercial	0,08	1,1
1.2.2.1.1.1. Vía pavimentada		Red vial	0,68	9,0
1.2.2.1.2.1. Paradero, parqueadero y/o terminal		Comercial	0,26	3,4
1.2.2.1.2.2. Andenes		Red vial	0,30	3,9
1.2.2.1.2.3. Camino peatonal		Red vial	0,62	8,2
1.3.2.1.1. Disposición de materiales de construcción		Comercial	0,22	3,0
1.4.1.1. Zonas verdes urbanas al interior de viviendas		Espacios verdes	0,06	0,8
1.4.1.2. Zonas verdes urbanas		Espacios verdes	0,10	1,3
2.4.4.1.1. Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos heterogéneo		Espacios verdes	0,36	4,8
Uso residencial: correspondiente a las zonas que sirven para proporcionar alojamiento a las personas. Uso comercial: hace referencia a los espacios destinados a la prestación de un servicio o venta de productos, cuya característica en la construcción está destinada a dicha actividad. Red vial: conjunto de vías que permiten la comunicación y movilización de las personas. Espacios verdes: corresponde a las zonas con plantas de tipo herbáceo y/o arbóreo, permiten el esparcimiento y/o recreación.				

FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

Ilustración 11-13 Mapa de Uso actual



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.3 ANÁLISIS PRECEDENTE DE LA COBERTURA DEL SUELO

Siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente, se realiza la identificación de las coberturas para las temporalidades correspondientes a 1977 y 1986.

Los resultados obtenidos en la cobertura para el periodo 1977, se presentan a continuación.

Tabla 11-3 Cobertura de tierra 1977

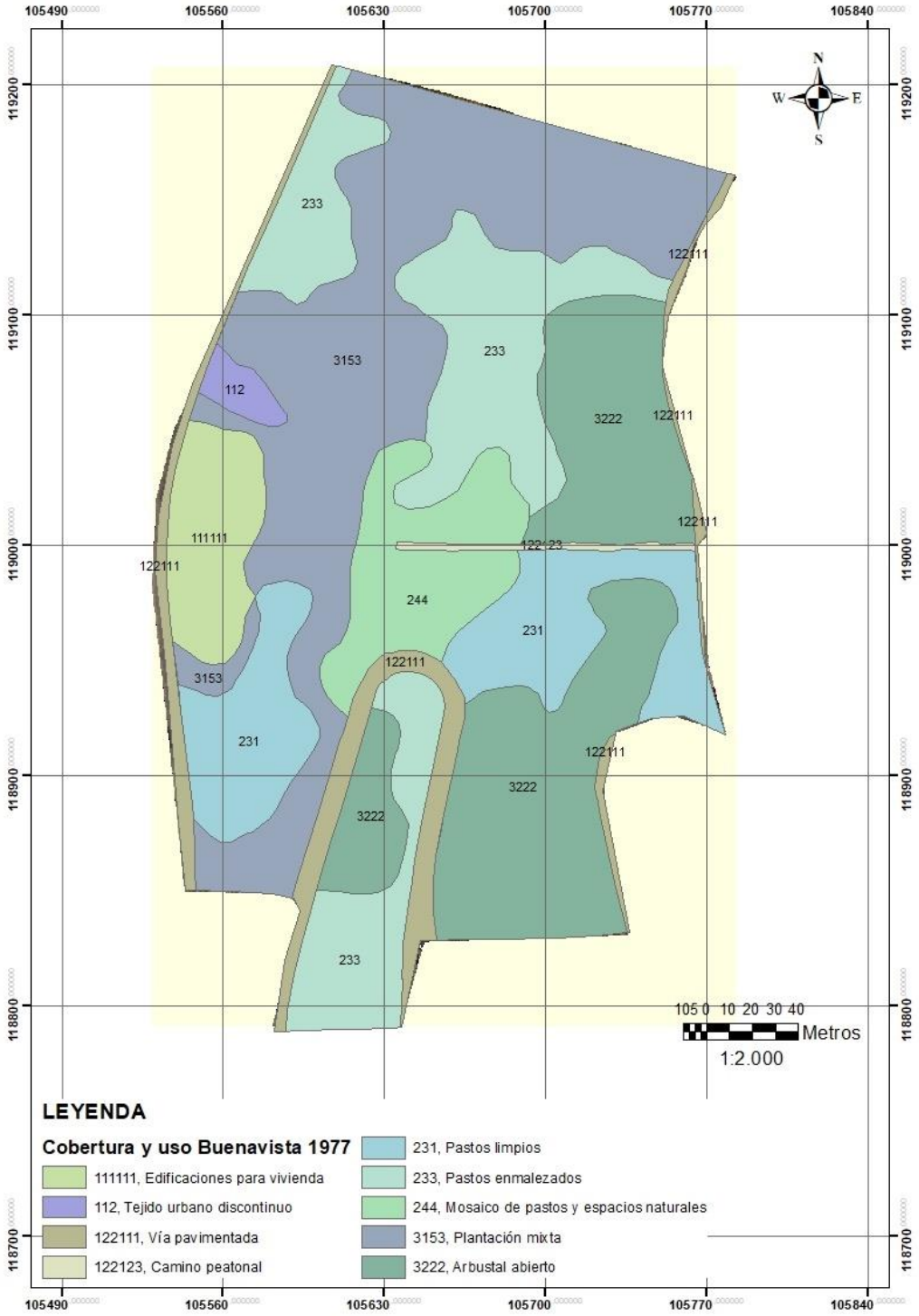
Código CLC	Cobertura	Área (Ha)	% Área
111111	Edificaciones para vivienda	0,36	4,7
112	Tejido urbano discontinuo	0,07	0,9
122111	Vía pavimentada	0,48	6,4
122123	Camino peatonal	0,04	0,5
231	Pastos limpios	0,87	11,6
233	Pastos enmalezados	1,37	18,1
244	Mosaico de pastos y espacios naturales	0,55	7,3
3153	Plantación mixta	2,09	27,7
3222	Arbustal abierto	1,72	22,8

FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

Este es el primer periodo analizado, en donde es evidente que para ese momento el 22,8% el área de estudio se encontraba cubierto por arbustales abiertos, el 27,7% correspondían a plantaciones forestales mixtas y en un muy bajo porcentaje (4,7%) a edificaciones para vivienda, contrario a lo evidenciado en el periodo 2020.

En la Tabla 6 se presentan los resultados mencionados, además en la siguiente figura se evidencia la distribución espacial de las coberturas, cabe destacar que las principales vías se mantienen, sin embargo la zona urbana se encontraba concentrada sobre la carrera 7ª; en términos generales la unidad estaba mayormente cubierta por coberturas asociadas a vegetación, como pastos, arbustos y árboles; adicionalmente no se identifican procesos erosivos ni señales de actividad minera propiamente dicha en el área de estudio.

Ilustración 11-14 Mapa de cobertura de la tierra 1977



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

En cuanto a las coberturas interpretadas para el periodo 1986, se tiene:

Tabla 11-4 Cobertura de tierra 1986

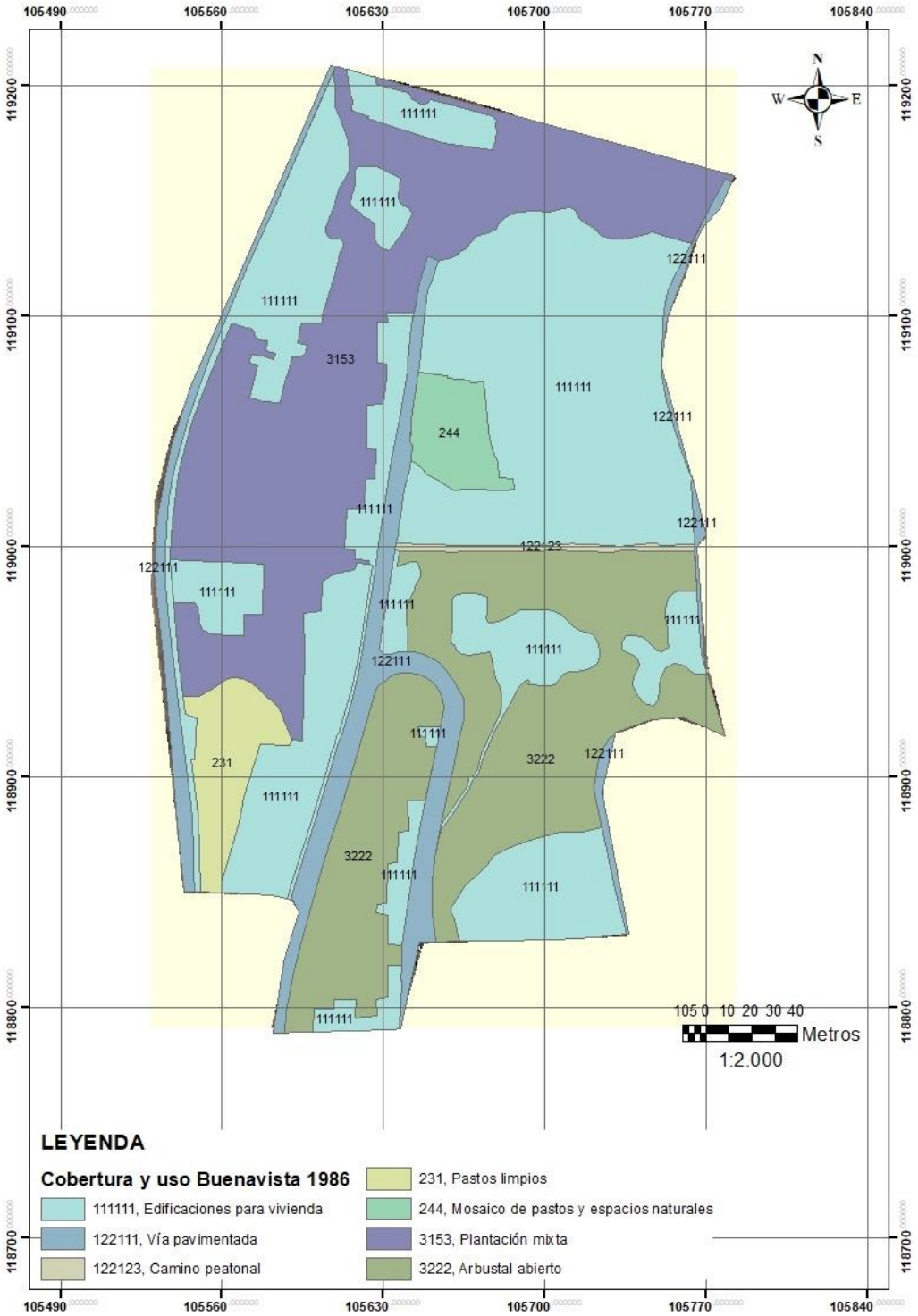
Código CLC	Cobertura	Área (Ha)	% Área
111111	Edificaciones para vivienda	3,24	42,9
122111	Vía pavimentada	0,60	7,9
122123	Camino peatonal	0,04	0,5
231	Pastos limpios	0,21	2,8
244	Mosaico de pastos y espacios naturales	0,16	2,1
3153	Plantación mixta	1,77	23,5
3222	Arbustal abierto	1,53	20,2

FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

Las coberturas de 1986 evidencian un avance en la antropización de las coberturas, donde el 42,9% corresponde a edificaciones para vivienda; al igual que en la anterior las vías principales se mantienen y ya se refleja la apertura de la carrera 6 A y a sus costados la construcción de viviendas que permite el establecimiento de un barrio o comuna. Las zonas de arbustales se han disminuido y cubre el 20,2% así como el de plantación mixta que ahora ocupa 23,5%.

En la Tabla 8, se reporta el área ocupada por cada una de las coberturas de acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, en cuanto a la espacialización y distribución de estas, en la siguiente figura se presenta el mapa con la interpretación de las unidades para las fotografías aéreas del periodo 1986. De acuerdo a los resultados así como lo correspondiente a la inspección visual de las fotográficas aéreas para el periodo analizado no se identifican procesos de remoción en masa ni presencia de canterías o unidades de explotación minera activas ni abandonadas.

Ilustración 11-15 Mapa de cobertura de la tierra 1986



FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

11.4 CAMBIOS EN LA COBERTURA

Una vez aplicada la metodología descrita, se realizaron los correspondientes cálculos, cuyos resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 11-5 cambios cobertura 1977-1986 y 1986 -2020

Código cobertura	1977	1986	2020	1977 - 1986		1986 - 2020	
1.1.1.1.1.1 Edificaciones para vivienda	0,36	3,24	4,73	24,49	Ganancia	1,12	Ganancia
112. Tejido urbano discontinuo	0,07	0,00	0,00	0,00	Pérdida	0,00	NA
1.2.1.1.1.1 Estaciones de servicio	0,00	0,00	0,14	0,00	NA	0,00	Ganancia
1.2.1.2.1.1. Bodega para material de reciclaje	0,00	0,00	0,08	0,00	NA	0,00	Ganancia
1.2.2.1.1.1. Vía pavimentada	0,48	0,60	0,68	2,40	Ganancia	0,37	Ganancia
1.2.2.1.2.1. Paradero, parqueadero y/o terminal	0,00	0,00	0,26	0,00	NA	0,00	Ganancia
1.2.2.1.2.2.Andenes	0,00	0,00	0,30	0,00	NA	0,00	Ganancia
1.2.2.1.2.3. Camino peatonal	0,04	0,04	0,62	-0,02	Se mantiene	8,31	Ganancia
1.3.2.1.1. Disposición de materiales de construcción	0,00	0,00	0,22	0,00	NA	0,00	Ganancia
1.4.1.1. Zonas verdes urbanas al interior de viviendas	0,00	0,00	0,06	0,00	NA	0,00	Ganancia
1.4.1.2. Zonas verdes urbanas entre las viviendas	0,00	0,00	0,10	0,00	NA	0,00	Ganancia
231. Pastos limpios	0,87	0,21	0,00	-15,62	Pérdida	0,00	Pérdida
233. Pastos enmalezados	1,37	0,00	0,00	0,00	Pérdida	0,00	NA
2.4.4.1.1. Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos heterogéneo	0,55	0,16	0,36	-13,84	Pérdida	2,44	Ganancia
3153. Plantación forestal mixta	2,09	1,77	0,00	-1,81	Pérdida	0,00	Pérdida
3222. Arbustal abierto	1,72	1,53	0,00	-1,35	Pérdida	0,00	Pérdida

FUENTE: Consorcio GEOJAM Buenavista

De esta forma se evidencia como la unidad correspondiente a edificaciones para vivienda presentaron ganancia en las dos comparaciones, así como la vía pavimentada; en el primer periodo comprendido entre 1977 y 1986 presenta perdidas de coberturas como el tejido urbano discontinuo (unidad que desaparece para 1986), pastos limpios, pastos enmalezados, mosaico de pastos con espacios naturales, plantación forestal mixta y arbustal abierto, las dos últimas no se reportan en el 2020.

El camino peatonal se mantiene entre 1977 y 1986, para 2020 se aumentan los caminos, ya que estos comunican las viviendas entre el barrio y son consideradas corredores de comunicación de las personas. Para el periodo 2020 ya se evidencia un aumento en todas las coberturas relacionadas con territorios artificializados, como vías, andenes, infraestructura asociada a servicios y comercio. En lo referente a pastos limpios esta cobertura desaparece completamente en 2020 pero reaparece la de mosaicos de pastos con espacios naturales que corresponde a una zona verde reconocida por la comunidad. Finalmente, las unidades de arbustales y plantación forestal mixta desaparecen completamente para esta última temporalidad, donde predominan las unidades urbanas.

11.5 COBERTURA Y USO DEL SUELO EN CONDICIONES FUTURAS

De acuerdo a lo evidenciado en el proceso de transformación del territorio descrito anteriormente, así como el estado actual de las coberturas, se puede definir que los cambios que se realicen estarán asociados a la reorganización y restructuración urbana de la zona, es decir, remodelaciones, ampliaciones, disminuciones o mejoramientos de las estructuras existentes, en cuanto a unidades asociadas a vegetación, se espera que se mantengan, sin embargo las que están internas en las viviendas o entre viviendas pueden ser objeto de cambio para construcción de espacios urbanos.

11.6 INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS EN LAS CONDICIONES DE ESTABILIDAD

A partir de la interrelación que existe entre el suelo y la cobertura vegetal, se conoce que esta proporciona estabilidad y condiciones óptimas que minimiza el deterioro del suelo, en su parte física y química; en este sentido es evidente que la zona de estudio ha sufrido una transformación total del suelo, pasando de ser una zona con coberturas naturales que le garantizaban un equilibrio al suelo; sin embargo además de estos elementos la geología, geotecnia y la hidrología propia del terreno corresponden a otros elementos que mejoran y garantizan la posibilidad de movimientos en masa y condiciones de estabilidad del suelo que serán tratados en otros apartes de este estudio.

En cuanto a lo correspondiente a la influencia que las coberturas tienen sobre la estabilidad, se induce que esta se disminuye al momento que el suelo no cuenta con un agarre directo proporcionado por las raíces de los árboles y demás estructuras naturales, de acuerdo a los resultados evidenciados en el análisis de coberturas no se registran espacios dentro de la unidad con algún tipo de remoción en masa o aridez que induzca una posible afectación a la estabilidad del suelo.

12 SISMOLOGÍA

La sismología de la zona se determinó con base en el Decreto número 523 del 16 de diciembre de 2010 donde se establece la microzonificación sísmica de Bogotá D.C, a partir de los estudios técnicos y de la sección A.2.9 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente del 2010 (NSR-10) y que tiene como producto los mapas de zonas geotécnicas y de zonas de respuestas sísmica.

Según el mapa de zonas geotécnicas consultado en el Geoportal del IDIGER, el polígono de estudio se encuentra en la zona de Cerros A y en la parte baja se encuentra la zona de Piedemonte A. Ver **Anexo 13**. A continuación, se muestran las características de la zona geotécnica presentes en el polígono de estudio.

Tabla 12-1 Características zonas geotécnicas

NOMBRE	GEOTECNIA	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	COMPOSICIÓN PRINCIPAL	COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO GENERAL
Cerros A	Roca de arenisca	Formaciones de arenisca	Cerros de alta pendiente	Areniscas duras	Rocas competentes y resistentes a la meteorización, eventuales problemas de estabilidad de taludes en excavaciones a cielo abierto, principalmente cuando estén fracturadas o con intercalaciones de arcillolitas blandas.
Piedemonte A	Suelo coluvial y aluvial	Coluviones y complejos de conos aluviales	Piedemonte	Gravas arcillo arenosas	Suelos de alta capacidad portante, pero pueden presentar problemas de inestabilidad en excavaciones abiertas

Fuente: Decreto 523 de 2010.

Respecto al mapa de zonas de respuesta sísmica que se presenta en el **Anexo 13** se identifican una zona en el polígono de estudio que corresponde a Cerros.A en su mayoría, la zona inferior se encuentra Piedemonte A. Se muestran las características de las zonas de respuesta sísmica presentes en el polígono de estudio.

Tabla 12-2 Características zonas de respuesta sísmica

ZONA	ESPESOR DEL DEPÓSITO (m)	PERIODO FUNDAMENTAL DEL SUELO (s)	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA GENERAL	VELOCIDAD ONDA PROMEDIO 50 m Vs (m/s)	HUMEDAD PROMEDIO 50 m Ha (%)	EFECTOS DE SITIO RELACIONADOS
Cerro	-	< 0.3	Rocas sedimentarias y depósitos de laderas con espesores inferiores a 6 m.	> 750	< 10	Topográfico
Piedemonte A	<50	0.3-0.6	Suelo coluvial y aluvial	200-750	10-80	Topográfica amplificación

Fuente: Decreto 523 de 2010.

Para las zonas de respuesta sísmica identificadas, se tienen los siguientes coeficientes de diseño:

Tabla 12-3 Coeficientes de diseño

	CERROS	Piedemonte A
F_a (475)	1.35	1.65
F_v (475)	1.3	2.0
T_c (s)	0.62	0.78
T_L (s)	3	3.0
A_0 (475) (g)	0.18	0.22

En dónde:

F_a: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos.

F_v: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.

T_c: Periodo corto (s)

T_L: Periodo Largo (s)

A_0: Aceleración horizontal pico efectiva de terreno en superficie (g)

Para análisis de estabilidad se utilizará un valor de K_{ST}/a_{max} de 0.8 para macizos rocosos fracturados con RQD<50% tomado de la tabla H.5.2-1 del título H de la NSR-10.

Tabla 12-4 Valores de K_{ST}/a_{max} mínimos para análisis seudoestáticos de taludes

Material	K_{ST}/a_{max} Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales térreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: Título H NSR-10, Tabla H.5.2-1.

En conclusión, dado que la mayoría del predio se encuentra en Cerros y según la exploración realizada y la información secundaria la roca se encuentra a muy poca profundidad (<6 m), se utilizara para los análisis de equilibrio límite la aceleración en terreno de Cerros (0.18 g) , por ende, la aceleración de diseño para análisis pseudoestáticos es de **0.144 g**.

13 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA Y ANÁLISIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

13.1 MARCO DE REFERENCIA

Para el proceso de caracterización geotécnica se utilizaron los siguientes estudios de referencia que se encuentran en cercanías al área de estudio del proyecto.

- *Estudios y diseños de las obras de mitigación en las localidades de Usaquén y Chapinero Barrio el Codito.*

El talud objeto del estudio tiene aproximadamente 50 m de longitud y 6 m de altura, ubicado a la altura de la Carrera 27A entre la Calle 188 y 188ª. Los estudios contemplaron la evaluación de la estabilidad de los taludes del área de estudio y con base en los resultados adelantaron el planteamiento y diseño de las medidas y/o de las obras de control, mitigación, protección y estabilización necesarias.

El modelo geológico- geotécnico corresponde a un depósito coluvial de arenas suelta con gravas o rellenos antrópicos que suprayacen la formación Labor y Tierna compuesta de intercalación de arcillolita y arenisca (Ilustración 13-1). Las propiedades reportadas en el documento por material son:

Arcillolita + Areniscas (Ksglt):

Arenisca

Peso Unitario	2.00 ton/m^3
Resistencia a compresión	520 kg/cm^2
Angulo de fricción	36.7º
Cohesión	8.7 ton/m^2

Arcillolitas

Peso Unitario	2.06 ton/m^3
Angulo de fricción	45º
Cohesión	0.2 ton/m^2

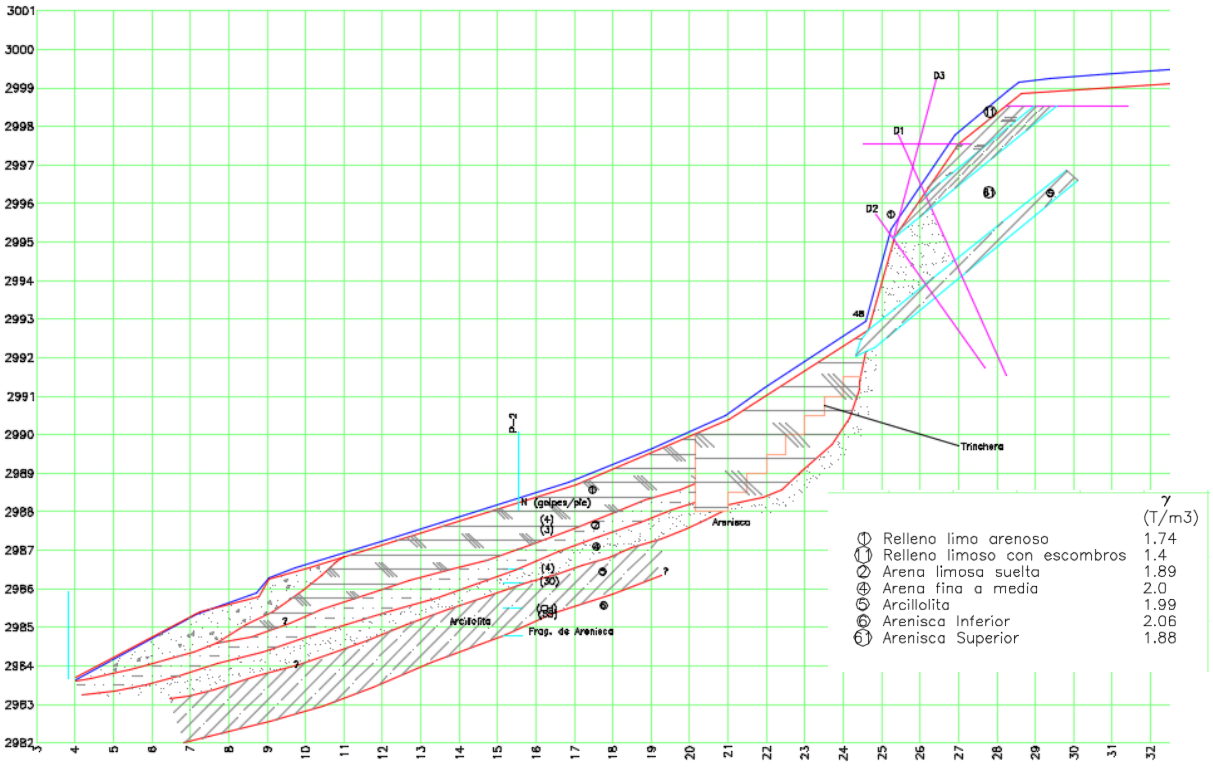
Rellenos Antrópicos (Qa)

Corresponden a depósitos de materiales heterogéneos con desechos de construcción y basuras.

Relleno limoso con escombros:

Peso Unitario	1.38 ton/m^3
Humedad natural	22.7%
Limite líquido	37.5%
Límite plástico	25.5
Angulo de fricción	24.82 ton/m2

Ilustración 13-1 Modelo geológico geotécnico estudio y diseños de las obras de mitigación en las localidades de Usaquén y Chapinero Barrio El Codito



- *Contrato de consultoría 1448 de 2018 factibilidad, estudios y diseños para las obras requeridas en sitios inestables en Bogotá, D.C. -Sitio critico 03. Consorcio JAM – IGR-IDU.*

El documento hace referencia a los estudio de factibilidad y diseño de 29 sitios inestables en la ciudad de Bogotá, dentro del cual se identificó que el sitio critico # 3 se encuentra próximo al polígono de estudio del presente contrato. El sitio se encuentra ubicado en la localidad de Usaquén en la dirección Carrera 5D entre la Calle 188 – 189, barrio Buenavista. Las coordenadas de referencia del sitio de estudio son 118670 N, 105700 E.

Dentro de los estudios de factibilidad y diseño se realizaron tres (3) perforaciones mecánicas de 10 m, en la tabla 4-1 se presenta las coordenadas y profundidad de cada uno de los sondeos.

De la recopilación de la información se tomó como base para el desarrollo del estudio los registros de perforación de los sondeos (**Anexo 11**), la caracterización de los materiales y el modelo geológico geotécnico.

Tabla 13-1 Ubicación sondeos

Proyecto	Perforación	Longitud ejecutada(m)	Coordenada X	Coordenada Y
JAM-IGR-IDU	S1_03	10.05	105724	118703
JAM-IGR-IDU	S2_03	10.00	105720	118677
JAM-IGR-IDU	S2_03	10.05	105723	118701

Fuente: Consorcio JAM-IGR-IDU

El modelo geológico geotécnico se caracteriza por tres unidades, desde la unidad más reciente a la más antigua son: depósitos de relleno antrópico (Qra), suelo residual (Sr-Ksgl) y rocas de la Formación Arenisca de Labor (Ksgl), a continuación, se presentan los parámetros asumidos en el estudio.

Material 1: Relleno de escombros

Corresponde a un relleno antrópico de baja capacidad compuesto por escombros en una matriz arenosa.

Peso Unitario	1.85 ton/m^3
Ángulo de fricción	29º
Cohesión	0 ton/m^2

Material 2: Suelo residual de arenisca

Suelo arenoso con arcilla de grano fino color amarillo de origen residual

Peso Unitario	2.00 ton/m^3
Angulo de fricción	33º
Cohesión	0 ton/m^2

Material 3: Arenisca de la formación labor y tierna

Roca con moderado a ligero grado de meteorización, compuesta por una secuencia de capas gruesas areniscas grano medio, con intercalaciones delgadas de arcillolitas resistencia.

Peso Unitario	2.5 ton/m^3
Resistencia a compresión	14 MPa
Angulo de fricción	45º
Cohesión	8.3 ton/m^2

13.2 EXPLORACIÓN DE CAMPO.

A partir de la recopilación de información secundaria y el estudio geológico se determinó una plan de exploración que tuviera como objetivo la construcción del modelo geológico geotécnico. Para ello se programó 11 perforaciones mecánicas con profundidades entre 10 y 20 m, las profundidades se estimaron con el propósito de perforar en la roca competente al menos 5 m. Previo a inicios de la exploración se esperaba encontrar los primeros 6 metros el suelo residual de la arenisca, seguido de un banco de roca muy fracturada y posterior a los 12 m roca con mejores características.

La exploración directa se complementó con métodos geofísicos, los cuales tiene el objeto de determina cambios de rigidez en profundidad y el perfil de velocidades de onda de corte, siendo esta información útil para definir el modelo y la parametrización de los materiales.

13.2.1 EXPLORACIÓN DIRECTA

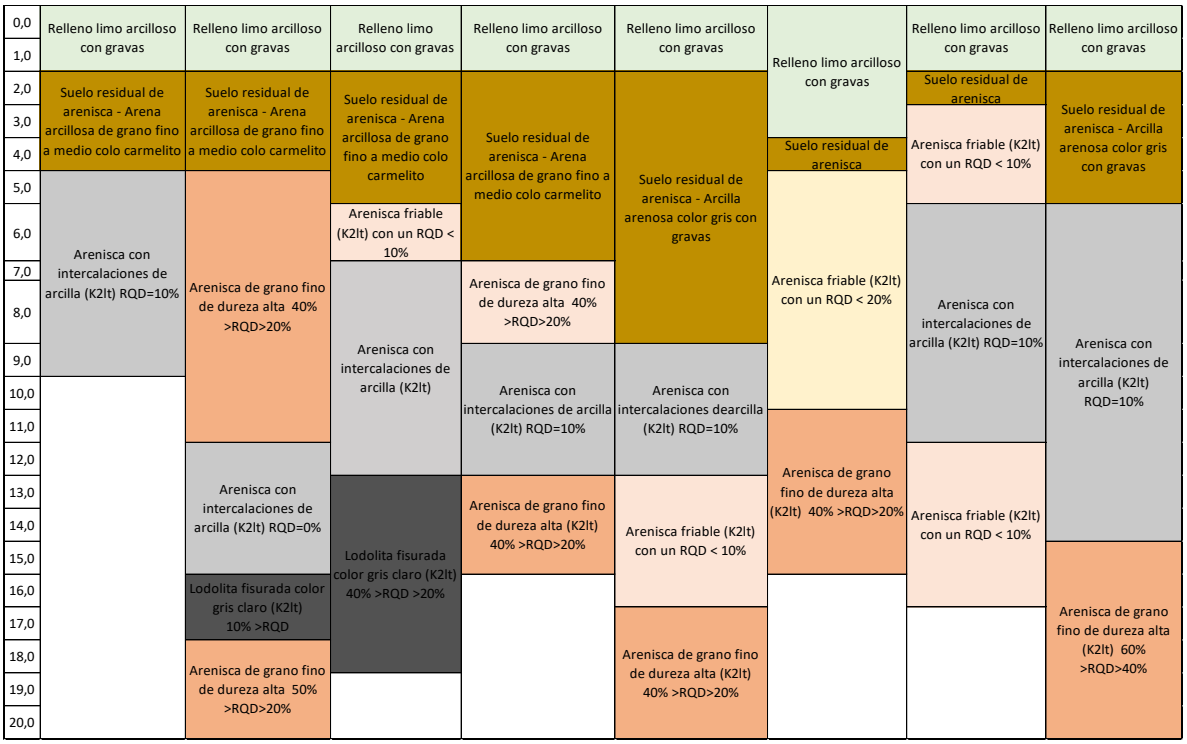
Se programaron 8 perforaciones mecánicas con toma de muestras tipo Split Spoon y extracción de núcleos en roca por rotación en barrena de diámetro NQ. En la Tabla 13-2 se presenta la ubicación y profundidad de las perforaciones realizadas. De manera general no se identificó el nivel freático en las perforaciones, únicamente en el sondeo 4 se encuentra una tabla de agua a 6.7 m, la cual se asocia al agua de la perforación colgada por el estrato impermeable de lodolita.

Tabla 13-2 Profundidad de las perforaciones y coordenadas

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	Suelo(m)	Roca(m)	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE	Nivel freático
S3	20.20	4.45	15.75	118927.743	105738.529	N.R
S2	10.00	5.00	5.00	119143.498	105667.277	N.R
S4	18.10	4.45	13.65	118931.983	105682.229	6.4*
S5	15.20	6.40	8.8	118882.130	105673.976	N.R
S6	20.00	7.95	12.05	119152.125	105774.999	N.R
S8	15.10	4.0	11.10	118907.030	105565.155	N.R
S10	17.00	2.0	15.0	119002.284	105583.946	N.R
S11	20.00	6.45	13.55	119145.496	105729.831	N.R
TOTAL EJECUTADO	**135.6**	40.7	94.9			

En el **Anexo 11** se presenta los registros de perforación y el plano de exploración geotécnica. A continuación, se presenta un resumen de los materiales encontrados en las perforaciones.

Ilustración 13-2 Resumen perforaciones



13.2.2 EXPLORACIÓN MEDIANTE MÉTODOS INDIRECTOS

El trabajo de exploración por métodos indirectos en el área de estudio consistió en la ejecución de 2 líneas de refracción sísmica (LRS), con medición de ondas superficiales (MASW), con una longitud de 36 y 46 m. A diferencia de los métodos de exploración directos, los métodos geofísicos no requieren de la extracción de muestras del terreno, pero sí de la interpretación de los resultados con base en el modelo geológico existente en campo.

Las líneas de refracción sísmicas permiten medir velocidades de ondas de compresión y el ensayo MASW velocidades de onda de corte, las cuales proporcionan por diferentes correlaciones algunos parámetros como el módulo de elasticidad, el módulo de corte máximo, entre otros, estableciendo de forma aproximada la profundidad a la cual se encuentra el estrato rocoso.

En el **Anexo 3** se presenta la ubicación de los arreglos realizados y en el **Anexo 11** se presenta el informe de geofísica con los detalles del trabajo en campo. A continuación, se muestran los resultados para cada arreglo.

Tabla 13-3 Ubicación líneas de refracción sísmica

NOMBRE	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FIN		Longitud (m)
	NORTE_INICIO	ESTE_INICIO	NORTE_FIN	ESTE_FIN	
LRS-1	118944.64	105690.3	118912.96	105673.19	36
LRS-2	118914.82	105552.69	118868.85	105554.35	45

Contractualmente se solicitaron realizar líneas de refracción sísmica de 100 m, las cuales no fue posible realizar debido a que dentro del polígono de estudio no se encuentra una zona con 100 metros de longitud con las características necesarias para ejecutar el ensayo, es decir, con cambios bajos de pendiente, talud expuesto y bajo ruido ambiental por el tráfico vehicular.

Dada esta situación las líneas de refracción se realizaron con una longitud de 36 m y 46 m en los taludes expuestos, lo que implica una menor profundidad de exploración, no obstante, los resultados obtenidos cumplen con lo requerido para los estudios ya que en la zona de estudio se encuentra la roca a una profundidad menor de 10 m y con los arreglos realizados es posible identificar el cambio de rigidez entre el suelo y la roca y su velocidad de onda de corte los primeros 20 m, siendo esto información suficiente para la construcción del modelo geológico – geotécnico

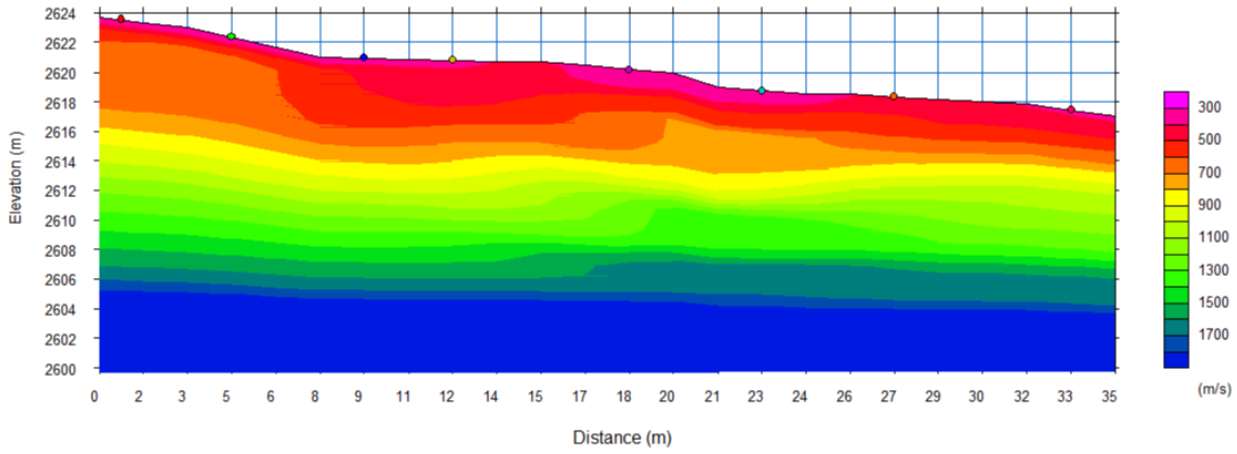
13.2.2.1 *LSR-1*

13.2.2.1.1 Velocidad de onda compresional

La línea de refracción sísmica se realizó en el talud expuesto en el costado sur del barrio. Una vez analizados las mediciones de los tiempos de arribo de las ondas compresionales se obtuvo la tomografía con corrección de la topografía, de la cual se pues extraer lo siguiente:

- La profundidad de exploración fue 24 m, y se definieron cuatro contrastes de velocidad de onda compresional.
- La primera capa tiene una velocidad menor a 300 m/s la cual se asocia a el material de relleno y limos orgánicos, se identifica con espesores menores a 1 m al algún parte de la línea.
- La según capa con velocidades entre 300 y 600 m/s con un espesor de 4 m en la parte superior del talud y 2 m en la parte final, esta capa se asocia al suelo residual de la roca.
- La tercera capa tiene una velocidad promedio de 1100 m/s con un espesor constante de 10 m. Esta capa se asocia a la roca con un grado alto de fracturamiento.
- La tercera capa tiene una velocidad de 1700 m/s, esta capa se asocia al estrato rocoso blando.

Ilustración 13-3 Tomografia Vp-LSR1



13.2.2.1.2 Velocidad de onda de corte

Sobre la línea 1 se obtuvo un perfil promedio de velocidad de corte a partir de la curva de dispersión construida con las mediciones de campo. El tipo de perfil del suelo según los lineamientos de la NSR-10 es tipo C con una velocidad Vs30 de 558 m/s correspondientes a perfiles suelo rígidos o rocas blandas.

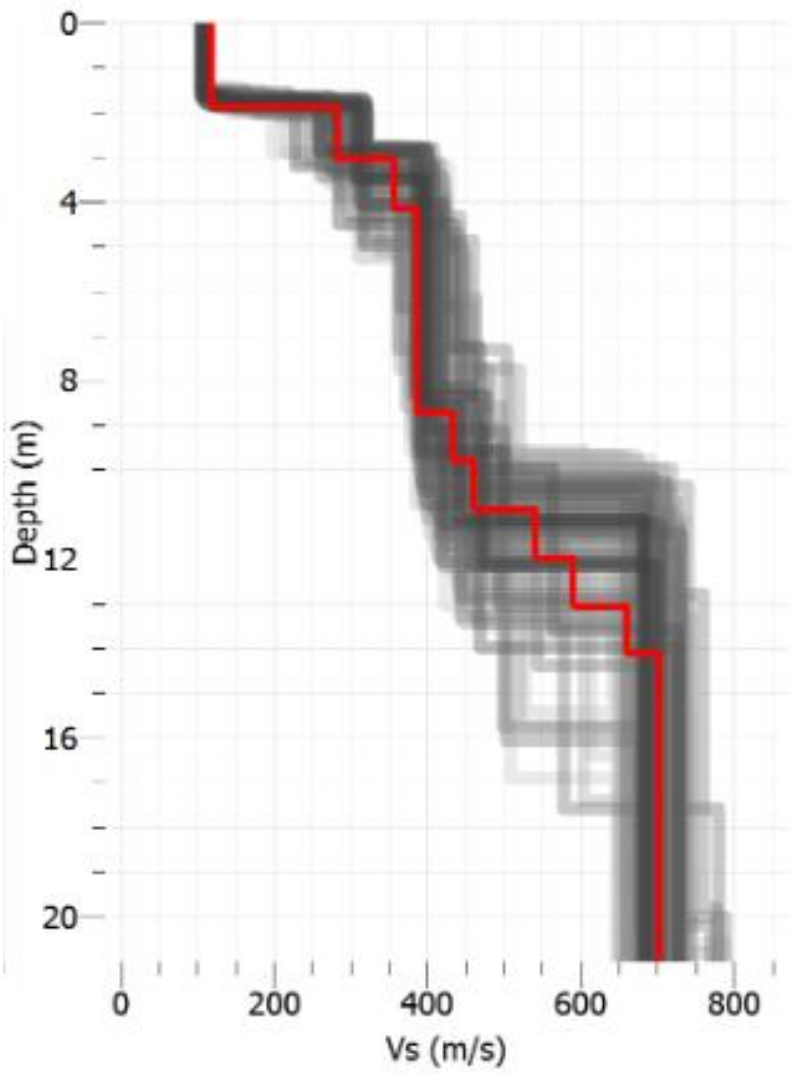
El perfil obtenido se contrasta con el sondeo 4, el cual se encuentra cerca de la líneas, se asocia los siguientes cambios de velocidad a los materiales encontrados de la siguiente manera:

- El perfil muestra una capa superficial de velocidad Vs menor a 200 m/s con espesor de 2 m, el cual se asocia al material limo arenosos de consistencia blanda a media registrado en el sondeo 4.
- La segunda capa tiene un espesor de 7 m con un a velocidad promedio de 364 m/s el cual se asocia a la roca arenisca con intercalaciones de arcillolita que se encuentra muy fracturada con RQD menores a 10%.
- La tercera capa con un espesor de 5 m y una velocidad promedio de 500 m/s se asocia al banco de limolitas.
- Por último, a una profundidad de 15 m con una velocidad superior a 700 m/s se encuentra la roca arenisca con un grado del alteración menor RQD entre 30% y 60%.

Tabla 13-4 Calculo VS30

Desde (m)	Hasta (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
0.00	1.87	1.872	118.818
1.87	3.05	1.176	282.238
3.05	4.17	1.119	355.836
4.17	8.72	4.555	386.287
8.72	9.80	1.082	432.017
9.80	10.89	1.082	460.017
10.89	11.97	1.082	540.017
11.97	13.05	1.082	590.017
13.05	14.13	1.082	660.017
14.13	20.13	6.000	702.070
		Vs30	**558.31**

Ilustración 13-4 Perfil de velocidad Vs – LS1



13.2.2.2 *LSR-2*

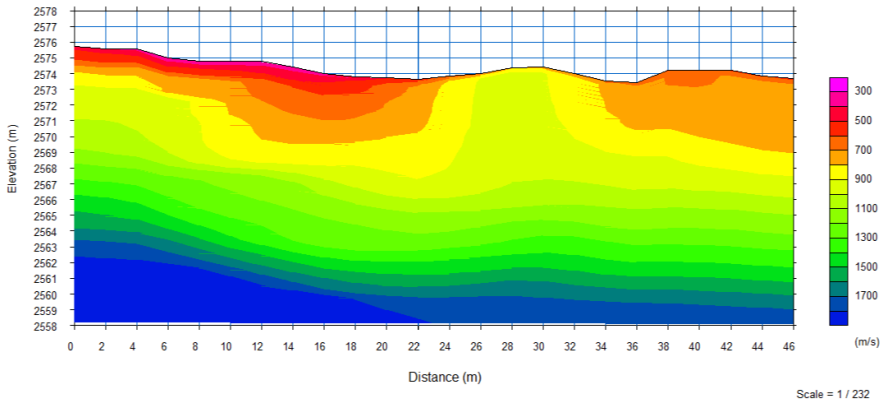
Velocidad de onda compresional

La línea de refracción sísmica se realizó en la parte inferior de la ladera en el costado sur. Una vez analizados las mediciones de los tiempos de arribo de las ondas compresionales se obtuvo la tomografía con corrección de la topografía, de la cual se pues extraer lo siguiente:

- La profundidad de exploración fue 20 m, y se definieron tres contrastes de velocidad de onda compresional.

- La primera capa tiene una velocidad de 600 m/s con un espesor de 2 m en la parte superior del talud y 1 m en la parte final. Esta capa se asocia a un material blando arcilloso.
- La segunda capa tiene una velocidad promedio de 1200 m/s con un espesor de 9 m. Esta capa se asocia a la roca con un grado alto de fracturamiento.
- La tercera capa tiene una velocidad de 1700 m/s, esta capa se asocia al estrato rocoso blando.

Ilustración 13-5 Tomografia Vp-LSR2



Velocidad de onda de corte

Sobre la línea 2 se obtuvo un perfil promedio de velocidad de corte a partir de la curva de dispersión construida con las mediciones de campo. El tipo de perfil del suelo según los lineamientos de la NSR-10 es tipo C con una velocidad Vs30 de 542 m/s correspondientes a perfiles suelo rígidos o rocas blandas.

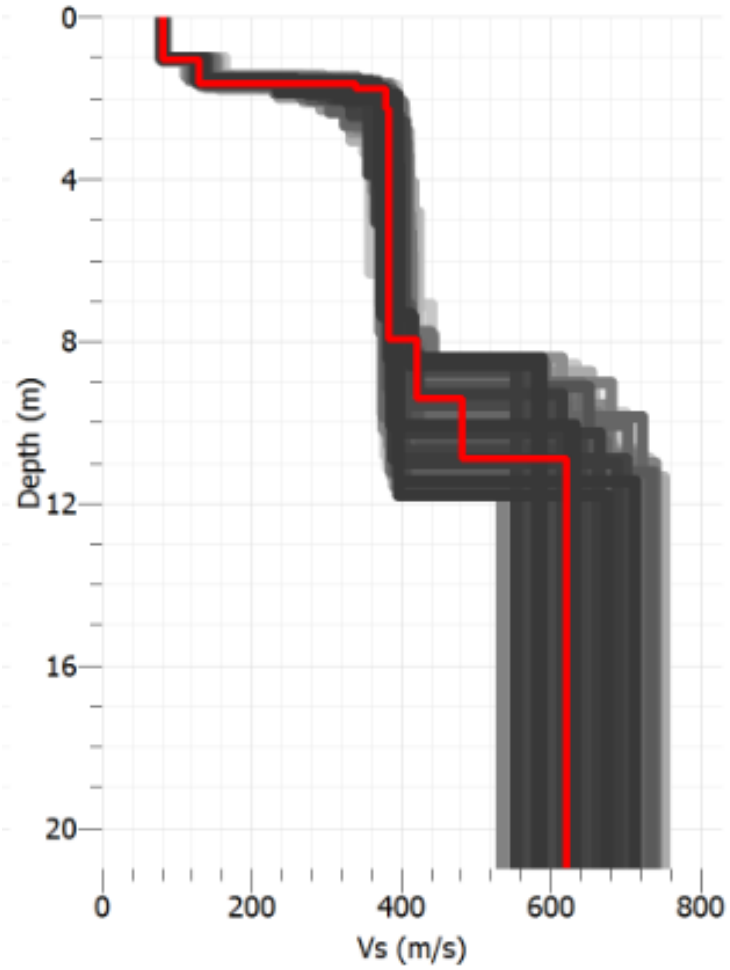
El perfil muestra una capa superficial de velocidad Vs menor a 150 m/s con espesor de 1.6 m correspondiente al el material de relleno y limo orgánico, la siguiente capa con un espesor de 9 m con un a velocidad promedio de 397 m/s se asocia a la roca muy fracturada, la tercera capa que se identifica desde los 10 m hasta el fin fe la exploración tiene una velocidad promedio de 620 m/s se asocia al banco de areniscas.

Tabla 13-5 Calculo VS30-LSR2

Desde (m)	Hasta (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
0.0	1.0	1.0	80.4
1.0	1.6	0.6	128.5
1.6	1.8	0.1	338.9
1.8	2.3	0.5	379.4

2.3	6.8	4.6	382.3
6.8	7.9	1.1	382.3
7.9	9.4	1.5	420.7
9.4	10.9	1.5	480.7
10.9	20.0	9.1	620.0
		Vs30 >(m/s)	542

Ilustración 13-6 Perfil VS-LSR2



13.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas se identificaron visualmente y con base en la estratigrafía obtenida se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, el cual consistió en la ejecución de pruebas para clasificación (límites de consistencia, humedad y gradación) y determinación

del peso unitario para muestras de suelo. Para caracterizar el material rocoso y sus discontinuidades se realizaron ensayos de resistencia como compresiones simples y cargas puntuales. En la Tabla 13-6 se presenta se presenta el tipo y cantidad de ensayos ejecutados a la fecha y contractuales.

Tabla 13-6 Tipo y Cantidad de ensayos de laboratorio

ENSAYO	CANT_ CONTRACTUAL*	CANT_ DESPUÉS DE MODIFICACIÓN	CANT_ EJECUTADAS
Peso Unitario por peso y volumen	25	15	15
Humedad Natural	25	25	28
Peso específico de solidos	12	5	8
Límites de Consistencia (líquido y plástico)	10	25	25
Granulometría por tamizado sin lavado	10	25	25
Carga puntual en roca	2	2	2
Corte directo Consolidado Drenado tiempo 3 puntos	2	8	8
Compresión simple en roca	15	12	12
Compresión inconfinada (curva esf-def)	2	2	2

En el **Anexo 11** se presentan el compilado de los ensayos realizados.

13.3.1 ENSAYOS DE CAMPO- SPT

El ensayo de penetración estándar (SPT) se practica en la totalidad de las perforaciones, se logra identificar suelos orgánicos, suelos residuales y rellenos, en general una vez se obtuvo rechazo en el ensayo se inició la rotación con barrena. Para obtener un orden de magnitud del ensayo e identificar cambios de resistencia se graficó en profundidad, tanto los ensayos de campo como los corregidos al 45% de la energía, obteniendo como resultado una diferencia entre sondeos.

Los resultados del ensayo SPT fueron corregidos con la siguiente expresión:

$$N_i^{'} = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

En donde:

N'i : Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 kg/cm2 y un determinado nivel de transmisión de energía

CN : Factor de ajuste para tener en cuenta el nivel de confinamiento.

El valor de CN Se evaluó siguiendo la propuesta de Seed-Idriss (González, 1999) que se expresa como:

$$C_N = 1 - 1.41 \log\left(\frac{\sigma'_v}{10}\right)$$ Para σ'v < 1 Ton/m²

$$C_N = 1 - 0.92 \log\left(\frac{\sigma'_v}{10}\right)$$ Para σ'v > 1 Ton/m²

$$C_N <= 2$$

$\eta 1$: Factor de corrección por caída del martillo. Se obtiene como la relación entre la energía impartida por el martillo a la parte superior del sistema de varillas y la energía teórica en caída libre. Las eficiencias medias son diferentes en cada país así, para Japón la eficiencia es del 72%, para USA del 60% y para Colombia del orden de 45% tomado del artículo de "Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT" (González, 1999).

η 2 : Factor de corrección por longitud del sistema de varillas. Como las longitudes de varillaje fueron inferiores a 10 m, el factor de corrección es 0.75.

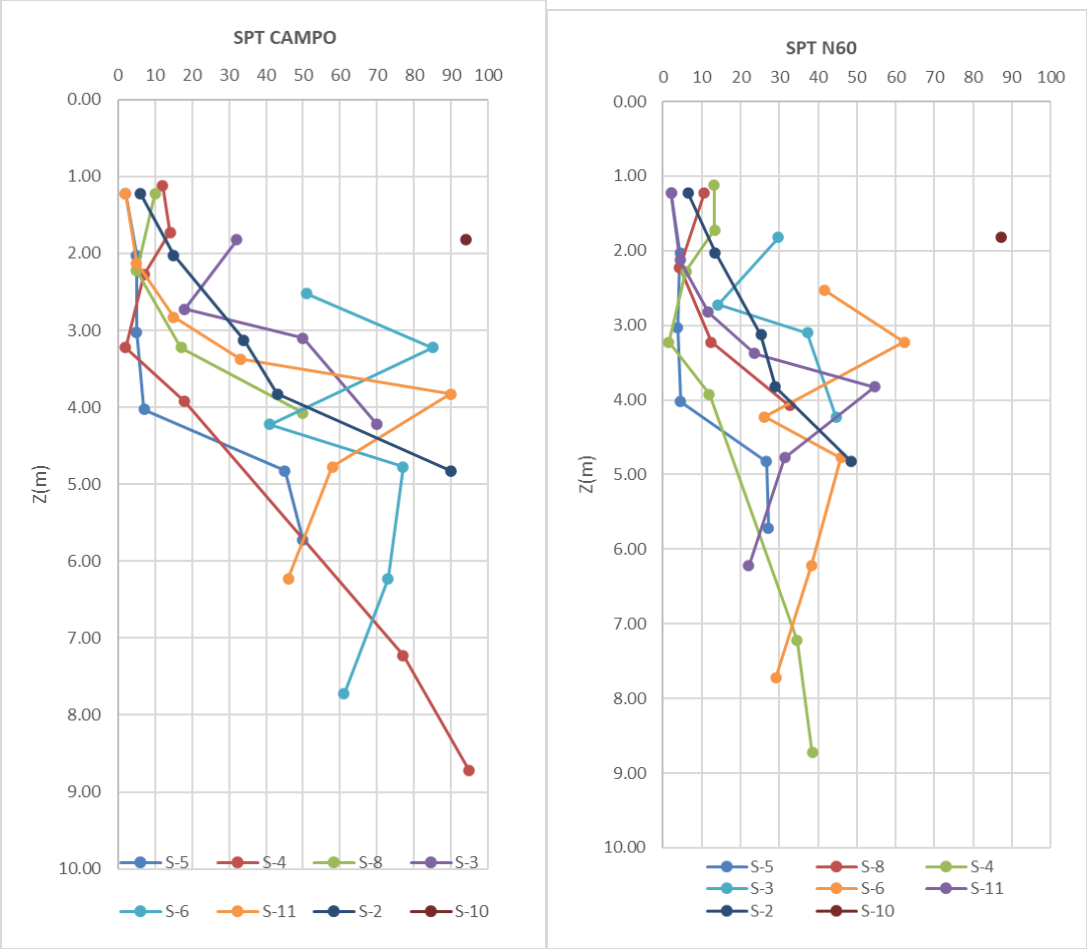
η 3 : Factor de corrección por presencia de revestimiento interno. Debido a que no se utilizó revestimiento, el factor de corrección es 1.0.

η 4 : Factor de corrección por diámetro de la perforación. Los diámetros de las perforaciones fueron inferiores a 12 cm, por lo cual el factor de corrección es 1.0

Los resultados del ensayo en campo de los ocho sondeos realizados se presentan en la Ilustración 13-7a, además de los resultados corregidos al 60% de la energía. Del ensayo se puede resaltar los siguientes cambios de material:

- En el sondeo 5, la resistencia del suelo varía de 2 a 50 golpes/pie se marca el cambio del relleno y el suelo residual a una profundidad de 4.60 m
- En el sondeo 8 la resistencia varía de 5 a 50 golpes/pie, el cambio del relleno a suelo relleno a suelo residual se presenta en 3.00 m
- En el sondeo 4 la resistencia varía de 2 golpes/pie y llega hasta valores de 95 golpes/pie en la zona de la arenisca fracturada
- En el sondeo 3 los valores del SPT varían de 18 a 70 golpes/pie y el cambio de material se encuentra a una profundidad de 3.00 m
- El sondeo 6 los valores del SPT varían de 41 y 85 golpes/pie, los cuales se asocian al suelo residual.
- El sondeo 11 los valores de SPT varían de 2 a 90 golpes/pie, el cambio de relleno a suelo residual se identifica a 3.00 m.
- El sondeo 2 los valores de SPT varían de 6 a 90 golpes/pie, el cambio de relleno a suelo residual se identifica a 2.25 m.

Ilustración 13-7 a) Resultados de campo SPT b) N60



En el **Anexo 11** se presenta la corrección del SPT.

13.4 EXPLORACIÓN MEDIANTE MÉTODOS INDIRECTOS

13.4.1 OBJETIVOS

En este capítulo se presenta la campaña de exploración geofísica realizada para los estudios detallados de amenaza y riesgo por movimiento en masa y planteamiento de alternativas de mitigación en el barrio Buenavista en la localidad de Usaquén, que tiene como objetivos:

- Establecer un modelo simplificado de la velocidad de onda P que permita identificar la extensión lateral y en profundidad de los distintos materiales que componen el subsuelo en la zona de estudio del proyecto.
- Establecer las velocidades de onda S promedio que permitan identificar cambios de material y propiedades a bajas deformaciones.

13.4.2 CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN

La campaña de exploración realizada consiste en la aplicación de los métodos de refracción sísmica (modelo de velocidad de onda primaria), ReMi y medición de ondas superficiales con el ensayo MASW.

Contractualmente se solicitaron realizar líneas de refracción sísmica de 100 m, las cuales no fue posible realizar debido a que dentro del polígono de estudio no se encuentra una zona con 100 metros de longitud con las características necesarias para ejecutar el ensayo, es decir, con cambios bajos de pendiente, talud expuesto y bajo ruido ambiental por el tráfico vehicular.

Dada esta situación las líneas de refracción se realizaron con una longitud de 36 m y 46 m en los taludes expuestos, lo que implica una menor profundidad de exploración, no obstante, los resultados obtenidos cumplen con lo requerido para los estudios ya que en la zona de estudio se encuentra la roca a una profundidad menor de 10 m y con los arreglos realizados es posible identificar el cambio de rigidez entre el suelo y la roca y su velocidad de onda de corte los primeros 20 m, siendo esto información suficiente para la construcción del modelo geológico – geotécnico.

Las coordenadas de inicio y fin de la línea de refracción sísmica realizada se presentan en la tabla 13-7.

Tabla 13-7. Unidades Geomorfológicas

LÍNEA	INICIO		FIN		Longitud
	X	Y	X	Y	m
1	118944.64	105690.3	118912.96	105673.19	36
2	118914.82	105552.69	118868.85	105554.35	46

13.4.3 EQUIPO EMPLEADO

Para la realización de la campaña de exploración sísmica se usó el equipo descrito a continuación:

- Sismógrafo marca PASI tipo GEA24 (1 Unidad de procesamiento).
- Geófonos o receptores de frecuencia resonante igual a 4.5Hz (24 Unidades).
- Línea o Cable de adquisición de 120m de longitud con separación de canales igual a 5m (2 Unidades).
- Batería de 12 V (1 Fuente de Poder).
- Martillo de acero de 15 lb y placa de acero para impacto.
- Computador portátil para visualización de datos y control del montaje experimental (1 Unidad de almacenamiento).
- Herramienta menor.

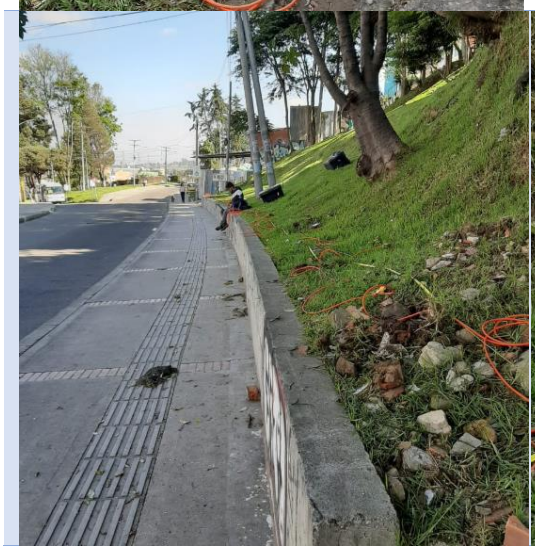
13.4.4 EQUIPO EMPLEADO

La toma de datos se realizó del 21 de febrero del 2020.

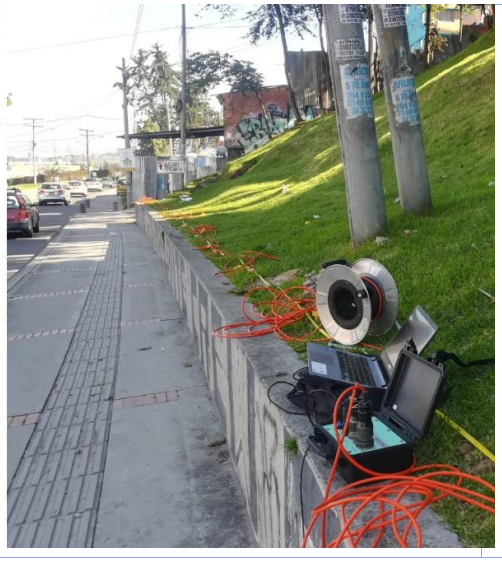














13.4.5 ADQUISICIÓN DE DATOS

Como aspecto general durante la adquisición de datos no se emplearon filtros especiales para la reducción del ruido ambiental ni se emplearon ganancias particulares en los canales empleados.

Tabla 13-8. Parámetros de adquisición de los registros para el ensayo MASW – Microtremores.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Separación entre canales b (m)	1.5-2.0
Longitud de la línea s (m)	36-46
Intervalo de muestreo MASW (ms)	0.5
Longitud registro sísmico MASW (ms)	1000
Intervalo de muestreo microtremores (ms)	4
Longitud registro microtremores (s)	240
Apilado de señales MASW	3

Tabla 13-9. Parámetros de adquisición de los registros para el ensayo de refracción sísmica

DESCRIPCIÓN	VALOR

Separación entre canales b (m)	1.5-2.0
Longitud de la línea s (m)	36-46
Intervalo de muestreo (ms)	0.5
Longitud registro sísmico (ms)	1000
Apilado de señales	3

13.4.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

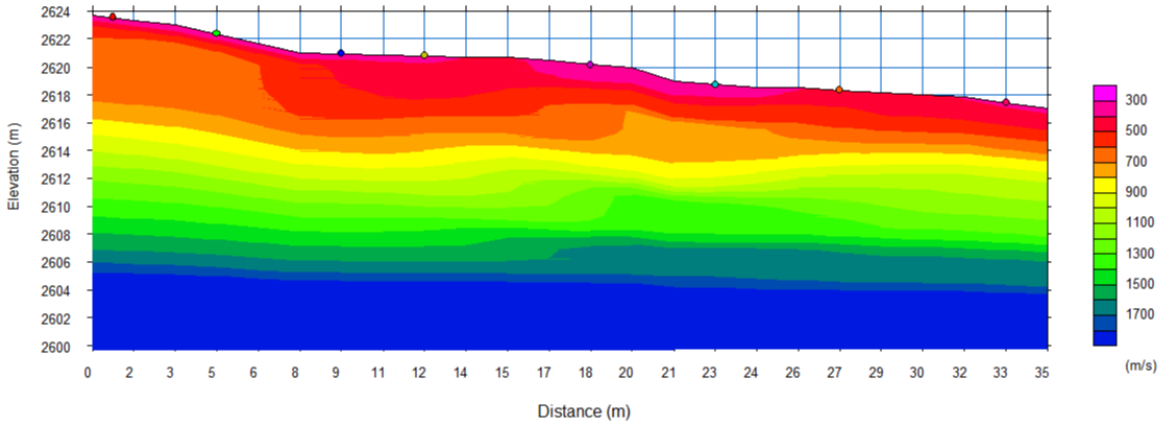
13.4.6.1 *ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA*

13.4.6.1.1 LRS 1

La línea de refracción sísmica se realizó en el talud expuesto en el costado sur del barrio. Una vez analizados las mediciones de los tiempos de arribo de las ondas compresionales se obtuvo la tomografía con corrección de la topografía, de la cual se pues extraer lo siguiente:

- La profundidad de exploración fue 24 m, y se definieron tres contrastes de velocidad de onda compresional.
- La primera capa tiene una velocidad de 600 m/s con un espesor de 6 m en la parte superior del talud y 3 m en la parte final. Esta capa se asocia a un material blando arcilloso.
- La segunda capa tiene una velocidad promedio de 1100 m/s con un espesor constante de 10 m. Esta capa se asocia a la roca con un grado alto de fracturamiento.
- La tercera capa tiene una velocidad de 1700 m/s, esta capa se asocia al estrato rocoso blando.

Ilustración 13-8. Tomografia Vp-LSR1

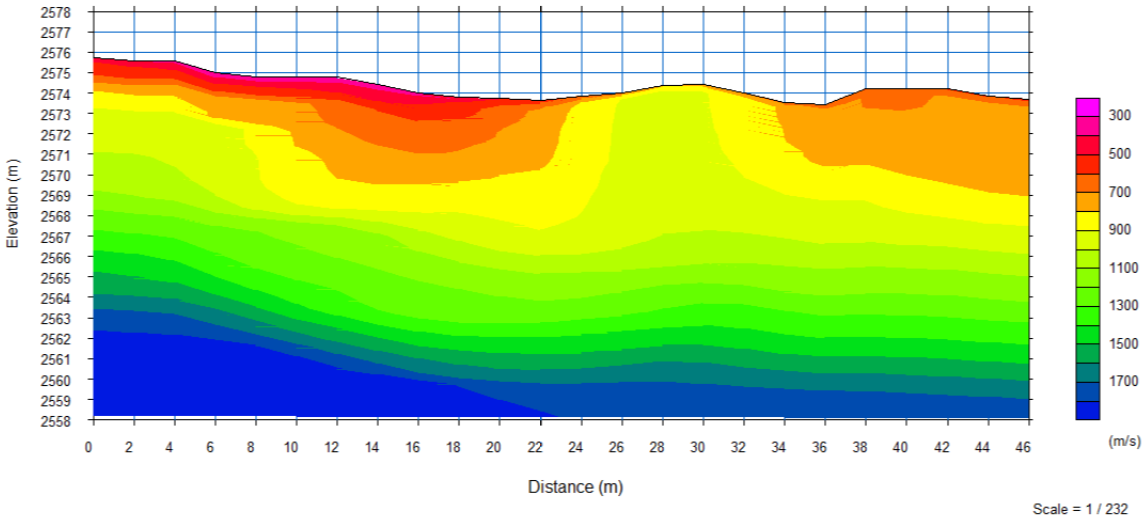


13.4.6.1.2 LRS 2

La línea de refracción sísmica se realizó en la parte inferior de la ladera en el costado sur. Una vez analizados las mediciones de los tiempos de arribo de las ondas compresionales se obtuvo la tomografía con corrección de la topografía, de la cual se pues extraer lo siguiente:

- La profundidad de exploración fue 20 m, y se definieron tres contrastes de velocidad de onda compresional.
- La primera capa tiene una velocidad de 600 m/s con un espesor de 2 m en la parte superior del talud y 1 m en la parte final. Esta capa se asocia a un material blando arcilloso.
- La segunda capa tiene una velocidad promedio de 1200 m/s con un espesor de 9 m. Esta capa se asocia a la roca con un grado alto de fracturamiento.
- La tercera capa tiene una velocidad de 1700 m/s, esta capa se asocia al estrato rocoso blando.

Ilustración 13-9. Tomografia Vp-LSR2



13.4.6.2 *ENSAYO MASW – MEDICIÓN DE MICROTEMORES*

Se presentan en este apartado los resultados de los ensayos MASW complementados con medición de micro tremores en los sitios donde se recuperó curva de dispersión. La obtención de la curva de dispersión se obtiene mediante la metodología Space –Shift que se explica en el anexo del informe.

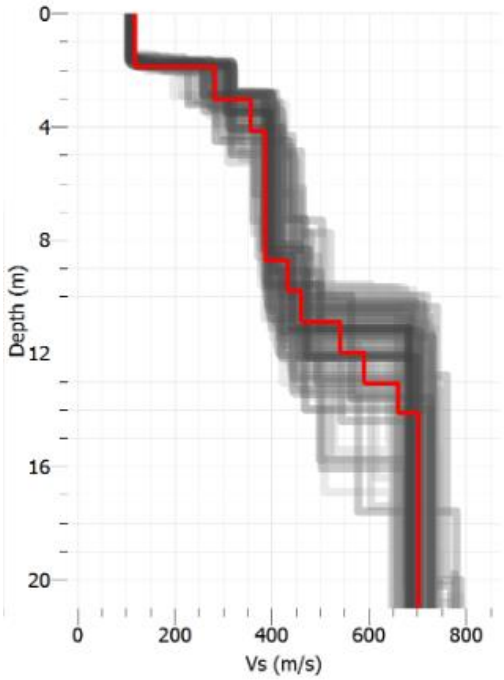
13.5 LÍNEA 1

Sobre la línea 1 se obtuvo un único perfil promedio de velocidad de corte a partir de la curva de dispersión construida con las mediciones de campo. El tipo de perfil del suelo según los lineamientos de la NSR-10 es tipo C con una velocidad Vs30 de 558 m/s correspondientes a perfiles suelo rígidos o rocas blandas.
El perfil muestra una capa superficial de velocidad Vs menor a 200 m/s con espesor de 2 m correspondiente al el material de relleno y limo orgánico, la siguiente capa con un espesor de 7 m con un a velocidad promedio de 364 m/s se asocia a la roca arenisca muy meteorizada con RQD menores de 10% , la tercera capa con un espesor de 5 m y una velocidad promedio de 500 m/s se asocia al banco de roca blanda y por ultimo a una profundidad de 15 m con una velocidad superior a 700 m/s se encuentra la roca arenisca con un grado del alteración menor (RQD entre 30% y 60%:

Tabla 13-10. Calculo VS30 -LSR1

Desde (m)	Hasta (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
0.00	1.87	1.872	118.818
1.87	3.05	1.176	282.238
3.05	4.17	1.119	355.836
4.17	8.72	4.555	386.287
8.72	9.80	1.082	432.017
9.80	10.89	1.082	460.017
10.89	11.97	1.082	540.017
11.97	13.05	1.082	590.017
13.05	14.13	1.082	660.017
14.13	20.13	6.000	702.070
		Vs30	558.31

Ilustración 13-10. Perfil de Vs – LS1



13.6 LÍNEA 2.

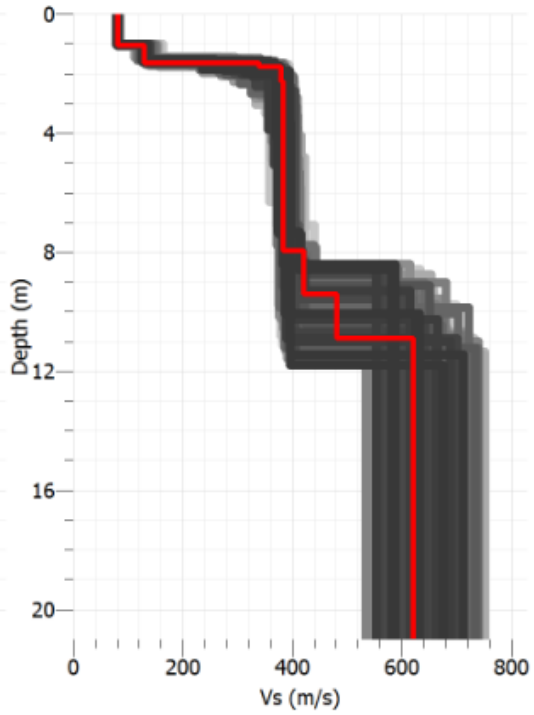
Sobre la línea 2 se obtuvo un perfil promedio de velocidad de corte a partir de la curva de dispersión construida con las mediciones de campo. El tipo de perfil del suelo según los lineamientos de la NSR-10 es tipo C con una velocidad Vs30 de 542 m/s correspondientes a perfiles suelo rígidos o rocas blandas.

El perfil muestra una capa superficial de velocidad Vs menor a 150 m/s con espesor de 1.6 m correspondiente al el material de relleno y limo orgánico, la siguiente capa con un espesor de 9 m con un a velocidad promedio de 397 m/s se asocia a la roca muy fracturada, la tercera capa que se identifica desde los 10 m hasta el fin fe la exploración tiene una velocidad promedio de 620 m/s se asocia al banco de areniscas.

Tabla 13-11. Calculo VS30 –LSR2

Desde (m)	Hasta (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
0.0	1.0	1.0	80.4
1.0	1.6	0.6	128.5
1.6	1.8	0.1	338.9
1.8	2.3	0.5	379.4
2.3	6.8	4.6	382.3
6.8	7.9	1.1	382.3
7.9	9.4	1.5	420.7
9.4	10.9	1.5	480.7
10.9	20.0	9.1	620.0
		Vs30 >(m/s)	542

Ilustración 13-11. Perfil de Vs – LS2



14 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y DETERMINACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

14.1 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La zonificación geotécnica se realizó involucrando los estudios básicos de geología, geomorfología, morfodinámica y exploración de campo. A continuación, se describe brevemente las principales características encontradas en el polígono de estudio para definir la zonificación geotécnica.

14.1.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Se realizó la contrastación de topográficas en el polígono de estudio, esto con el fin de evaluar los cambios morfométricos que ha tenido la ladera. Se recopilo la información de las planchas cartográficas del IGAC de los años 1960 y 1981 además de la topografía del IDECA realizada en el año 2004, en la Tabla 14-1 se relaciona la información cartográfica.

Tabla 14-1 Relación cartográfica

FUENTE	PLANCHA	ESCALA	AÑO FOTOGRAFÍA ÁREA	AÑO PLANCHA
ICAG	F-4	1:2000	1977	1981
IGAC	F-4	1:2000	1960	1960
IGAC	F-14	1:2000	1977	1981
IGAC	F-14	1:2000	1960	1960
IDECA	-	1:2000	2004	2004

En la Ilustración 14-1 a Ilustración 14-3 se presentan los perfiles analizados. Según la contrastación realizada, la ladera no ha sufrido cambios notorios en los últimos 60 años, no se evidencia procesos de extracción grandes y los cambios se asocian a cortes y rellenos para la construcción de las viviendas y vías del barrio con espesores entre 1 y 4 m, los cuales serán corroborados con las perforaciones.

Adicionalmente, como se mencionó en el capítulo de geomorfología, se realizó el análisis de las fotografías áreas de la zona, en donde se concluyó que en los últimos años no se han presentado procesos de remoción en masa, no hay presencia de canteras dentro del área de estudio y que los cambios en la morfometría se deben principalmente a la intervención antrópica por la construcción del barrio

Ilustración 14-1 Perfil 2 Contrastación de topografías

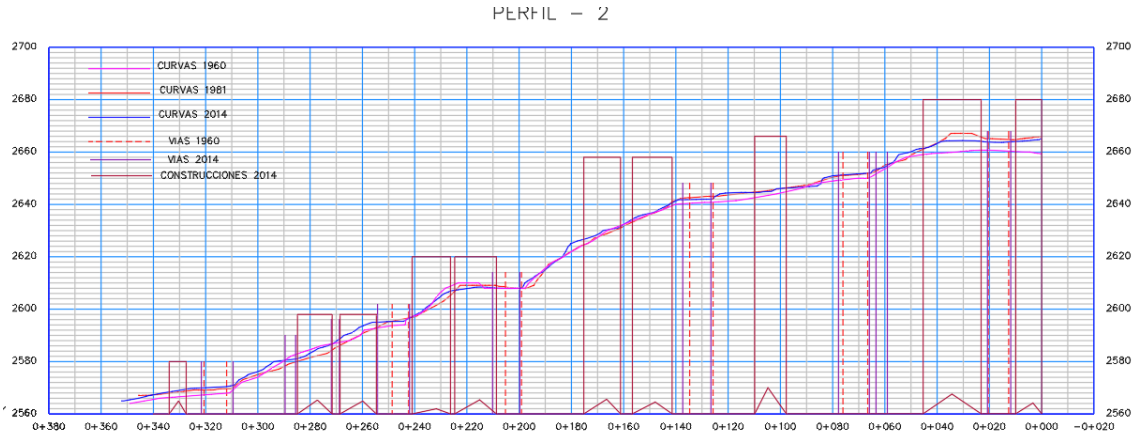


Ilustración 14-2 Perfil 4 Contrastación de topografías

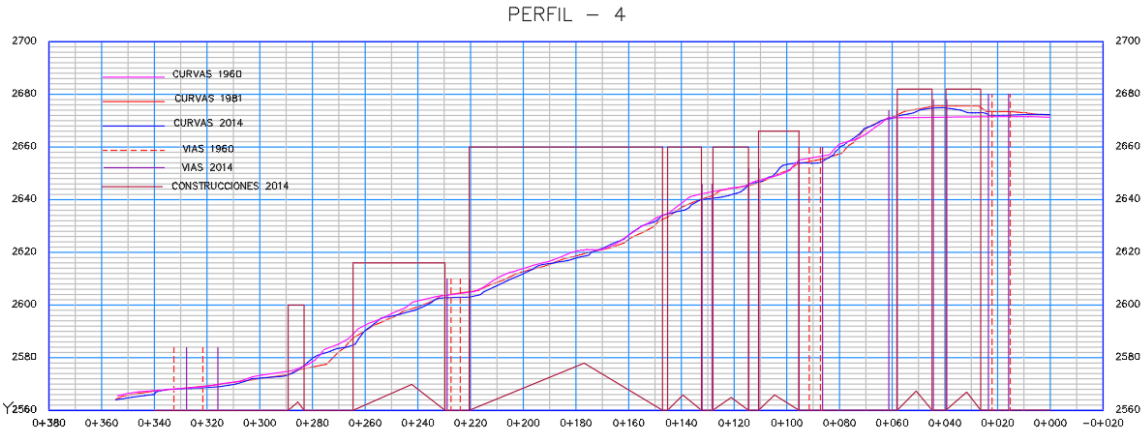
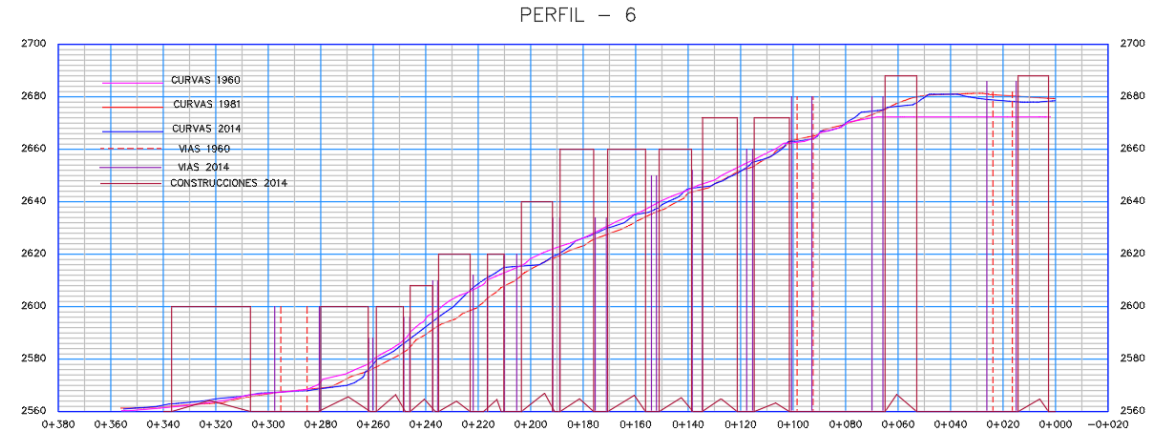


Ilustración 14-3 Perfil 6 Contrastación de topografías



En conclusión, el área de estudio ha sido intervenida para la construcción del barrio y los rellenos antrópicos se encuentran a lo largo de la ladera variando su espesor entre 1 y 4 m. Dado que el polígono de estudio conserva las mismas características en toda su extensión, desde el punto de vista de los cambios morfométricos se considera una única zona geotécnica.

14.1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Según el estudio de geología, presentado en el capítulo 7 del presente documento, se definió la estratigrafía general de la zona de estudio. En el estudio se identificó a lo largo del polígono de estudio la Formación Arenisca labor tierna (K2lt) cubierta por suelos residuales de la formación y rellenos antrópicos.

Respeto a la geomorfología se identificaron tres unidades geomorfológicas, la primera corresponde a una zona de frente estructural, donde la morfogénesis predominante es denudativa, la segunda corresponde a un escalón estructural generado por la alternancia de unidades blandas y duras donde la morfogénesis es denudativa, y la tercera corresponde a una zona de relieve ondulado, donde la morfogénesis predominante es agradacional, generada por la actividad humana.

Debido a que se identificó en toda la zona una única unidad geológica correspondiente a la formación arenisca labor y tierna cubierta por suelos de origen residual y antrópico, se determina desde el punto de vista geológico una única zona geotécnica.

Por otro lado, según la geomorfología se presenta una unidad que predomina en el comportamiento de la ladera, la cual corresponde a la unidad de “Ladera estructural modificada” con una pendiente entre 25° y 30° inclinada hacia el NW, por lo que se determina desde el punto de vista geomorfológico una única zona geotécnica.

14.1.3 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

A partir de los sondeos realizados en el polígono de estudio, se pudo determinar cuatro materiales descritos como: rellenos antrópicos, suelo residual, arenisca de la formación Arenisca labor y tierna y lodolitas de la formación Arenisca labor y tierna.

En todos los sondeos se identificó una estratigrafía similar, donde se encuentran los materiales mencionados anteriormente con diferentes espesores. En resumen, el comportamiento geotécnico de la ladera es similar en su extensión, ya que, presenta una capa de suelo sobre la formación rocosa con un grado de alteración alta los primeros metros y mejorando sus características en profundidad. Desde el punto de vista de comportamiento se definió una única zona geotécnica.

14.1.4 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Como conclusión de los análisis realizados, el polígono de estudio presenta condiciones homogéneas en su extensión desde el punto de vista geológico, geomorfológico,

morfométrico y geotécnico, por lo tanto, la zonificación geotécnica corresponde a una única zona que se caracterizada por ser una ladera estructural compuesta por intercalaciones de areniscas con lodolitas con un buzamiento desfavorable para la estabilidad, cubiertas por un relleno antrópico con raíces en una matriz arenosa con arcilla de baja plasticidad y un suelo residual de arenisca descrito como una suelo arenoso de grano fino con arcilla de baja plasticidad con espesores entre 2 y 5 m.

En el **Anexo 12** se presenta el plano de zonificación geotécnica con los perfiles.

14.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En el presente numeral se recopilan y analizan los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio y ensayos de campo, con el fin de definir los parámetros índices y de resistencia de cada material identificado en las perforaciones. Los parámetros seleccionados tienen el objetivo de representar el comportamiento esfuerzo-deformación bajo las solicitaciones impuestas.

14.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

14.3.1 PARÁMETROS ÍNDICE

a. Contenido de agua

En la Ilustración 14-4 se presenta la variación del contenido de agua hasta los 11. 5 m de profundidad, donde se muestran que los materiales tienen bajos contenidos de agua, los cuales varían del 7% al 23%. En cuanto a los límites de consistencia los valores obtenidos para el límite líquido están entre 25% y 63% y por último el límite plástico entre 12% y el 27%.

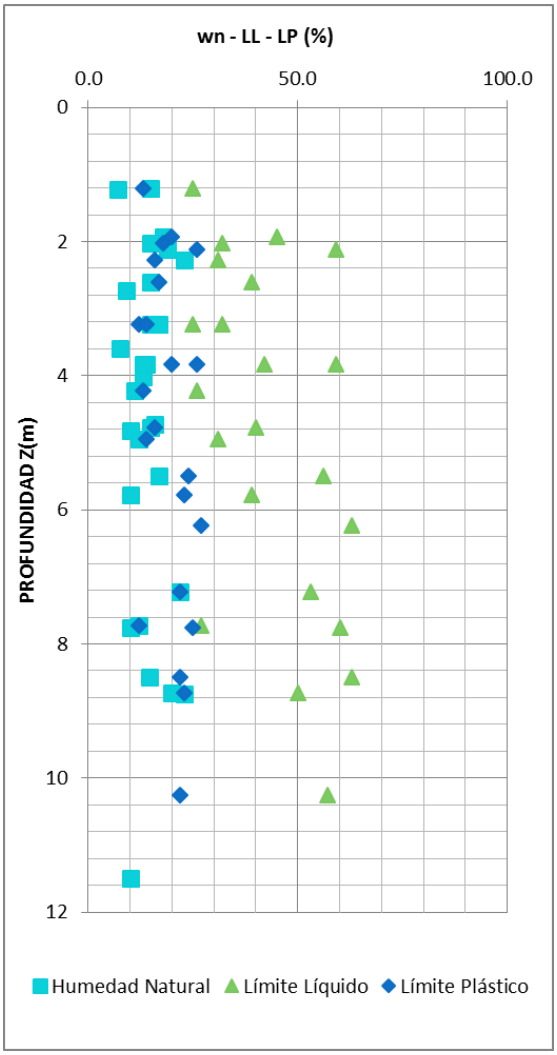
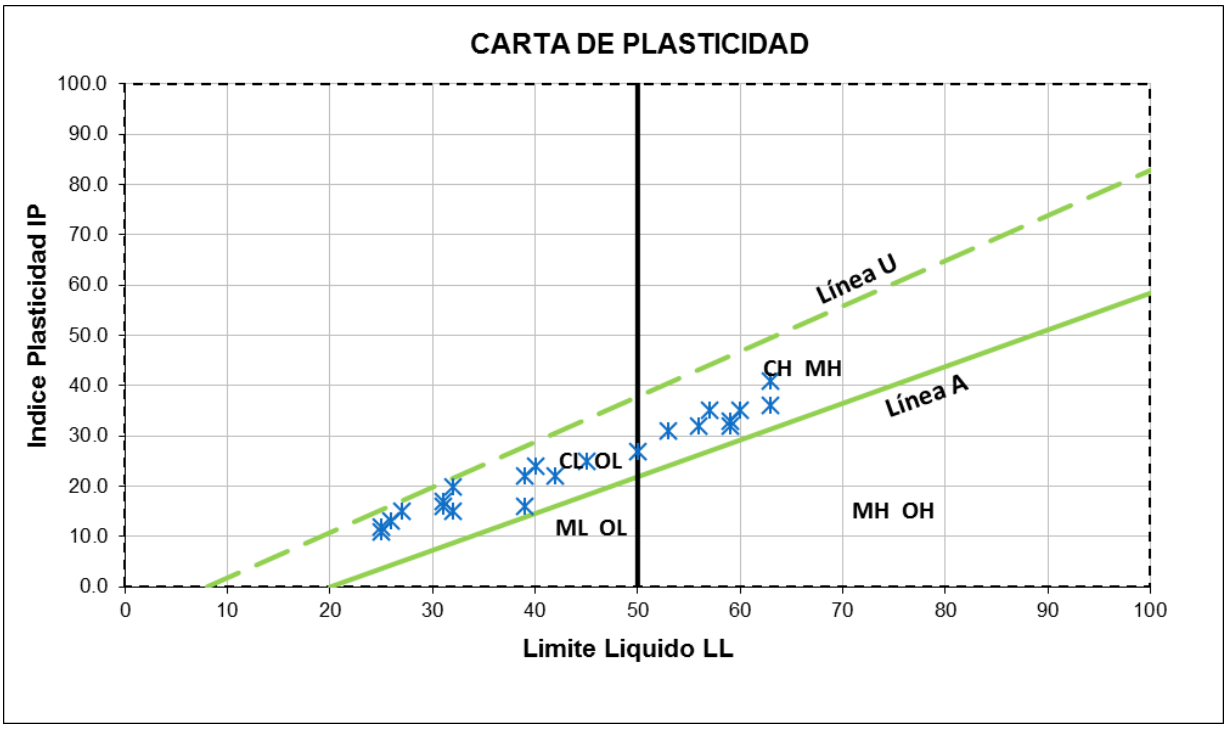


Ilustración 14-4 Contenido de agua y límites de consistencia

b. Límites de consistencia

Realizando una clasificación del material fino presente en la zona de estudio, de acuerdo con la Carta de Casagrande, se puede observar que la fracción fina de los materiales se pueden clasificar como arcillas de baja plasticidad predomínate en los materiales 1 y 2, es decir los correspondientes a rellenos antrópicos y al residual, sin embargo también se encontraron limos y arcillas de alta plasticidad principalmente en el material 3A, en la Ilustración 14-5.

Ilustración 14-5 Carta de plasticidad



14.3.2 GRANULOMETRÍA

En la distribución granulométrica mostrada en la Ilustración 14-6, se puede notar que en general el porcentaje de arenas y de finos es lo predominante, en el suelo residual (material 2) y en la matriz del material 3A donde el porcentaje de finos va de 50% hasta un 98% y para otros casos en las muestras predominó un contenido de arenas y gravas mayor al 50% proveniente del fracturamiento y la alteración de la arenisca y el material de relleno como se observa en la Ilustración 14-6 entre los 3.00 y 5.00 m de profundidad.

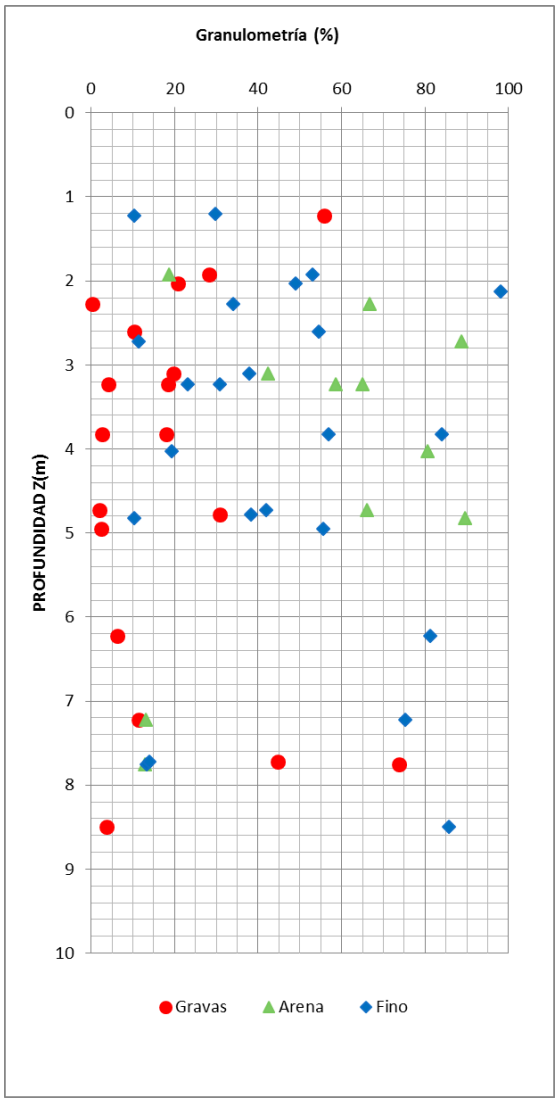


Ilustración 14-6 Granulometría

14.3.3 PESO UNITARIO

El peso unitario de los materiales varía de 1.74 a 2.47 t/m^3. La variación de los pesos unitarios en profundidad se puede observar con mayor claridad en la siguiente Ilustración:

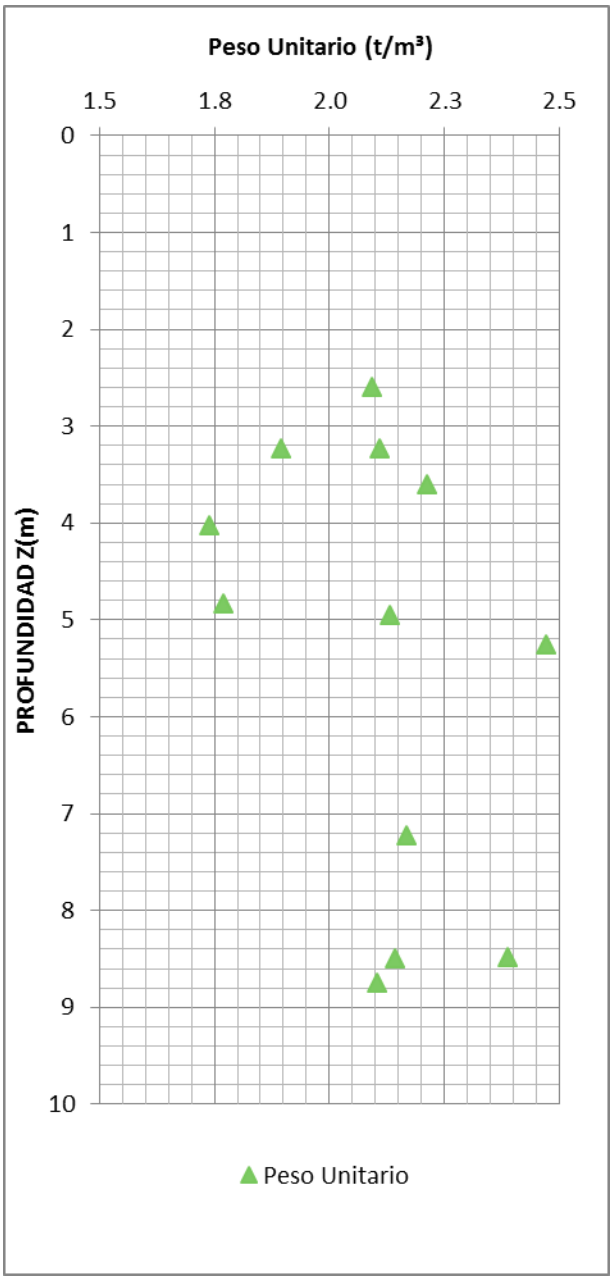


Ilustración 14-7 Pesos Unitarios en función de la profundidad

14.3.4 PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Correlación ensayos in situ (SPT)

Para estimar los valores de ángulo de fricción en el suelo se utilizó la correlación en el ensayo de SPT calculando el ángulo de fricción equivalente (ϕ_{equiv}), para ello se utilizó la siguiente expresión:

$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20\ N'_{72}} \qquad (Kishida)$$

Con el valor de ϕ_{equiv} se calcularon los parámetros de c' y ϕ' para cada material, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ_v', τ) en planos Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados. El esfuerzo efectivo vertical σ_v', se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geo-estático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo, mientras que τ, se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente ϕ_{equiv}.

De esta manera, se pudieron obtener los parámetros de resistencia de tanto del relleno como del suelo residual presenten en la zona en estudio. Para los dos materiales se obtuvo un intercepto de cohesión igual a 0.18 t/m^2, mientras que respecto al ángulo de resistencia al corte se obtuvo que el relleno posee un ϕ de 28° y en el suelo residual este parámetro incrementa hasta llegar a 37°.

Ilustración 14-8 σ_v' vs τ- Relleno

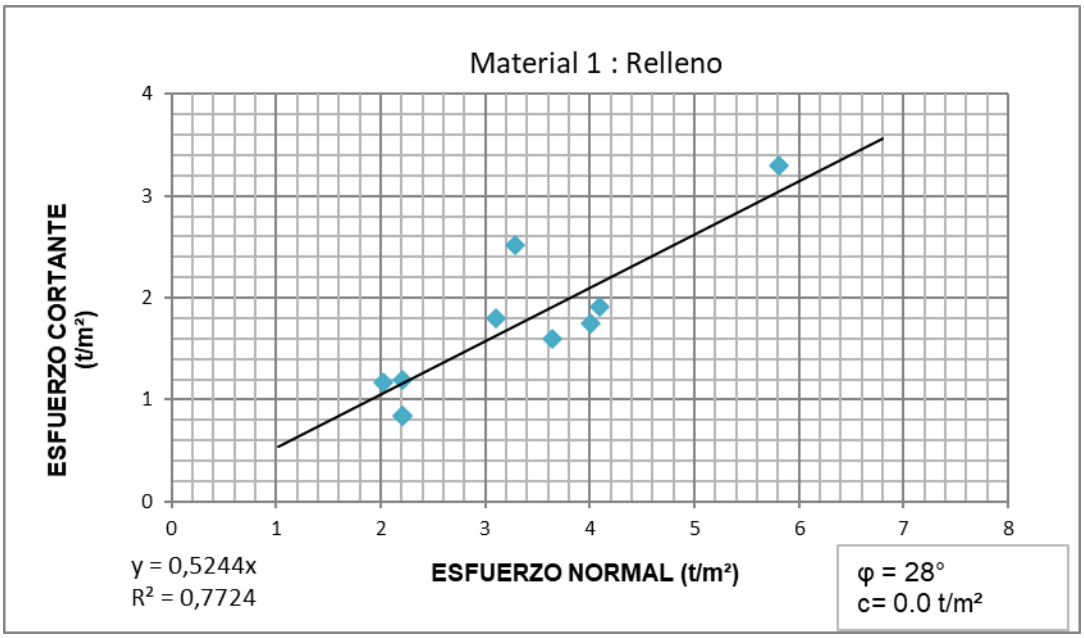
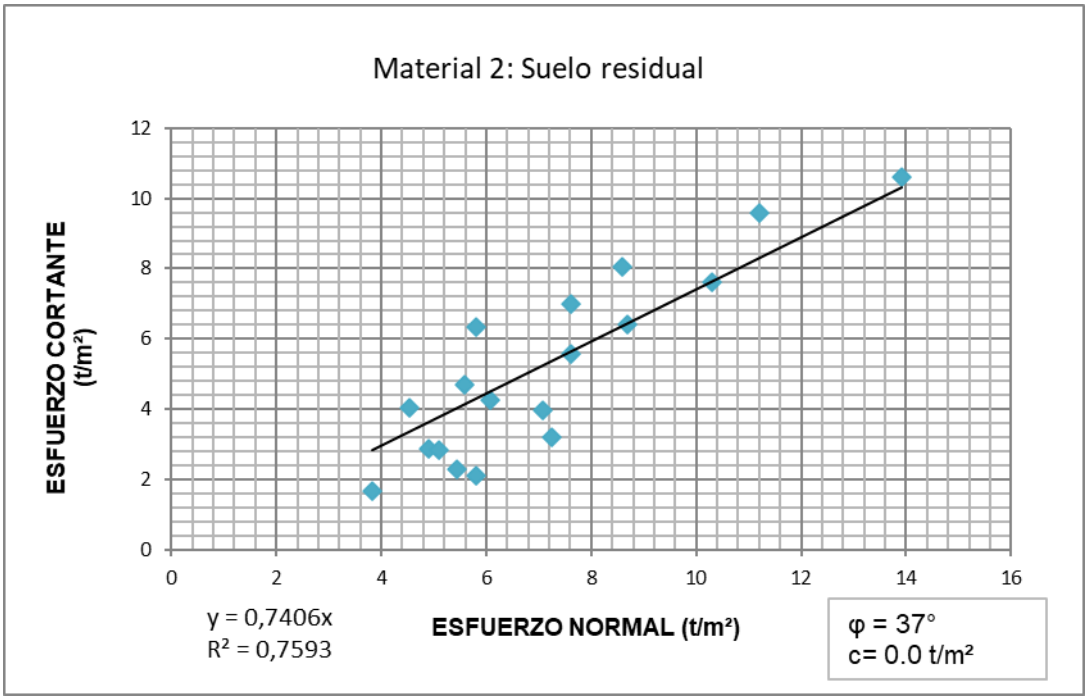


Ilustración 14-9 σ_v' vs τ- Suelo Residual



Corte directo en suelo

Se realizaron ocho ensayos de corte directo sobre el relleno, suelo residual de la formación y el segundo sobre la arcilla intercalada con arenisca. Se obtuvo como resultado para el relleno un valor promedio de cohesión de 1.9 t/m2 y un ángulo de fricción de 33° el suelo residual una cohesión de 5.05 t/m2 y un ángulo de fricción de 34° y para la arcilla altamente meteorizada intercalada con arenisca una cohesión de 3.0 t/m2 y un ángulo de fricción de 35°

SONDEO	MUESTRA	MATERIAL	C (t/m2)	Phi	C (t/m2)	Phi
2	3	1-RELLENO	20.30	29.70	1.90	33.17
10	2	1-RELLENO	3.60	31.20		
11A	1	1-RELLENO	1.90	38.60		
5	3	2- RESIDUAL	1.90	32.00	5.05	34.35
11A	2	2-RESIDUAL	8.20	36.70		
2	7	3A	12.60	18.50		
10	6	3A	3.60	36.90	3.00	35.60
8	6	3A	2.40	34.30		

Criterio de Resistencia de Hoek & Brown

Se evaluó el comportamiento de resistencia de este haciendo uso del criterio de resistencia de Hoek & Brown la cual se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_1^{'} = \sigma_3^{'} + \sigma_c * \left(m_i \frac{\sigma_3^{'}}{\sigma_c} + s \right)^{0.5}$$

Donde,

m_i ; $Constante\ de\ resistencia\ de\ la\ roca$

σ_c; $Resistencia\ a\ compresion\ simple$

$\sigma_1^{'}, \sigma_3^{'}$, $Esfuerzos\ efectivos\ principales$

s; $Constante\ de\ resistencia\ de\ la\ roca\ \ que\ depende\ del\ grado\ de\ meteorización$

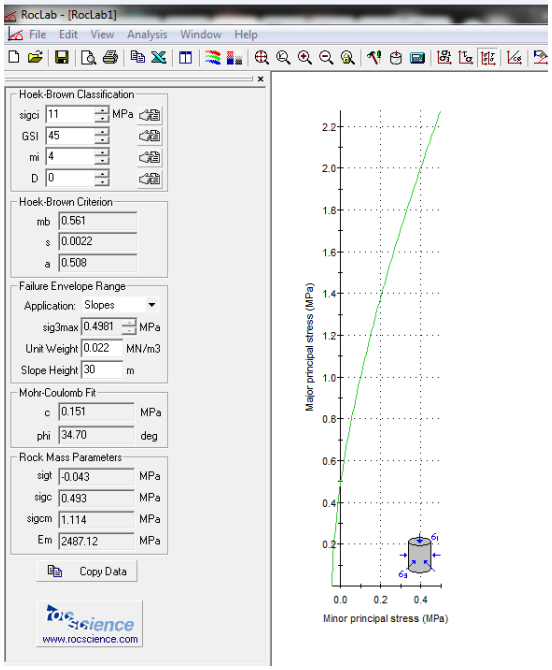
El valor de la compresión simple de la arenisca se tomó de 16 MPa correspondiente al valor promedio de los ensayos de compresión simple realizados a las areniscas, mientras que para las lodolitas se tomó el valor promedio de 11 MPa. Para el GSI (Índice de resistencia geológica) para el macizo se determinó con un valor de 45 para la arenisca friable, debido al alto grado de meteorización del macizo; un valor de GSI de 65 para la arenisca con un

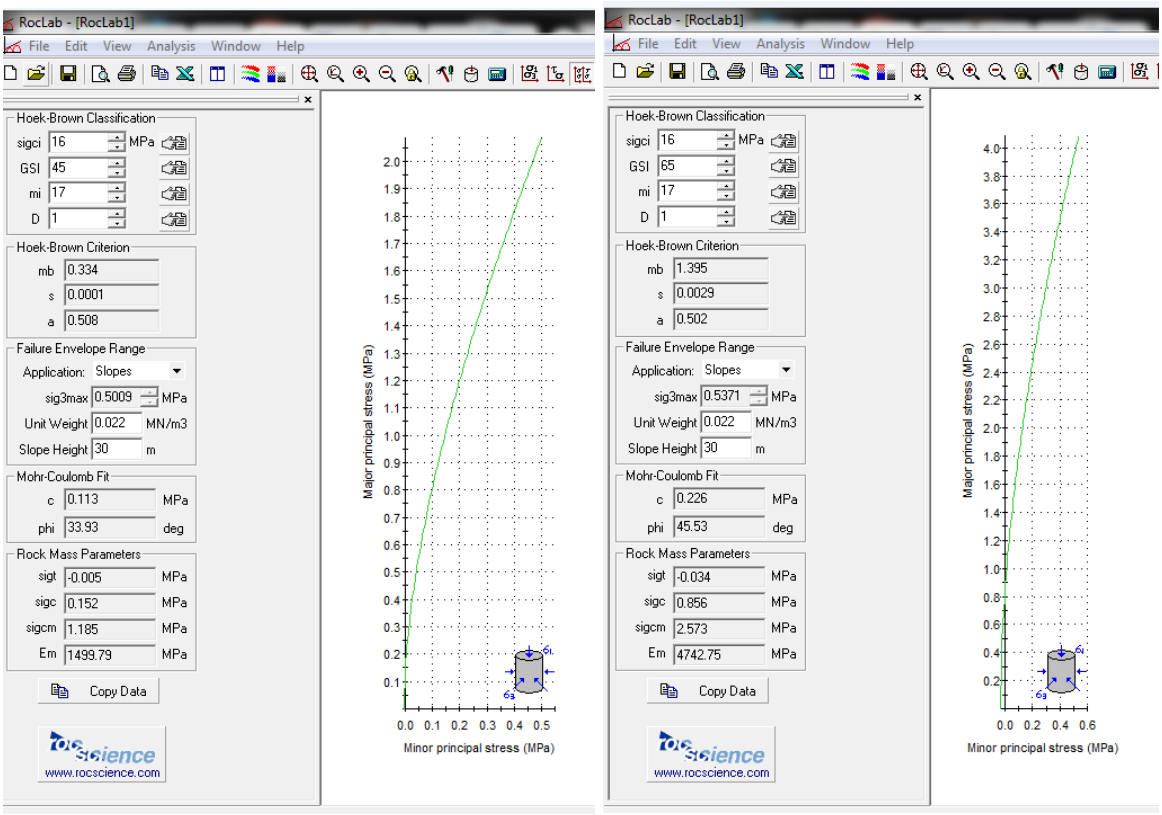
grado de meteorización media y para la lodolita se tomó un valor de 45 debido al elevado grado de meteorización.

Además, se le asignó a la arenisca el valor de m_i de 17, mientras que a la lodolita se le asignó el valor más crítico, correspondiente a un m_i de 4. Asimismo, se le asignó un parámetro D de 1, debido a la condición del talud en la zona en estudio.

Con la ayuda del programa Roclab se calculan los parámetros de resistencia al corte (cohesión c' y ángulo de fricción ϕ'), el cual se basa en el artículo de "Hoek-Brown Failure Criterion, 2002" donde se relaciona los parámetros de falla de la envolvente de Hoek-Brown con los parámetros de falla en Mohr-Coulomb, a continuación, se muestran los resultados obtenidos con la utilización del programa:

Ilustración 14-10 Resultados obtenidos a partir de RocLab





De esta manera se obtuvieron los parámetros para un criterio de falla de Hoek-Brown:

- Para la arenisca con RQD>20%: m_b igual a 1.395 y un parámetro s de 0.0029.
- Para la arenisca con RQD<20%: m_b igual a 0.334 y un parámetro s de 0.0001.
- Para la lodolita: m_b igual a 0.561 y un parámetro s de 0.022.

14.3.5 PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN E,v

A partir de la información obtenida de los ensayos geofísicos se calcularon los parámetros de deformabilidad del suelo a bajas deformaciones. La estimación de las características rigidez del suelo parte de la teoría de la elasticidad donde se establece la relación entre el módulo de corte máximo (Go) con las velocidad de onda Vs (Foti, 2013).

$$G_0 = \rho * Vs^2 \ ; \ Donde\ \rho = \frac{\gamma}{9{,}81}$$

Además, siguiendo la teoría de elasticidad de plantea la relación entre el módulo de corte máximo con el módulo de Young máximo.

$$E_0 = 2 * (1 + \upsilon) * G_0$$

A partir de los perfiles Vs obtenidos del ensayo se determinó el valor de G_0 , E_0 para cada estrato identificado. Los valores obtenidos del ensayo son módulos para bajas deformaciones los cuales no pueden ser utilizados en diseño ya que los niveles de deformación del suelo son mayores bajo las cargas impuestas, por lo tanto, los módulos máximos obtenidos se disminuyeron al 6% siguiendo la relación G/Go para el 1.0% de deformación cortante según lo establecido en las curvas de degradación del módulo de Seed and Idriss para materiales no cohesivos.

Siguiendo las ecuaciones y realizando los ajustes se obtuvo los siguientes resultados en la línea de refracción 1.

Ilustración 14-11 Parámetros de deformación a partir de ensayos geofísico.

LSR-1 BELLAVISTA											
Material	**Prof. Inicial (m)**	**Prof. Final (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)**	**G (1%) (MPa)**	**E (1%) (MPa)**
1	0.00	1.87	118.82	17.00	1.73	300	0.407	24.5	68.8	1.47	4.1
2	1.87	3.05	282.24	17.00	1.73	600	0.358	138.0	374.9	8.28	22.5
4A	3.05	4.17	355.84	22.00	2.24	1100	0.442	284.0	818.7	17.04	49.1
4A	4.17	8.72	386.29	22.00	2.24	1100	0.430	334.6	956.8	20.08	57.4
3	8.72	9.80	432.02	22.00	2.24	1100	0.409	418.6	1179.3	25.11	70.8
3	9.80	10.89	460.02	22.00	2.24	1100	0.394	474.6	1323.1	28.47	79.4
3	10.89	11.97	540.02	22.00	2.24	1100	0.341	654.0	1754.3	39.24	105.3
3	11.97	13.05	590.02	22.00	2.24	1100	0.298	780.7	2026.8	46.84	121.6
4B	13.05	14.13	660.02	22.00	2.24	1700	0.411	976.9	2757.4	58.62	165.4
4B	14.13	20.13	702.07	22.00	2.24	1700	0.397	1105.4	3088.9	66.32	185.3

Para cada material se asignó un valor promedio, el cual se resumen en la Tabla 14-2.

Tabla 14-2 Modulo de Young.

Material	E (MPa)	μ
Relleno antrópico (1)	4.1	0.40
Suelo residual (2)	22.5	0.35
Lodolita (3)	94.3	0.40
Arenisca fracturada (4A)	53.31	0.44
Arenisca (4B)	175.4	0.40

14.4 NIVEL FREÁTICO

Para la definición de los niveles de agua en la zona de estudio se tomó como referencia el estudio hidrogeológico presentado en el capítulo 9 y los registros de las perforaciones. En condiciones normales o actuales no se identificó el nivel freático en el terreno, debido a las siguientes condiciones de la zona:

- El agua lluvia que cae en la zona es evacuada fácilmente por el sistema de drenaje existente lo que hace que la tasa de infiltración sea baja a nula
- El agua lluvia que cae en la zona se evacua principalmente por escorrentía debido a que la mayor parte del área esta impermeabilizada por las construcciones y vías de acceso.
- Debido a la alta pendiente del terreno y el fracturamiento de la arenisca el agua infiltrada drena con facilidad hacia la zona baja de la ladera.

Por lo tanto, para las modelaciones la condición actual no se modelará con nivel freático, sin embargo, para tener en cuenta el agua que se infiltra en la primera capa se modelará con un Ru=0.1.

En condiciones futuras, se asume que se presenta una infiltración en la primera capa de suelo debido a la acumulación de lluvias, esto se representa con un Ru= 0.26, para la formación Arenisca labor y tierna, debido a su capacidad de drenaje y la pendiente de la ladera no se asume una presión de poros en el modelo en condiciones futuras.

14.5 MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

En resumen, se describe a continuación cada uno de los materiales que se encuentran en el modelo geológico geotécnico con sus parámetros de diseño. Los parámetros se seleccionaron a partir del análisis de toda la información recolectada de los ensayos de campo y laboratorio.

Material 1: Relleno de antrópico

Corresponde a un relleno antrópico de baja capacidad compuesto por escombros y raíces en una matriz arenosa con arcilla de baja plasticidad.

Contenido de agua: 15%

Granulometría:

Gravas	4.20%
Arenas	64.90%
Finos	30.90%

Peso Unitario:	1.89 ton/m^3
Ángulo de fricción	33º
Cohesión*	1.9 t/m^2
Módulo de Young	4.1 MPa

*Nota: La cohesión de 1.9 t/m^2 se asumirá para los rellenos que están confinados por las viviendas, de tal forma que se pueda modelar el efecto del muro de la casa

Material 2: Suelo residual de la formación Arenisca Labor y Tierna

Suelo arenoso de grano fino con arcilla de baja plasticidad de origen residual con consistencia media a dura.

Contenido de agua:	13%
Granulometría:	
Gravas	20 %
Arenas	53%
Finos	27%
Peso Unitario:	1.90 t/m^3
Resistencia no drenada	5.35 t/m^2
Ángulo de fricción	34º
Cohesión	5.0 t/m^2
Módulo de Young	22.5 MPa

Material 3A: Intercalaciones de arenisca con arcilla (K2lt)

Corresponde a un estrato de areniscas cuarzosas de grano fino con lentes de arcilla con un grado de fracturación alto, el cual se evidencia en el RQD menor al 10% y en la mayoría de los casos del 0%.

Peso Unitario:	2.3 t/m^3
Ángulo de fricción	35º
Cohesión	3.0 t/m^2

Módulo de Young	22.5 MPa

Material 3B: Banco de lodolita (K2lt)

Corresponde a un estrato de lodolita de color gris con un grado de fracturación medio, el cual se evidencia en el RQD entre 20% y 40%.

Peso Unitario:	2.3 t/m^3
Ángulo de fricción	35º
Cohesión	15 t/m^2
Módulo de Young	94.3 MPa

Buzamiento general de N 15 E/ 25NW

Material 4A: Arenisca friable de la formación Labor y Tierna (K2lt)

Corresponde a un estrato de arenisca cuarzosas de grano fino con un grado de fracturación alto de la formación arenisca labor y tierna, el cual se evidencia en el RQD entre 0% y 20%.

Peso Unitario:	2.3 t/m^3
Ángulo de fricción	34°
Cohesión	11 t/m^2
Módulo de Young	53.31 MPa

Buzamiento general de N 15 E/ 25NW

Material 4B: Arenisca friable de la formación Labor y Tierna (K2lt)

Corresponde a un estrato de arenisca cuarzosas de grano fino con un grado de fracturación medio de la formación arenisca labor y tierna, el cual se evidencia en el RQD entre 20% y 60%.

Peso Unitario:	2.3 t/m^3
Ángulo de fricción	45º
Cohesión	22 t/m^2
Módulo de Young	175 MPa

Buzamiento general de N 15 E/ 25NW

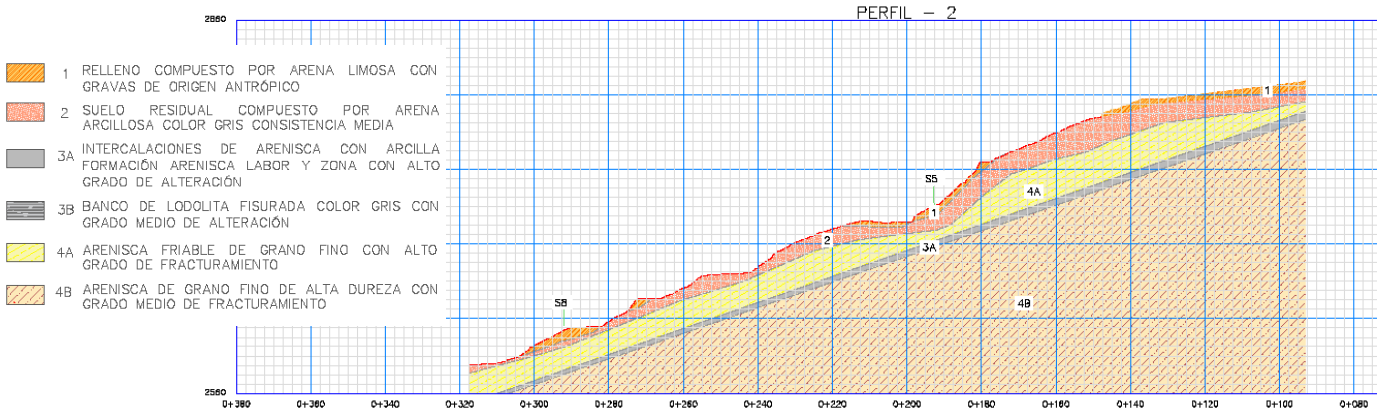


Ilustración 14-12 Perfil geológico geotécnico 2

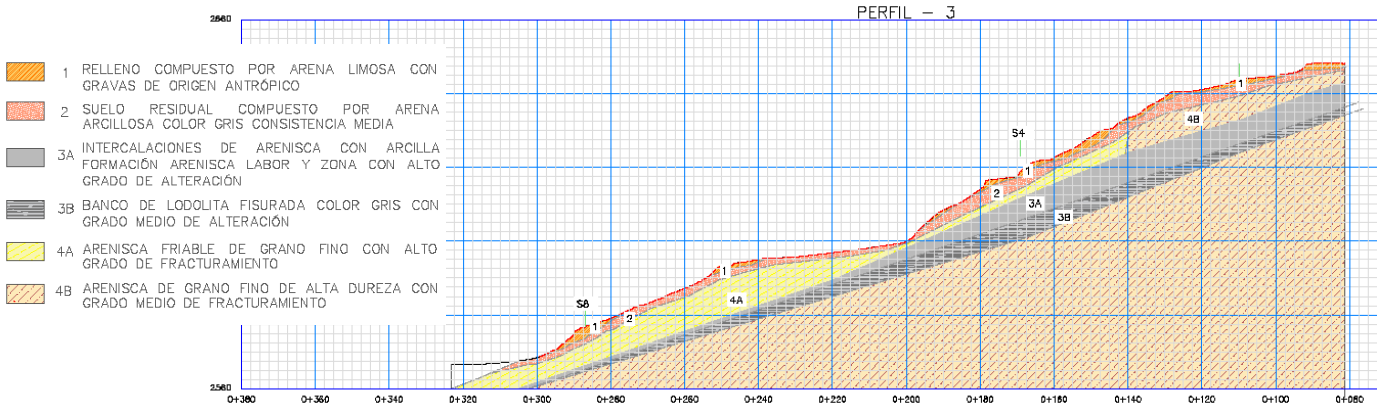


Ilustración 14-13 Perfil geológico geotécnico 3

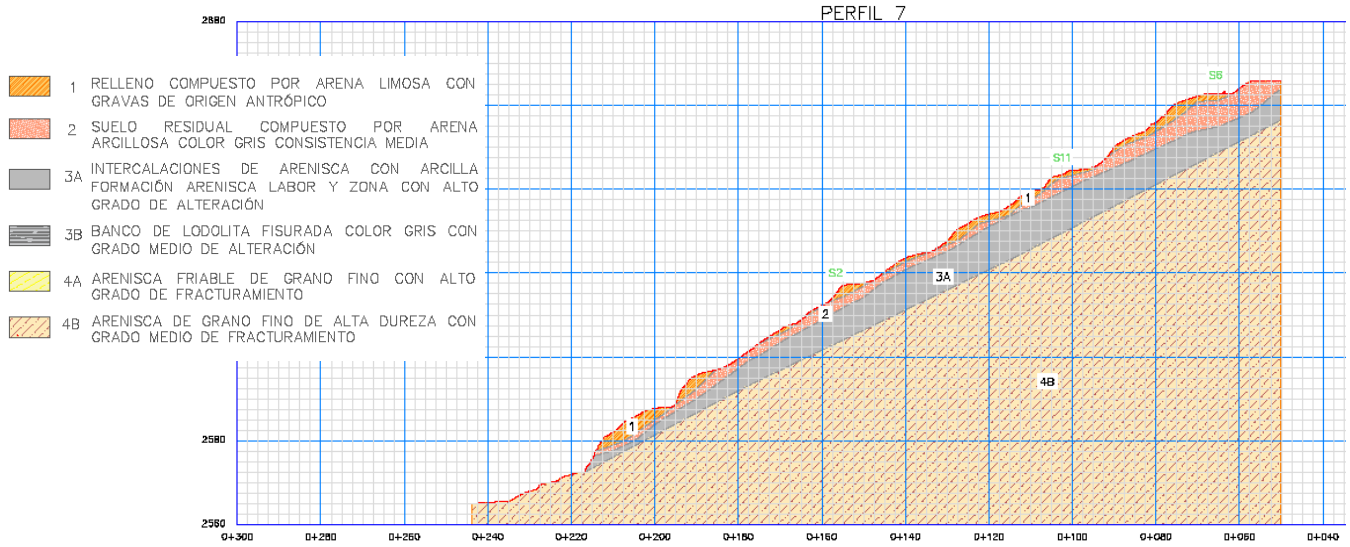


Ilustración 14-14 Perfil geológico geotécnico 7

15 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.

15.1 INTRODUCCIÓN

Una vez definido el modelo geológico geotécnico, donde se determinó en planta y en perfil la litología de los materiales, comportamiento estructural, espesores promedios, comportamiento de agua y parámetros de los materiales, se procede a evaluar la amenaza en el polígono de estudio por movimientos en masa, para ello, se realizará un análisis determinístico con base en factores de seguridad para dos mecanismos de falla identificados en la ladera.

A continuación, se presenta la forma en que se evaluó la estabilidad, los resultados de la modelación y análisis geotécnicos efectuados y la zonificación hecha para la categorización de la amenaza.

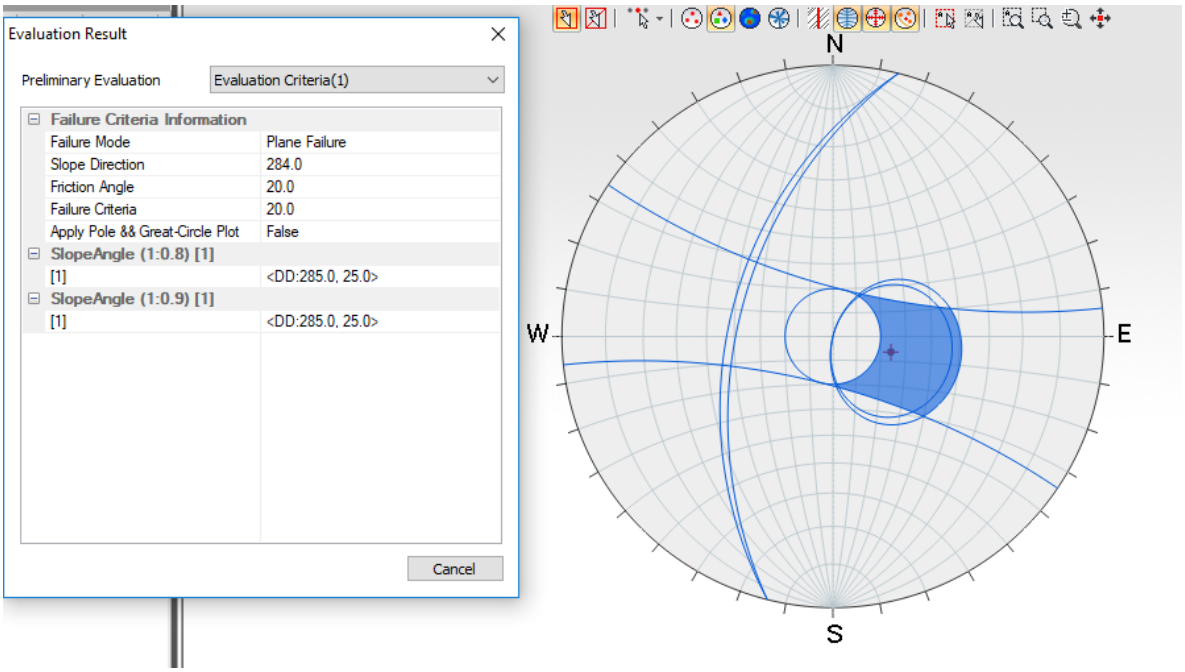
15.2 MECANISMOS DE FALLA A ANALIZAR

Para la zona de estudio se identificaron dos mecanismos de falla que pueden afectar la estabilidad de la ladera. El primero corresponde al mecanismo de falla planar del macizo rocoso, el cual involucrar el movimiento planar de un estrato blando de arcillolita sobre el banco de areniscas que se ve favorecido por la inclinación y dirección de la ladera, como se parecía en el perfil “7” del modelo geológico geotécnico. El segundo mecanismo corresponde a fallas superficiales de los suelos de relleno antrópico y suelo residual los cuales serán analizados por el método de equilibrio límite utilizando el criterio de falla de Morh-Coulomb.

15.2.1 Mecanismos de falla del macizo rocoso

A partir del modelo estructural de la zona de estudio se identificó que los estratos tienen una dirección de buzamiento de N 15 E con una inclinación de 25-30° NW y la ladera de estudio tiene una orientación N14E buzando hacia el NW con pendientes variables entre 10 y 40°, lo que condiciona que la ladera tenga una posibilidad cinemática de movimiento por falla planar. Esta condición se aprecia en el perfil “7” del modelo geológico geotécnico, donde el estrato de arcilla está aflorando en la parte baja del talud y este se encuentra sobre un estrato de arenisca generando así la posibilidad de la falla planar y se corrobora en la red estereográfica.

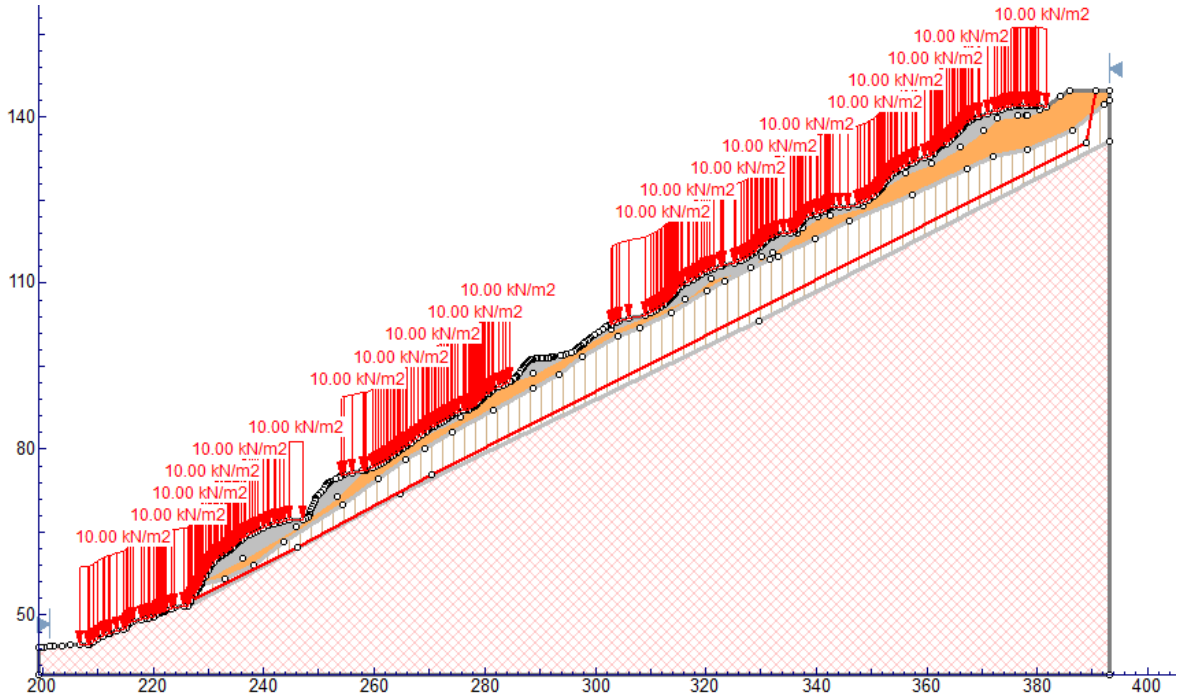
Ilustración 15-1 Red estereográfica.



Para modelar la falla planar identificada con anterioridad se utilizarán dos procedimientos, descritos a continuación:

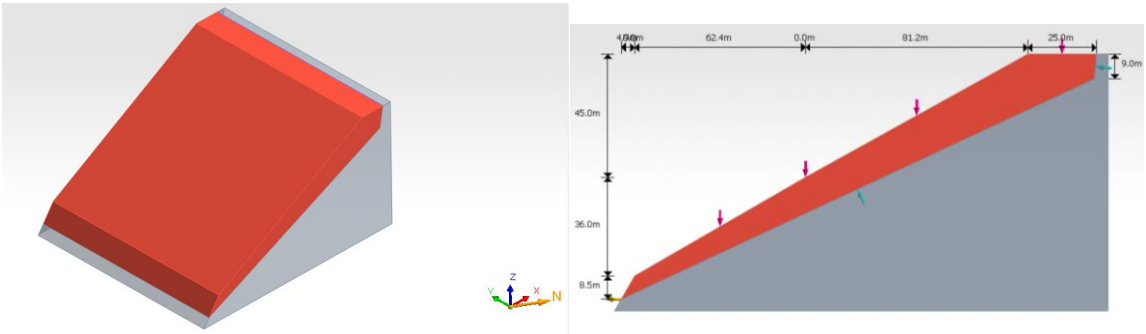
1. El primero con el uso del software Slide, donde se modela el perfil geotécnico en 2D con cada uno de los materiales definidos en el modelo, en el perfil se define una falla planar desde la parte baja del talud hasta la parte alta con una grieta de tracción en la parte superior.

Ilustración 15-2 Vista e perfil falla general en SLIDE



2. El segundo con el software MIDAS-SoilWorks en el modelo Rock, donde se analiza la falla planar en 3D partiendo de la geometría de la ladera y las características del estrato susceptible a fallar.

Ilustración 15-3 a) Vista en 3D falla planar b) Vista en perfil falla planar.



Las premisas que se utilizaron para análisis son las siguientes:

- Los parámetros de resistencia del estrato susceptible son los correspondientes a la arcilla de la intercalación de arcillas y areniscas (Material 3A), se tomó el ángulo de fricción del corte directo Φ = 35° y una cohesión de 3.0 t/m^2.

- El zona en donde puede generarse el movimiento corresponde a la zona del perfil 7 del modelo geológico- geotécnico, las demás zonas que están hacia la parte sur de la ladera, no se presenta el movimiento debido a su inclinación es menor a 25°, limitando la posibilidad cinemática del movimiento (el buzamiento del plano debe ser menor que la pendiente del talud).
- Ambos análisis permiten calcular el factor de seguridad para el mecanismo analizado y bajo condición de saturación y sismo, las condiciones de los análisis se detallan en los siguientes numerales.

Los análisis realizados para las laderas que se encuentran en el área de estudio, se encuentran en el Anexo 13.4

15.2.2 Mecanismos de falla en suelos

Adicional a la falla global por un mecanismo planar, en la zona de estudio se presenta la posibilidad de fallas locales asociadas al movimiento de los rellenos antrópicos y del suelo residual. Por lo tanto, se realizará el análisis determinístico de estabilidad de las fallas locales que involucren estos materiales con la ayuda del software SLIDE 7.0 de Rocscience, se modelará las fallas como deslizamientos rotacionales material de relleno y el suelo residual.

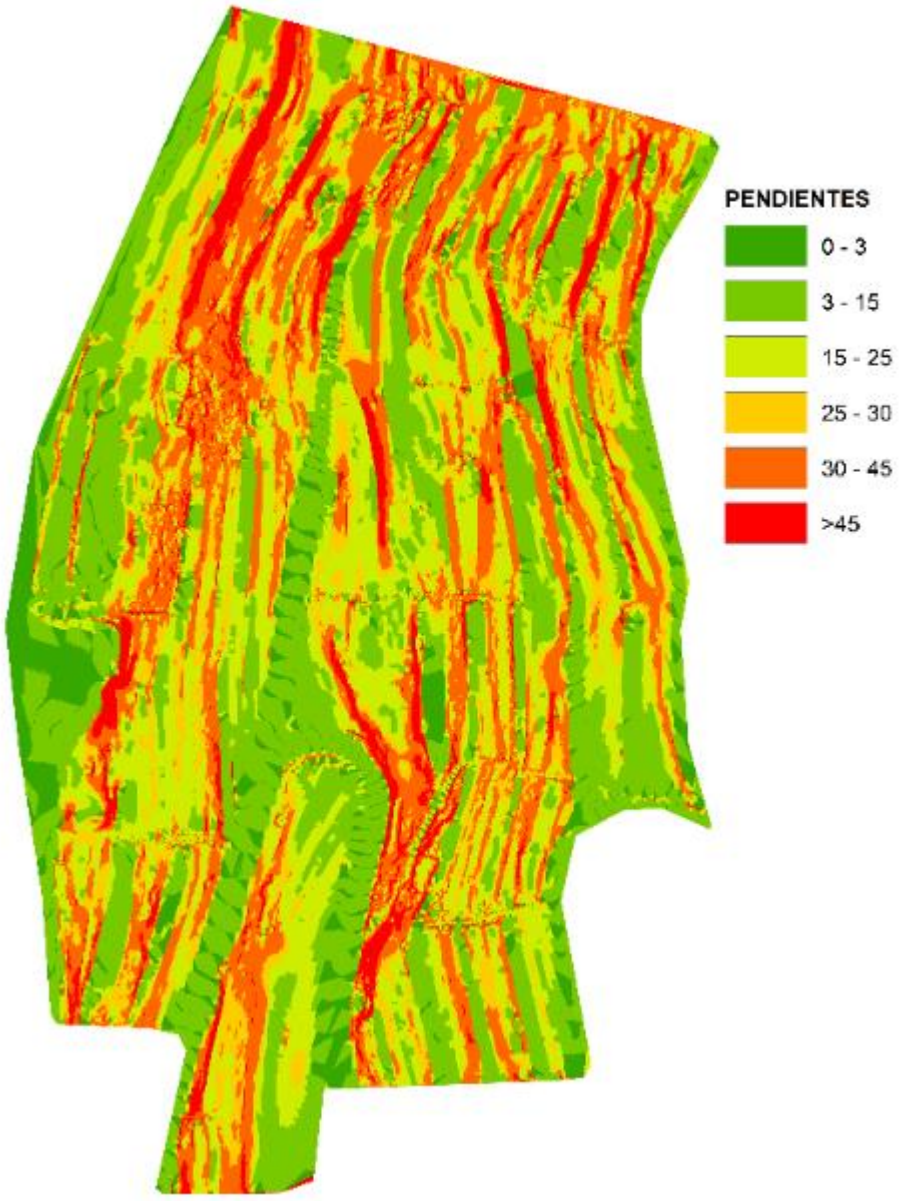
Se determinó modelar fallas circulares para establecer la estabilidad de los materiales superficiales y como afectan a la amenaza local de la zona, al igual que con el otro mecanismo se modelará bajo diferentes escenarios teniendo en cuenta la influencia del agua y de movimientos sísmicos en el terreno.

15.3 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA LADERA

La zona de estudio se encuentra en una ladera estructural con una pendiente general entre 15 y 30°, para conocer con detalle la variación de las morfometría en todo el polígono, se generó un mapa de pendientes con cinco rangos, sobre la topografía actual, el primer rango corresponde con una pendientes menores a 3° y el ultimo son las pendientes mayores a 45°. En el Anexo 13.1 se presenta el mapa de pendientes o y en la Ilustración 15-4 la imagen de dicho mapa.

Del mapa de pendientes se puede identificar dos zonas con una pendiente mayor a 25°, la primera que corresponde a la zona norte en la parte inferior de la ladera donde se concentran pendientes superiores a 30° y la segunda en la parte sur del polígono en el talud expuesto hacia la vía que ha tenido problemas de estabilidad.

Ilustración 15-4 Mapa de pendientes.



El mapa de pendientes servirá como una herramienta para la construcción del mapa de amenaza, debido a que, con base en los modelos de estabilidad se podrá extrapolar el comportamiento de los materiales superficiales a la pendiente del terreno.

15.4 ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Para evaluar las condiciones generales de estabilidad de las secciones geotécnicas, para fallas superficiales (en suelo o relleno) y la falla en roca, se realizó análisis de estabilidad en la condición corto plazo y en la condición largo plazo.

Condición corto plazo.

Condición estática con condición normal del agua. La condición normal de agua se definió a partir del análisis hidrogeológico, donde en condiciones normales o actuales no se identificó una tabla de agua en el terreno, por lo tanto, para la modelación la condición actual (falla en el suelo) se decidió asumir un valor de Ru bajo, con el fin de tener en cuenta en la influencia del agua en los análisis. El valor asumido corresponde a un Ru de 0.10 para el relleno y de Ru de 0 para los demás materiales, esta variable se toma de manera conservadora, pero se resalta que no representa un detonante en los análisis de estabilidad, como se explicó en el capítulo de hidrogeología.

Por otro lado, para la falla planar, se tendrá en cuenta la influencia del agua como una presión originada en la superficie de falla por la infiltración en la grieta de tracción. Se modelará con una distribución de presión de agua triangular variando el porcentaje de 0% al 50%, para analizar la sensibilidad del movimiento a la presencia de la presión del agua.

En este análisis se tiene en cuenta la sobre carga de las viviendas como contribuyente al movimiento, se modelo con un valor de 10 kN/m la sobrecarga.

Condición largo plazo.

Condiciones con un evento sísmico definido en el capítulo de sismología y condición de agua extrema.

La condición extrema de agua se asume que se presenta una infiltración en la primera capa de suelo debido a la acumulación de lluvias, esto se representa con un Ru= 0.26 que corresponde aproximadamente del 50% de saturación del estrato, para la formación Arenisca labor y tierna, debido a su capacidad de drenaje y la pendiente de la ladera no se asume una presión de poros en el modelo en condiciones futuras

Por otro lado, para la falla planar, se tendrá en cuenta la influencia del agua como una presión originada en la superficie de falla por la infiltración por la grieta de tracción de la falla planar. Se modelará con una distribución de presión de agua triangular variando el porcentaje de 50% al 100%.

En este análisis se tiene en cuenta la sobre carga de las viviendas como contribuyente al movimiento.

El sismo para los análisis seudoestáticos corresponde a una aceleración horizontal de 0.144 g, como se explicó en el capítulo de sismología.

15.5 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA.

Para categorizar la amenaza con base en los factores de seguridad calculados en los análisis de estabilidad, se tomará como referencia los rangos indicados en los términos contractuales del proyecto. A continuación, se presenta los rangos para los dos escenarios evaluados.

Tabla 15-1 Categorización amenaza

Escenario de corto plazo	
Amenaza	FS
BAJA	>1.5
MEDIA	1.1 a 1.5
-*-*ALTA	<1.1
Escenario de largo plazo	
Amenaza	FS
BAJA	>1.1
MEDIA	1.0 a 1.1
ALTA	<1.0

15.6 SECCIONES DE ANÁLISIS

Se definieron 3 secciones de análisis para evaluar la falla en el suelo, con base en los perfiles geológicos geotécnicos, se incluyó la sobre carga a partir de la identificación de las viviendas, y la distribución de los rellenos con base en los trabajos de campo.

15.7 RESUMEN DE RESULTADOS.

15.7.1 Falla planar en roca

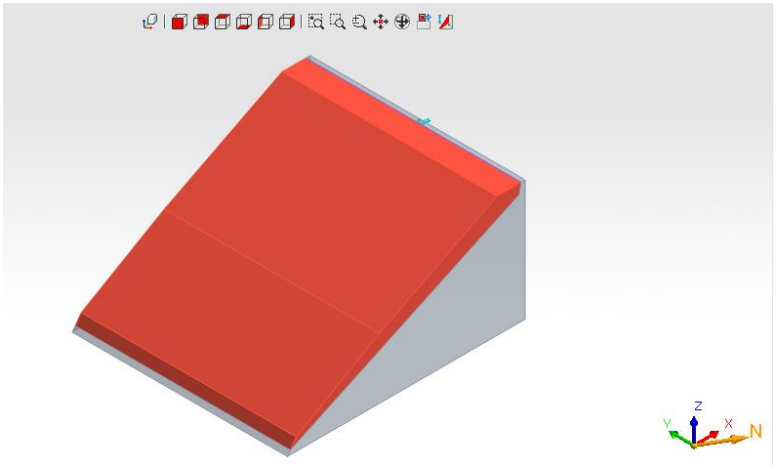
En el presente capitulo se evalua la estabilidad de la falla planar en la roca haciendo uso de dos software, el primero corresponde al modelo 3D en el programa Soilworks en el cual se modela un único material deslizándose por una superficie planar, en el cual se evalúa el factor de seguridad por equilibrio limite y se tiene en cuenta una presión de agua en la grieta de tracción y en la superficie de falla. El segundo, corresponde un modelo 2D en SLIDE que involucra una falla planar con una presión de agua únicamente en la grieta de tracción, al igual que el primero, el factor de seguridad por equilibrio limite. Se realiza el análisis con los dos software para tener un punto de comparación del modelo utilizado para evaluar la estabilidad.

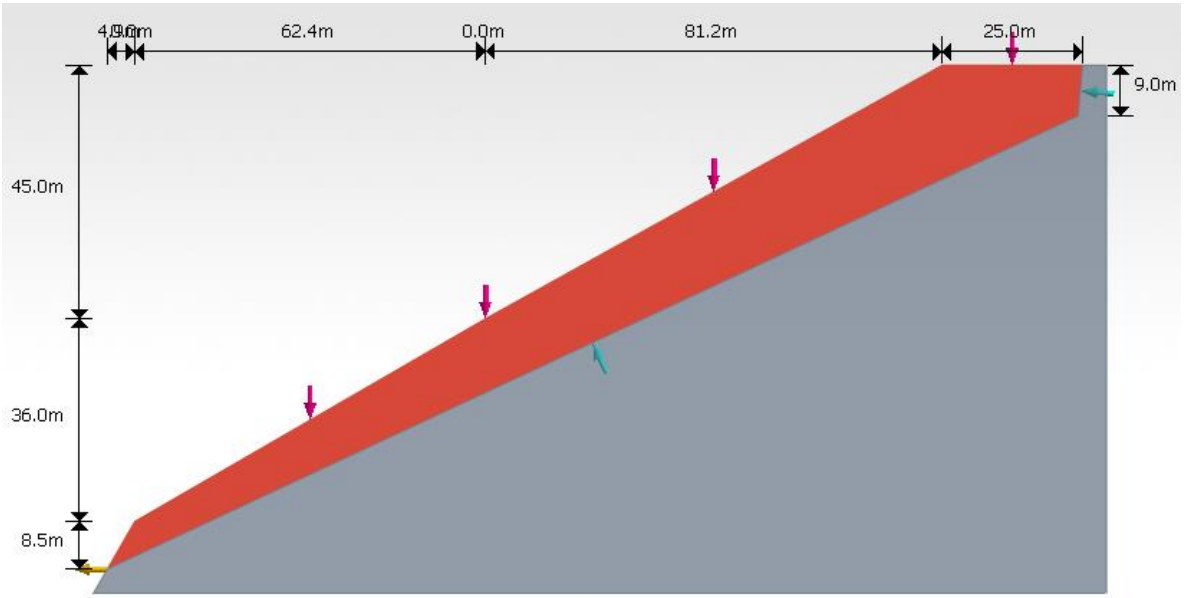
15.7.1.1 *Modelo 3D*

Condición a corto plazo

En la Ilustración 15-5 se presenta el modelo en 3D de la falla planar y la vista en perfil donde se especifican las dimensiones determinadas para el modelo, el talud tiene una altura total de 90 m y la grieta de tracción se simula con una profundidad de 9.0 m.

Ilustración 15-5 a) Vista general en 3D b) Vista en perfil con sobrecarga





Los parámetros seleccionados para la modelación son los corresponden a los parámetros del material 3A, de la arcilla con un ángulo de 35° y una cohesión 3.0 t/m^2. En la Ilustración 15-6 a, se presenta los parámetros ingresados al modelo. En la Ilustración 15-5 se presenta la sobre carga en el talud de 10 kN/m con las flechas de color rosado.

En la Tabla 15-2 se presentan los factores de seguridad obtenidos variando el % de agua en la grieta de tracción y en la superficie de falla (ver Ilustración 15-6).

Ilustración 15-6 a) Parámetros ingresados al modelo b) Vista en perfil presión del agua

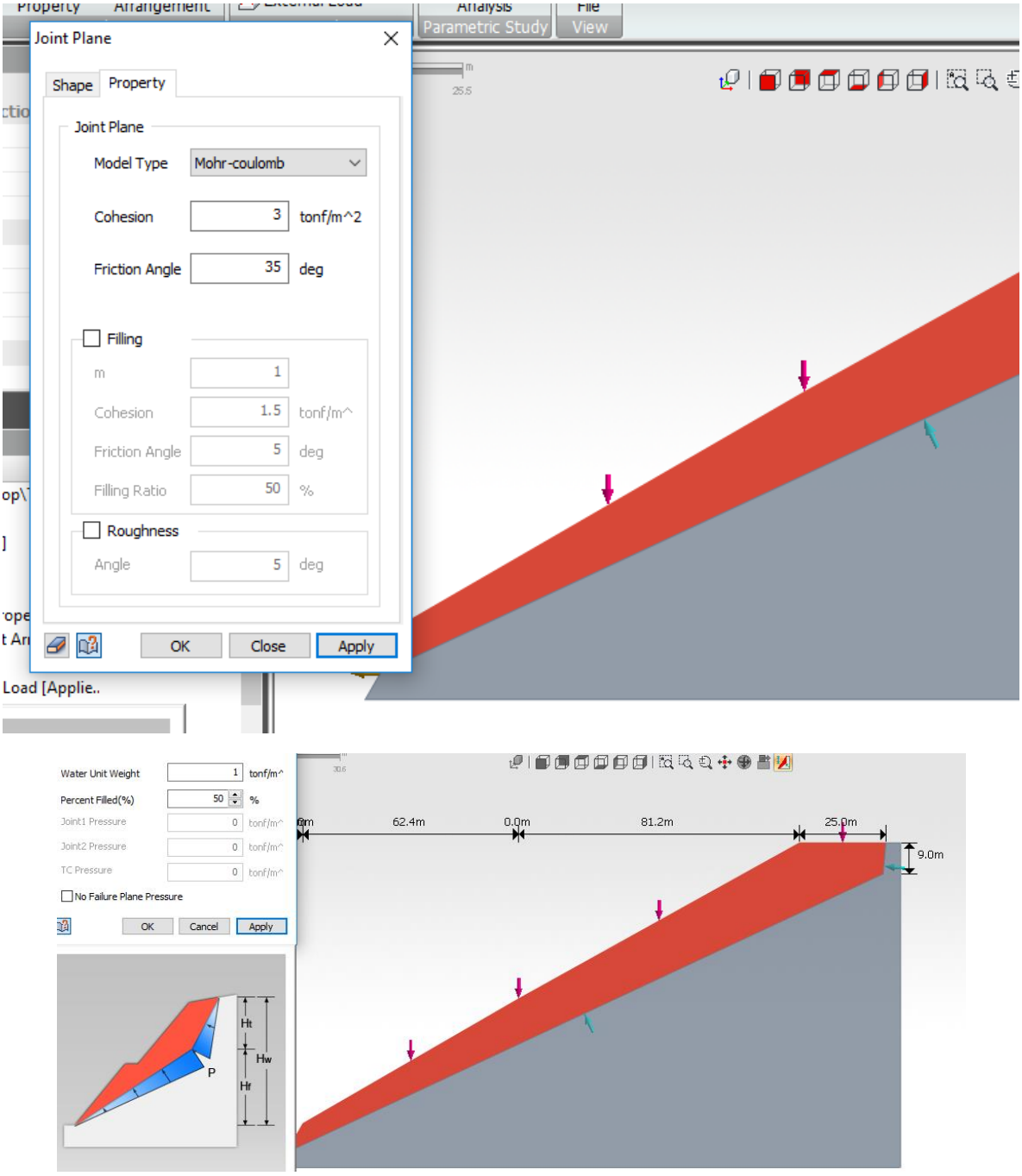


Tabla 15-2 Resumen FS condición corto plazo

Porcentaje de agua (%)	Factor de seguridad.
0	1.73
25	1.72
50	1.72

En el **Anexo 13.5** se presentan las memorias obtenidas del programa. Según los resultados obtenidos en condición a corto plazo la amenaza es BAJA para este movimiento.

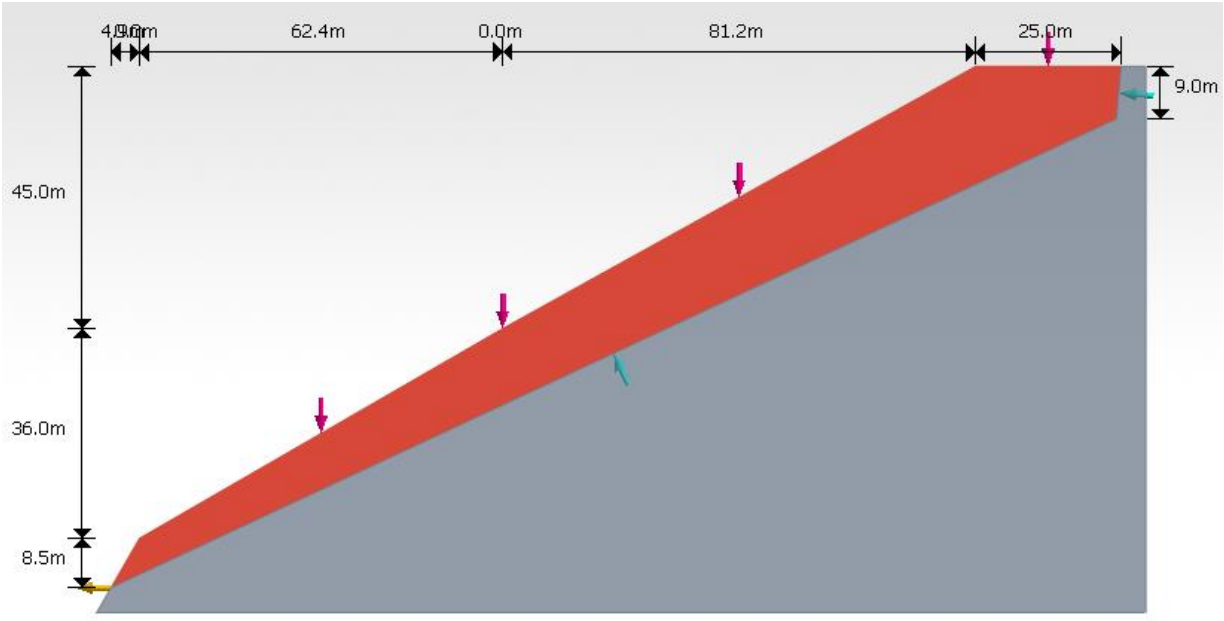
Condición a largo plazo

En la Tabla 15-3 se presentan los factores de seguridad obtenidos variando el % de agua en la grieta de tracción, según los resultados la amenaza es BAJA, para este mecanismo de falla.

Tabla 15-3 Resumen FS condición a largo plazo

Porcentaje de agua (%)	Factor de seguridad.
25	1.29
50	1.29
75	1.28
100	1.27

Ilustración 15-7 Vista en perfil con las fuerzas actuantes



En el Anexo 13.5 se presentan las memorias obtenidas del programa. Según los resultados obtenidos en condición a largo plazo la amenaza es BAJA para este movimiento.

15.7.1.2 *Modelo SLIDE*

A continuación, se presentan los resultados de la modelación de la falla planar haciendo uso de software SLIDE.

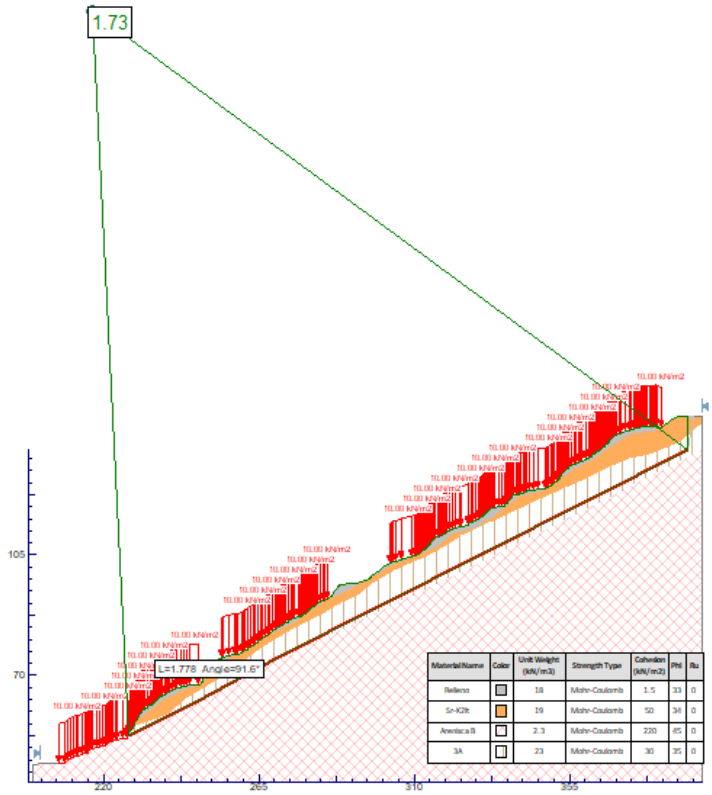
Condición a corto plazo

En la Tabla 15-4 se presentan los factores de seguridad obtenidos variando el % de agua en la grieta de tracción, según los resultados la amenaza es BAJA, para este mecanismo de falla.

Tabla 15-4 Resultado modelo falla planar SLIDE condición estática

Porcentaje de agua (%)	Factor de seguridad.
0	1.73
25	1.72
50	1.72

Ilustración 15-8 Resultado modelo en SLIDE falla planar- condición corto plazo



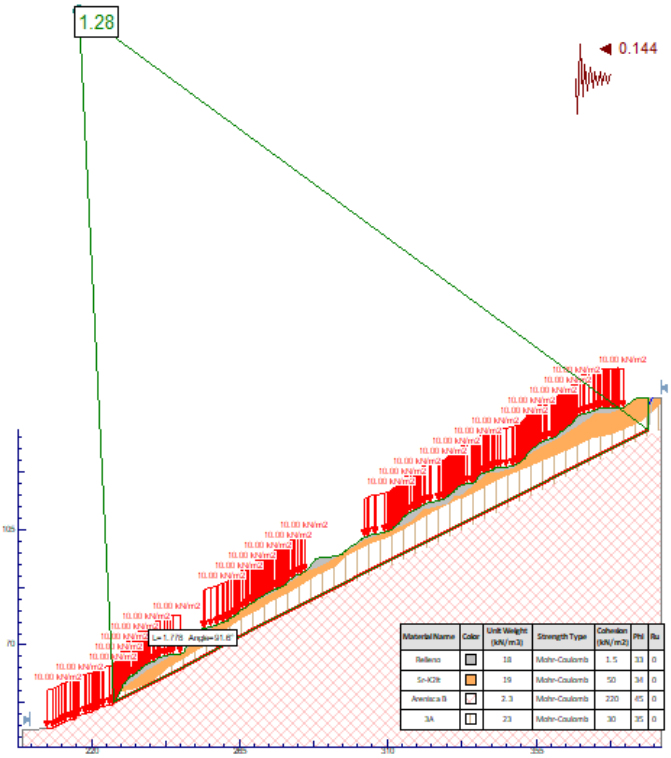
Condición a largo plazo

En la Tabla 15-5 se presentan los factores de seguridad obtenidos variando el % de agua en la grieta de tracción falla, según los resultados la amenaza es BAJA, para este mecanismo de falla.

Tabla 15-5 Resultado modelo falla planar SLIDE condición con sismo

Porcentaje de agua (%)	Factor de seguridad.
25	1.29
50	1.29
75	1.28
100	1.27

Ilustración 15-9 Resultado modelo en SLIDE falla planar- condición largo plazo



Se presenta una ligera variación de los factores de seguridad obtenidos de los análisis realizados en los dos software, esto debido como se tienen en cuenta el efecto del agua en el movimiento. En el primer modelo la presión de agua se ejerce en la grieta de tracción y en la superficie de falla, mientras que en el segundo modelo únicamente se tiene en cuenta el efecto de agua como una presión en la grieta de tracción. Como resultado de las

modelaciones, en condición a corto plazo la amenaza se clasifica como BAJA y en condición a largo plazo, donde se incluye el efecto de agua extremo, la amenaza se clasifica como BAJA.

15.7.2 Falla en suelo

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de estabilidad para cada perfil analizado.

15.7.2.1 *Perfil 7*

Se presentan los resultados de estabilidad para fallas rotacionales que involucran el movimiento del material de relleno y el suelo, en la se resume los resultados obtenidos, para los análisis se tuvieron en cuenta dos factores de seguridad para las zonas de la ladera superior, media y baja. El primer factor de seguridad corresponde al valor mínimo y el segundo a un factor de seguridad general que involucre una falla del suelo residual con un espesor mayor.

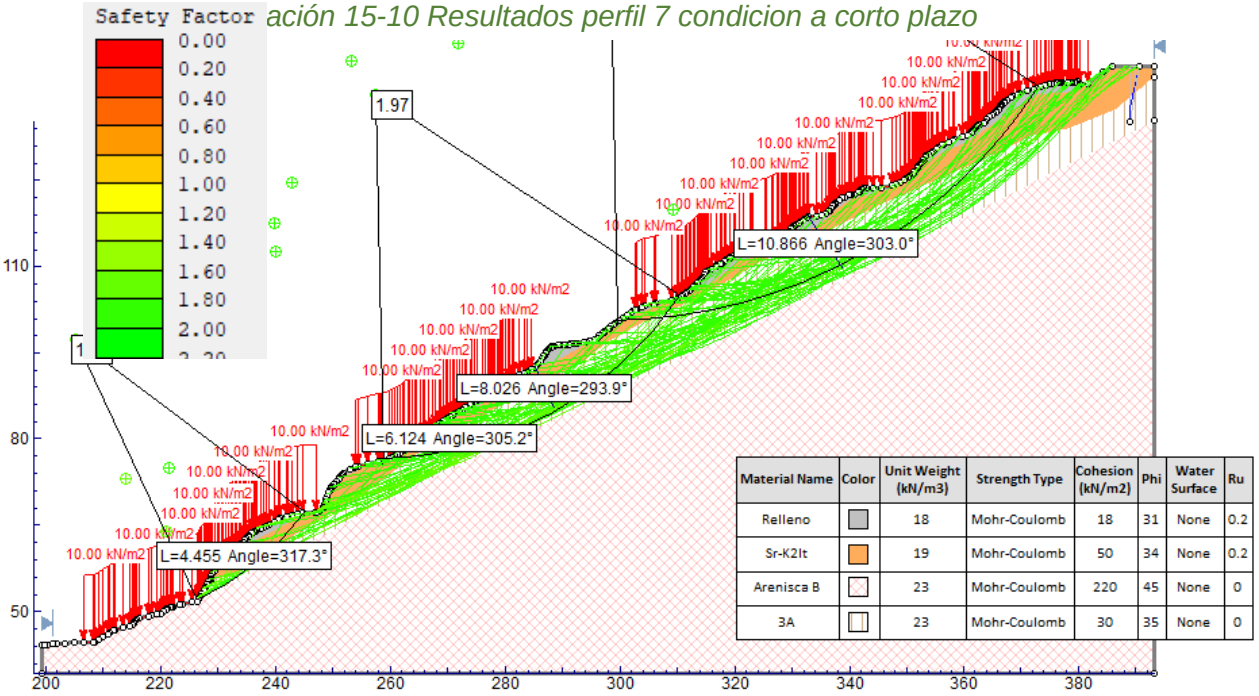
De los resultados de los análisis se resalta los siguientes aspectos:

- Para la zona de ladera superior, media e inferior factores de seguridad son mayores a 1.5 para condición estática y mayores que 1.1 para condición pseudoestatica, por lo tanto, la condición general por fallas del suelo es de amenaza baja.

Tabla 15-6 Tabla resumen análisis de estabilidad.

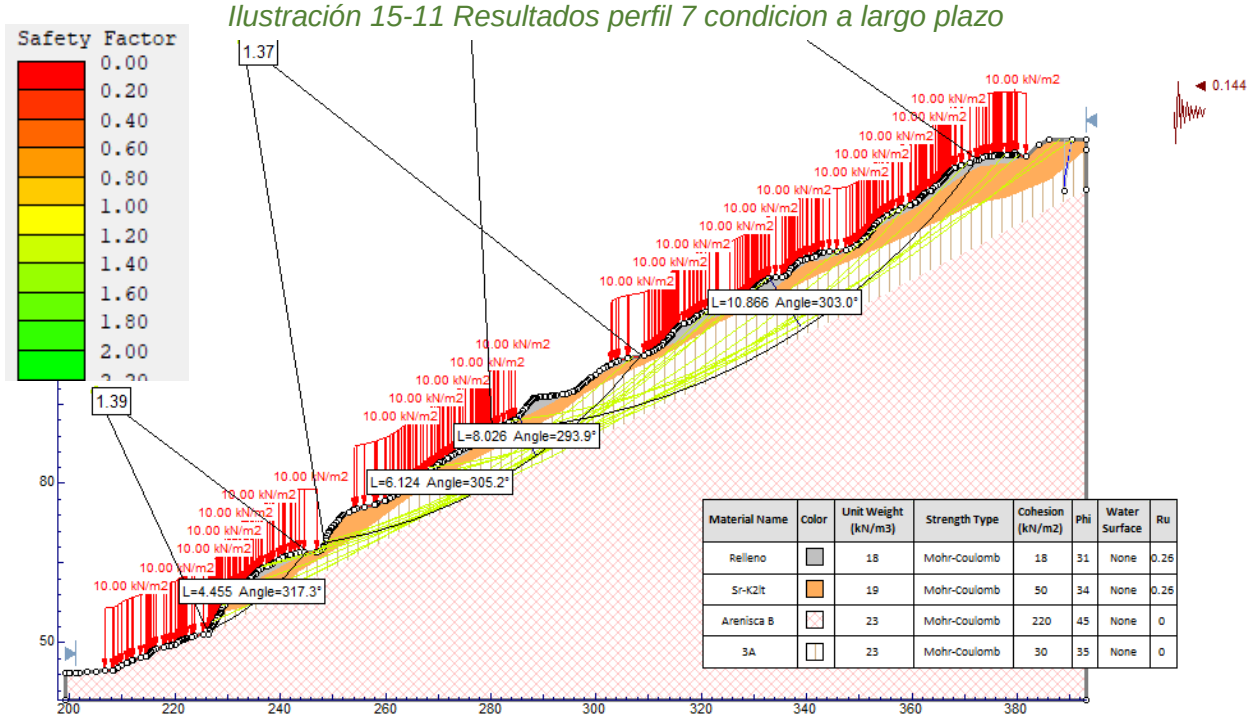
PERFIL 7		LADERA SUPERIOR		
CONDICIÓN	Ru	FAC. SEGURIDAD GENERAL	ESPESOR (m)	CATEGORÍA AMENAZA
ESTÁTICO	0.20	1.93	10	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	1.39	10	BAJA
PERFIL 7		LADERA MEDIA		
ESTÁTICO	0.20	1.97	8	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	1.37	8	BAJA
PERFIL 7		LADERA BAJA		
ESTÁTICO	0.20	1.71	4.4	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	1.39	4.4	BAJA

ación 15-10 Resultados perfil 7 condicion a corto plazo



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Relleno		18	Mohr-Coulomb	18	31	None	0.2
Sr-K2lt		19	Mohr-Coulomb	50	34	None	0.2
Arenisca B		23	Mohr-Coulomb	220	45	None	0
3A		23	Mohr-Coulomb	30	35	None	0

Ilustración 15-11 Resultados perfil 7 condicion a largo plazo



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
Relleno		18	Mohr-Coulomb	18	31	None	0.26
Sr-K2lt		19	Mohr-Coulomb	50	34	None	0.26
Arenisca B		23	Mohr-Coulomb	220	45	None	0
3A		23	Mohr-Coulomb	30	35	None	0

15.7.2.2 *Perfil 3*

Se presentan los resultados de estabilidad para fallas rotacionales que involucran el movimiento del material de relleno y el suelo, en la Tabla 15-7 se resume los resultados obtenidos, para los análisis se tuvieron en cuenta dos factores de seguridad para las zonas de la ladera superior, media y baja. El primer factor de seguridad corresponde al valor mínimo y el segundo a un factor de seguridad general que involucre una falla del suelo residual con un espesor mayor.

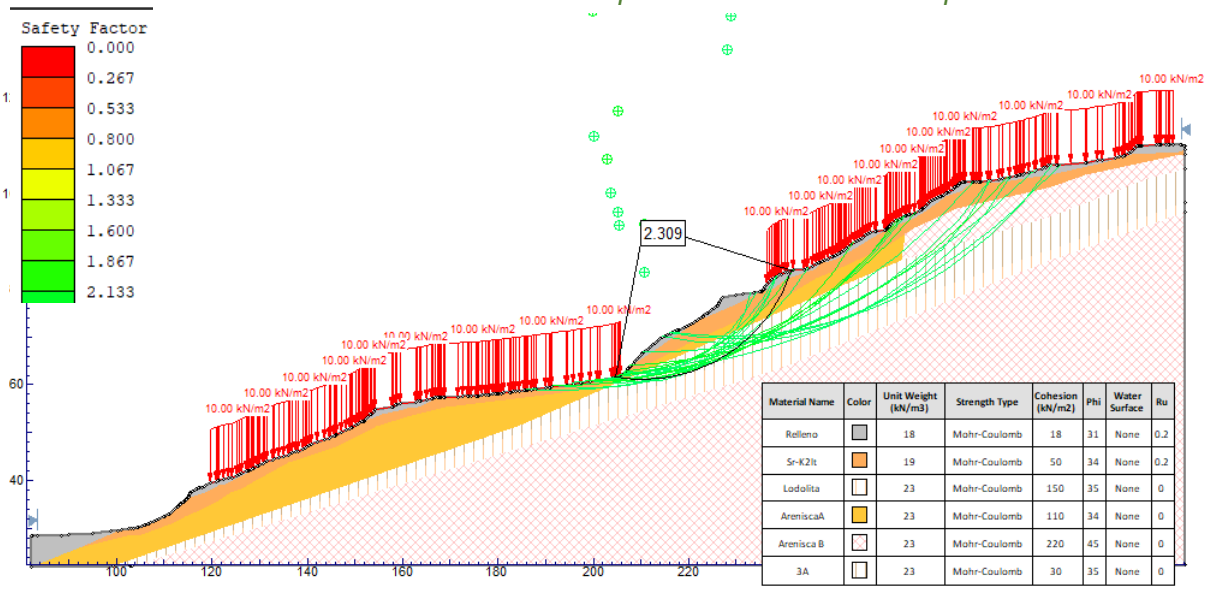
De los resultados de los análisis se resalta los siguientes aspectos:

- Ninguna zona de la ladera se presentan fallas con factores menores a 1.5 en condición estática y 1.1 en condición pseudoestatica, por lo tanto, la amenaza es baja.

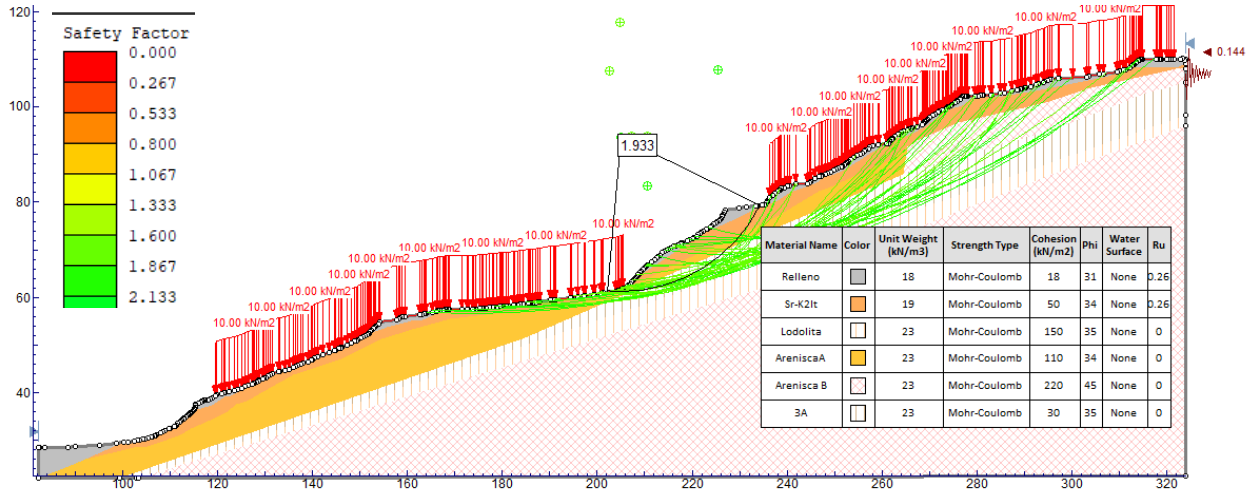
Tabla 15-7 Resumen resultados perfil 3

PERFIL 3		**LADERA SUPERIOR**		
CONDICIÓN	**Ru**	**FAC. SEGURIDAD GENERAL**	**ESPESOR (m)**	**CATEGORÍA AMENAZA**
ESTÁTICO	0.20	>2.5	-	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	>2.0	-	BAJA
PERFIL 3		**LADERA MEDIA**		
ESTÁTICO	0.20	2.3	9.6	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	1.96	9.6	BAJA
PERFIL 3		**LADERA BAJA**		
ESTÁTICO	0.20	**>2.5**	**-**	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	>2.0	-	BAJA

Ilustración 15-12 Resultados perfil 3 condicion a corto plazo



lustración 15-13 condicion a largo plazo



15.7.2.3 *Perfil 2*

Se presentan los resultados de estabilidad para fallas rotacionales que involucran el movimiento del material de relleno y el suelo, en la Tabla 15-7 se resume los resultados obtenidos. Al igual que los perfiles anteriores, no se presentan las fallas superficiales y profundadas que involucran el material de relleno y el material de suelo residual.

Tabla 15-8 Resumen de resultados perfil 2.

PERFIL 2		LADERA SUPERIOR		
CONDICIÓN	**Ru**	**FAC. SEGURIDAD GENERAL**	**ESPESOR (m)**	**CATEGORÍA AMENAZA**
ESTÁTICO	0.20	**>2.0**	-	**BAJA**
PSEUDOESTATICO	0.26	>1.5	-	BAJA
PERFIL 2		**LADERA MEDIA**		
ESTÁTICO	0.20	1.9	5.0	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	1.5	5.0	BAJA
PERFIL 2		**LADERA BAJA**		
ESTÁTICO	0.20	>2.0	-	BAJA
PSEUDOESTATICO	0.26	>1.5	-	BAJA

Ilustración 15-14 Resultados perfil 2 condicion a corto plazo

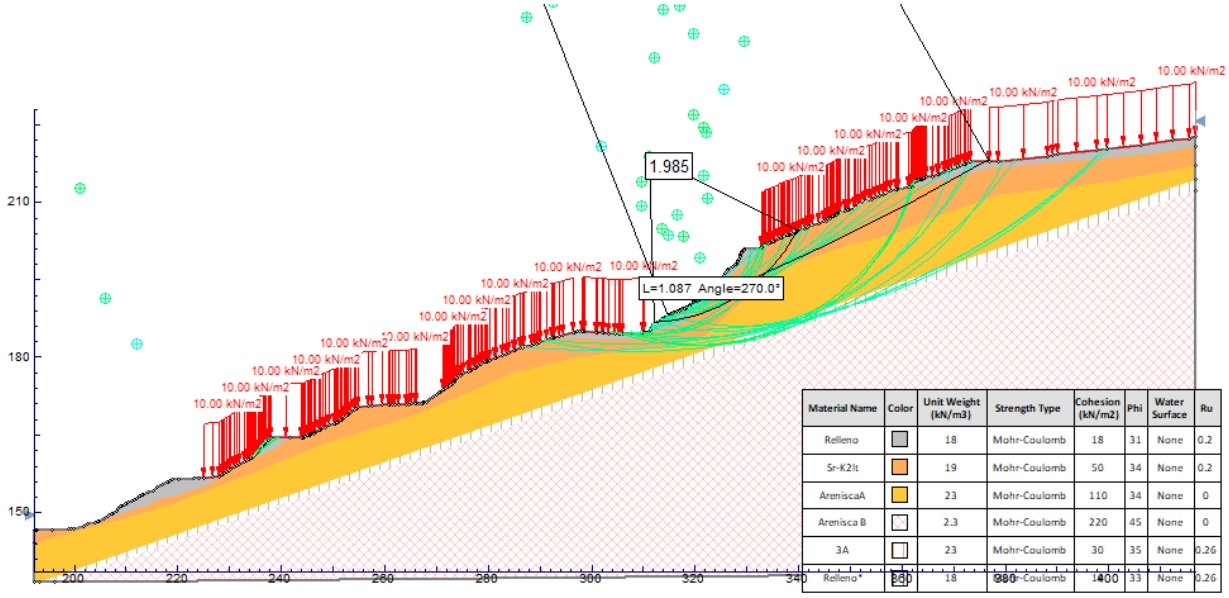
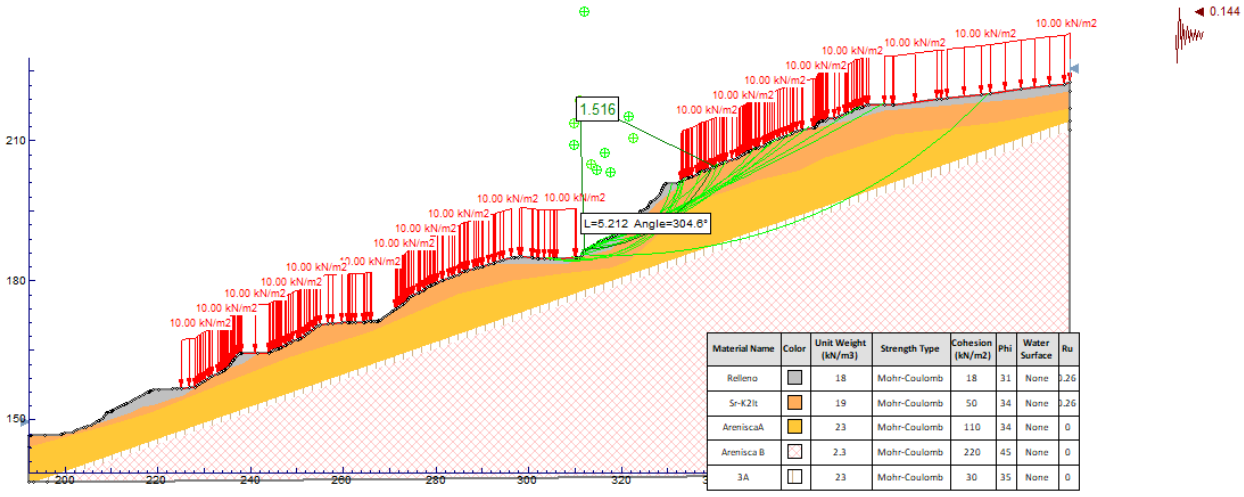


Ilustración 15-15 Resultados perfil 2 condicion a largo plazo



Las cartas de amenaza se presentan en detalle en el Anexo 13

15.8 CONCLUSIÓN ANÁLISIS DE LA AMENAZA

Una vez analizadas las tres secciones geotécnicas y de hacer un recorrido de inspección de la zona de estudio se definió que la zona en general está en amenaza baja por movimientos en masa asociados al suelo residual y rellenos de origen antrópico y de la formación arenisca labor y tierna.

Sin embargo, hay zonas donde existen rellenos sin confinamiento que se han convertido en zonas de acopio de escombros y basuras del barrio, los cuales son susceptibles a moverse. Durante el recorrido de campo se identificaron estas zonas de rellenos visualmente y se realizó un levantamiento topográfico de una sección representativa donde se realizó un análisis de estabilidad para determinar puntualmente la condición de amenaza.

Se discretizaron las zonas de estudio del 1 al 8 y los resultados se presentan a continuación.

15.8.1 SECTOR 1

En el sector 1 (localizado sobre la Carrera 6) el problema de estabilidad se asocia a rellenos antrópicos y a la falta de mantenimiento de las obras que actualmente se encuentran en la zona (concreto lanzado, muros de gaviones).

Ilustración 15-16 muros zona 1 y salida de agua punto 1



Fuente: google maps y propia.

En el talud se observa una salida de aguas casi continua en 2 puntos cuya fuente de recarga no se logró establecer pero da indicios de fallas en los sistemas de conducción de aguas del barrio, se recomienda realizar un análisis profundo al sistema de alcantarillado de la zona ya que durante el estudio se logró establecer visualmente rebose del sistema de alcantarillado de la calle 190 y calle 190ª entre carreras 6 y carrera 5b ante episodios de lluvia no torrencial.

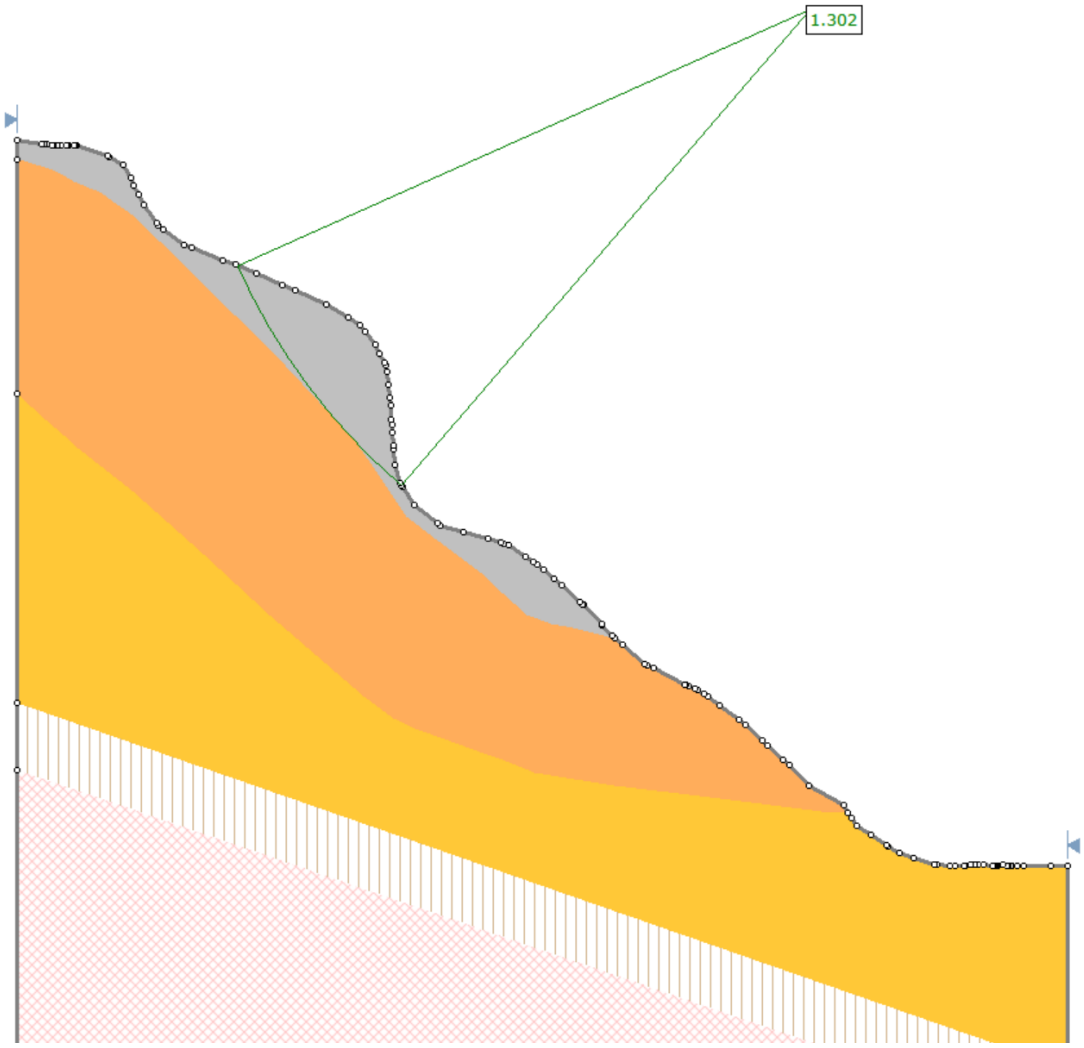
Ilustración 15-17 muros zona 1 y salida de agua punto 2





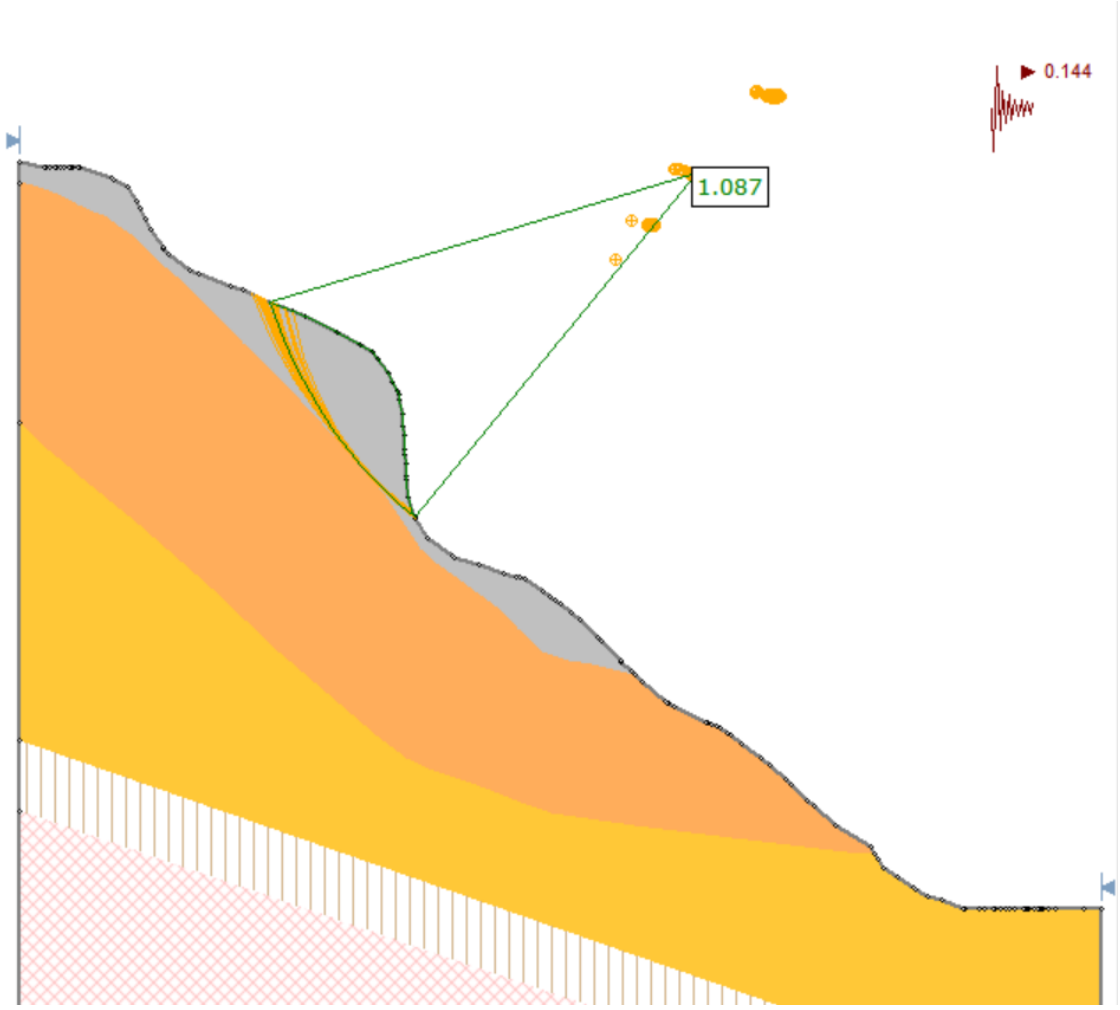
Fuente google maps.

Ilustración 15-18 Resultados zona 1 condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.302, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-19 Resultados zona 1 condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.087, clasificación de amenaza media.

15.8.2 SECTOR 2

En el sector 2 (localizado junto a la Carrera Séptima entre calles 191 Bis y la calle 191 B Bis) el problema de estabilidad se asocia a movimientos superficiales de rellenos antrópicos y basuras causados por acumulación indebida o lluvias.

Ilustración 15-20 Rellenos antrópicos y basuras sector 2.



Foto 13 de febrero 2020

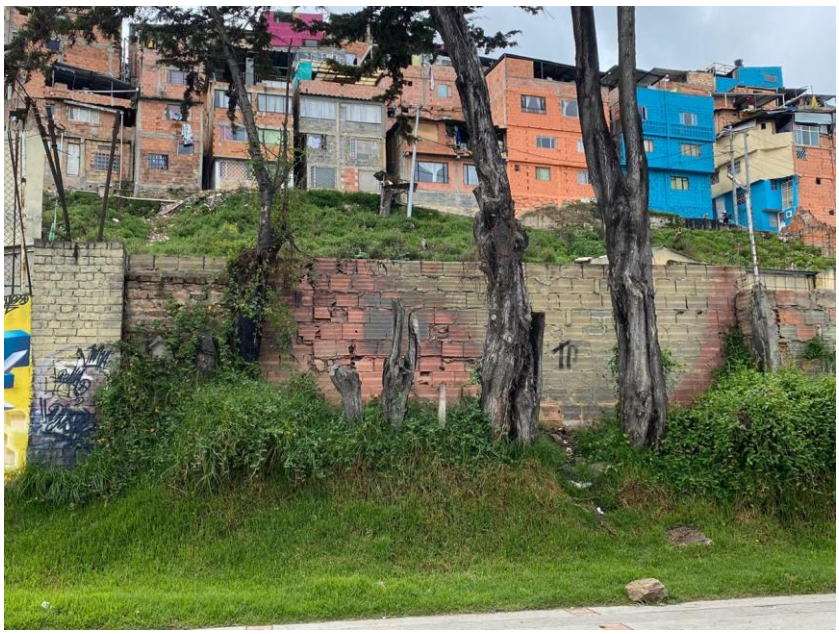
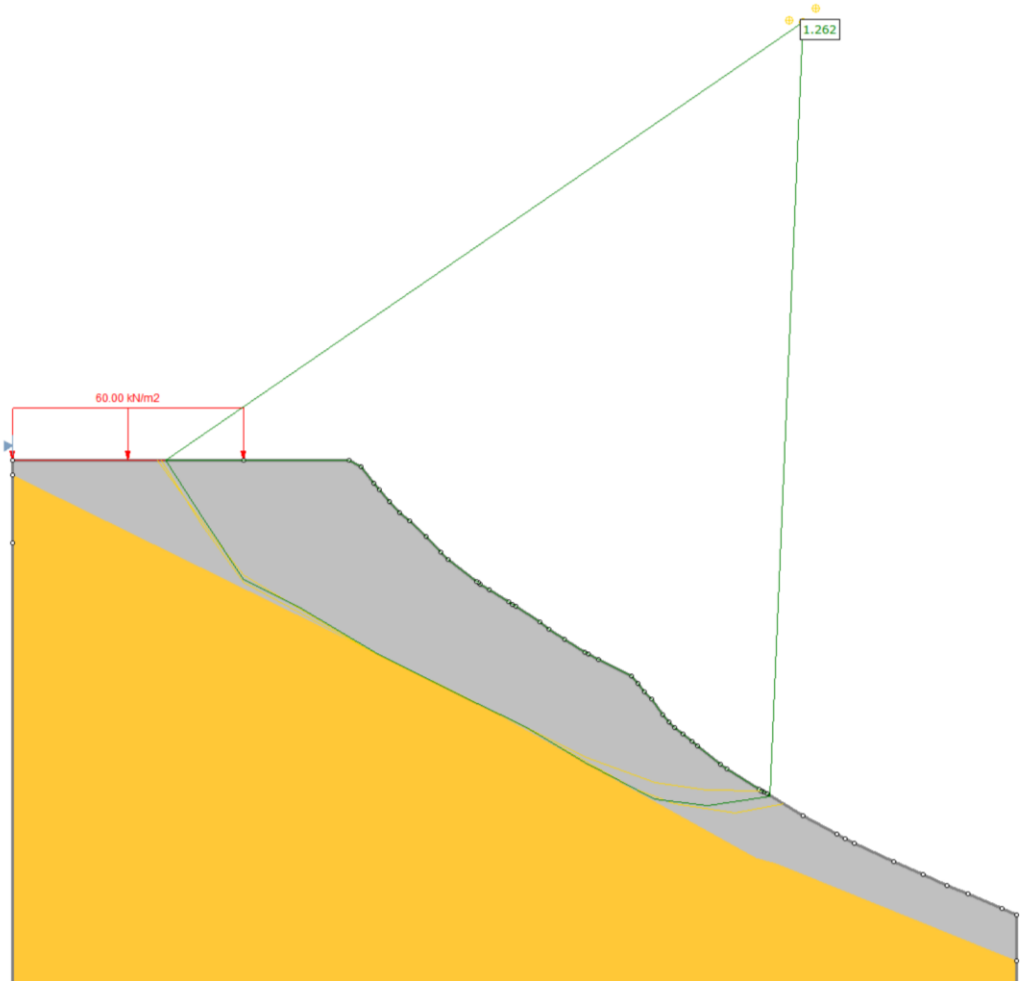


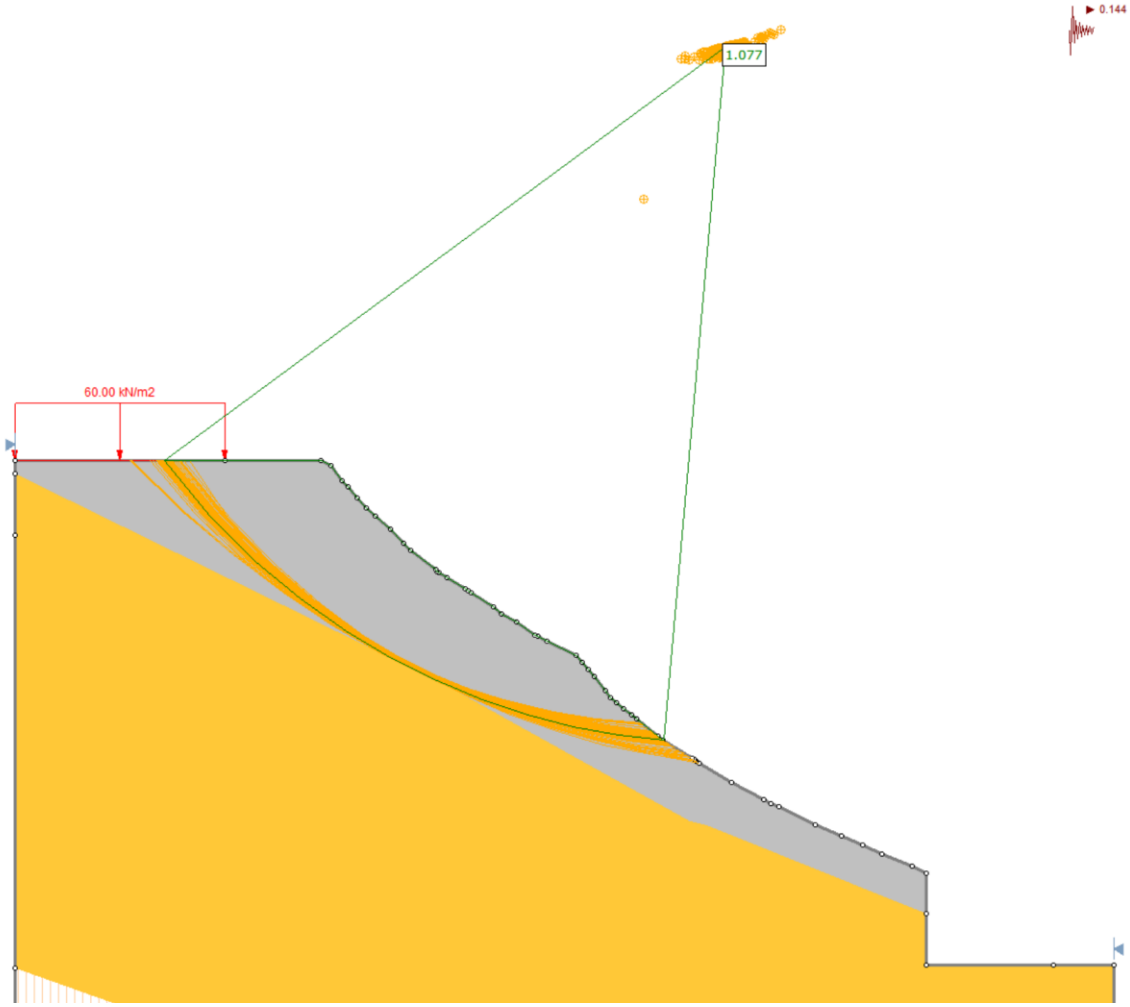
Foto: 2 de julio 2020

Ilustración 15-21 Resultados zona 2 condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.262, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-22 Resultados zona 2 condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.077, clasificación de amenaza media.

15.8.3 SECTOR 3.

En el sector 3 (localizado frente a la Carrera Séptima entre Calles 191 B Bis y Calle 192) se presenta el mismo problema que en el sector 2, sin embargo la acumulación de basuras ha sido mayor en los últimos días.

Ilustración 15-23 Aumento en la acumulación de basuras.

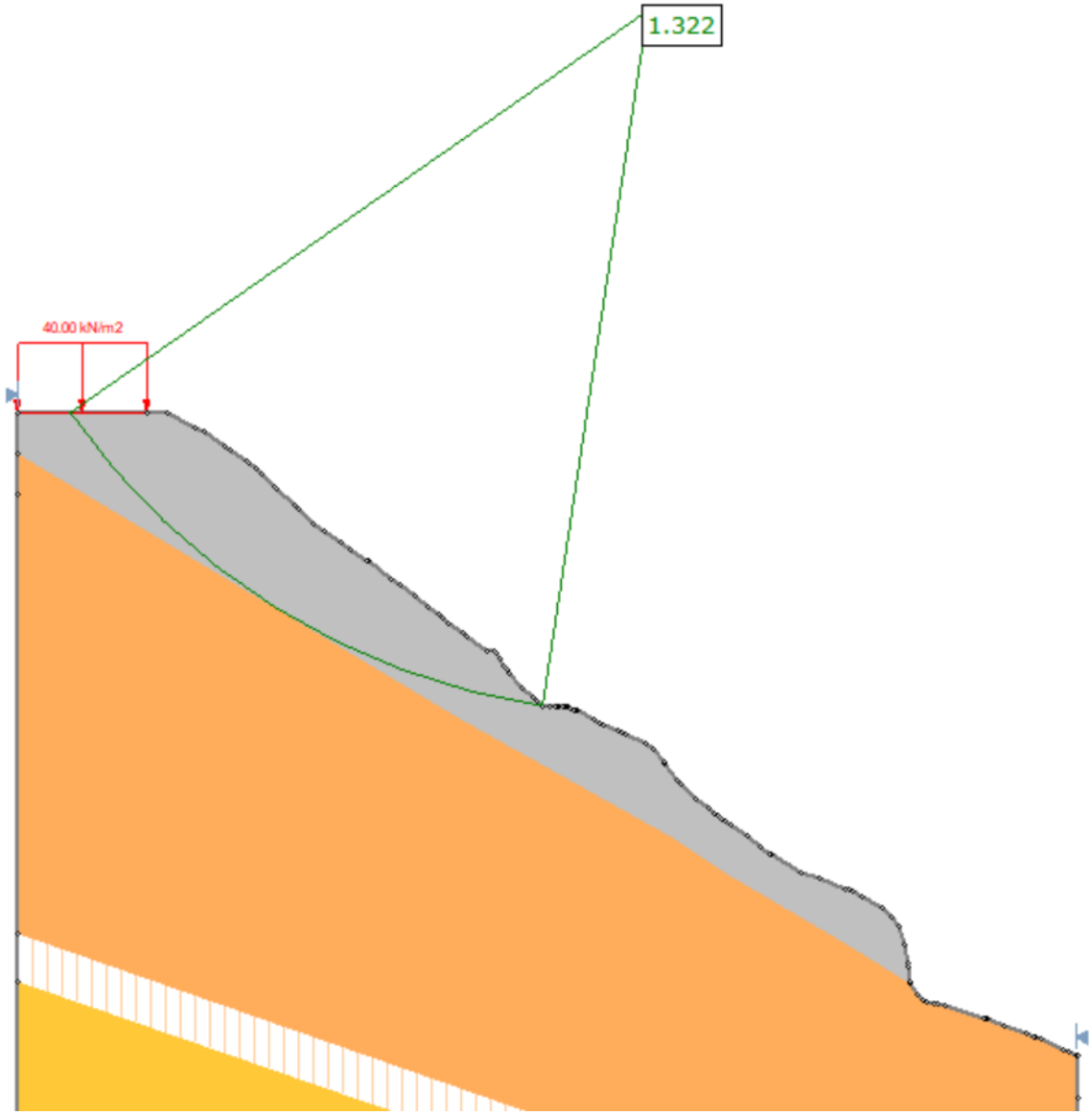


Foto marzo de 2019 fuente: google maps



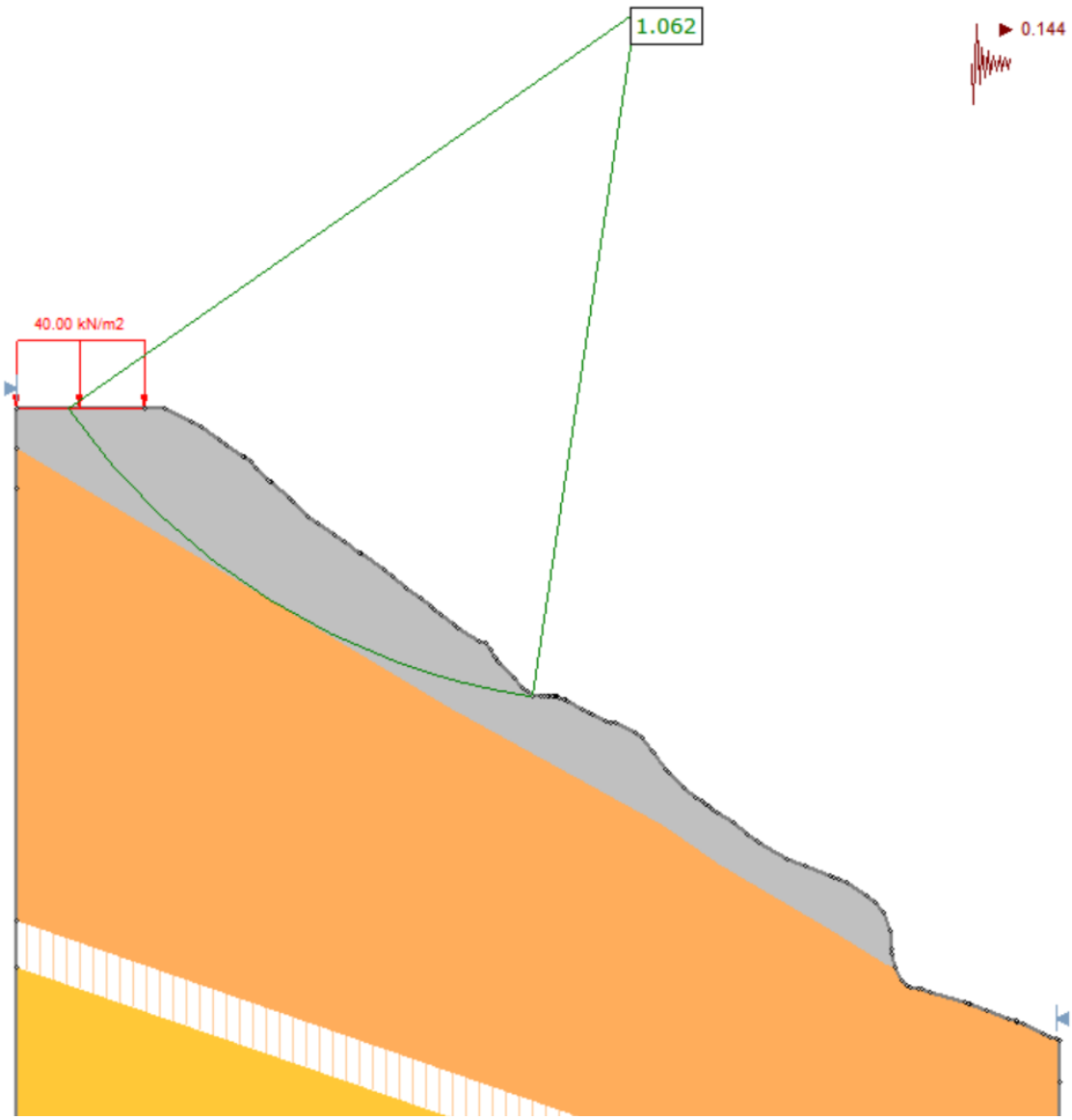
Foto 2 de julio de 2020

Ilustración 15-24 Resultados zona 3 condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.322, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-25 Resultados zona 3 condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.062, clasificación de amenaza media.

15.8.4 SECTOR 4

En el sector 4 (localizado en la Carrera 6 A con Calle 192 C) la problemática está asociada a movimientos superficiales de los rellenos dispuestos sobre el talud y erosión superficial, según lo conversado con la comunidad, se levantó un muro de contención en piedra pegada el cual tiene como objetivo evitar el movimiento de tierras superficiales producto de intervenciones antrópicas en el talud asociadas a los niños del sector; el sector cuenta con un muro de contención en la parte posterior.

Ilustración 15-26 Zona 4.

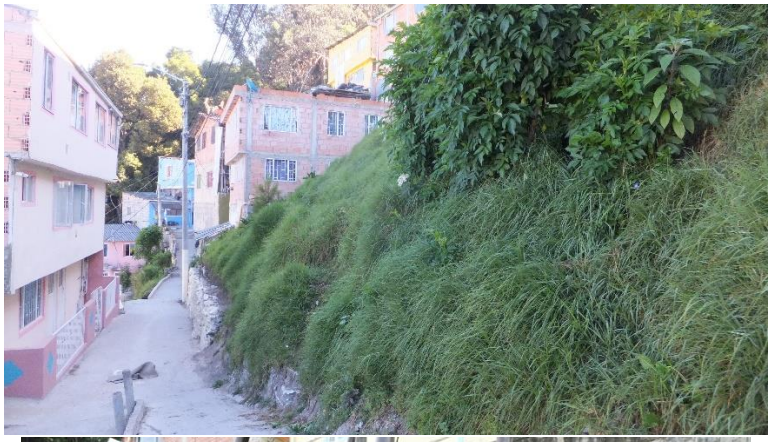
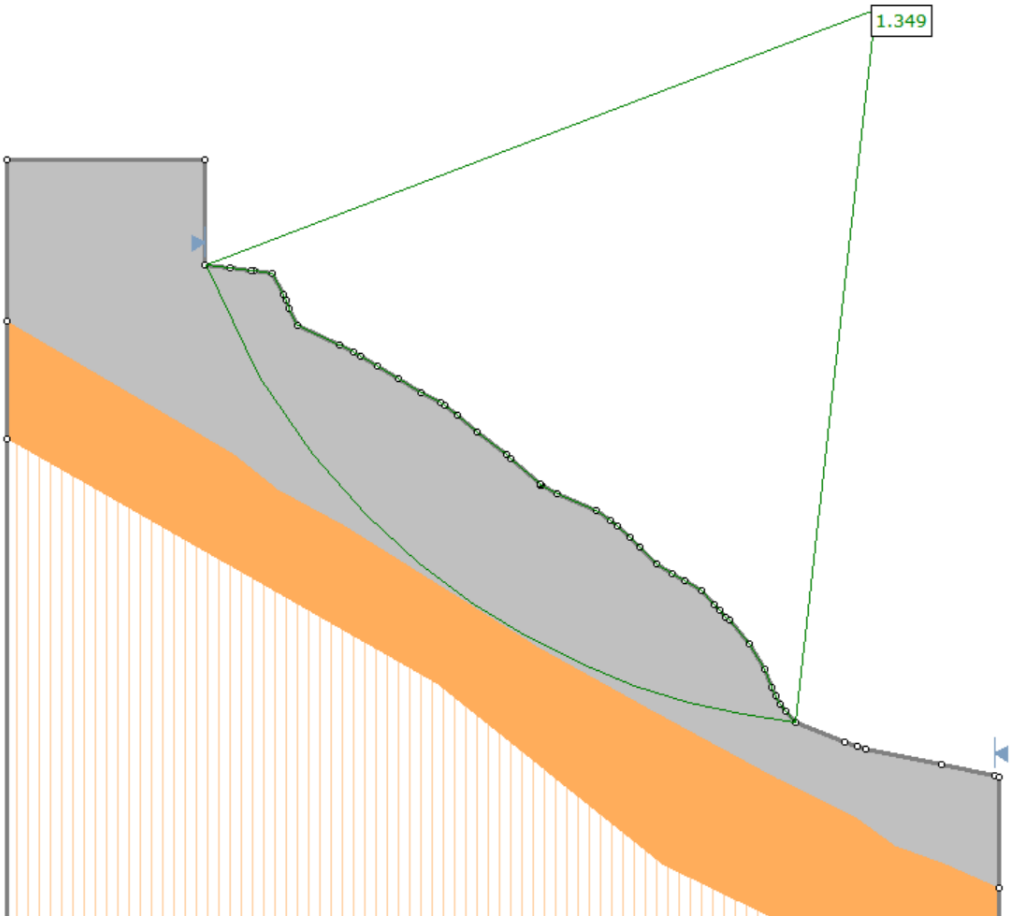




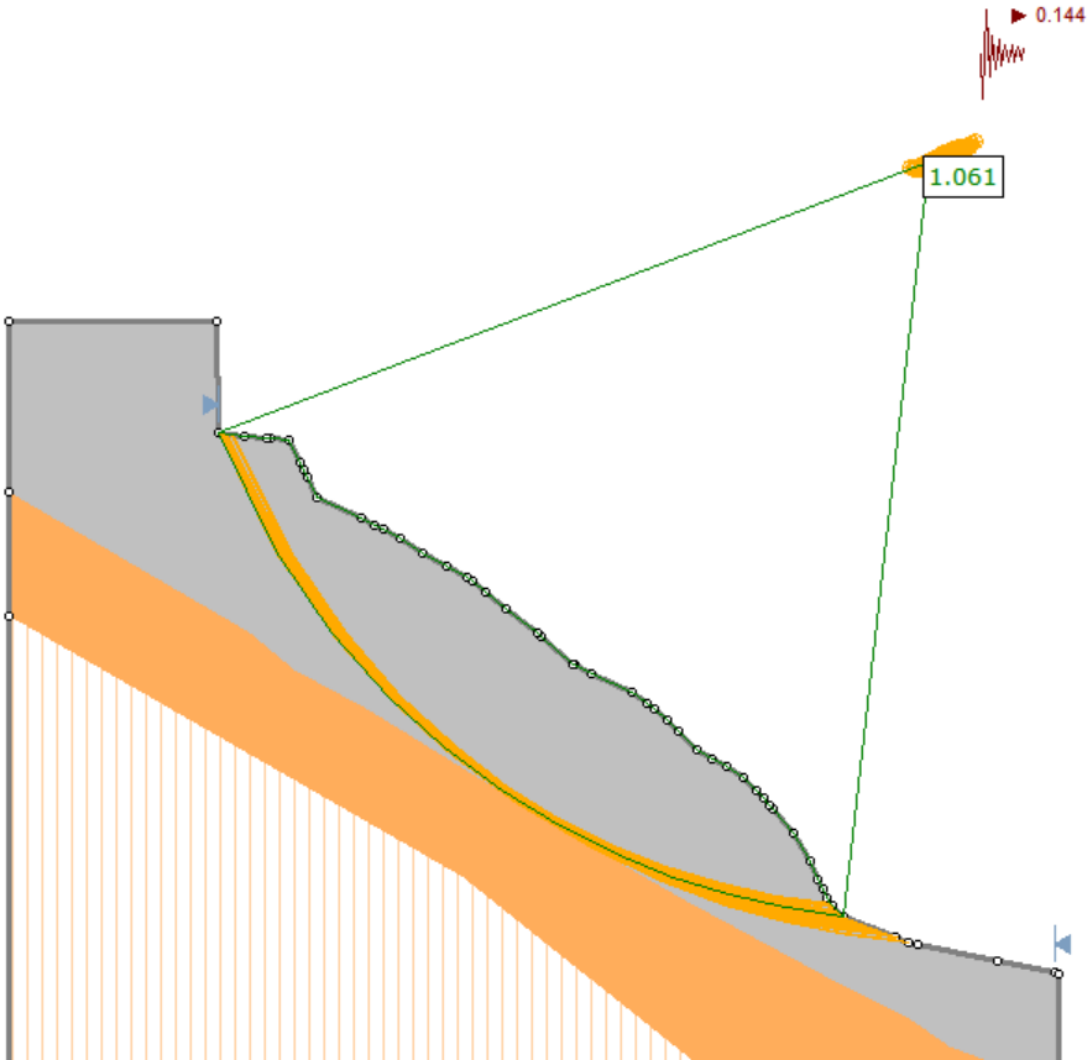


Ilustración 15-27 Resultados zona 3 condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.349, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-28 Resultados zona 4 condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.061, clasificación de amenaza media.

15.8.5 SECTOR 5

La problemática asociada al sector 5 (localizado en la Carrera 6 A con Calle 192 C) es el movimiento de rellenos antrópicos depositados superficialmente así como taludes no confinados debido a recientes intervenciones en la zona, la zona presenta una pendiente alta.

Ilustración 15-29 Zona 5 taludes sin confinamiento y rellenos varios.

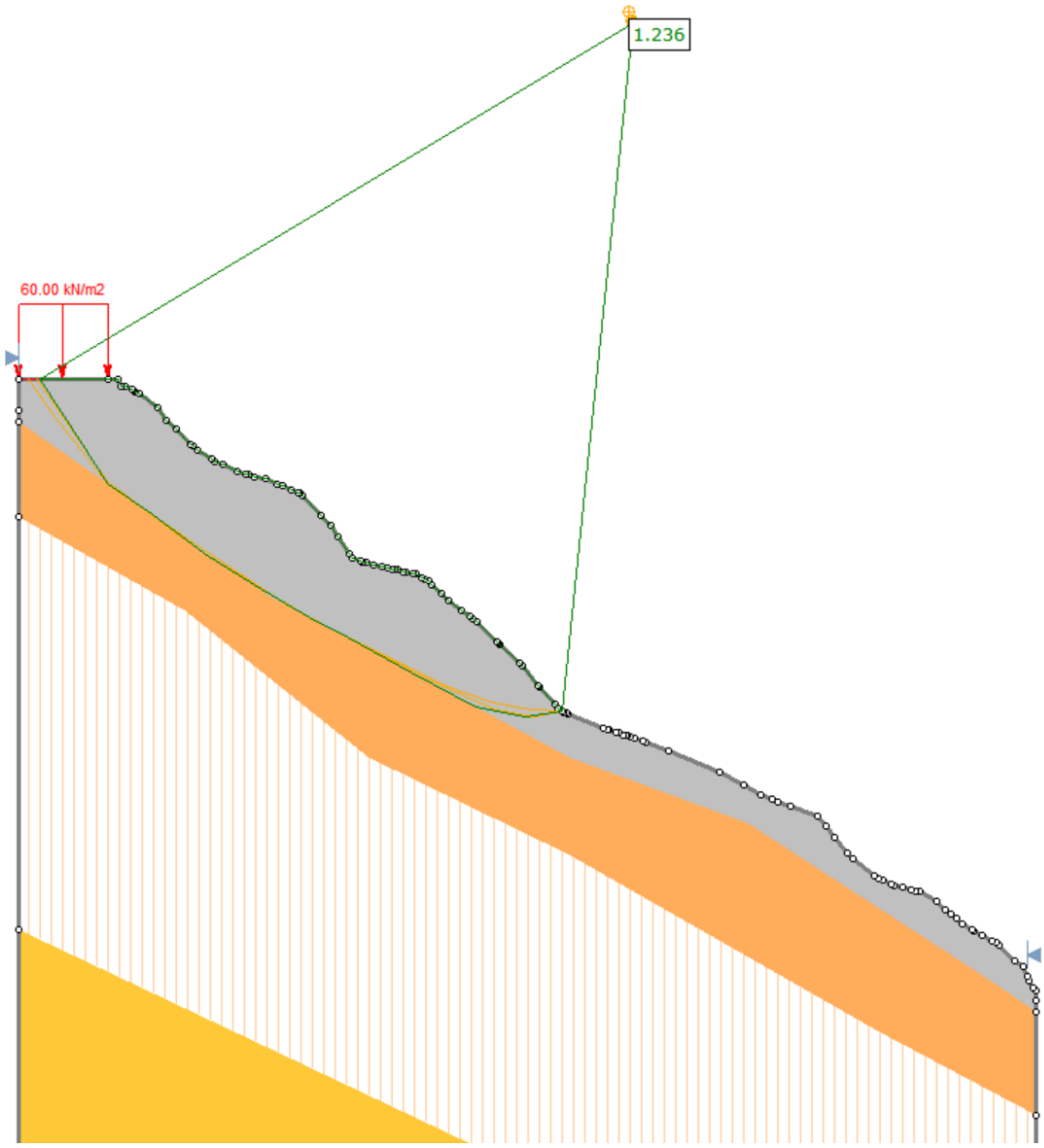


Taludes sin confinamiento.



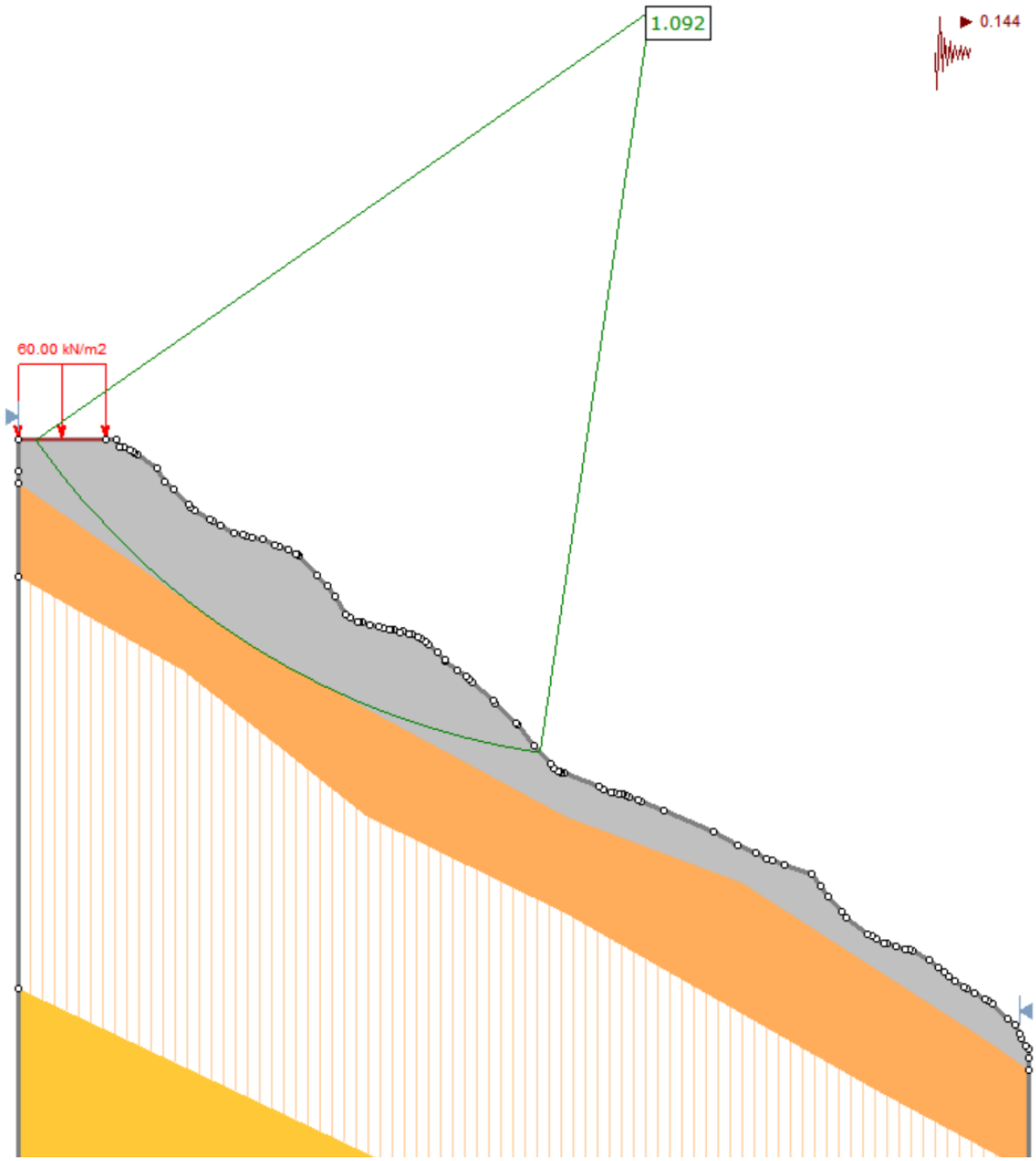
Rellenos antrópicos y basuras.

Ilustración 15-30 Resultados zona 5 condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.236, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-31 Resultados zona 5 condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.092, clasificación de amenaza media.

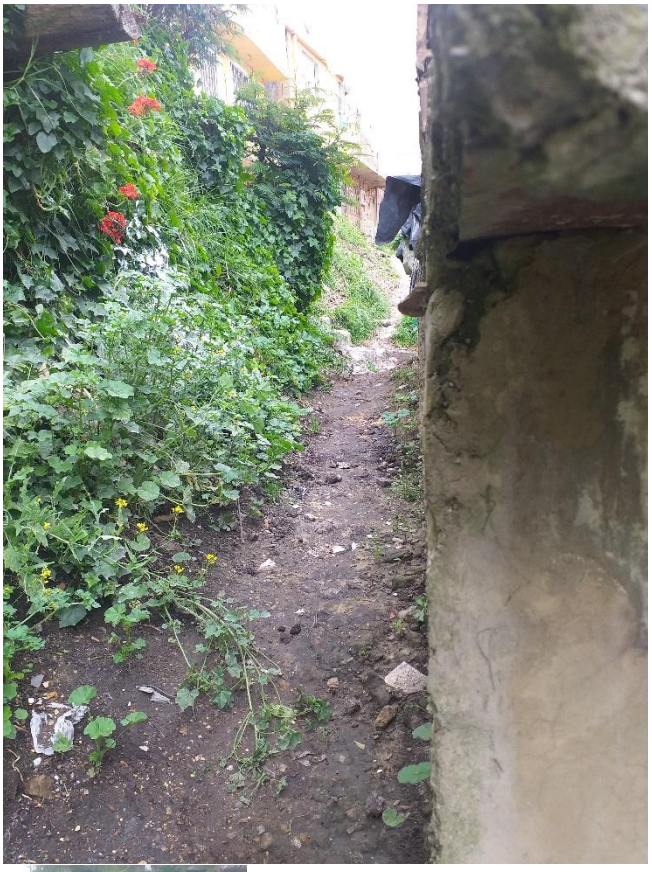
15.8.6 SECTOR 6A y 6B.

La problemática asociada el sitio 6A y sitio 6B (localizados en la Carrera 5B con Calle 192 C) reside en la construcción de las viviendas las cuales generan taludes de corte de más 3.0 m sin protección además de esto el depósito de rellenos antrópicos y basuras.

Ilustración 15-32 Talud sitio 6ª.







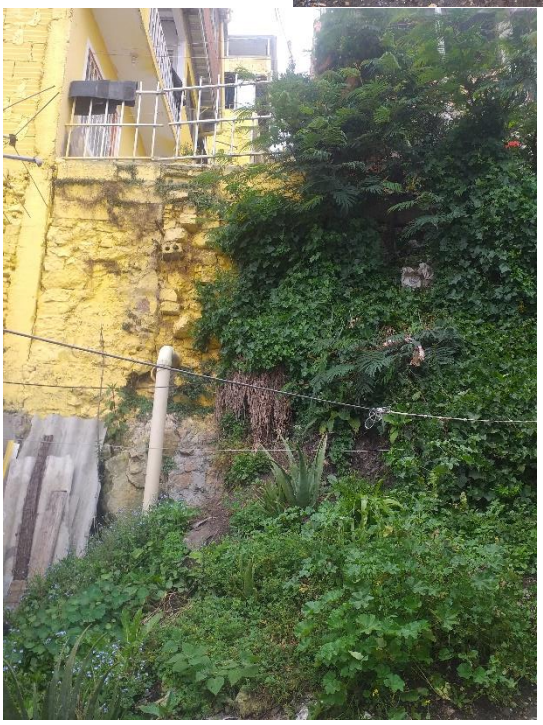
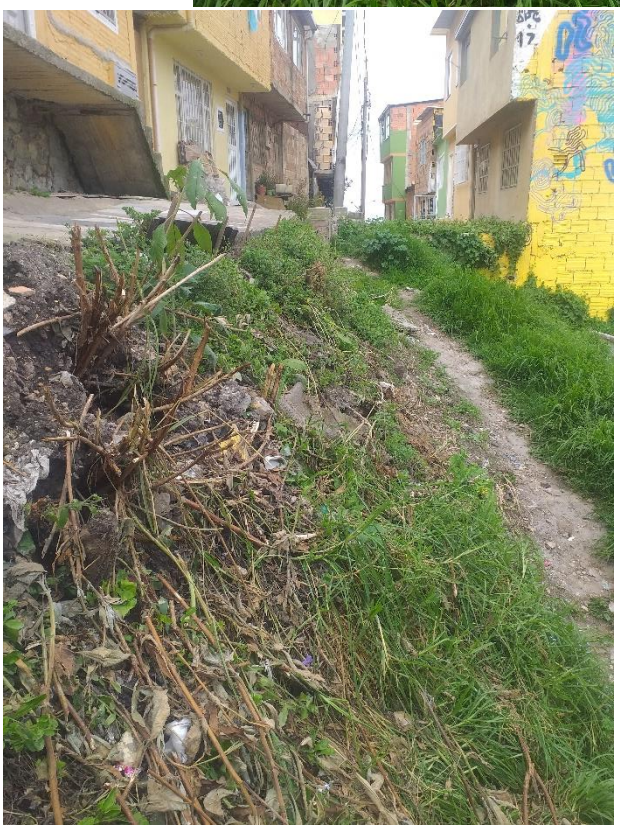
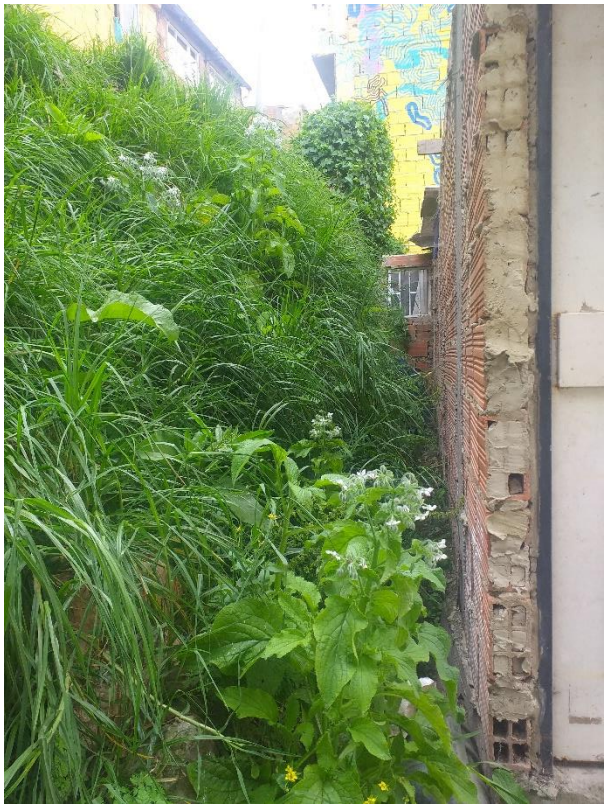


Ilustración 15-33 Talud sitio 6B.







Uno de los puntos de interés identificados durante los recorridos de campo es la Carrera 5B con Calle 192C. en la parte superior del talud de estudio 6ª.

Ilustración 15-34 Localización muro en cilindros de concreto.



Fuente: Propia

En este punto se identificó la construcción reciente de una vivienda, la cual construyó un muro artesanal con cilindros de concreto para contener rellenos los cuales estaban compuestos principalmente por material de excavación resultante de la obra de dicha vivienda.

Durante los diferentes recorridos se realizó seguimiento al muro mediante registros fotográficos e inspección visual la cual fue registrado mediante el siguiente registro fotográfico a partir del cual se realiza una línea de tiempo del estado del muro.

Tabla 15-9 Resumen falla de muro.

	FECHA: Febrero 19 de 2020. DESCRIPCIÓN: Se identifica en recorrido de campo una vivienda en etapa de construcción la cual construyó un muro con cilindros de concreto de manera artesanal.
	FECHA: Marzo 03 de 2020. DESCRIPCIÓN: Durante la visitas de campo para la localización de la exploración del subsuelo Se evidencia que el muro presenta deformaciones en los cilindros superiores. Al hablar con personas de la comunidad manifiestan que el muro es reciente (de no hace más de tres meses) y aseguran además que si han notado desplazamiento en los cilindros que conforman el muro.

	FECHA: Mayo 28 de 2020. DESCRIPCIÓN: Se evidencia que el muro ha sufrido deformaciones tanto en la parte superior como inferior, siendo los desplazamientos de los cilindros superiores mayores. Se evidencia también que el propietario del predio intento reparar el muro con concreto.
	FECHA: Junio 25 de 2020. DESCRIPCIÓN: Se observa que el muro colapsó, personas de la comunidad indican que retiraron los restos del sendero peatonal para no afectar la circulación de las personas. También manifiestan que este muro fue construido con el fin de contener los residuos sobrantes de excavación y escombros de la vivienda que se encuentra junto al muro, la cual es una vivienda resiente.



FECHA: Julio 07 de 2020

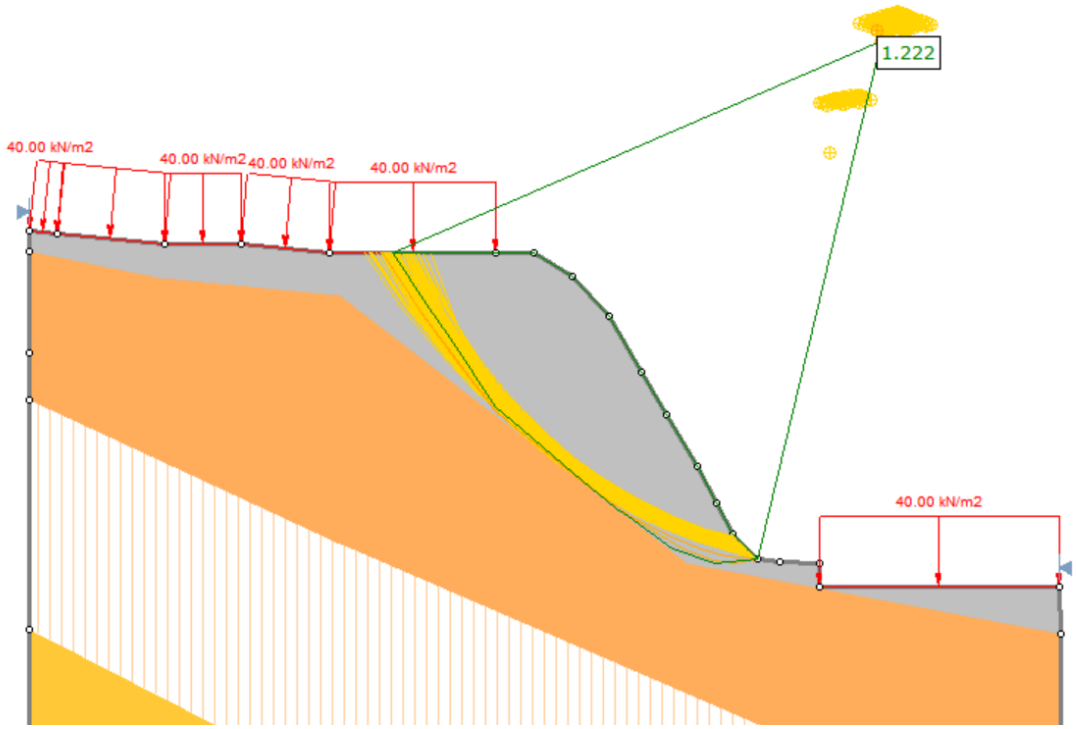
DESCRIPCIÓN: Se observa que el relleno que se encontraba conteniendo el muro no ha sido removido.

En este sitio se recomienda retirar el relleno que luego de la caída del muro artesanal quedo no confinado, ya que se está generando una sobre carga al talud 6ª.

Ilustración 15-35 Talud sitio 6A y 6B.

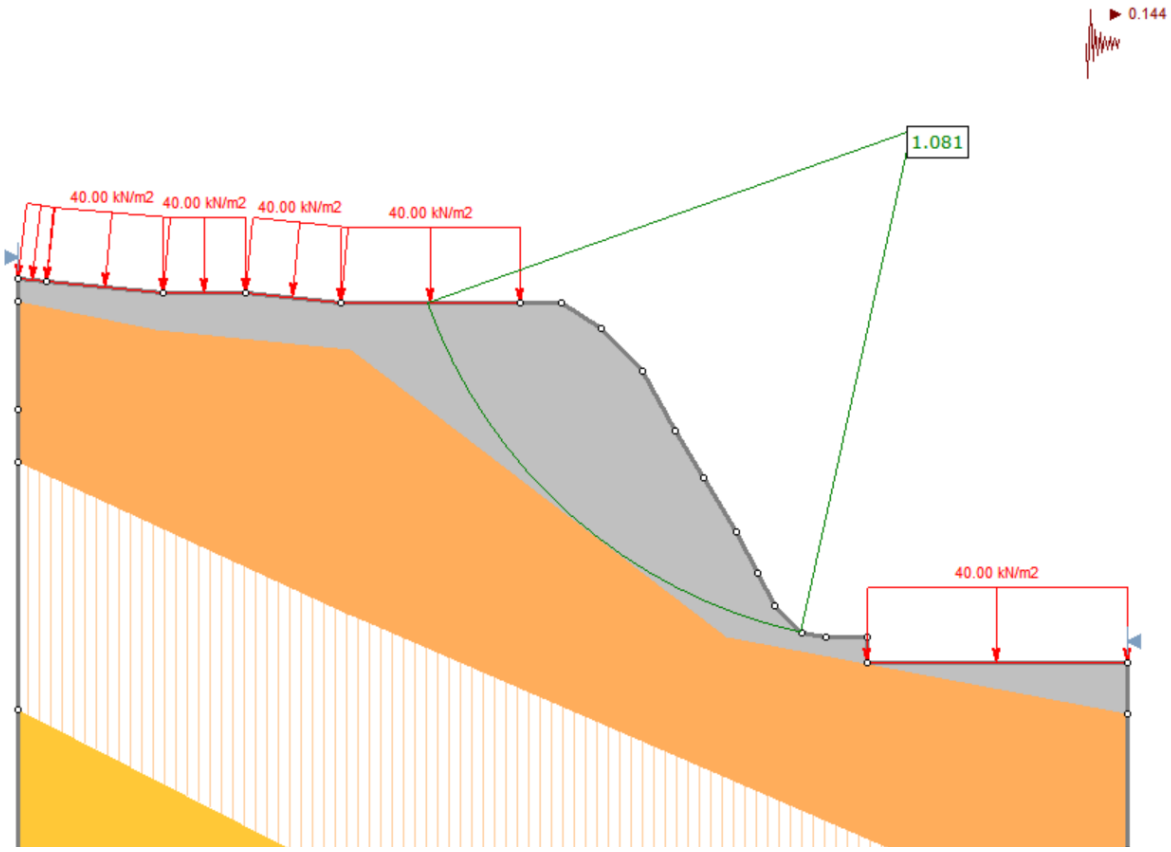


Ilustración 15-36 Resultados zona 6ª y 6B condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.222, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-37 Resultados zona 6ª y 6B condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.081, clasificación de amenaza media.

15.8.7 SECTOR 7A

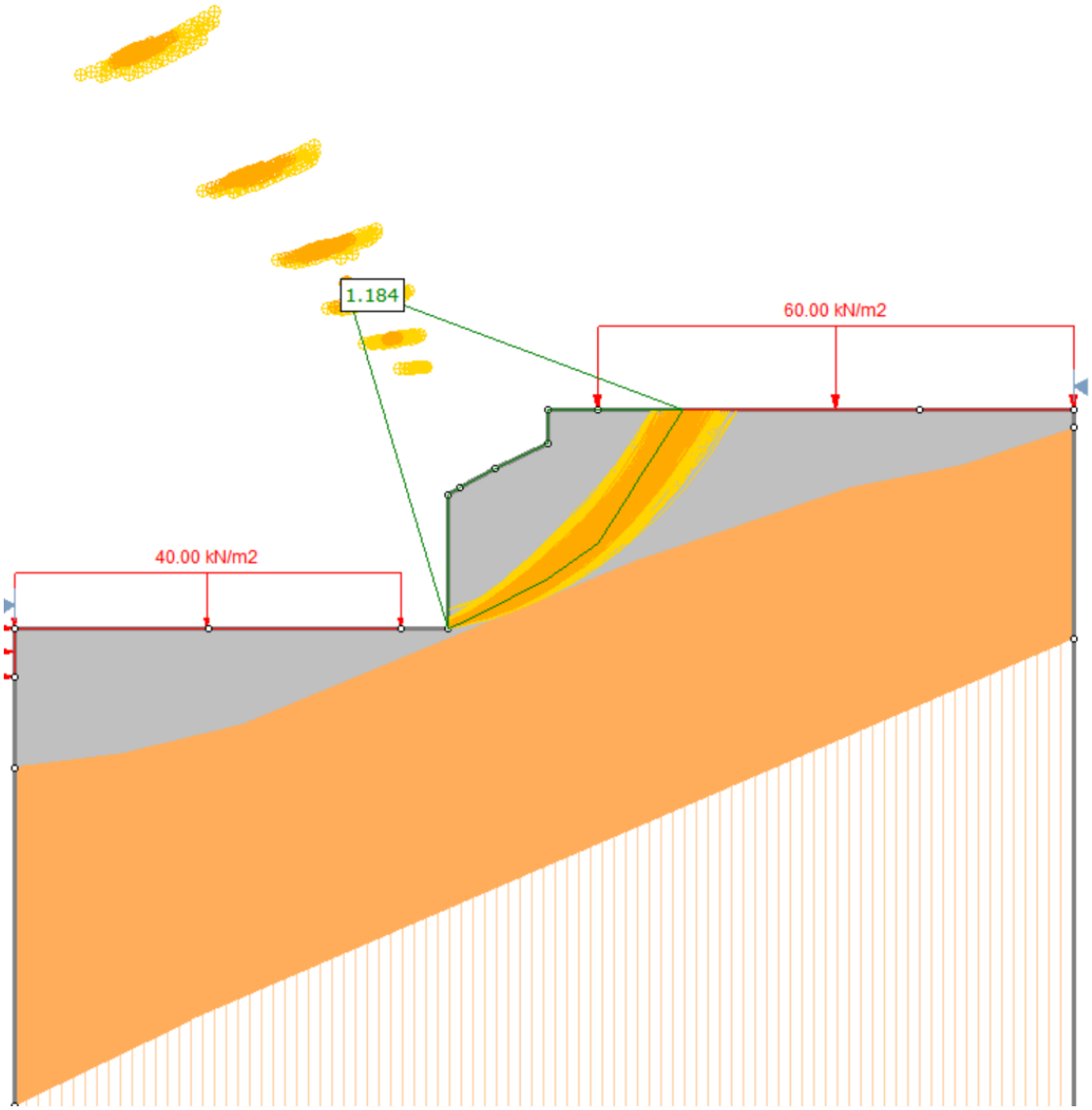
La problemática asociada al sitio 7ª (localizado en la Calle 192 C con Carrera 5A) es muy parecida a lo obtenido en la zona 6A, taludes desprotegidos producto de la construcción de viviendas sin condiciones técnicas.

Ilustración 15-38 sitio 7ª



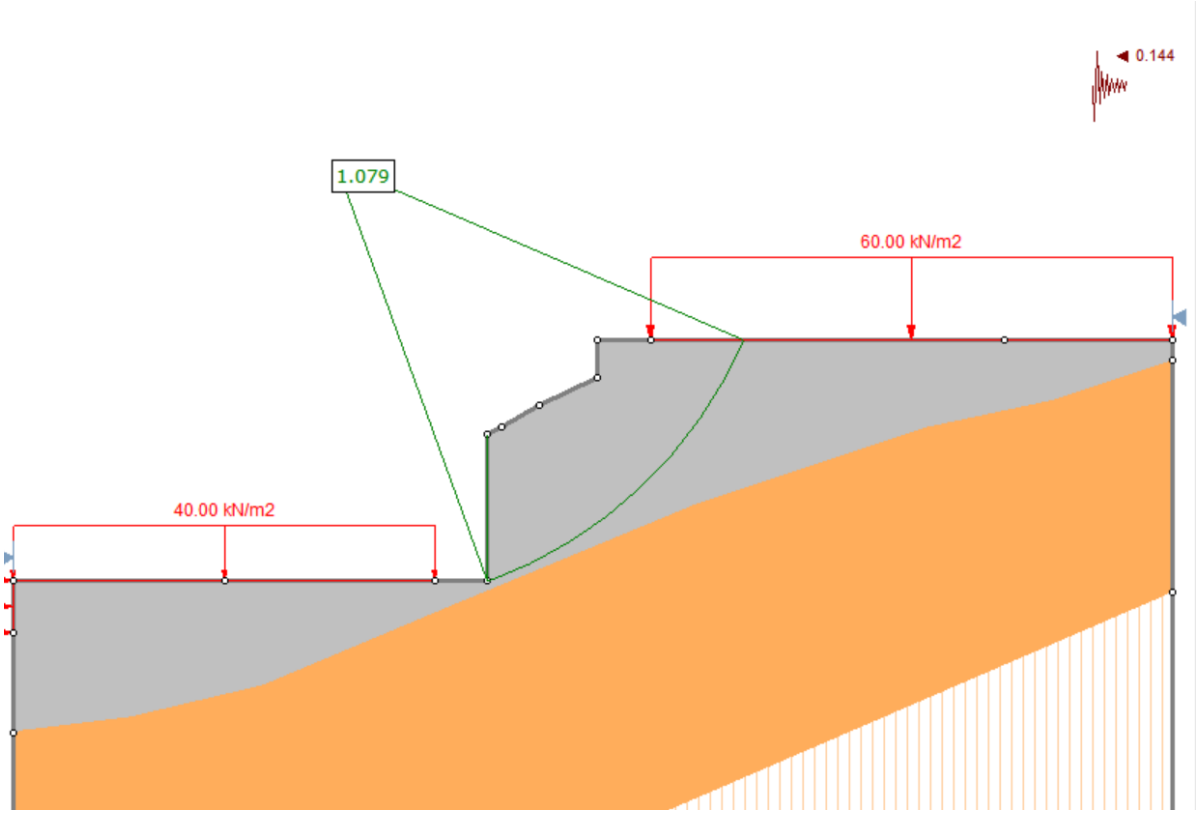


Ilustración 15-39 Resultados zona 7ª condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.184, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-40 Resultados zona 7ª condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.079, clasificación de amenaza media.

15.8.8 SECTOR 7B.

La problemática asociada al sitio 7B corresponde a la misma evidenciada en el sitio 6A y 7A, construcción de viviendas sin confinamiento de taludes circundantes, depósito de basuras

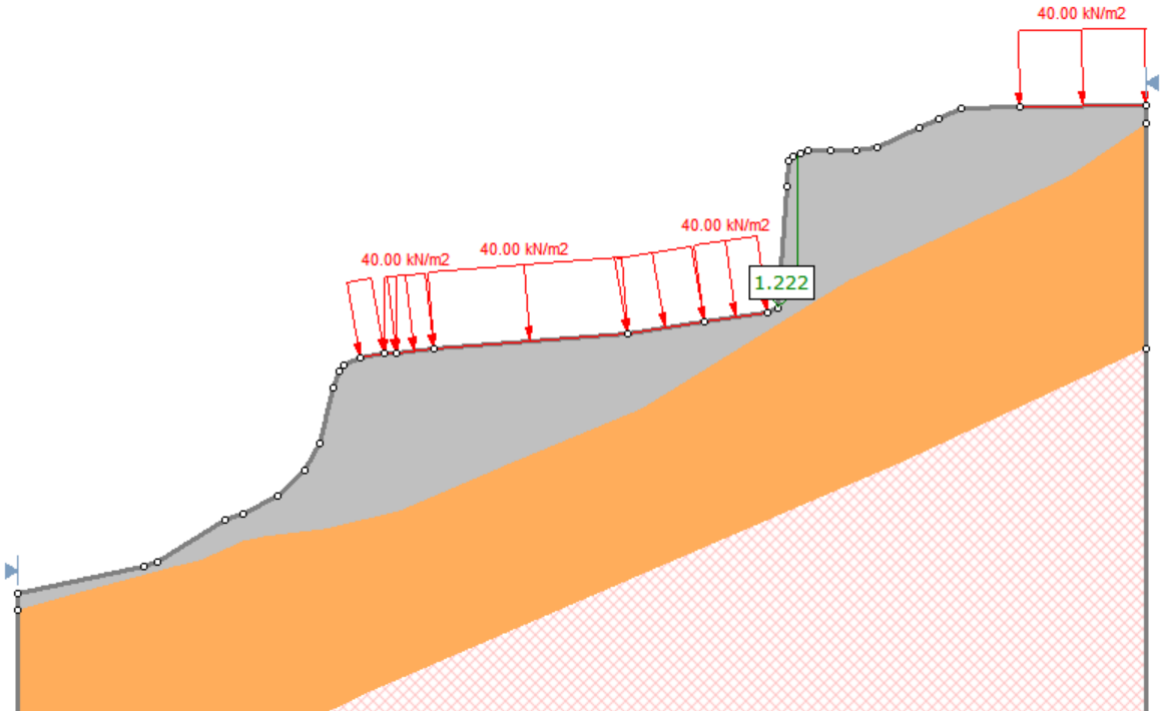
Ilustración 15-41 Sector 7B..





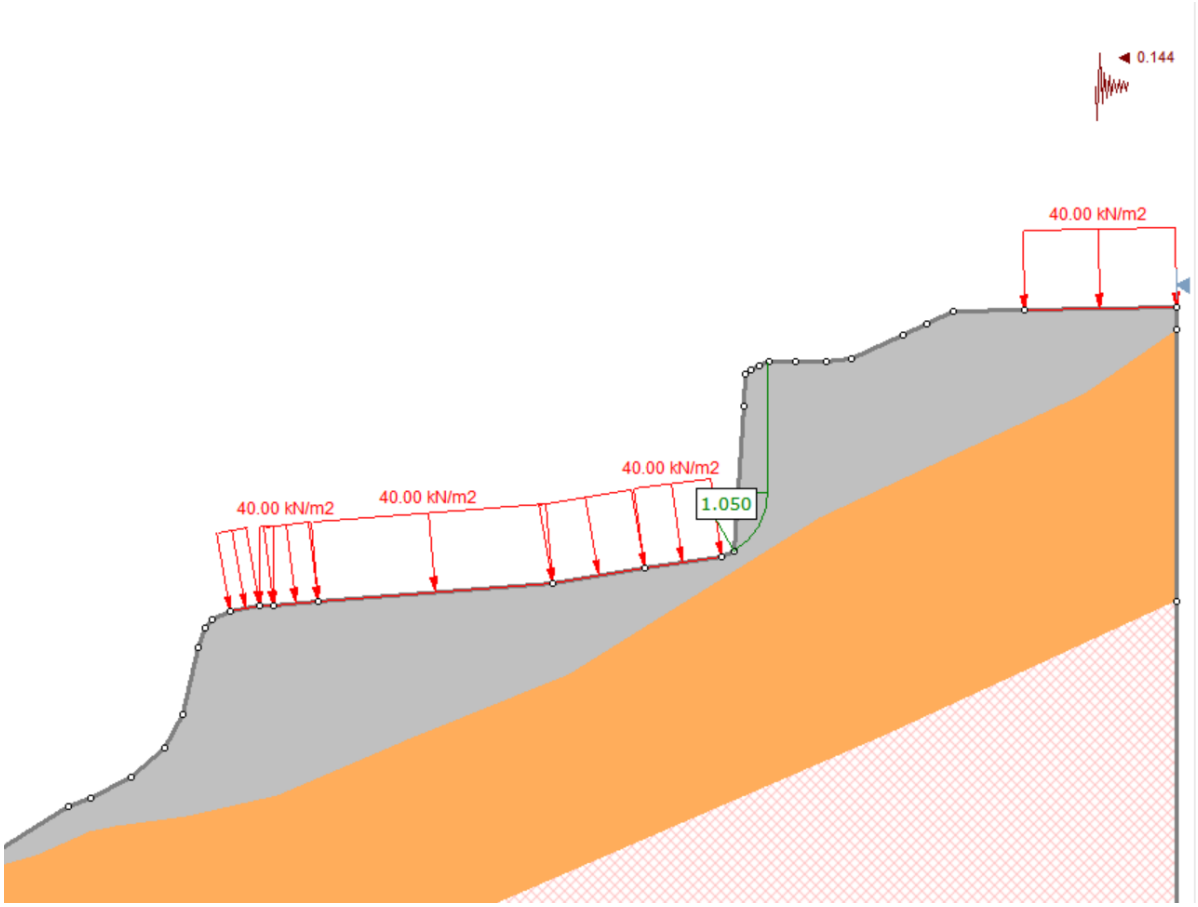


Ilustración 15-42 Resultados zona 7B condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.222, clasificación de amenaza media.

Ilustración 15-43 Resultados zona 7B condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 1.050, clasificación de amenaza media.

15.8.9 SECTOR 8

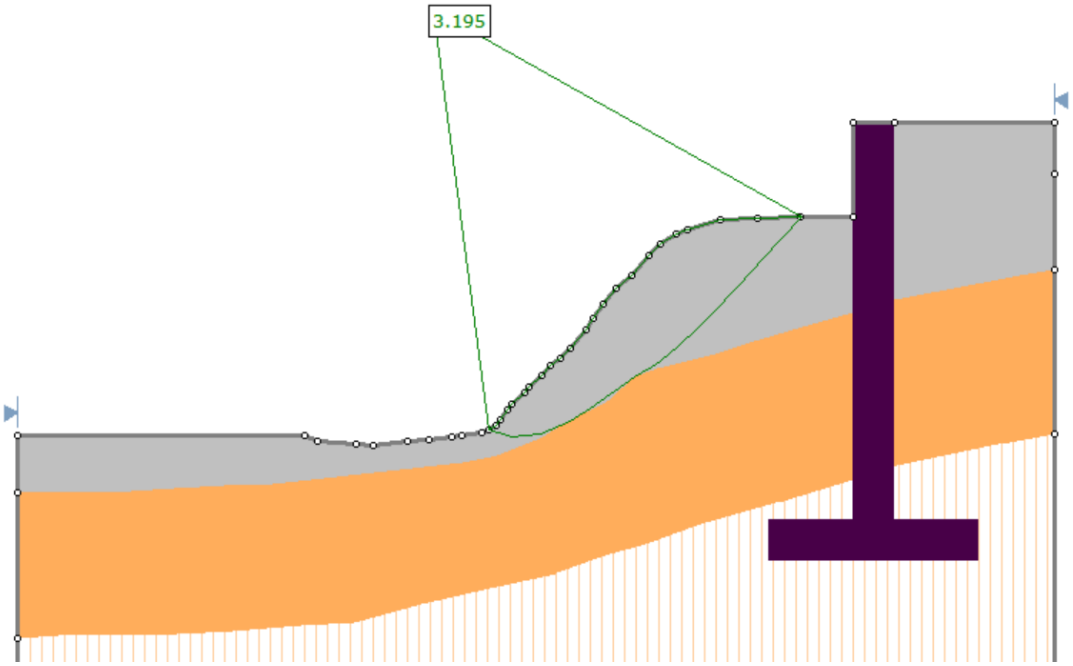
En el sitio 8 (Localizado en la Carrera 5B con Calle 192) se recomienda realizar un monitoreo geotécnico al muro de contención, debido a un aparente movimiento.

Ilustración 15-44 Sector 8..



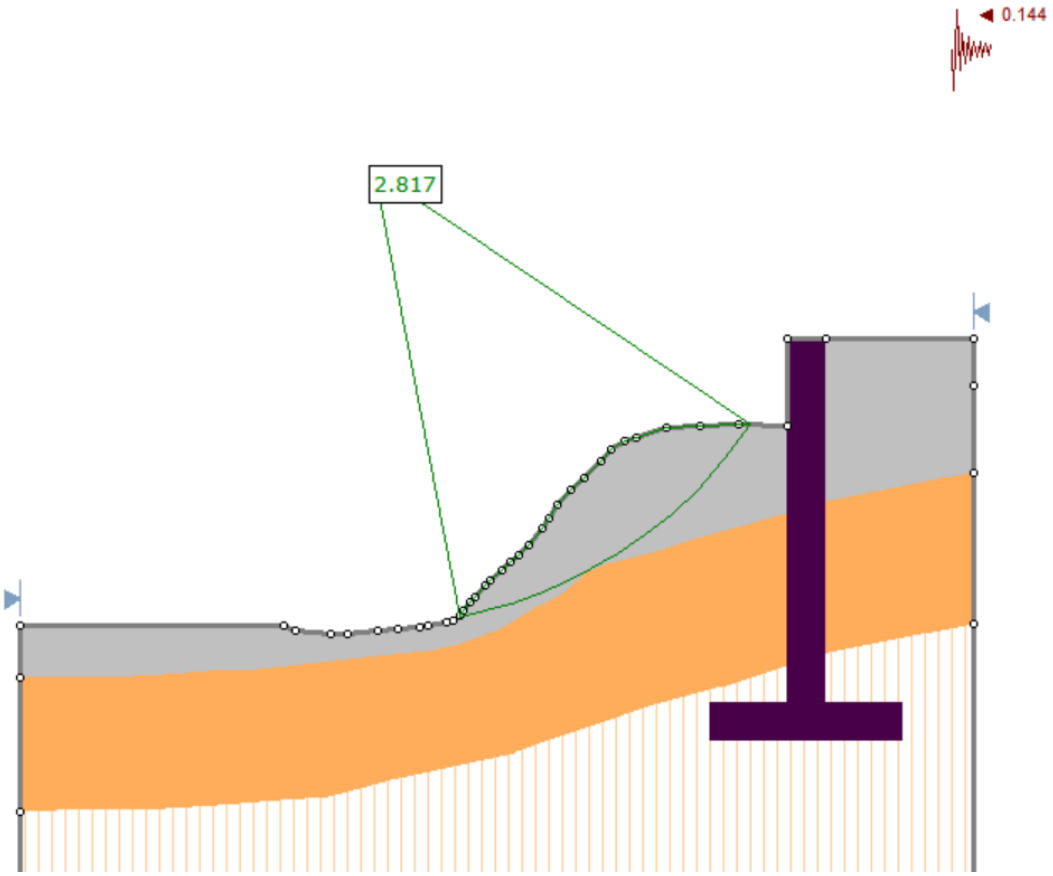


Ilustración 15-45 Resultados zona 8 condicion a corto plazo.



Factor de seguridad obtenido 3.195, clasificación de amenaza baja.

Ilustración 15-46 Resultados zona 6A condicion a largo plazo.



Factor de seguridad obtenido 2.817, clasificación de amenaza baja.

Se evaluó el talud frente al muro que existe actualmente sin embargo, se recomienda realizar un plan de instrumentación y monitoreo geotécnico para el muro posterior que presenta un aparente movimiento. Parte izquierda de la siguiente fotografía ubicado frente a la casa cuya dirección es carrera 5C 191 A – 15.



15.8.10 RESUMEN

A continuación, se resumen los sectores que a juicio de la consultoría requerían de un análisis puntual, sus resultados se enuncian en la siguiente tabla.

Tabla 15-10 Resumen.

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
1		Talud vial de 16 m de altura, se encuentra cubierto con concreto lanzado y en la parte baja existe un muro de contención y un muro en gaviones. Se evidencia movimientos superficiales en la parte de la corona, asociados al relleno antrópico. Se clasifico como amenaza MEDIA en condición a corto plazo y MEDIA a largo plazo.
2		Talud de 12 m de altura, ubicado en la parte baja de la ladera, actualmente se observa material de rellenos varios y basuras dispuestos superficialmente con un espesor de 1.4 m. Por los problemas erosivos del material superficial, se obtiene una clasificación de amenaza media para corto y largo plazo.
3		Talud de 20 m de altura, ubicado en la parte baja de la ladera, actualmente se observa material de rellenos varios dispuestos superficialmente y basuras. Se clasifico como amenaza media en condición a corto plazo y media a largo plazo. Por los problemas erosivos del material superficial de origen antrópico.

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
4		Talud ubicado en el costado norte del barrio, tiene una altura de 5 m. Actualmente, la comunidad ha construido un muro de contención rustico con bolsas de material para contener los movimientos superficiales, el relleno tiene un espesor de 2.0 m. Se obtuvo una clasificación de amenaza MEDIA en condición a corto plazo y MEDIA a largo plazo
5		Talud ubicado en el costado norte del barrio, tiene una altura de 10 m. Recientemente, tuvo una intervención por parte del Acueducto para la construcción de pozos y adecuación de las escaleras, sin embargo en la parte superior se dejaron taludes no confinados. Se obtiene una condición de amenaza media en a corto plazo y media a largo plazo.
6A		Talud externo de 2 a 5 m de altura sin confinar, en la parte superior se encontraba un muro rustico construido por la comunidad que presento falla. Se clasificó como amenaza MEDIA en condición a corto plazo y MEDIA a largo plazo.

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
6B		Talud expuesto con material no confinado de relleno antrópico. Se clasificó como amenaza MEDIA en condición a corto plazo y MEDIA a largo plazo
7A		Talud expuesto con material no confinado de relleno antrópico y basuras. Se obtuvo una clasificación de amenaza MEDIA en condición a corto plazo y MEDIA a largo plazo

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
7B		Talud de corte con material de relleno antrópico que no confinado, producto del corte para la construcción que se adelanta de una vivienda. Se obtiene una amenaza MEDIA en condición a corto plazo y MEDIA a largo plazo
8		Talud expuesto con material no confinado de relleno antrópico. Se obtiene una clasificación de amenaza BAJA en condición a corto plazo y BAJA a largo plazo. Se recomienda confinar el relleno y dejar de usar el sitio como zona de disposición de residuos sólidos ya que este material superficial que genera desprendimientos, para el muro de la parte posterior del relleno se propone realizar un monitoreo geotécnico para descartar movimientos.

En conclusión los problemas de estabilidad están asociados a rellenos no confinados de materiales de origen antrópico y a la construcción de edificaciones sin rigor técnico la cual produce cortes que son los focos de los posibles movimientos.

Ilustración 15-47 Construcciones sin rigor tecnico, disposicion no tecnica ni adecuada de basuras y rellenos que generan una amenaza.



16 VULNERABILIDAD Y RIESGO.

En función de los requerimientos normativos, Decreto Ley 1807 de 2014, compilado en el Decreto Único Reglamentario 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en su artículo 17 o artículo 2.2.2.1.3.2.2.4, respectivamente, para efectos de evaluar la vulnerabilidad se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificación y localización de los elementos, infraestructura y edificaciones, frente a la espacialidad de las dinámicas analizadas de acuerdo con los resultados del estudio detallado de amenazas con el objeto de establecer el grado de exposición de los elementos. (Exposición).

- Caracterización de los elementos expuestos frente a las amenazas identificadas, en cuanto a la estructura, materiales, edad, estado, entre otras que permitan determinar el grado de fragilidad del elemento, que en otras palabras se traduce en la resistencia que puede ofrecer el elemento frente a la materialización del evento amenazante. (Fragilidad o capacidad de resistencia o recuperación)

- Identificar las solicitaciones a las que se van a someter las construcciones y/o infraestructura para establecer el tipo o tipos de daño o efecto esperado sobre los mismos. (Intensidad del evento amenazante)

- Producto de la exposición de los elementos, la fragilidad de los mismos y la intensidad del evento amenazante: Se determina el grado de vulnerabilidad de la edificación o infraestructura por movimientos en masa, evento a evaluar en este estudio. Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa de amenazas detallados estableciendo categorías de vulnerabilidad alta, media y baja, de acuerdo a las características de los elementos expuestos. (Evaluación y Zonificación de la Vulnerabilidad)

Para adelantar el análisis de la vulnerabilidad se adopta la propuesta desarrollada en la “Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa” del Servicio Geológico Colombiano, del año 2015; y del “Estudio para definir la metodología para la zonificación y reducción de riesgo por FRM, con aplicación a una zona piloto localizada en la cuenca de la quebrada Camelias, en Manizales” de JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS, del año 2006.

16.1 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS (EXPOSICIÓN)

En el polígono objeto de estudio se identificaron principalmente cuatro (4) elementos posiblemente expuestos a los Movimientos en masa «MM», específicamente a deslizamientos de tipo rotacional del material de lleno de cimentación de algunas viviendas y para la conformación de la infraestructura para la movilidad, senderos peatonales o vías, y estos elementos se relacionan a continuación:

- Las personas.
- Las edificaciones.
- La infraestructura vial o para la movilidad como senderos peatonales y escaleras.
- La infraestructura de servicios públicos domiciliarios (principalmente la red de alcantarillado).

Las personas expuestas a los Movimientos en Masa son todos aquellos residentes del barrio Buenavista de la UPZ 9. Verbenal (Localidad 01.Usaquen), porque este barrio se encuentra emplazado en una zona de alta pendiente, cerros orientales. La población flotante es baja porque corresponde solo a visitantes de las personas que residen allí, esto debido al uso netamente residencial, con algunas pocas viviendas que comparten su uso con destinos económicos de tipo vecinal de bienes o servicios. De igual manera, las edificaciones dotacionales son de tipo vecinal, gozadas principalmente por personas de la misma comunidad.

Se considera que las personas más expuestas son las que residen cerca de zonas verdes, donde han dispuesto material producto de excavaciones o escombros, y que adicionalmente están a la intemperie. También los que residen cerca de los sectores más críticos, que ha saber son: **a)** Nororiente de la zona de estudio, entre carreras 5a – 6a y calles 192a – 192d, por las pendientes de dicho sector; **b)** Talud vial Carrera 6 entre calles 190 y 189b; y **c)** Talud comprendido entre la proyección de la carrera 6c y la Carrera 7, entre las calles 192 y 191.

Las edificaciones expuestas corresponden en primer lugar a las localizadas cerca de la corona o pata de los taludes mencionados anteriormente como sectores críticos, las demás, pueden verse afectadas en el tiempo si se deja avanzar el proceso, efecto de retrogresión.

Respecto a la infraestructura para la movilidad y de servicios públicos, los tramos cercanos a los taludes críticos están altamente expuestos a desplazamientos verticales u obstrucción por material deslizado, si están en la corona o pata respectivamente. Se evidencia que los senderos peatonales carrera 5a y 5b que comunican a la calle 192c, presentan deformaciones.

Ilustración 16-1 Estado del acceso peatonal. Carrera 5ª hacia la calle 192c.



Fuente: Elaboración propia.

Las edificaciones existentes, y la red vial y de servicios, se localizan en la corona y pata de las laderas objeto de análisis, en una zona de alta pendiente potencialmente estable porque predomina un ambiente rocoso, y conforme lo manifiesta el Servicio Geológico Colombiano en la "***Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa***" los modos de daño dependen de la localización de las edificaciones, ver Ilustración 16-2, los modos de daño esperados pueden ser, ver página 93 de la Guía del SGC, Zona 2 "Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos", Zona 3 "Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros." sin embargo, aunque las edificaciones en su parte delantera, se emplazan sobre llenos medianamente confinados soportados sobre la roca, su parte posterior directamente se emplaza sobre la roca, lo que se denomina construcciones escalonadas en función de la pendiente. En consecuencia, el área localizada en zona potencial de falla de las edificaciones es mínima, lo que disminuye considerablemente la exposición de dichos elementos y el modo esperado de daño es menor. Por otra parte, el volumen de masa potencialmente inestable, del orden de 1 metro cubico por metro lineal, que corresponde al material de lleno sobre la roca, podría llegar a enterrar y por ende obstruir algunos senderos o vías, y en el caso de las edificaciones afectar por impacto o empuje la parte posterior o

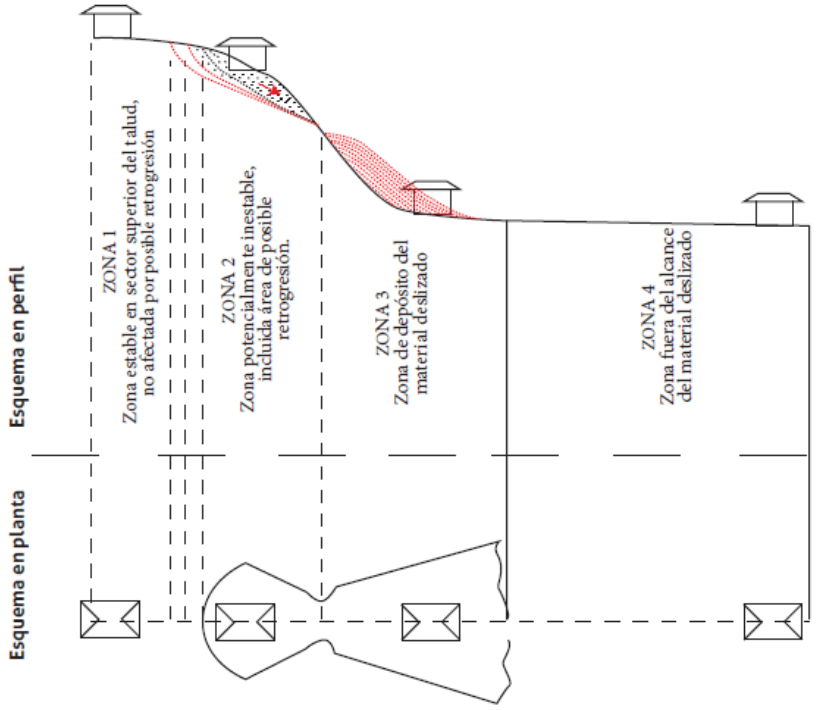
muro trasero de las viviendas localizadas en la parte inferior del talud, sin que se presente el colapso total de la edificación.

Para el análisis se definen 3 zonas:

- **Zona 1**: Zona estable y fuera de alcance del impacto o retrogresión, la exposición es baja. En consecuencia el área con categoría de amenaza baja, se determina que la vulnerabilidad por movimientos en masa es baja.
- **Zona 2**: Zona potencialmente inestable, parte alta de la ladera. La exposición de los elementos es alta y los daños esperados son severos.
- **Zona 3** Corresponde a la trayectoria del movimiento y depósito del mismo, los daños esperados son moderados.

Para el caso de la infraestructura vial y de servicios, aquella ubicada en la zona 2, se considera altamente expuesta al movimiento. En la zona 1 se considera baja la exposición por ende la vulnerabilidad es baja, y en la zona 3 se espera la obstrucción del sendero o uno de los carriles de las vías vehiculares, sin daños físicos, pero con pérdida de su funcionalidad por la obstrucción.

Ilustración 16-2 Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento.



Fuente: SGC. 2015

16.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

A continuación, se presenta la caracterización de los elementos expuestos.

En primer lugar, lo relacionado con los aspectos socioeconómicos, y seguidamente, los aspectos físicos más relevantes de la infraestructura como lo son la red de alcantarillado, la red vial y las edificaciones.

16.2.1 Caracterización socioeconómica

16.2.1.1 *INTRODUCCIÓN*

El presente documento presenta la caracterización social del polígono de estudio ubicado en el barrio Buenavista en la UPZ No 9 Verbenal, en la localidad de Usaquén, identificando las particularidades sociales, económicas y culturales del objeto de intervención a partir de las referencias obtenidas del barrio.

Para ello, se recolectara información secundaria con líderes comunales y por medio de observación del barrio, las cuales pueden dar cuenta de las características del barrio, necesidades en términos de: Servicios Públicos, Equipamientos, Movilidad y Espacio Público, es decir, de las necesidades expresa por lo comunidad.

Posteriormente, se presenta la información recolectada para la realización del documento.

El cual se encuentra dentro de un proyecto Macro para la realización del “Estudio detallado de amenaza y riesgo por movimientos en masa y planteamiento de alternativas de mitigación para el polígono de interés del barrio Buenavista de la localidad de Usaquén”.

16.2.1.2 *OBJETIVO GENERAL DE LA CARACTERIZACIÓN*

Generar un proceso de caracterización de la población del barrio Buenavista de la localidad de Usaquén UPZ 09 Verbenal, teniendo en cuenta los aspectos sociales, culturales y económicos de la misma. Este proceso se realizó mediante la aplicación de diferentes estrategias de recolección de información cualitativa y cuantitativa, tales como: entrevista no estructurada con líderes y personas de la comunidad.

16.2.1.3 *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- ✓ Identificar mecanismos para establecer las particularidades del Barrio Buenavista.
- ✓ Realizar entrevistas no estructuras con actores sociales del Barrio Buenavista.
- ✓ Generar el documento de caracterización social del territorio.

16.2.1.4 *ALCANCE*

Con la información obtenida con los diferentes medios como: Líderes comunales, personas del común. Esto mediante la implementación de entrevistas no estructuradas y la observación en el barrio.

El sector de estudio presenta un relieve entre montañoso y escarpado, presentado una diferencia de alturas significativa entre la zona oriental y la zona occidental hacia la Avenida Carrera Séptima.

Ilustración 16-3 Lugar de Estudio.



16.2.1.5 *CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA*

16.2.1.5.1 Localidad Usaquén

La localidad Usaquén es la número 01 de Bogotá, es la quinta localidad más extensa después de las localidades de Sumapaz, Usme, Ciudad Bolívar y Suba, se ubica al norte de la ciudad y limita al norte, con el costado sur del cerro de Torca y el límite municipal de Chía; por el oriente, con el perímetro urbano, la Avenida Alberto Lleras Camargo o Avenida Carrera 7; por el sur, con la Calle 192 y la Calle 193; y por el occidente, con la Avenida Paseo de los Libertadores o Avenida Carrera 45. Cuenta con una población aproximada de 474.186 habitantes, según datos del DANE correspondientes al año de 2005, está compuesta por grupos raizales, palanquero, mulato, afro descendientes, entre otros. 360 barrios integran esta localidad con 6.241 hectáreas de superficie (3.525 ha en zona urbana, 2.716 ha en rural).

Ilustración 16-4 Figura 4 Mapa de Bogotá



Fuente: http://www.bogota.gov.co/localidades/ciudad-bolivar

Número de habitantes: 474.186 habitantes aproximadamente.

Extensión: 6.241 hectáreas.

UPZ

La localidad está repartida entre 9 UPZ

UPZ Urbanas: Barrios

UPZ: 1 Paseo Los Libertadores. Canaima, La Floresta de La Sabana y Torca.

UPZ 9 Verbenal: Altos de Serrezuela, Balcones de Vista Hermosa, Balmoral Norte, Buenavista, Chaparral, El Codito, El Refugio de San Antonio, El Verbenal, Horizontes, La Estrellita, La Frontera, La Llanurita, Los Consuelos, Marantá, Maturín, Medellín, Mirador del Norte, Nuevo Horizonte, San Antonio Norte, Santandersito, Tibabita, Viña del Mar

UPZ 10 La Uribe: Bosque de San Antonio, Conjunto Camino del Palmar, El Pite, El Redil, La Cita, La Granja Norte, La Uribe, Los Naranjos, San Juan Bosco, Urbanización Los Laureles.

UPZ 11 San Cristóbal Norte: Ainsuca, Altablanca, Barrancas, California, Cerro Norte, Danubio, Don Bosco, La Perla Oriental, Las Areneras, Milán (Barrancas), San Cristóbal Norte, San Cristóbal Norte parte alta, San Cristóbal Norte parte baja, Santa Teresa, Soratama, Torcoroma, Villa Nydia, Villa Oliva.

UPZ 12 Toberín: El Toberín, Babilonia, Dardanelos, Estrella del Norte, Guanoa, Jardín Norte, La Liberia, La Pradera Norte, Las Orquídeas, Pantanito, Santa Mónica, Villa Magdala, Villas de Aranjuez, Villas del Mediterráneo, Zaragoza.

UPZ 13 Los Cedros: Acacias, Antigua, Belmira, Bosque de Pinos, Caobos Salazar, Capri, Cedritos, Cedro Bolívar, Cedro Golf, Cedro Madeira, Cedro Narváez, Cedro Salazar, El Contador, El Rincón de Las Margaritas, La Sonora, Las Margaritas, Lisboa, Los Cedros, Los Cedros Oriental, Montearroyo, Nueva Autopista, Nuevo Country, Sierras del Moral.

UPZ 14 Usaquén: Bella Suiza, Bellavista, Bosque Medina, El Pañuelito, El Pedregal, Escuela de Caballería I, Escuela de Infantería, Francisco Miranda, Ginebra, La Esperanza, La Glorieta, Las Delicias del Carmen, Sagrado Corazón, San Gabriel, Santa Ana, Santa Ana Occidental, Santa Bárbara, Santa Bárbara Alta, Santa Bárbara Oriental, Unicerros, Usaquén.

UPZ 15 Country Club: Country Club, La Calleja, La Carolina, La Cristalina, Prados del Country, Recodo del Country, Santa Coloma, Soatama, Toledo, Torres del Country, Vergel del Country.

UPZ 16 Santa Bárbara: Santa Bárbara Occidental, Campo Alegre, Molinos del Norte, Multicentro, Navarra, Rincón del Chicó, San Patricio, Santa Bárbara, Santa Bárbara Central, Santa Bibiana, Santa Paula.

Barrios: 134

Límites: Ubicada en el extremo nororiental de la ciudad, limita al occidente con la Autopista Norte, al sur con la calle 100, al norte con los municipios de Chía y Sopo y al oriente, con el Municipio de la Calera.

UPZ 9 Verbenal

Conformada por 23 barrios, se localiza en el norte de la localidad de Usaquén. Tiene una extensión de 355,8 hectáreas. Esta UPZ limita, por el norte con la Calle 192 y la Calle 193; por el oriente, con el perímetro urbano; por el sur, con la Calle 180, la Calle 180A y la Diagonal 182; y por el occidente, con el Canal Torca y con la Avenida Paseo de los Libertadores o Avenida Carrera 45.

De manera concreta el territorio Objeto de Intervención por parte del proyecto está integrado por la UPZ 9 Verbenal la cual cuenta con 23 barrios, de los cuales 1 están inmersos en dicho territorio, en consecuencia el barrio de la intervención directa es:

Buenavista

16.2.1.6 *DESCRIPCIÓN BARRIAL*

BARRIÓ BUENAVISTA: Se indago con las Presidentas de la Junta de Acción Comunal del sector 1 y 2 algunas características propias del barrio tales como:

Cuenta con dos colegios Distritales: Colegio Nuevo Horizonte sede A y colegio Nuevo Horizonte sede B en el barrio Buenavista, en Concesión 1 Colegio: Don Bosco o La Estrellita que tiene una Cobertura de 1217 estudiantes.

Cuenta con un jardín diurno infantil, dos comedores públicos comunitarios y dos juntas de acción comunal (para sector I y para sector II)

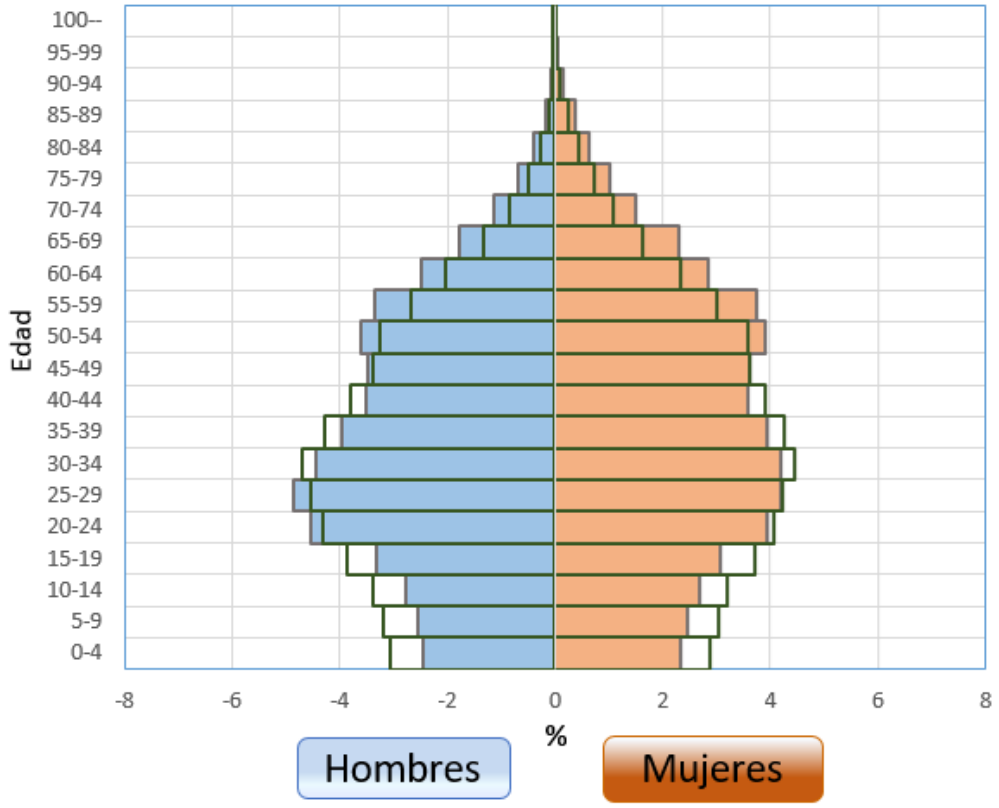
Actualmente se encuentran construidas en el sector I, 500 casas sin la presencia de lotes, se cuenta con servicios públicos y sus propietarios están registrados en el libro de la Junta de Acción Comunal.

Aproximadamente cuenta con un total poblacional de 476.185 habitantes (Según DANE 2019).

16.2.1.7 *ASPECTOS POBLACIONALES:*

La localidad de Usaquén está conformada por 9 UPZ, las cuales agrupan en su totalidad, 136 barrios. Dentro del aspecto poblacional, según la Secretaría Distrital de Hábtat y según la Secretaría Distrital de Planeación en el proceso de proyecciones poblacionales, para el año 2019 la localidad contaba con un total de 476.185 habitantes, de los cuales 235.948 son hombre y 240.237 mujeres.

Figura 3. Proyección crecimiento de población Usaquén 2019.



Fuente: SDP, Proyección poblacional 2019

Como se puede observar en la localidad de Usaquén la mayoría de la población corresponde a mujeres representando un 50.45& de la población, frente a un 49.55% representado por hombres.

Respecto a las edades se tienen 102.800 habitantes entre los 0 y 18 años, 299.370 habitantes entre los 19 y 59 años y 74.014 habitantes. Aproximadamente la mayoría de la población de la localidad está en un rango de edad de 19 a 59 años.

En cuanto a la UPZ se tiene una proyección de población para el año 2015 de 115.563 personas de las cuales 56.153 son hombres y 59.410 son mujeres. (Dane – SDP).

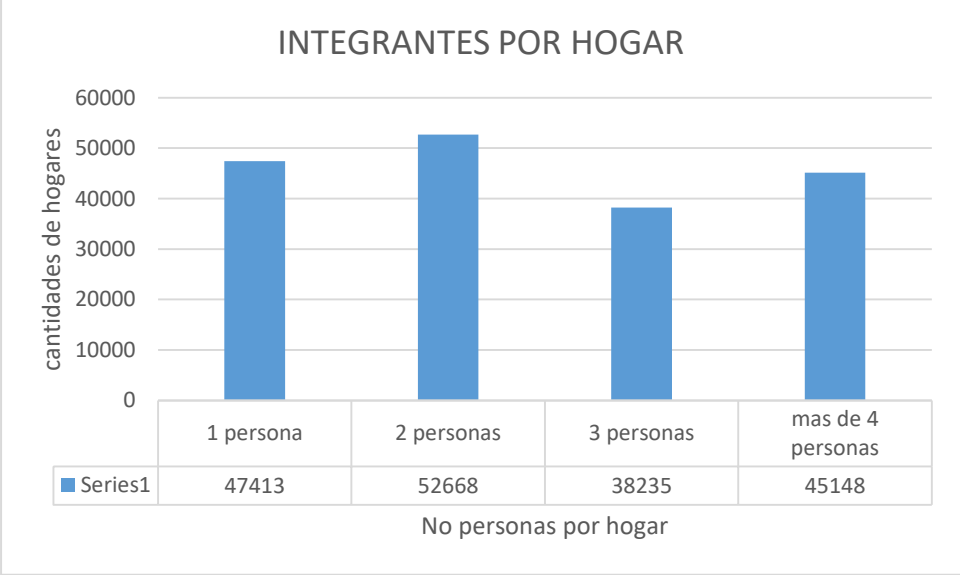
En el barrio Buenavista se presentan para el año 2016 un total de 9.863 personas encuestadas por el SISBEN, distribuido en 2699 hogares, de estas 9.863 personas 4.724 personas son hombres y 5.139 mujeres.

16.2.1.8 *CARACTERÍSTICAS SOCIALES Y DEMOGRÁFICAS*

16.2.1.8.1 COMPOSICIÓN DEL HOGAR

De acuerdo al boletín de la SDHT se tiene que en la localidad de Usaquén para el año 2019 47.413 hogares de una persona, 52.668 hogares conformados por dos personas, 38.235 hogares conformados por tres personas y 45.148 hogares conformados por más de cuatro personas, siendo los hogares de dos personas los más comunes en la localidad.

Ilustración 16-5 Número de Integrantes por Hogar - Usaquén 2019.



Fuente: Propia a partir de información de la SDHT, Usaquén en cifras 2019.

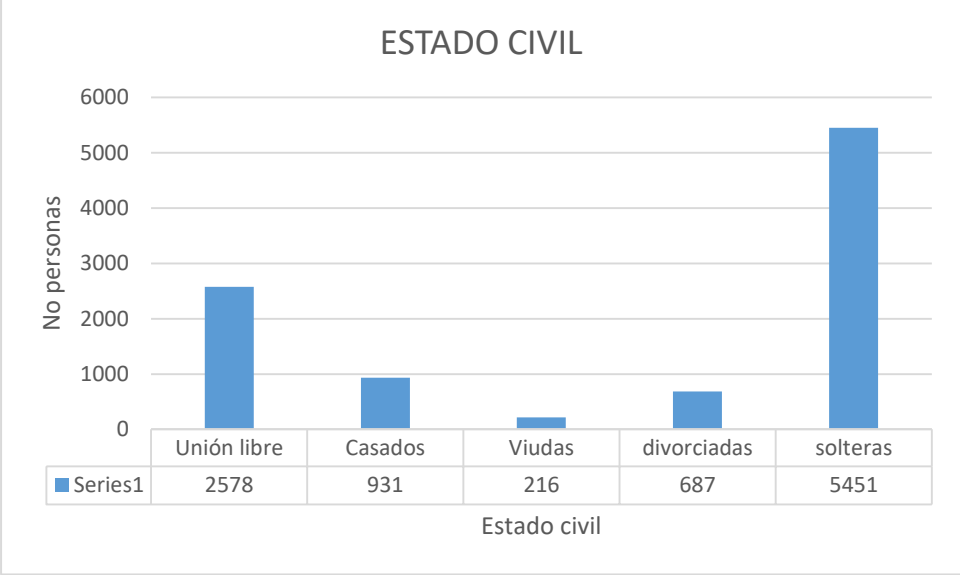
Según la encuesta multipropósito del DANE para el año 2017 se tiene en la localidad 38.2% de los hogares bajo jefatura femenina.

16.2.1.9 *ESTADO CIVIL*

El estado civil de las personas, resulta ser relevante en este análisis, para comprender los aspectos de formación de las familias y con ello, comprender las edades que conforman a dichas familias y las actividades que cada uno de los miembros realiza en su cotidianidad.

La composición de las familias, permite llevar un registro de tipo cuantitativo de la cantidad de personas que habitan en un predio. Por otro lado observar el comportamiento del estado civil, es una herramienta, que también permite ver la formación de las familias, es decir, comprender si aún existe la noción de un vínculo formalizado (tradicionalmente) legal o religiosamente, con lo cual, puede partirse para la comprensión de la formación de las familias es decir, si este hecho ha cambiado con respecto a elementos socio-históricos tradicionales, de la formación de familia.

Ilustración 16-6 Estado civil personas barrio Buenavista - 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta SISBEN 2016.

Según el SISBEN en el año 2016, 2.578 personas se encuentran en unión libre, 931 personas casadas, 216 personas viudas, 687 personas divorciadas y 5.451 solteras.

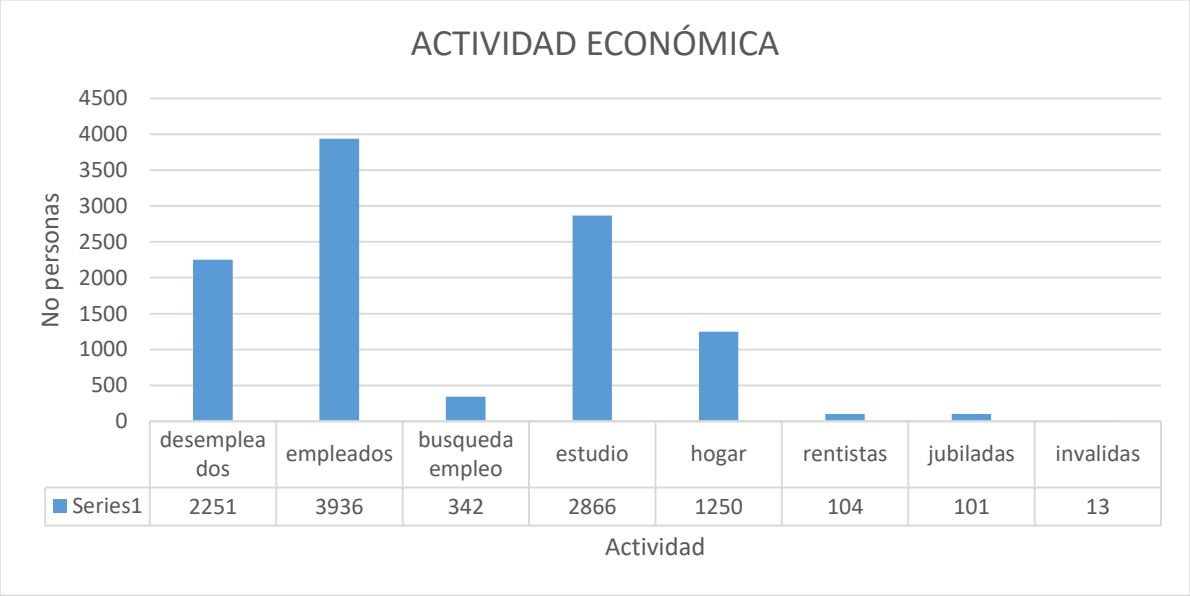
Se puede observar que la mayoría de personas se encuentran solteras y representan el 55.3%, el siguiente grupo representativo son las personas en unión libre con el 26.1% de las personas. En menor proporción se tiene un 9.4% de personas casadas, 7% de las personas divorciadas y tan solo un 2% de personas viudas. Se observa una gran diferencia entre personas en unión libre frente a personas casadas, lo que indica que la institución del matrimonio no se encuentra generalizada en la comunidad.

16.2.1.9.1 ACTIVIDAD ECONÓMICA

De acuerdo al SISBEN para el año 2016 en cuanto a las actividades económicas desarrolladas por la población se tenían 2.251 personas sin actividad económica reciente, 3936 personas con empleo, 342 personas en búsqueda reciente de empleo, 2.866 dedicadas

a actividades académicas, 1.250 personas dedicadas al hogar, 104 personas son rentistas, 101 personas jubiladas y 13 catalogadas como invalidas.

Ilustración 16-7 Actividad económica personas barrio Buenavista - 2016

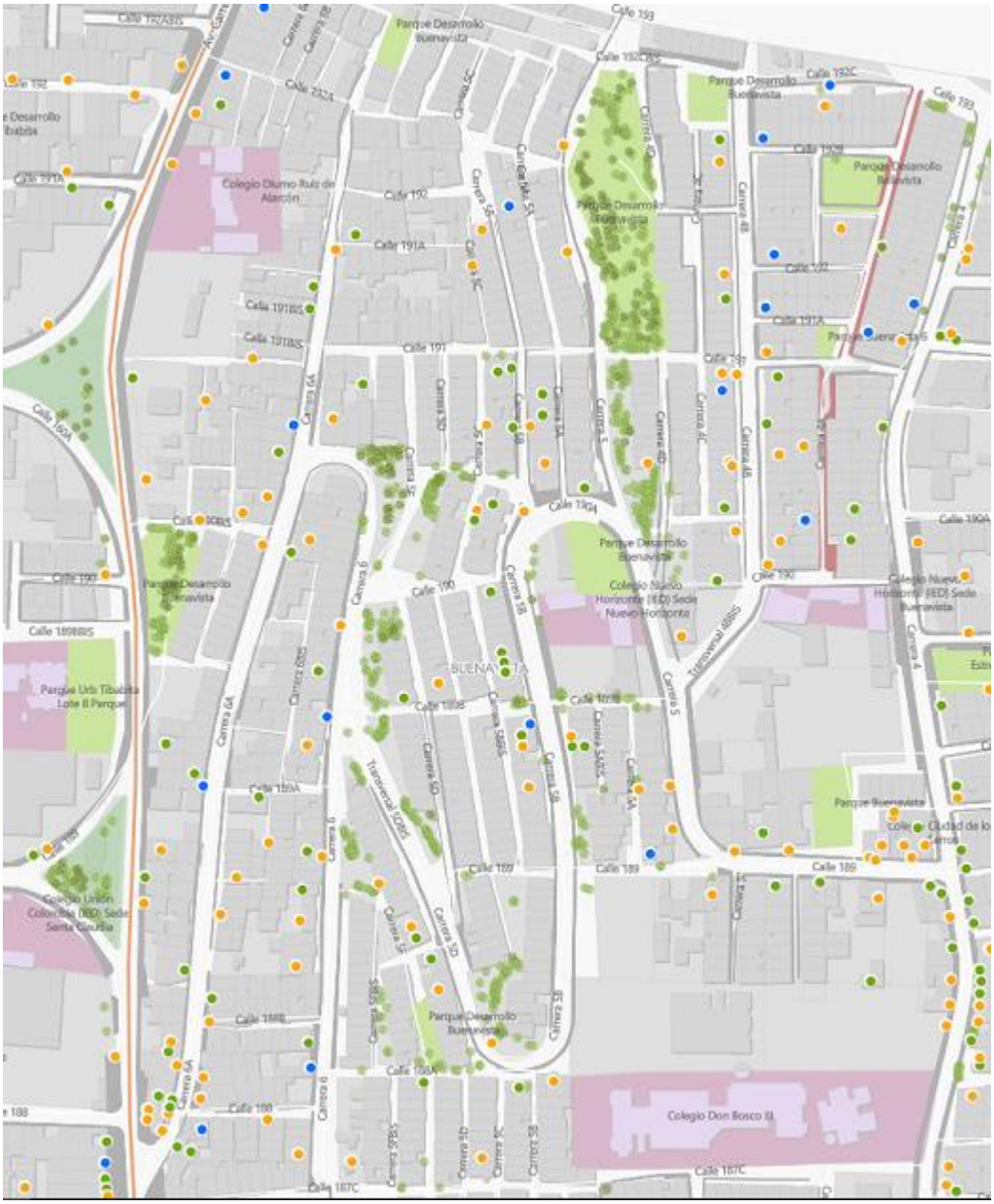


Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta SISBEN 2016.

La mayoría de personas se encuentra empleada representando el 36.2%, seguido de las personas dedicadas al estudio con 26.4%, desempleados con 20.7% y 11.5% de las personas dedicadas al hogar. En menor cantidad se tiene la población en búsqueda de empleo con un 3.1%, personas que viven de la renta representando un 1.0%, jubilados el 0.9% y personas catalogadas como invalidas según el SISBEN el 0.1%.

Consultando el uso por manzana en el sector para el año 2019 se determina que la totalidad de las manzanas corresponden a uso residencial, sin embargo durante los recorridos de campo se identifican negocios comerciales, en la siguiente imagen tomada de mapas Bogotá se muestran locales comerciales en el sector para el año 2016.

Ilustración 16-8 Locales comerciales barrio Buenavista - 2016

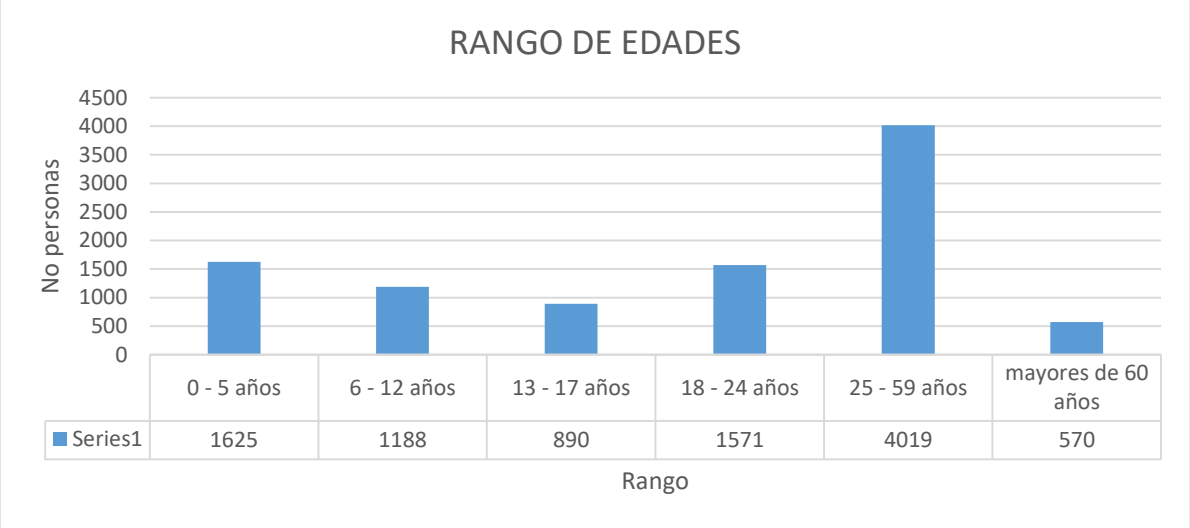


Fuente: Mapas Bogotá.

16.2.1.10 *POBLACIÓN INFANCIA, ADOLESCENTE Y ADULTO MAYOR*

Siguiendo los datos tomados por el SISBEN en el 2016 respecto a los rangos de edades se tiene que entre los 0 y 5 años hay 1.625 personas, entre los 6 y los 12 años 1.188 personas, entre los 13 y los 17 años 890 personas, entre los 18 y 24 años 1.571 personas, entre los 25 y 59 personas 4.019 personas y 570 personas mayores de 60 años.

Figura 4. Persona por rango de edades barrio Buenavista - 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta SISBEN 2016.

La presencia de población de primera infancia (0 a 5 años), en este caso representa el 16.5% de la población, ya que esta población es sujeto priorizado en temas de política pública (programas, proyectos e intervenciones) lo que permitió ver es que esta población cuenta con una presencia de igual manera considerable, Con respecto a esta población, algunos aspectos que se mencionan, es que no existe infraestructura física para poder movilizar (en algunos casos) los coches de los bebés, esto es un problema que se presenta debido a las características de las calles.

Dentro de la población infante (6 a 12 años) la cual representa un 12% de la población, también cuenta con una presencia considerable según los recorridos. Uno de los aspectos que más se resalta en este sentido, es la carencia de espacios propios para llevar a cabo actividades extramurales, sobre todo después del colegio o en los fines de semana con las familias, esto debido a un problema que se evidenció y es la apropiación de los espacios como parqués.

En lo que corresponde a la población adolescente (13 a 17 años) se tiene que esta representa un 9% de la población. La adultez joven (18 a 24 años) representa 15.9%. Los adultos entre 25 y 59 años componen la mayoría de la población representando el 40.7% de la población.

Por ultima la población mayor de 60 años representa el 5.8%, esta población también requiere consideraciones especiales respecto a la movilidad limitada por sus condiciones físicas y las condiciones de la infraestructura pública, la cual dificulta en muchos casos su movilidad.

16.2.1.11 *EDUCACIÓN*

Se realiza una revisión de la oferta académica en el barrio Buenavista y sectores cercanos, se identifican cuatro entidades de educación básica.

Figura 5. Instituciones Educativas barrio Buenavista - 2019



Fuente: Mapas Bogotá.

1. Colegio Diurno Ruiz de Alarcón, institución de carácter oficial a cargo de la Secretaría Distrital de Educación – SDE.

2. Colegio Nuevo Horizonte (IED) Sede Nuevo Horizonte, institución de carácter oficial a cargo de la Secretaría Distrital de Educación – SDE.
3. Colegio Nuevo Horizonte (IED) Sede Buenavista, institución de carácter oficial a cargo de la Secretaría Distrital de Educación – SDE.
4. Colegio la Estrellita (IED), institución de carácter oficial a cargo de la Secretaría Distrital de Educación – SDE.

En el barrio también se encuentra un jardín infantil público de la unidad operativa Buenavista ubicado en la CL 190 4 C 63.

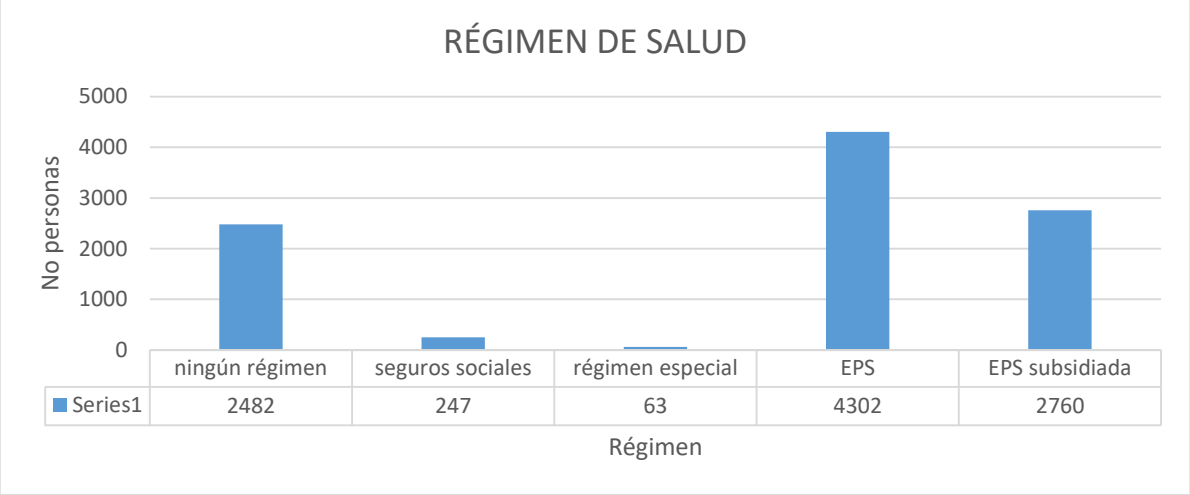
16.2.1.12 *ASEGURAMIENTO EN SALUD*

Este aspecto muestra el régimen en el cual se encuentran las personas vinculas y su grupo familiar. De esta manera, lo que se puede determinar a partir del aseguramiento en salud, es conocer aquellos aspectos que son determinantes según el marco legal colombiano. El conocer el estado de afiliación y cobertura, permite ver la conexidad que existe con el tipo de trabajo que las personas tienen, ya que como es sabido por ley, el régimen de salud, depende del tipo de actividad económica que se realice y en características derivadas de la focalización en elementos de política pública.

De igual manera, este aspecto también tomó como referencia la presencia de las instituciones de salud dentro del territorio. Se interrogó sobre aquellas instituciones que las personas reconocían en el territorio y el tiempo que las personas gastan en ir a los centros de salud más cercanos. Otro aspecto tenido en cuenta para determinar la presencia, de las entidades de salud en este territorio se determinó a partir de la forma en que las personas se movilizan hacia estos, ya que por medio de esta variable, se puede analizar, si existen recursos dentro de los barrios cercanos.

De acuerdo a la información socieconómica de la encuesta del SISBEN del año 2016 en donde se encuestaron 9.863 personas encuestadas distribuidos en 2699 hogares, en el barrio Buenavista se tienen 2.482 que no están bajo ningún régimen de salud, 247 personas pertenecientes a institutos de seguros sociales, 63 personas adscritas a régimenes especiales, 4.302 personas pertenecientes a EPS contributiva y 2769 pertenecientes a EPS subsidiada. De las 9.863 personas encuestadas 170 presentan limitaciones físicas.

Ilustración 16-9 Régimen de salud personas barrio Buenavista - 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta SISBEN 2016.

16.2.1.13 *MOVILIDAD*

Con respecto a la movilidad, se observa los diferentes medios de transporte que frecuentemente usan para movilizarse en la ciudad a diferentes destinos como el trabajo, el colegio, los centros de salud y zonas de recreación. Los resultados encontrados evidencias que una parte importante de la población combina lo diferente tipos de transporte para llegar a sus lugares de destino.

En el barrio Buenavista y en cercanías a este no se identifica red distrital de biciusuarios, ciclorutas o cicloparqueaderos certificados. En cuanto al transporte público se identifica una calle principal en el barrio (Carrera 6A – Carrera 6 - Transversal 5D BIS - Carrera 5D - Carrera 5 B - Calle 190 A – Carrera 5) por la cual los residentes del barrio pueden acceder al Sistema Integrado de Transporte mediante buses SITP, SITP provisional y ruta alimentadora de Transmilenio, adicionalmente el barrio se encuentra cercana a la Avenida Carrera Séptima en donde también se encuentran diversas rutas de transporte público.

Durante los recorridos de campo se observa que gran cantidad de calles presentan difícil accesos para personas en condición de discapacidad, adultos mayores y niños debidos a que son calles con altas pendientes, estrechas y con escaleras, además de impedir la circulación de vehículos.

Para llegar al trabajo, mayormente la población utiliza el transporte público, el sistema integrado bus o SITP, Transmilenio o alimentador en general utilizar todo el sistema integrado de transporte público Es común combinar los dos tipos de transporte para llegar a su lugar de destino como por ejemplo caminar luego tomar el transporte público o alternarlo con la bicicleta.

16.2.1.14 *OFERTA INSTITUCIONAL (PÚBLICA O PRIVADA)*

En el barrio también se encuentra un jardín infantil público de la unidad operativa Buenavista ubicado en la CL 190 4 C 63.

La vinculación de personas a comedores comunitarios o bonos de alimentación, puede ser una manera de garantizar los aspectos desligados de la seguridad alimentaria. En el barrio se ubican dos comedores comunitarios de carácter público, el primero ubicado en la CL 192 5 C 24 y otro en la CL 189 B 3 A 25 en el barrio la Estrellita.

En términos de participación local y comunitaria en el sector se cuenta con dos juntas de acción comunal en el barrio, el primero es el SALÓN COMUNAL DE LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DEL BARRIO REPUBLICA DEL CANADÁ ubicado en la KR 6 A 191 05 (barrio Buenavista) y el segundo el SALÓN COMUNAL DE LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DEL BARRIO LA SAGRADA FAMILIA Y EL TRIANGULO ubicado en la KR 4 D 192 A 35 (barrio Buenavista II sector).

16.2.1.15 *CARACTERÍSTICA DE LA VIVIENDA*

De acuerdo a información de la secretaría de estratificación de la Secretaría Distrital de Planeación se identifica que la totalidad de los predios localizados en el barrio Buenavista pertenecen al Estrato 2 a excepción de algunas zonas públicas que no tienen estrato asignado.

Con base en la información tomada del SISBEN para el año 2016 en el barrio Buenavista 2.077 hogares viven en casa o apartamento y 622 hogares en cuartos, de los cuales 1.729 hogares viven en arriendo, 57 hogares en vivienda propia en pago, 661 en vivienda propia y 252 hogares con otro tipo de tenencia.

Según el valor de referencia por metro cuadrado de terreno consultado en mapas Bogotá, se determina que la mayoría de los predios en el barrio Buenavista tienen un valor promedio de 650.000 pesos por metro cuadrado para el año 2019.

Durante los recorridos de campo se identifican viviendas en su mayoría en elementos rígidos como ladrillo y concreto, la mayoría de viviendas presentan alturas superiores

a los dos pisos, sin embargo se evidencia que estas viviendas responden a la autoconstrucción de los propietarios sin seguir la rigurosidad técnica requerida.

Figura 6. Casas en el barrio Buenavista.



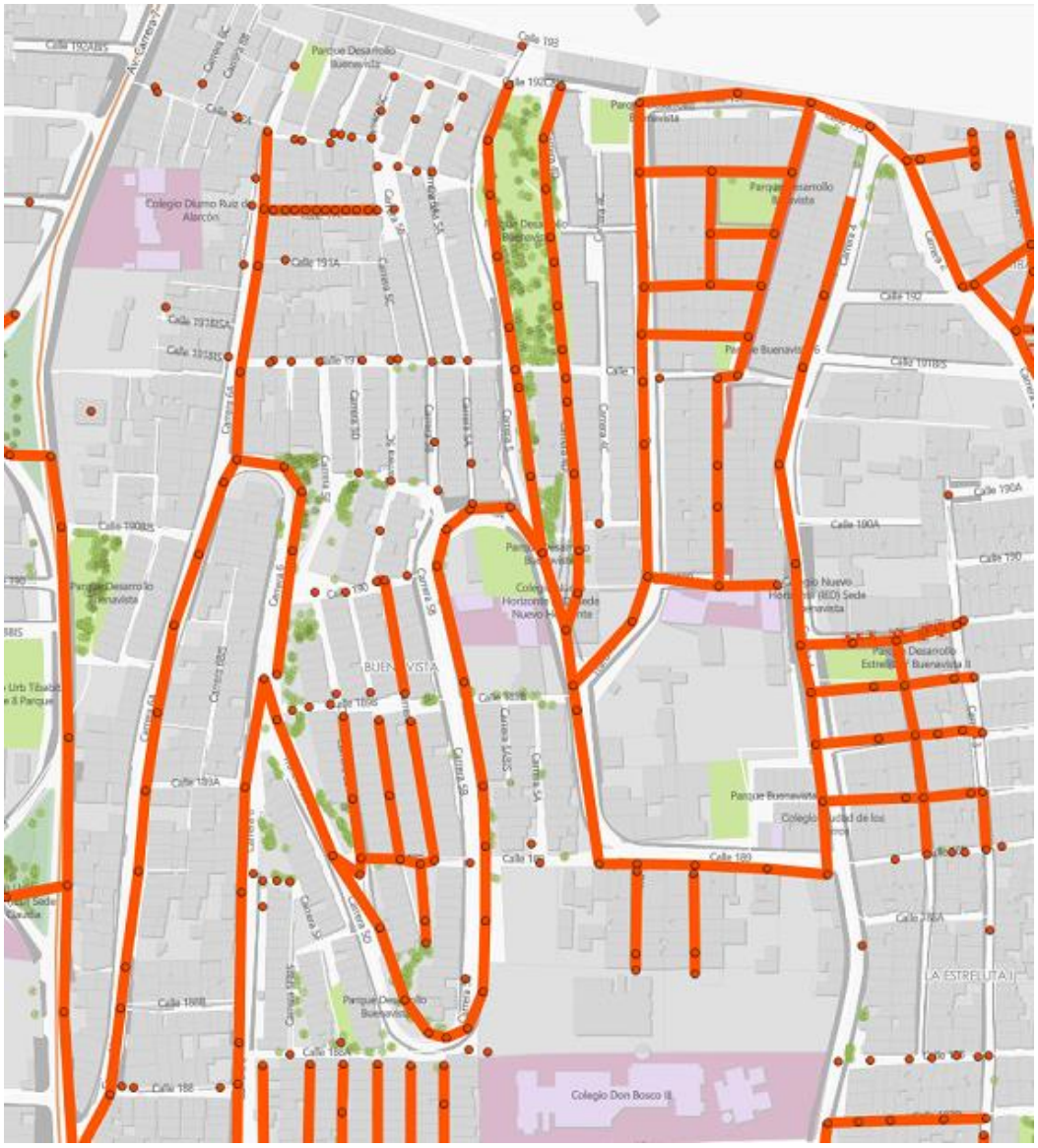
Fuente: Captura propia.

16.2.1.16 *SERVICIOS PÚBLICO*

Según encuesta del SISBEN en el año 2016 de 2.699 hogares encuestados, 2.693 cuentan con servicio de recolección de basuras, 2695 hogares cuentan con servicio de agua por acueducto, 2 hogares acceden al agua por pozo con bomba, un hogar accede al agua por pila pública y un hogar acceden al agua por donación.

Respecto al sistema de alcantarillado, como se ilustra en la siguiente imagen, se puede apreciar que no todos los hogares del barrio cuentan con sistema de alcantarillado legalmente constituido por la EAAB, en recorridos de campo se evidenciaron calles en donde la comunidad construyó por sus propios medios dicho sistema.

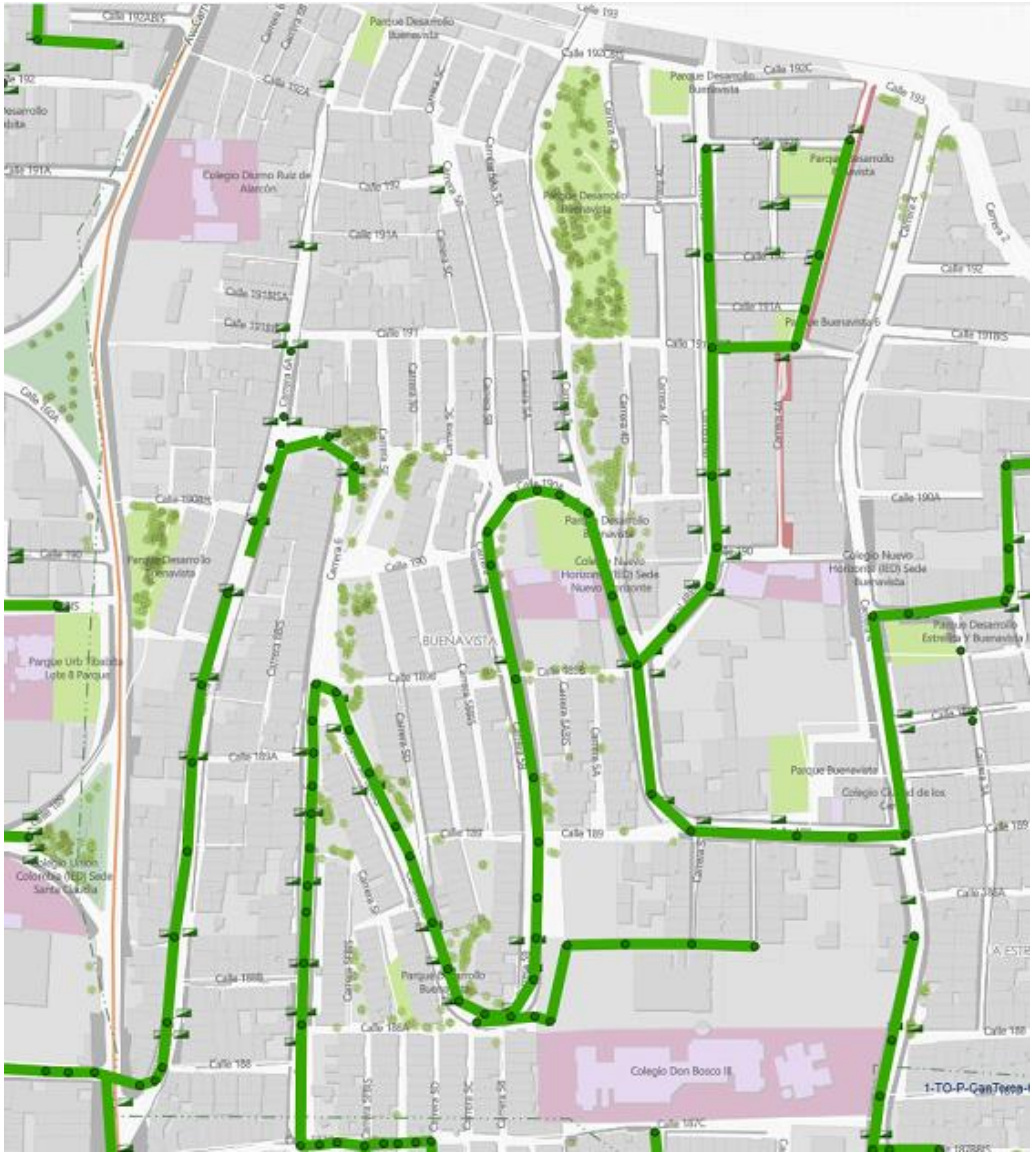
Ilustración 16-10 Sistema de alcantarillado sanitario barrio Buenavista – 2019.



Fuente: Mapas Bogotá.

La anterior situación se presenta también con el sistema de alcantarillado pluvial como se ilustra en la siguiente imagen.

Ilustración 16-11 Sistema de alcantarillado pluvial barrio Buenavista – 2019.



Fuente: Mapas Bogotá.

En cuanto al sistema de recolección de basuras, durante visitas de campo se evidencia la presencia de empresas prestadoras de este servicio, sin embargo debido a las condiciones de las calles de alta pendiente, estrechas y en escaleras su recorrido es bastante limitado por lo que el vehículo recolector de basuras tiene una ruta especifica e impide la recolección de basura puerta a puerta, por lo que la comunidad ha establecido puntos en los que el vehículo de la basura accede para disponer los residuos, se evidencia en las visitas de campo que la comunidad hace

dicha disposición de manera descuidada por lo que los residuos se acumulan y esparcen generando malos olores y mal aspecto.

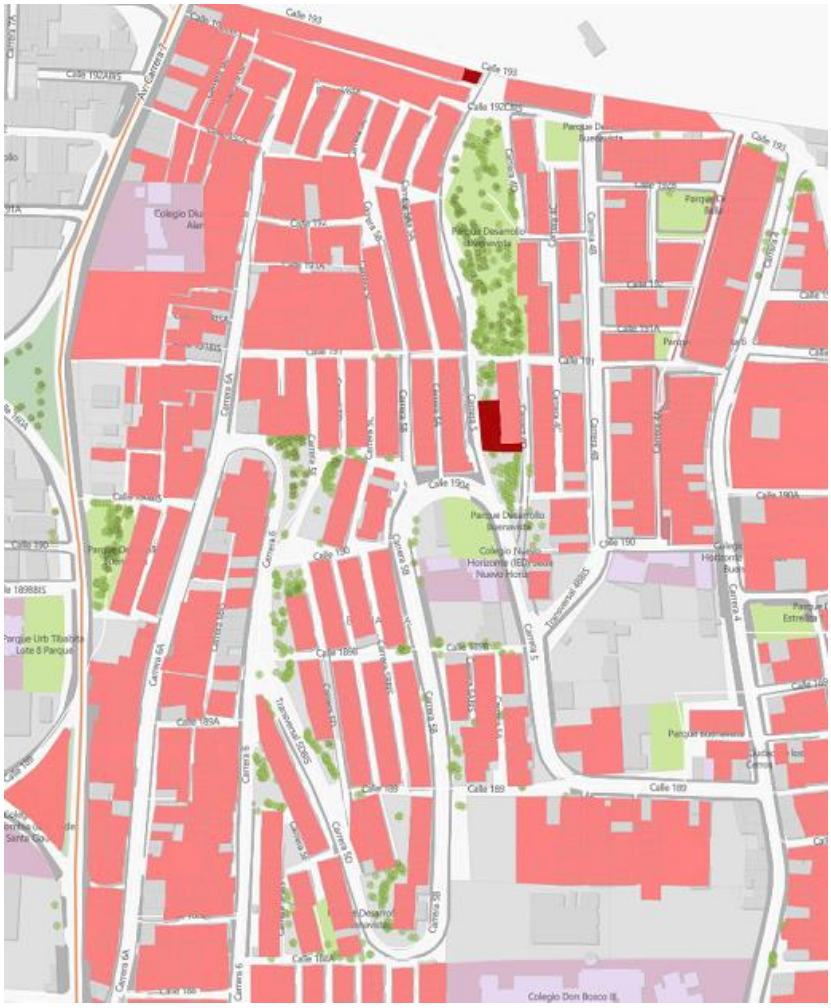
El barrio Buenavista pertenece al área de aseo de servicio 1 cuya empresa prestadora del servicio es Promoambiental, adicionalmente han dispuesto de 5 zonas de contenerización:

- Calle 190A 5 A, para residuos aprovechables.
- Calle 190A 5 A, para residuos no aprovechables.
- Calle 189 4 A, para residuos no aprovechables.
- Calle 189A 4, para residuos aprovechables.
- Calle 189C 3 A, para residuos aprovechables.

También se identifica que la totalidad del barrio está cubierto bajo rutas de macrobarridos de calles.

En general, como se puede observar en la siguiente imagen obtenida de la plataforma Mapas Bogotá se puede observar que la gran mayoría del barrio cuenta con servicios básicos.

Ilustración 16-12 Sistema de alcantarillado pluvial barrio Buenavista – 2019.



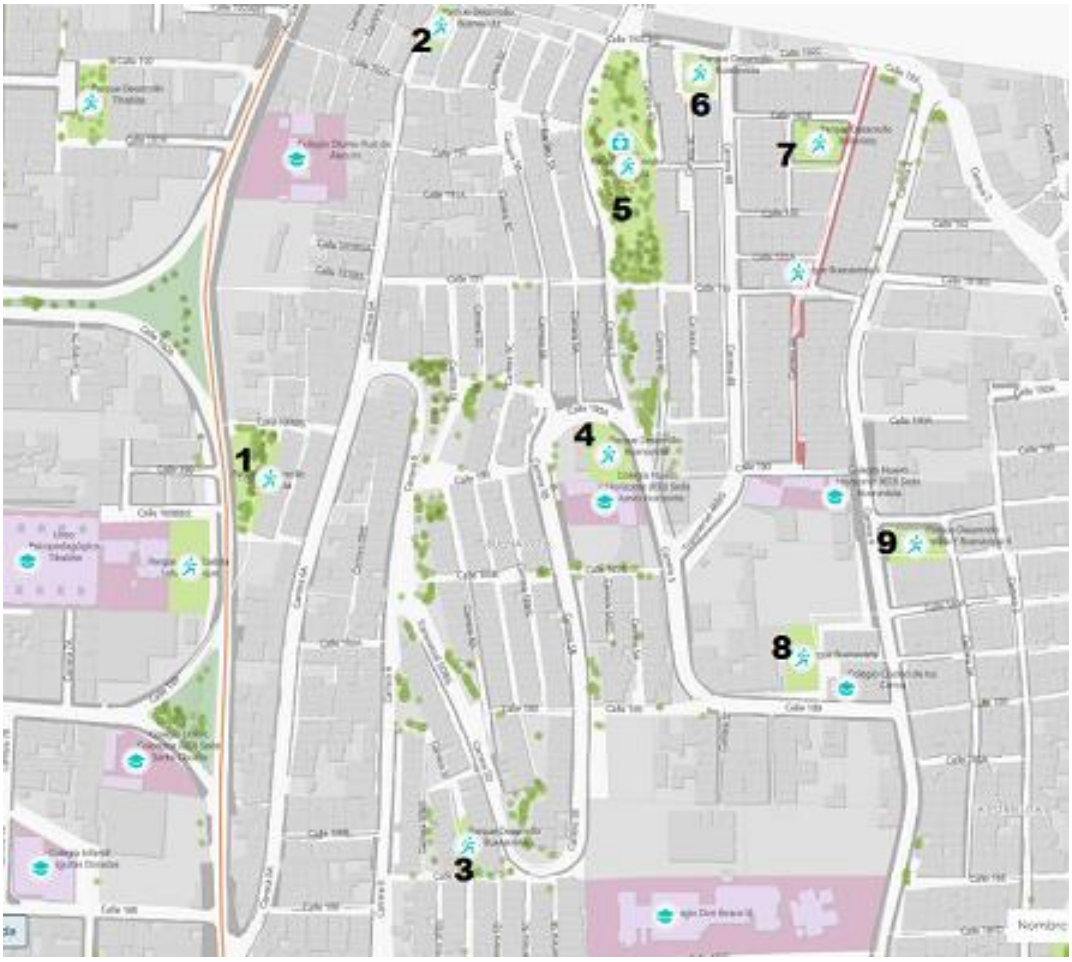
Fuente: Mapas Bogotá.

El 100% de las viviendas evidenciadas cuenta con servicio de energía, servicio de acueducto y aseo. Lo anterior describe el alto grado de cobertura en servicios públicos domiciliarios en las viviendas. Lo cual permite una calidad de vida más digna.

16.2.1.17 *ASPECTOS CULTURALES*

Respecto a los aspectos culturales se identificaron los lugares de interés a los que la comunidad asiste para actividades de esparcimiento, recreación y deporte, en el barrio Buenavista se identificaron los siguientes parques.

Ilustración 16-13 Sistema de alcantarillado pluvial barrio Buenavista – 2019.



Fuente: Mapas Bogotá.

No	Código IDRD	NOMBRE	DIRECCIÓN	ESCALA
1	01-241	DESARROLLO BUENAVISTA	COSTADO ORIENTAL DE LA AVENIDA CARRERA 7 ENTRE CALLE 189B Y CALLE 190	VECINAL
2	01-305	DESARROLLO BUENAVISTA	CALLE 192C CON CARRERA 27C BIS COSTADO SUR- OCCIDENTAL	BOLSILLO
3	01-306	DESARROLLO BUENAVISTA	INTERSECCIÓN DE LA CARRERA 72D CON CALLE 188 A	BOLSILLO
4	01-114	DESARROLLO BUENAVISTA	ENTRE CARRERA 26A Y 27 CON CALLE 189B COSTADO NORTE	VECINAL
5	01-104	DESARROLLO BUENAVISTA	CARRERA 26 A COSTADO ORIENTAL ENTRE CALLES 192 A Y 191	VECINAL
6	01-234	DESARROLLO BUENAVISTA	CALLE 192C ENTRE CARRERA 26 Y 26ACOSTADO SUR	BOLSILLO
7	01-094	DESARROLLO BELLAVISTA	ENTRE CALLE 192B Y 192 A CON CARRERA 25B Y 25B BIS	BOLSILLO
8	01-005	BUENAVISTA	CL 189 NO.4A 20	BOLSILLO
9	01-001	DESARROLLO ESTRELLITA Y BUENAVISTA II	ENTRE CALLE 189B Y 189B BIS CON CARRERA 25 Y 25A	BOLSILLO

16.2.1.18 *ENTIDADES QUE HACEN PRESENCIA EN LA ZONA*

Respecto al reconocimiento de la Secretaría del Hábitat, IDIGER, Caja de Vivienda Popular, Transmilenio, la comunidad si conocían los diferentes proyectos de estas entidades.

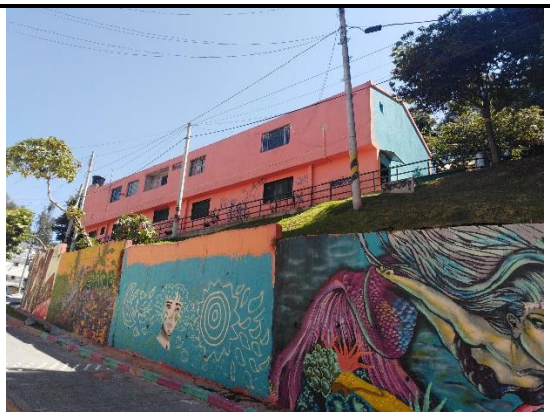
Así mismo estas otras entidades hacen presencia en la zona del polígono de estudio

- ✓ Acueducto
- ✓ Centro de Salud
- ✓ ENEL
- ✓ ICBF
- ✓ Defensa Civil
- ✓ IDU
- ✓ Policía
- ✓ ETB
- ✓ Claro
- ✓ Movistar

16.2.1.19 *REGISTRO FOTOGRÁFICO ACOMPAÑAMIENTOS SOCIALES*

Registro fotográfico (si aplica):













16.2.2 Infraestructura vial y de Servicios

A continuación se presentan las principales características de los elementos expuestos para cada uno de los sectores críticos identificados conforme se presenta en las conclusiones del capítulo 15. Evaluación de la Amenaza por Movimientos en Masa:

16.2.2.1 *Sector 1. Talud vial Carrera 6 entre calles 190a y 189b.*

Este talud se encuentra comprendido entre las carreras 6 y 5d, y las calles 190a y 189b, donde se han presentado algunos desprendimientos de material, deslizamientos, que han afectado la movilidad del barrio y en consecuencia se han construido algunas obras de contención que se relacionan a continuación: **a)** Muro en concreto reforzado en la pata del talud contra vía, carrera 6, **b)** Muros en gaviones a mitad de la ladera, entre el centro y norte de la misma; **c)** Concreto lanzado en el centro sur del talud en estudio.

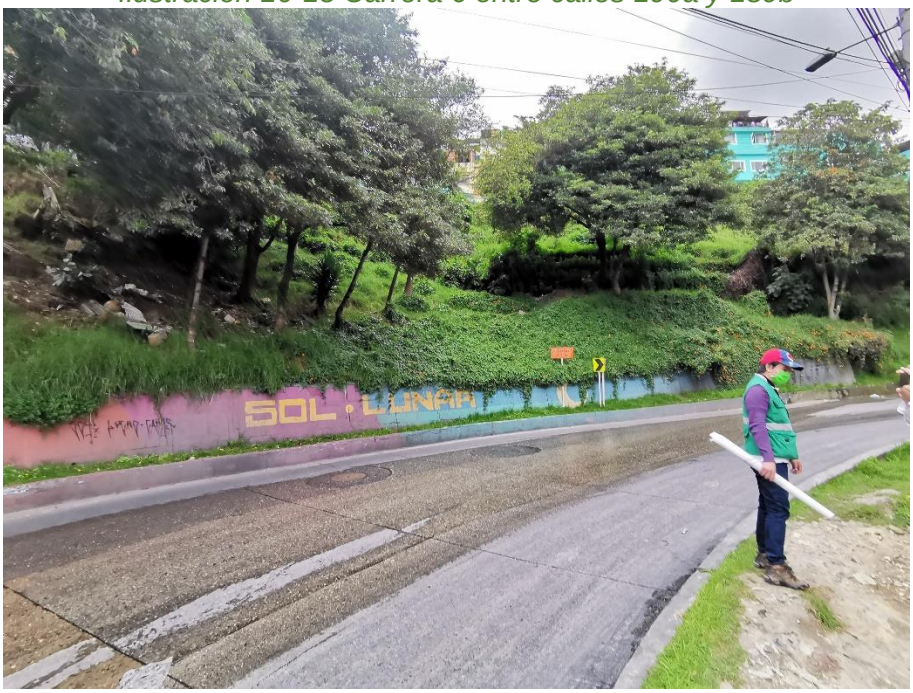
Ilustración 16-14 Talud vial Carrera 6 entre calles 190a y 189b



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto la infraestructura para la movilidad, hay una vía vehicular con flujo en ambos sentidos, que comunica la parte alta del barrio con la Carrera Séptima 7, su ancho promedio es de 7,50 metros (2 carriles) y su capa de rodadura corresponde a un pavimento hidráulico. Es de resaltar que en las visitas que se realizaron a este sector siempre se evidenció un flujo constante de agua una vez termina el muro de contención localizado en la pata del talud, en su ala norte. Ver Ilustración 16-15.

Ilustración 16-15 Carrera 6 entre calles 190a y 189b



Fuente: Elaboración propia.

A medio talud y sobre el talud hay un sendero peatonal, que corresponde a una placa en concreto reforzado de más o menos un (1) metro de ancho que comunica la carrera 6 con la carrera 5d, algunos tramos de este sendero están en voladizo y se evidencia procesos pequeños, masas movilizadas de menos de 1 m^3, que ponen en riesgo la infraestructura y las personas que transitan por la misma.

Ilustración 16-16 Sendero en su parte media y superior, carrera 5d (peatonal).



Fuente: Elaboración propia.

16.2.2.2 *Sectores 2 y 3. Talud comprendido entre las proyecciones de las carreras 6b y 6d, y entre calles proyección 192 y escaleras 191.*

No hay infraestructura para la movilidad consolidada, la parte alta corresponde a la parte posterior o lateral de las viviendas, sin accesos. De igual manera, en la parte inferior del talud se emplazan unas viviendas, y también corresponde a la parte posterior de las mismas.

Ilustración 16-17 Talud comprendido entre las proyecciones de las carreras 6b y 6d, y entre calles proyección 192 y escaleras 191.



Fuente: Elaboración propia.

16.2.2.3 *Sectores 4 y 5. Taludes superior e inferior comprendidos entre las calles 192a - 192d, y carreras 6a-6bis, y carrera 6ª-6b, respectivamente.*

La infraestructura para la movilidad en este sector corresponde a accesos peatonales, senderos y escaleras, carrera 6a y calle 192d respectivamente, infraestructura que ha sido intervenida por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, altamente expuesta a movimientos en masa. Tiene un ancho promedio de 1,5 metros y el material predominante corresponde a concreto reforzado. Ver Ilustración 16-18.

Ilustración 16-18 Sendero peatonal y escaleras, talud inferior, carrera 6a y 192d.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 16-19 Talud superior carrera 6a.



Fuente: Elaboración propia.

16.2.2.4 *Sector 6 A y B. Rellenos de conformación de infraestructura para la movilidad y edificaciones, Carrera 5 b entre calles 192b y 192d.*

En el sector 6A se configura un escenario de riesgo producto de las intervenciones antrópicas que carecen de acompañamiento técnico, la infraestructura para la movilidad corresponde a unas escaleras angostas, menor a 1 metro, en concreto, calle 192c, y un sendero peatonal en tierra, producto de un lleno que comunica la calle 192c con la 192 d, carrera 5b. Ver Ilustración 16-20

Ilustración 16-20 Sector 6A, parte superior e inferior, carrera 5b, entre calles 192c y 192d



Fuente: Elaboración propia.

La carrera 5b, entre las calles 192b y 192c, sector 6B, corresponde a un sendero peatonal en concreto, pero de conformación heterogénea, y es evidente la deformación de dicha infraestructura. El ancho promedio es de 1,5 metros. Ver

Ilustración 16-21.

Ilustración 16-21 Sector 6B, carrera 5b.



Fuente: Elaboración propia.

16.2.2.5 *Sector 7 A y B. Rellenos de conformación de infraestructura para la movilidad y edificaciones.*

Este sector tiene características muy similares con el sector 6.El sector 7A se configura un escenario de riesgo producto de las intervenciones antrópicas que carecen de acompañamiento técnico, la infraestructura para la movilidad corresponde a unas escaleras angostas, menor a 1 metro, en concreto, calle 192c, y un sendero peatonal en tierra, producto de un lleno que comunica la calle 192c con la 192 d, como se aprecia en la Ilustración 16-22 el espesor del lleno es superior a los 2 metros, carrera 5a.

Ilustración 16-22 carrera 5a, entre calles 192c y 192d. En la imagen de la derecha se muestra el espesor del lleno para la conformación del sendero, y que corresponde a la parte posterior de la vivienda, este espesor de lleno es superior a los 2 metros.



Fuente: Elaboración propia.

La carrera 5a, entre las calles 192a-bis y 192c, sector 7B, corresponde a un sendero peatonal en concreto, pero de conformación heterogénea, y es evidente la deformación de dicha infraestructura. El ancho promedio es de 1,5 metros.

Ilustración 16-23 Sector 7B. Carrera 5a vista desde calle 192c (izquierda) y desde calle 192a-bis (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

16.2.2.6 *Sector 8. Lleno botado. Parte inferior del muro de contención de la vía 5b, calle 192, al costado sur.*

No hay infraestructura para la movilidad, corresponde solo al acceso de una edificación.

Ilustración 16-24 Sector 8. Lleno contra el muro de la carrera 5b –calle 192.



Fuente: Elaboración propia.

16.2.3 Caracterización física estructural de las edificaciones.

Por la pendiente, el emplazamiento de las edificaciones responde a una estructura escalonada o ambientes a desnivel, por lo general el sector con la cota mayor, tiene uno o dos niveles, y mientras disminuye la cota se aumentan el número de niveles, logrando 4 o más niveles en la cota inferior, y así sucesivamente entre viviendas. Ilustración 16-25.

Ilustración 16-25 Edificaciones escalonadas. Concepto gráfico y ejemplo.



Fuente: Elaboración propia.

Por lo general las edificaciones no cuentan con la asesoría durante la construcción de un profesional, obedecen a autoconstrucciones que no cumplen normatividad sismoresistente. Su sistema resistente es de muros cargueros en mampostería, bloques, confinados con elementos en concreto como columnetas y viguetas. Van entre 2 a 4 pisos o niveles. Ver Ilustracion 16-26.

Ilustración 16-26 Edificaciones en la zona de estudio.










Fuente: Elaboración propia.

Una de las condiciones que aumentan la vulnerabilidad de las edificaciones corresponde a los procesos constructivos que carecen de un diseño y cumplimiento de la normatividad sismoresistente, NSR-10, además de la construcción de los llenos de cimentación y de la

estructura de confinamiento o contención de los mismos, por tanto una de las recomendaciones es realizar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. En ocasiones los llenos de cimentación de las viviendas es superior a tres (3) metros.

Ilustración 16-27 Predio localizado en la carrera 6 calle 192 al lado del comedor comunitario Buenavista.



Fuente: Elaboración propia.

16.3 FRAGILIDAD DE LAS EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE SERVICIOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

En consecuencia, se define la fragilidad de las edificaciones frente a la amenaza evaluada o solicitación. Por lo cual se determina el factor de fragilidad de las viviendas con la ecuación establecida en la Guía del SGC-2015, que es propuesta para determinar la fragilidad por solicitaciones, empuje y desplazamientos verticales, por la materialización de deslizamientos:

$$S_e = 1 - (1 - S_{tip})(1 - S_{alt})(1 - S_{con})(1 - S_{ed})$$

En donde:
S_e: factor de fragilidad.
S_{tip}: Factor por tipología.
S_{alt}: Factor por altura.
S_{con}: Factor por estado de conservación
S_{ed}: Factor de edad de la construcción respecto su vida útil o de servicio.

De igual manera el Manual del Servicio Geológico Colombiano presenta las tablas para determinar los factores relacionados en la ecuación. El desarrollo de este análisis se muestra a continuación, donde se establece un solo valor por la condición homogénea de las características físicas de las edificaciones, donde se presenta el resultado numérico de la fragilidad y la categoría respectivamente.

Recordemos que en la guía se definen las tipologías de vivienda como se presenta a continuación.

Tabla 16-1 Tipologías de edificaciones.

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Edificaciones con reforzamiento especial	Edificaciones de concreto y acero diseñadas y construidas con requerimientos superiores a los convencionales o con la exigencia máxima de los códigos de diseño. Se incluyen las edificaciones de los grupos de importancia III y IV, definidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, que se construyeron después de 1998, con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc.
B	Edificaciones reforzadas	Edificaciones con estructura en concreto y acero de los grupos de importancia I y II construidas con pórticos en concreto reforzado,

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc. También se incluyen aquellas del grupo A construidas antes de 1998.
C	Mampostería reforzada	Aquellas edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzo (barras, láminas, pernos, platinas, etc.). También se incluyen las edificaciones en mampostería confinada.
D	Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	Edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada). También hace referencia a aquellas construcciones de las categorías A, B y C que poseen elementos de otros materiales no competentes, como por ejemplo mampostería no reforzada, adobe, bahareque, madera, tapia pisada, etc., con mayor componente de elementos de los grupos A, B y C
E	Estructuras ligeras	Edificaciones construidas con materiales tradicionales o de baja calidad, con un sistema estructural de muros cargueros. Dentro de esta tipología se incluyen las edificaciones construidas con materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y las prefabricadas.
F	Construcciones simples	Edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación. Entre estas se incluyen las edificaciones en proceso de construcción y las construidas en materiales de recuperación, pórticos y paneles de madera, y pórticos de madera y paneles en otros materiales. Son ejemplo de este tipo de Edificaciones tugurios, ranchos, campamentos, carpas, etc.
G	Lotes vacíos o en construcción	

Fuente: SGC. 2015.

Tabla 16-2. Factor de fragilidad en función de la Tipología de la Construcción.

TIPOLOGÍA	FRAGILIDAD	S_{tip}
A **- Edificaciones con reforzamiento especial**	Extremadamente Baja	0,10
B **- Edificaciones reforzadas**	Muy Baja	0,30

TIPOLOGÍA	FRAGILIDAD	S_{tip}
C **- Mampostería reforzada**	Baja	0,50
D **- Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas**	Media	0,70
E **- Estructuras ligeras**	Alta	0,90
F **- Construcciones simples**	Muy Alta	1,00

Fuente: SGC. 2015

Como se presentó en la Tabla 16-2, si el factor esta entre 0 y 0,50, la fragilidad es Baja, si el factor esta entre 0,50 y 0,90 es Media y si esta entre 0,90 y 1,00 es Alta.

Respecto a la Altura de la edificación:

Tabla 16-3 Factor de fragilidad en función de la Altura de la Construcción.

TIPOLOGÍA	Número de pisos	S_{alt}
E y/o F	≥ 2	0,90
D	≥ 4	0,90
C	≥ 4	0,60
D	2 a 3	0,60
Demás Tipologías y Alturas		0.05

Fuente: SGC. 2015. Modificado JAM 2017.

Para el factor de estado de conservación:

Tabla 16-4 Factor de fragilidad en función del estado de conservación de la Construcción.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S_{con}
Muy Bueno	No se observan deformaciones, agrietamiento o envejecimiento.	0	0,00
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados	0 a 0,5	0,05
Deformaciones Leves	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5 a 1,0	0,25

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S_{con}
Deformaciones medias	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).	1,0 a 5,0	0,50
Deformaciones graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	5,0 a 10,0	0,75
Deformaciones muy graves	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento.	≥ 10,0	1,00

Fuente: SGC. 2015. Modificado JAM 2017.

En la auscultación de las edificaciones, no se evidenciaron fallas sobre las estructuras o elementos, por tanto el estado de conservación es bueno en general para la zona de estudio, con excepción del predio localizado en la carrera 5a con calle 192c.

Ahora bien, para el factor por edad es necesario determinar la vida útil de las edificaciones, con base en la siguiente tabla podemos determinarla:

Tabla 16-5 Vida Útil de la edificación en función de la tipología.

TIPOLOGÍA		VIDA ÚTIL
A y B		50 años
C y D		30 años
E		15 años
F		2 años

Fuente: SGC. 2015. Modificado JAM 2017.

Por tanto, el factor de edad se determina por la edad de la construcción y su vida útil, esta vida útil está dada por la tipología de la edificación, en ese sentido la vida útil de las construcciones objeto de análisis, tipología C y D, son de aproximadamente 30 años, y el barrio en ese sector tiene más o menos 50 años, eso significa que la relación es mayor a 0,6, en consecuencia el factor es 0,50:

Tabla 16-6 Factor de fragilidad en función de la edad de la construcción.

EDAD DE LA EDIFICACIÓN / VIDA ÚTIL	S_{ed}
≤ 0,1	0,05
0,1 – 0,4	0,10

EDAD DE LA EDIFICACIÓN / VIDA ÚTIL	S_{ed}
0,4 – 0,6	0,30
0,6 – 0,8	0,50
0,8 – 1,0	0,70
1,0 – 1,2	0,80
> 1,2	1,00

Fuente: SGC. 2015.

Por lo tanto la fragilidad es:

$$Se = 1 - (1 - 0{,}6)(1 - 0{,}6)(1 - 0.05)(1 - 0{,}5) = 0{,}92$$

La fragilidad es alta, por las características constructivas y numero de niveles o pisos.

Respecto a la fragilidad de la infraestructura vial, la guía del SGC-2015 la define como:

"*Red vial. El parámetro de fragilidad para las vías se establece en función de su ancho, de acuerdo con la ecuación:*

$$S_{ancho} = 3{,}0 \,/ W_{via}$$

Donde:

W_{via} es el ancho de la vía en metros y 3,0 corresponde al ancho de carril mínimo para que un vehículo pueda transitar en condiciones normales"

El ancho de la vía, carrera 6, es de 8 metros en promedio, en consecuencia, S_{ancho}=0.38, lo que significa fragilidad baja. En términos conceptuales significa que a pesar de que puede obstruirse uno de los carriles, la movilidad no se ve afectada en la medida que puede quedar un carril habilitado, esto sí y solo sí, el colapso vial es parcial.

Por otra parte los senderos son menores a 3 metros, cualquier perdida de banca u obstrucción interrumpe totalmente la movilidad, por tanto la fragilidad de estos elementos es alta.

16.1 INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

El movimiento en masa analizado corresponde a un deslizamiento en suelo con una componente rotacional, donde la velocidad es muy rápido a rápido respecto a la proximidad con el filo del talud, esto conforme la clasificación de Varnes (1978) y las características de los movimientos en masa inducidos por sismos, según adaptación de Keefer (1984), ver Tabla 16-8 y Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad, ver Tabla 16-7.

Tabla 16-7 Significado del potencial destructivo de un movimiento con relación a su velocidad

DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (MM/SEG.)	TIPO VELOCIDAD	SIGNIFICADO DEL POTENCIAL DESTRUCTIVO
Extremadamente rápido	$5x10^{3}$	5 m/seg.	Catástrofe de orden superior, estructuras destruidas por impacto del material desplazado, muchas muertes, difícilmente se puede evacuar.
Muy rápido	$5*10^{1}$	3 m/min.	Algunas pérdidas de vidas, de velocidad alta pero permite evacuación de personas.
Rápido	$5*10^{-1}$	1,8 m/h	Posible evacuación estructuras, posesiones y equipos destruidos.
Moderado	$5*10^{-3}$	13 m/mes	Permanencia en pie temporalmente de estructuras livianas, de baja resistencia.
Bajo	$5*10^{-5}$	1,6 m/año	Se pueden ejecutar medidas correctivas durante el movimiento. Las estructuras livianas pueden ser rehabilitadas periódicamente si el movimiento no es suficientemente continuo en una de sus fases de desplazamiento. En la medida que se presenten las diferentes fases del movimiento se requiere de la evacuación preventiva de algunas estructuras, especialmente aquellas que se localicen en la línea de agrietamiento.
Muy Bajo	$5*10^{-7}$	1-6 mm/año	Algunas estructuras permanentes no sufren daño por el movimiento.
Extremadamente bajo			Imperceptible solo con instrumentos, las construcciones son posibles pero con precauciones.

Fuente: Adaptado por JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE de Morgenstern 1985, y por lo citado por Cruden y Varnes, 1996.

Tabla 16-8 Características de los movimientos en masa inducidos por sismos, según adaptación de Keefer (1984)

Nombre	Tipo de movimiento	Ruptura interna	Humedad				Velocidad	Profundidad
			D	U	PS	S		
DESLIZAMIENTOS EN ROCA								
Caída de roca	Rebote, rodamiento o caída libre	Alta o muy alta	X	X	X	X	Estremadamente rápido	Superficial
Deslizamiento de roca	Deslizamiento traslacional sobre superficie de cizalla	Alta	X	X	X	X	Rápido a extremadamente rápido	Superficial
Avalancha de roca	Flujo de fragmentos de roca	Muy alta	X	X	X	X	Extremadamente rápido	Profundo
Deslizamientos coherentes								
Desplome de Roca	Deslizamiento sobre una superficie de cizalla con una componente rotacional	Escasa a moderada	?	X	X	X	Lento a rápido	Profundo
Deslizamiento de bloque de roca	Deslizamiento traslacional sobre una superficie de cizalla	Escasa a moderada	?	X	X	X	Lento o rápido	Profundo
DESLIZAMIENTO EN SUELO								
Caídas y rupruras								
Caídas de suelo	Rebote . Rodamiento o caída libre	Alta o muy alta	X	X	X	X	Extremadamente rápido	Superficial
Rupturas de suelo	Deslizamiento traslacional sobre superficie de cizalla o sobre una zona debilitada	Alta	X	X	X	X	Moderada a rápido	Superficial
Avalanchas de suelo	Deslizamiento traslacional con flujo	Muy alta	X	X	X	X	Muy rápido a extremadamente rápido	Superficial
Deslizamientos coherentes								
Desplomes de suelo	Deslizamiento sobre una superificie de cizalla con una componente rotacional	Esacasa a moderada	?	X	X	X	Lento a rápido	Profundo
Deslizamiento de bloque de suelo	Deslizamiento traslacional sobre una superficie de cizalla	Esacasa a moderada	?	?	X	X	lento a muy rápido	Profundo
Flujos de tierra lentos	Deslizamiento traslacional sobre una superficie de cizalla con un flujo interno mínimo	Esacasa			X	X	Muy lento a moderado	Generalmente superficial
Desprendimientos laterales y flujos								
Desprendimientos laterales de suelo	Traslación sobre una zona de materiales blandos	Generalmente moderada			X	X	Muy rápido	Variable
Flujos de suelo rápido	Flujos	Muy alta	?	?	?	X	Muy rápido a extremadamente rápido	Superficial
Deslizamientos subacuosos	Complejo. Desprendimiento lateral y/o flujos. Ocasionalmente desplomes y deslizamientos de desplomes	Generalmente alta			X	X	Generalmente rápido a extremadamente rápido	Variable

Fuente: Adaptado de metodologías para la evaluación de la peligrosidad a los deslizamientos inducidos por terremotos. Tesis Doctoral. María J. García R. 2008. España.

Eso significa que las velocidades del movimiento están del orden de $5*10^{-2}$ m/s, o 3 metros por minuto, movimiento rápido a muy rápido.

La intensidad de este tipo de movimiento, escenario de alta velocidad de deformación o movimientos rápidos, conforme la Guía del Servicio Geológico Colombiano en su numeral 4.5.2 está dado por la presión del impacto y la profundidad del deslizamiento, en relación con el elemento o edificación.

$$I_{rap} = 1 - (1 - I_{f-pre}) \cdot (1 - I_{f-pro})$$

Donde:

I_{rap}: Parámetro de intensidad para escenarios rápidos.
$I_{f\text{-}pre}$: Parámetro de intensidad por presión de impacto.
$I_{f\text{-}prof}$: Parámetro de intensidad por profundidad del deslizamiento.

El numeral 4.5.2 de la Guía del Servicio Geológico Colombiano determina que la intensidad de daño para las edificaciones ubicadas en la zona 2 es 1,00, debido a que se espera el colapso total de la edificación por el desplazamiento vertical, que es el tipo de solicitación, ahora bien, para la zona 3, el evento no es inmediato, por tanto, pueden presentarse deformaciones importantes por impacto o empuje.

Para hallar el impacto de presión se usa la ecuación:

$$P = \frac{1}{2}\rho v^2$$

Donde:

P: Presión de impacto, en kPa

ρ: densidad de la masa movida en kg/m^3, que para el material analizado es cercano a 1800 kg/m^3

v: velocidad del deslizamiento en m/s, que para nuestro caso se toma como moderado a rápido 0.05 m/s, muy rápidos.

$$P = \frac{1}{2} \times \left(1800 \frac{kg}{m^3}\right) \times \left(0.05 \frac{m}{s}\right)^2 = 900 \frac{kg}{m^3} \times 0.0025 \frac{m^2}{s^2} = 2{,}25 \ \frac{kg}{m \cdot s^2} = 2{,}25 \ Pa$$

$$= 0.0023 \ kPa$$

una vez realizada las operación se encuentra que la presión es P=0.0023 kPa, esto para el escenario crítico.

La presión de falla para las edificaciones en función de la tipología esta dada por la tabla 4-22 de la Guía del Servicio Geologico Colombiano, en donde para edificaciones tipo C es de 11 kPa. Por tanto al realizar la relación entre la presión de impacto y la presión límite de la estructura da una relación $\frac{0.0023\ kPa}{11\ kPa} = 0.00021$, por lo tanto el parámetro de intensidad por presión de impacto despreciable, y dicha carga puede ser asumida por la edificación.

En consecuencia, la intensidad por el tipo de evento es alta, para las edificaciones localizadas en la parte alta del talud; y es baja para las edificaciones localizadas en la parte inferior del talud.

16.1.1 Evaluación de la vulnerabilidad física estructural.

Una vez conocida la fragilidad, se determina la intensidad del evento amenazante, el mismo corresponde a un escenario de alta velocidad de deformación. En este marco para todas las edificaciones asentadas en la corona (Zona 2), se espera colapso total o parcial, intensidad de daño igual a 1. El índice de vulnerabilidad se expresa como:

$$\frac{1}{2}\left(\frac{I}{1-S}\right)^2 \qquad I \leq 1 - S$$

ó

$$1 - \frac{1}{2}\left(\frac{1-I}{S}\right)^2 \qquad I > 1 - S$$

Donde I es la intensidad del evento y S el factor de fragilidad.

El resultado de la ecuación se afecta por el factor de exposición.

Una vez se determina el factor de fragilidad, se obtiene:

Para la condición actual, corto plazo, la vulnerabilidad de las edificaciones, de materializarse el evento, es media a alta para las edificaciones localizadas en la corona del talud, y para la condición futura, largo plazo, es alta. Para las edificaciones localizadas en la pata del talud la vulnerabilidad es media para la condición actual y futura.

En cuanto a los senderos localizados en la corona del movimiento o sobre los taludes críticos su vulnerabilidad es alta, porque se espera el colapso de la infraestructura. Para la vía carrera 6, la vulnerabilidad es media, y no se esperan daños físicos, solo afectaciones funcionales por la obstrucción de uno de los carriles.

Las acciones de reducción del riesgo deben enfocarse en contener la masa movilizada que corresponde a llenos entre 1 a 3 metros. También mejorando las condiciones estructurales de las viviendas, incluyendo la cimentación de las mismas hasta el estrato más competente, mejora las condiciones de vulnerabilidad, pero esto implica demoler la cimentación existente y la edificación para realizar la obra requerida cumpliendo normatividad, sin embargo, conforme los estudios de amenaza, las edificaciones localizadas en la parte alta de estas laderas, están alejadas de la zona de falla y retrogresión, y respecto a las emplazadas en llenos, estas mejoras de vivienda deben realizarse por los propietarios.

16.4 Evaluación del Riesgo

Conceptualmente definimos la Vulnerabilidad y Riesgo como:

V = **E**xposición **/ (S)** resistencia del elemento, entonces

R = A x (E/ S)

Con estas definiciones simplificadas se deduce que:

- A mayor exposición del elemento frente al evento amenazante mayor es su vulnerabilidad.

- La vulnerabilidad del elemento se reduce si la resistencia o capacidad de respuesta de este frente al evento amenazante es mayor.

- El riesgo es directamente proporcional a la amenaza y la vulnerabilidad, en consecuencia, cuando la magnitud de daño esperado y la exposición del elemento es mayor, el riesgo tiende a aumentar. A diferencia el riesgo disminuye si se reduce la espacialidad y/o magnitud del evento amenazante, si se elimina la exposición del elemento, o bien si se aumenta la capacidad de respuesta del mismo.

Para verificar los niveles de riesgo, se usa el criterio semáforo cruzando los resultados de la categoría de amenaza y vulnerabilidad como se muestra en la matriz de riesgo, soportado en la relación directamente proporcional con la amenaza y la vulnerabilidad.

Tabla 16-9 Matriz de Riesgo.

Amenaza	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alto	Alto	Medio
Media	Alto	Medio	Medio
Baja	Medio	Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración propia – criterio de experto

Conceptualmente, el riesgo asociado a las pérdidas económicas se estima en función de los costos por el daño esperado y de recuperación por lo menos de las condiciones originales de habitabilidad, pero mejorando las condiciones de seguridad, en este caso construcciones seguras.

El modo de daño, para las edificaciones y elementos en la corona del deslizamiento, conforme el análisis presentado corresponde al colapso estructural, parcial o total, por el desconfinamiento de los llenos. Lo anterior debido a la solicitación a la que está sometida la construcción, ejemplificada en desplazamientos verticales, y por la respuesta en función de su vulnerabilidad, hallada a partir del factor de fragilidad y de la exposición del elemento.

Tabla 16-10 Estimación del costo aproximado de daño

COSTO APROXIMADO DE DAÑO (%) VALOR INDICATIVO	DESCRIPCIÓN
200	Estructura completamente destruida o con daños a gran escala que requieren trabajos de ingeniería para recuperación. Pueden causarse daños importantes en propiedades adyacentes.
60	Daños extensivos en la mayoría de la estructura o se extiende más allá de los límites del sitio que requieren obras significativas de recuperación. Se pueden causar por lo menos consecuencias considerables a estructuras adyacentes.
60 20	Daños moderados en alguna parte de la estructura o parte significativa que requiere grandes trabajos de recuperación. Se puede causar por lo menos consecuencias menores a propiedades adyacentes.
20	Daños limitados en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad.
0	Daños menores (para eventos de alta probabilidad, esta categoría se puede subdividir a un límite entre valores de 0 y 1 %).

Fuente: SGC. 2015.

Conforme con los modos de daño, las pérdidas económicas esperadas superan el 200%, como resultado de la suma de los costos aproximados de daño, consecuencia de la destrucción parcial o total de los elementos, la demolición de lo que quede en pie de la estructura y la reconformación y contención en debida forma de los llenos de emplazamiento y la construcción de las nuevas edificaciones, o bien, los costos de la reubicación de las familias, la reconformación de los remanentes y las obras tendientes a mejorar el terreno por ser un terreno con cobertura urbana. Contexto que ratifica, de no realizarse la obra de estabilización, el reasentamiento es una de las decisiones más relevantes para la mitigación del riesgo. Planteamiento que deja como una de las mejores opciones de gestión del riesgo en el barrio el retiro de los elementos y la recuperación vegetal, sin que esta se plantee como alternativa, lo anterior asociado al costo beneficio, toda vez que esta medida considera el desarraigo de la comunidad, los costos de acompañamiento legal y técnico para encontrar una nueva vivienda para cada una de las familias, y la adquisición o construcción de las nuevas unidades de vivienda, sumado a lo anterior los costos de reconformación morfométrica que se deben adelantar en el espacio liberado, estos superan ampliamente el 200% de los costos de daño. El reforzamiento estructural de los llenos de cimentación de la edificación y de conformación para la infraestructura para la movilidad es una de las alternativas propuestas.

Para entender un poco mejor lo presentado en el anterior párrafo se presenta el siguiente ejemplo. Una vez se materialice el evento se presenta la pérdida total o parcial de la

edificación, sin embargo lo que queda en pie debe demolerse por la condición estructural de la edificación y para la implantación debida del lleno (100% costos del elemento - edificación) y adicionalmente se suman los valores correspondientes a la adecuación del terreno para dejarlo en condiciones aceptables y los costos de reubicación o de reconstrucción de las viviendas (100% o mayor costo del elemento), lo que se traduce en costos aproximados de daño que ampliamente superan el 200% (véase la Tabla 16-10).

El mapa de zonificación de la Vulnerabilidad Actual y Futura, y de Riesgo por Movimientos en Masa se presenta en el los mapas 14.1; 14.2 y 15.1 respectivamente.

En Conclusión:

Las edificaciones altamente vulnerables se localizan en la parte nororiental de la zona de estudio, y corresponde a las viviendas emplazadas sobre llenos con deficiencias constructivas, esperando deformaciones o colapso parcial de la estructura, lo emplazado sobre el lleno, sin embargo, las acciones de reducción del riesgo deben ser realizadas por el dueño de dicho predio, corresponde a fallas puntuales sobre predios privados.

El riesgo es bajo a medio, toda vez que los daños esperados son puntuales, a escala predial, ligeros a moderados a largo plazo, y de materializarse el evento, las edificaciones requieren de reparaciones menores, y estas deben ser asumidas por el propietario de la edificación.

17 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS NO ESTRUCTURALES.

En el presente capítulo se describirán las alternativas de intervención no estructural propuestas para cada sitio o sector identificado con riesgo medio por deslizamientos.

17.1 PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE TIPO NO ESTRUCTURAL

Estas acciones van encaminadas a la administración del territorio, la educación y concientización de la comunidad y la aplicación de normas técnicas y legales que permitan reducir el riesgo, principalmente dado por la construcción inadecuada de viviendas. Dentro de estas medidas recomendadas se tienen:

Regulación del uso del suelo

Se recomienda la restricción normativa del uso del suelo en zonas de riesgo con el fin de detener los procesos de autoconstrucción en beneficio de la estabilidad física y la alteración de las zonas verdes existentes por procesos de asentamientos.

Divulgación y promoción de nomas de urbanismo y construcción

Promover el acompañamiento a la comunidad para dar a conocer las normas de construcción con el fin de disminuir la ocupación inadecuada de zonas públicas, viviendas con bajas características físicas y rellenos de bajas propiedades mecánicas.

Educación ambiental

Se recomienda la realización de talleres de socialización para promover la educación ambiental enfocada en el adecuado tratamiento de residuos sólidos, en especial los provenientes de los procesos constructivos que la comunidad ha realizado, los cuales se disponen de maneras inadecuadas y son acumulados en laderas o para conformar terrazas, lo cual genera inestabilidades locales debido a las bajas propiedades físicas de estos materiales. El objetivo fundamental es concientizar a la comunidad de la importancia de disponer adecuadamente estos materiales y evitar así su acumulación en zonas de alta pendiente y en espacio público.

Capacitación publica en métodos constructivos de vivienda

Se recomienda la realización de talleres de socialización en los que se enseñe a la comunidad técnicas adecuadas de construcción para reducir al máximo prácticas constructivas artesanales que dan como resultado viviendas con materiales de bajas propiedades físicas.

Divulgación publica sobre las condiciones de riesgo

Se recomienda la realización de talleres de socialización en donde se comunique a la comunidad las condiciones de riesgo, los detonantes para condiciones de riesgo, el panorama actual del sector y los planes de contingencias en caso de la materialización de un evento.

Recomendación de estudio geotécnico detallado en predios privados en los sitios 1, 2 y 5

Estos sitios corresponden a predios privados, que deben ser construidos con la rigurosidad técnica y bajo la normativa vigente.

Información Pública

Se recomienda suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

Para esto se deben realizar campañas educativas participativas que lleven a la comunidad a entender y apropiar los conceptos de:

- El nivel de riesgo a que están expuesto.
- Identificación de agentes contribuyentes a fenómenos de remoción en masa e inestabilidad y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
- Beneficios de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser la construcción y el mantenimiento de las mismas.
- Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
- Potenciar los sistemas de alarma existentes y planes de contingencia para que la población conozca las acciones a seguir en caso de que se presenten eventos.

Estas campañas deben ser realizadas por cada una de las entidades responsables mediante charlas, talleres participativos, cartillas de fácil entendimiento, divulgación, entre otros que permitan la adecuada apropiación de los conceptos.

Planes de contingencia e Incorporación de los planes de Gestión del Riesgo en el POT

Se recomienda realizar trabajo mancomunado con la comunidad, en el que se informe y se establezcan los procedimientos que se deben seguir en caso de la materialización de un evento. Adicionalmente se debe incentivar el estudio y seguimiento del riesgo.

Mejoramiento y fortalecimiento del sistema de comunicaciones y el sistema de alerta temprana

Se recomienda establecer un canal continuo de información y participación en el que se de alerta temprana en zonas de posibles materialización de eventos. Este canal tendrá como objetivo una comunicación bilateral en la que la comunidad informe oportunamente alteraciones en el sector para que puedan ser atendidas y seguidas por las entidades, así como las diferentes entidades tendrán el compromiso de informar a la comunidad sobre cualquier riesgo existente.

Mantenimiento y limpieza de estructuras hidráulicas y redes de alcantarillado y acueducto: Se recomienda el constante seguimiento y mantenimiento de las redes de acueducto y alcantarillado con el fin de evitar acumulación o fuga de agua que pueda contribuir a la inestabilidad del terreno.

Estudio detallado de daño en sistemas de alcantarillado en el barrio Buenavista

Se recomienda el estudio, revisión e intervención de la empresa de alcantarillado y acueducto de Bogotá en las redes de la parte alta del talud del sitio 1, esto debido a que en este sector se identificó mediante visitas de campo y se constató con la comunidad la presencia de agua que emerge del talud constantemente.

Estudio detallados previos a la fase de construcción de obras de mitigación

Se recomienda que los propietarios de los predios privados localizados en los sitios críticos que aún no se encuentran edificados, realicen estudios geotécnicos y sigan la normatividad técnica en caso de edificar, esto con el fin de garantizar la estabilidad del terreno, de la misma manera, las entidades públicas que ejecuten algún tipo de obra o intervención no deben hacerlo sin antes realizar el estudio geotécnico de detalle y complementar las obras con medidas de contención y estabilidad.

Seguimiento y estudio de aparentes deformaciones en muro de contención existente en el sitio 8

Se recomienda realizar seguimiento al muro de contención localizado en el sitio 8, en el que se identifican deformaciones en la parte superior, las cuales podrían generar problemas a largo plazo.

17.2 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS NO ESTRUCTURALES.

17.2.1 Alternativa general de intervención

Al encontrarse en amenaza media y baja para el polígono de estudio en general se estudiaron las siguientes alternativas.

1. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción

2. Educación ambiental.

3. Divulgación pública sobre condiciones de riesgo.

17.3 DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO.

17.3.1 Consideraciones técnicas.

Las consideraciones técnicas para tener en cuenta dentro de la evaluación del componente técnico de alternativas son principalmente:

- Personal requerido.
- Regulación normativa

Tabla 17-1 Consideraciones técnicas

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS		
	ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**
BUENAVISTA	**DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN.**	**EDUCACIÓN AMBIENTAL.**	**DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO.**
	a. Requiere de un acompañamiento por parte de profesionales sociales y profesionales en ingeniería civil.	a. Requiere de un acompañamiento por parte de un profesional en ingeniería ambiental y acompañamiento de profesionales sociales.	a. Requiere de un acompañamiento por parte de un profesional en ingeniería civil y acompañamiento de profesionales sociales.
	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS		
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
	c. Tema socialmente más aceptable por parte de la comunidad.	c. Requiere recurrencia	c. Tema socialmente complicado por su naturaleza

17.3.1 Consideraciones ambientales y sociales

Las medidas no estructures requieren de un acompañamiento muy cercano de la comunidad ya que su principal propósito es capacitar, en términos medioambientales están encaminadas a reducir el impacto de las intervenciones de la comunidad en el territorio.

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS		
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
BUENAVISTA	**DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN.**	**EDUCACIÓN AMBIENTAL.**	**DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO.**
	a. No requiere de intervención directa en la zona	a. No requiere de intervención directa en la zona	a. No requiere de intervención directa en la zona
	b. El enfoque de la solución está dado en capacitar a la población en la normativa para intervenir el sector.	b. El enfoque de la solución está dado en capacitar a la población en el manejo de residuos y disposición de material.	b. El enfoque de la solución está dado en capacitar a la población en las condiciones que generan Riego en el sector.
	c. Tema socialmente más aceptable por parte de la comunidad.	c. Requiere recurrencia	c. Tema socialmente complicado por su naturaleza

17.3.1 Consideraciones económicas

En la evaluación económica se tiene en cuenta con base en precios de referencia del IDU y experiencias previas del consultor en Bogotá.

Para el sector de estudio se recomiendan acciones preventivas y correctivas de carácter no estructural. Para esto se presenta una matriz de responsabilidad en la que se sintetizan las medidas propuestas, las medidas recomendadas y la entidad encargada de su ejecución.

Las consideraciones generales para realizar la evaluación de alternativas involucran el componente técnico, económico, social y ambiental. Como producto final de la evaluación se obtiene una matriz de comparación donde se seleccionará la alternativa más favorable desde los tres (3) criterios de evaluación.

17.3.1.1 *DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN*

En general esta medida busca informar a la comunidad sobre técnicas y normas de construcción tanto de urbanismo como de edificaciones, con el fin de que la comunidad evite ejecutar procesos de autoconstrucción, el uso de materiales de baja calidad, técnicas inadecuadas y desconfinamiento de material por cortes y rellenos sin control.

Se proyecta una duración de un mes, en la que se realizaran 4 reuniones con la comunidad (una reunión para cada fin de semana).

Para poder cumplir con el alcance propuesto para esta alternativa se contempla en el presupuesto los siguientes profesionales:

- Profesional Social: Será el encargado de establecer los canales de comunicación entre la comunidad, los líderes sociales y el componente técnico. Organizará y clasificará las inquietudes de la comunidad y velará por atenderlas oportunamente. El profesional social se encargará entonces de convocar, coordinar y presidir los encuentros con la comunidad, así como de divulgar la información. Para esto el profesional social tendrá una dedicación de tiempo completo durante un mes.

- Especialista en Estructuras: Se encargará de trasmitir la información técnica de la manera más clara y simple posible a la comunidad. Previo a las charlas con la comunidad debe recopilar información sobre las condiciones estructurales y urbanísticas del sector para saber el enfoque dado a la comunidad, preparará el material audio visual y el material de apoyo (folletos o cartillas) para las reuniones. Adicionalmente deberá responder a las inquietudes de la comunidad recolectadas por el profesional social. Este profesional tendrá una dedicación del 50% durante el mes de ejecución de esta medida.

- Tecnólogo en construcciones civiles: Apoyará al profesional social y en especial al Especialista en Estructuras en la atención de inquietudes a partir de fundamentos técnicos, en la elaboración de material audiovisual y de apoyo. Este profesional tendrá una dedicación del 50% durante el mes de ejecución de esta medida.

Respecto a los insumos requeridos para la materialización de esta alternativa se requieren:

- Transporte del personal a los sitios de reunión.
- Alquiler de espacios para la ejecución de las socializaciones.

- Refrigerios para los asistentes.
- Alquiler de Video Beam.
- Papelería e insumos de oficina necesarios para la elaboración de volantes de convocatoria, material de apoyo (folletos, cartillas), informes, etc.
- Comunicación y otros.

Finalmente se tiene que el costo total de esta alternativa es de $32.046.010 (Treinta y dos millones cuarenta y seis mil diez pesos), de los cuales $22.287.600 (Veintidós millones doscientos ochenta y siete mil seiscientos pesos) corresponden a costos del personal y $4.141.820 (Cuatro millones ciento cuarenta y un mil doscientos ochenta pesos) a costos operacionales.

Tabla 17-2 Costos Divulgación y Promoción de Normas de Urbanismo y Construcción.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS						
DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN						
DURACION (meses): 1						
PERSONAL ESPECIALISTA, PROFESIONAL O DE APOYO	CANTIDAD DE PERSONAL POR CATEGORIA O ACTIVIDAD	CATEGORIA	Vr. H/MES $ SEGÚN CATEGORIA	DURACIÓN	DEDICACION TOTAL HOMBRES	COSTO ($) TOTAL HOMBRES
ESPECIALISTAS Y/O PROFESIONALES						
Profesional Social	1	5	$ 5,875,000	1.00	1.00	$ 5,875,000
Especialista en Estructuras	1	4	$ 6,514,000	1.00	0.50	$ 3,257,000
Tecnólogo en Construcciones Civiles	1	N/A	$ 2,452,000	1.00	0.50	$ 1,226,000
SUBTOTAL						$ 10,358,000
SUBTOTAL 1	FACTOR MULTIPLICADOR		2.20			$ 22,787,600
COSTOS OPERACIONALES						
ALQUILER EQUIPO, SUMINISTROS Y OTROS ELEMENTOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($)			COSTO TOTAL PARA EL PROYECTO ($)
Transporte a sitios de reunión	4	dia	$ 200,133			$ 800,532
Alquiler de espacios para ejecución de reuniones con la comundiad	4	día	$ 150,000			$ 600,000
Refrigerios para participanetes de la comundiad	300	Und	$ 3,500			$ 1,050,000
Video Beam	4	día	$ 101,150			$ 404,600
Papelería para volantes, folletos, planillas de asistencia e informes	1	mes	$ 786,688			$ 786,688
Comunicaciones y otros	1	un / mes	$ 500,000	-		$ 500,000
SUBTOTAL 2						$ 4,141,820
SUBTOTAL (1 + 2)						$ 26,929,420.00
IVA 19%						$ 5,116,590.00
SUBTOTAL PERSONAL Y COSTOS OPERACIONALES INCLUYE I.V.A						$ 32,046,010.00

17.3.1.2 *EDUCACIÓN AMBIENTAL*

En general esta medida busca informar a la comunidad sobre la importancia del medio ambiente, la disposición adecuada de los materiales provenientes de la construcción y la importancia de reportar daños para contar con un adecuado sistema de alcantarillado

Se proyecta una duración de un mes, en la que se realizaran 6 reuniones con la comunidad.

Para poder cumplir con el alcance propuesto para esta alternativa se contempla en el presupuesto los siguientes profesionales:

- Profesional Social: Será el encargado de establecer los canales de comunicación entre la comunidad, los líderes sociales y el componente técnico. Organizará y clasificará las inquietudes de la comunidad y velará por atenderlas oportunamente. El profesional social se encargará entonces de convocar, coordinar y presidir los encuentros con la comunidad, así como de divulgar la información. Para esto el profesional social tendrá una dedicación de tiempo completo durante un mes.

- Profesional Ambiental: Se encargará de trasmitir la información técnica de la manera más clara y simple posible a la comunidad. Previo a las charlas con la comunidad debe recopilar información sobre las condiciones ambientales del sector para saber el enfoque dado a la comunidad, preparará el material audio visual y el material de apoyo (folletos o cartillas) para las reuniones. Adicionalmente deberá responder a las inquietudes de la comunidad recolectadas por el profesional social. Este profesional tendrá una dedicación del 50% durante el mes de ejecución de esta medida.

- Auxiliar de ingeniería: Apoyará al profesional social y en especial al Profesional Ambiental en la atención de inquietudes a partir de fundamentos técnicos, en la elaboración de material audiovisual y de apoyo. Este profesional tendrá una dedicación del 50% durante el mes de ejecución de esta medida.

Respecto a los insumos requeridos para la materialización de esta alternativa se requieren:

- Transporte del personal a los sitios de reunión.
- Alquiler de espacios para la ejecución de las socializaciones.
- Refrigerios para los asistentes.
- Alquiler de Video Beam.
- Papelería e insumos de oficina necesarios para la elaboración de volantes de convocatoria, material de apoyo (folletos, cartillas), informes, etc.
- Comunicación y otros.

Finalmente se tiene que el costo total de esta alternativa es de $32.908.362 (Treinta y dos millones novecientos ocho mil trescientos sesenta y dos pesos), de los cuales $22.084.700 (Veintidós millones ochenta y cuatro mil setecientos pesos) corresponden a costos del

personal y $5.569.386 (Cinco millones quinientos sesenta y nueve mil trescientos ochenta y seis pesos) a costos operacionales.

Tabla 17-3 Costos Educación Ambiental.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS						
EDUCACIÓN AMBIENTAL						
DURACION (meses): 1						
PERSONAL ESPECIALISTA, PROFESIONAL O DE APOYO	CANTIDAD DE PERSONAL POR CATEGORIA O ACTIVIDAD	CATEGORIA	Vr. H/MES $ SEGÚN CATEGORIA	DURACIÓN	DEDICACION TOTAL HOMBRES	COSTO ($) TOTAL HOMBRES
ESPECIALISTAS Y/O PROFESIONALES						
Profesional Social	1	5	$ 5,875,000	1.00	1.00	$ 5,875,000
Profesional Ambiental	1	5	$ 5,875,000	1.00	0.50	$ 2,937,500
Auxiliar de ingeniería	1	N/A	$ 2,452,000	1.00	0.50	$ 1,226,000
SUBTOTAL						$ 10,038,500
SUBTOTAL 1	FACTOR MULTIPLICADOR		2.20			$ 22,084,700
COSTOS OPERACIONALES						
ALQUILER EQUIPO, SUMINISTROS Y OTROS ELEMENTOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($)			COSTO TOTAL PARA EL PROYECTO ($)
Transporte a sitios de reunión	6	día	$ 200,133			$ 1,200,798
Alquiler de espacios para ejecución de reuniones con la comundiad	6	día	$ 150,000			$ 900,000
Refrigerios para participanetes de la comundiad	450	Und	$ 3,500			$ 1,575,000
Video Beam	6	día	$ 101,150			$ 606,900
Papelería para volantes, folletos, planillas de asistencia e informes	1	mes	$ 786,688			$ 786,688
Comunicaciones y otros	1	un / mes	$ 500,000	-		$ 500,000
SUBTOTAL 2						$ 5,569,386
SUBTOTAL (1 + 2)						$ 27,654,086.00
IVA 19%						$ 5,254,276.00
SUBTOTAL PERSONAL Y COSTOS OPERACIONALES INCLUYE I.V.A						$ 32,908,362.00

17.3.1.3 *DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO*

En general esta medida busca informar a la comunidad sobre temas referentes al riesgo, como definiciones, gestión del riesgo, detonantes, métodos de alerta y mitigación, entre otros.

Se proyecta una duración de un mes, en la que se realizaran 4 reuniones con la comunidad.

Para poder cumplir con el alcance propuesto para esta alternativa se contempla en el presupuesto los siguientes profesionales:

- Profesional Social: Será el encargado de establecer los canales de comunicación entre la comunidad, los líderes sociales y el componente técnico. Organizará y clasificará las inquietudes de la comunidad y velará por atenderlas oportunamente. El profesional social se encargará entonces de convocar, coordinar y presidir los encuentros con la comunidad, así como de divulgar la información. Para esto el profesional social tendrá una dedicación de tiempo completo durante un mes.

- Especialista en Geotecnia: Se encargará de trasmitir la información técnica de la manera más clara y simple posible a la comunidad. Previo a las charlas con la comunidad debe recopilar información sobre las condiciones de estabilidad y amenaza del sector para saber el enfoque dado a la comunidad, preparará el material audio visual y el material de apoyo (folletos o cartillas) para las reuniones. Adicionalmente deberá responder a las inquietudes de la comunidad recolectadas por el profesional social. Este profesional tendrá una dedicación del 50% durante el mes de ejecución de esta medida.

- Auxiliar de Social: Apoyará al profesional social en las actividades de atención a la comunidad, debido a que el tema de riesgo puede llegar a ser un tema sensible y preocupante para la comunidad, así que para esta alternativa las labores deben ser más rigurosas con el fin de que la comunidad cuente con información clara y precisa.

Respecto a los insumos requeridos para la materialización de esta alternativa se requieren:

- Transporte del personal a los sitios de reunión.
- Alquiler de espacios para la ejecución de las socializaciones.
- Refrigerios para los asistentes.
- Alquiler de Video Beam.
- Papelería e insumos de oficina necesarios para la elaboración de volantes de convocatoria, material de apoyo (folletos, cartillas), informes, etc.
- Comunicación y otros.

Finalmente se tiene que el costo total de esta alternativa es de $34.844.652 (Treinta y cuatro millones ochocientos cuarenta y cuatro mil seiscientos cincuenta y dos pesos), de los cuales

$25.139.400 (Veinticinco millones ciento treinta y nueve mil cuatrocientos pesos) corresponden a costos del personal y $4.141.820 (Cuatro millones ciento cuarenta y un mil ochocientos veinte pesos) a costos operacionales.

Tabla 17-4 Costos Divulgación Pública Sobre Condiciones de Riesgo.

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS						
DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO						
DURACION (meses): 1						
PERSONAL ESPECIALISTA, PROFESIONAL O DE APOYO	CANTIDAD DE PERSONAL POR CATEGORIA O ACTIVIDAD	CATEGORIA	Vr. H/MES $ SEGÚN CATEGORIA	DURACIÓN	DEDICACION TOTAL HOMBRES	COSTO ($) TOTAL HOMBRES
ESPECIALISTAS Y/O PROFESIONALES						
Profesional Social	1	5	$ 5,875,000	1.00	1.00	$ 5,875,000
Especialusta en Geotecnia	1	4	$ 6,200,000	1.00	0.50	$ 3,100,000
Auxiliar social	1	N/A	$ 2,452,000	1.00	1.00	$ 2,452,000
SUBTOTAL						$ 11,427,000
SUBTOTAL 1	FACTOR MULTIPLICADOR		2.20			$ 25,139,400
COSTOS OPERACIONALES						
ALQUILER EQUIPO, SUMINISTROS Y OTROS ELEMENTOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO ($)			COSTO TOTAL PARA EL PROYECTO ($)
Transporte a sitios de reunión	4	dia	$ 200,133			$ 800,532
Alquiler de espacios para ejecución de reuniones con la comundiad	4	día	$ 150,000			$ 600,000
Refrigerios para participanetes de la comundiad	300	Und	$ 3,500			$ 1,050,000
Video Beam	4	día	$ 101,150			$ 404,600
Papelería para volantes, folletos, planillas de asistencia e informes	1	mes	$ 786,688			$ 786,688
Comunicaciones y otros	1	un / mes	$ 500,000	-		$ 500,000
SUBTOTAL 2						$ 4,141,820
SUBTOTAL (1 + 2)						$ 29,281,220.00
IVA 19%						$ 5,563,432.00
SUBTOTAL PERSONAL Y COSTOS OPERACIONALES INCLUYE I.V.A						$ 34,844,652.00

17.4 MATRIZ DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA MÁS FAVORABLE

El análisis de comparación de alternativas se realiza con un análisis cuantitativo en el cual se calificará cada una de las alternativas con los criterios técnicos, ambientales y económicos establecidos previamente con tres niveles de ponderación los cuales corresponde a: altamente favorable (3), favorable (2) y poco favorable (1).

17.4.1 Criterio técnico

Los criterios técnicos establecidos están basados principalmente en: solución de la problemática identificada en la zona de estudio.

Altamente Favorable (3): Soluciona la problemática de manera integral.

Favorable (2): Se soluciona parcialmente la problemática.

Poco favorable (1): No soluciona de manera integral la problemática.

17.4.2 6.2.3.1.1 Criterio ambiental y social

Los criterios ambientales tendrán en cuenta que la alternativa a implementarse genere los menores impactos en el ecosistema y biodiversidad existente.

Altamente Favorable (3): La implementación de la alternativa no impacta significativamente el ambiente y está enfocado socialmente a capacitar.

Favorable (2): La implementación de la alternativa tiene un impacto medio el ambiente y está enfocado socialmente a capacitar.

Poco favorable (1): La implementación de esta alternativa impacta el sector de estudio y podría tener dificultades sociales.

17.4.3 Criterio Económico

El criterio económico está basado en la inversión total que debe realizarse en cada una de las alternativas propuestas, incluyendo mano de obra, compra y transporte de materiales, así como tiempo de ejecución.

Altamente Favorable (3): La alternativa que genera una menor inversión económica.

Favorable (2): La alternativa que genera una mediana inversión económica.

Poco favorable (1): La alternativa que genera una mayor inversión económica.

17.4.4 Matriz de comparación

En la Tabla 18-4 se presentan la matriz de comparación resumen de los 8 sectores de intervención.

Tabla 17-5 Resumen comparación alternativas por sector

	CRITERIO	Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción	Puntaje	Educación ambiental.	Puntaje	Divulgación pública sobre condiciones de riesgo	Puntaje
BUENAVISTA	**TÉCNICO**	La implementación de esta medida está encaminada a atacar el principal problema del sector el cual es la construcción de viviendas sin el cumplimiento estricto de las normas vigentes.	3	La implementación de esta medida está encaminada a atacar la segunda causa evidenciable de la zona la cual corresponde a la disposición errónea de residuos sólidos en la zona.	2	La implementación de esta alternativa está encaminada a socializar las actitudes de la comunidad que generan riesgo en sus vecinos.	2
	AMBIENTAL		3		3		3
	ECONÓMICO		3		3		1
	TOTAL	**9**		**8**		**6**	

Como resultado del análisis se selecciona la alternativa Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción, sin embargo se deben tener en cuenta las particularidades las cuales estudiamos en el capítulo 15.

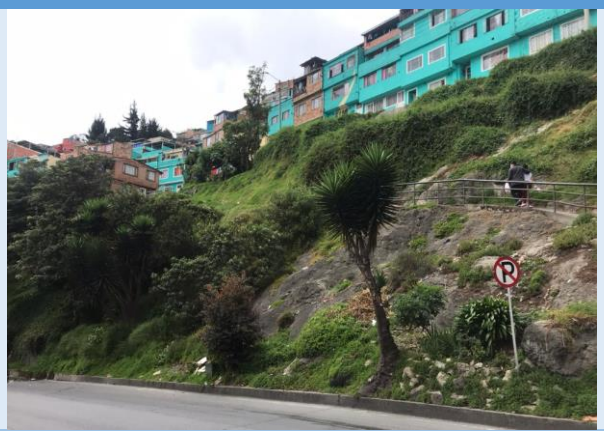
Incluir un análisis detallado de las redes de acueducto y alcantarillado de la zona debido a los reboses e infiltraciones evidenciadas.

Para los sectores estudiados en el capítulo 15 se hacen las siguientes recomendaciones:

18 RECOMENDACIONES PARTICULARES.

Para los sectores estudiados en el capítulo 15 se realizó un análisis comparativo de las posibles alternativas no estructurales de mitigación del riesgo que se pueden llegar a implementar para el control de los movimientos en masa potenciales en el barrio Buenavista, es importante resaltar que según lo concluido en el capítulo 15 estos movimientos en su mayoría son causados por las malas prácticas de construcción y la falta de capacidad hidráulica de las redes de servicio de la zona, como por ejemplo la aparición de agua de infiltración en el talud del sector 1.

Tabla 18-1 Recomendaciones particulares por sector de intervención

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
1		1. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción. 2. Educación ambiental. 3. Divulgación publica sobre condiciones de riesgo.

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
2		1. Estudio geotécnico de detalle antes de intervenir o edificar el predio. 2. Educación ambiental. 3. Divulgación publica sobre condiciones de riesgo.
3		1. Estudio geotécnico de detalle antes de intervenir o edificar el predio. 2. Educación ambiental. 3. Divulgación publica sobre condiciones de riesgo.
4		1. Regulación del uso del suelo. 2. Educación ambiental. 3. Divulgación publica sobre las condiciones de riesgo.

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
5		1. Regulación del uso del suelo. 2. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción. 3. Divulgación publica sobre las condiciones de riesgo.
6A		1. Estudio geotécnico de detalle antes de intervenir o edificar el predio. 2. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción. 3. Educación ambiental. 4. Mejoramiento y fortalecimiento del sistema de comunicaciones y el sistema de alertas tempranas.
6B		1. Estudio geotécnico de detalle antes de intervenir o edificar el predio. 2. Educación ambiental. 3. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción. 4. Mejoramiento y fortalecimiento del sistema de

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
		comunicaciones y el sistema de alertas tempranas.
7A		1. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción. 2. Capacitación publica en métodos constructivos de vivienda. 3. Educación ambiental.
7B		1. Estudio geotécnico de detalle antes de intervenir o edificar el predio. 2. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción. 3. Capacitación publica en métodos constructivos de vivienda. 4. Educación ambiental.

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
8		1. Instrumentación geotécnica. 2. Educación ambiental. 3. Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción.

18.1.1 Consideraciones técnicas.

Las consideraciones técnicas para tener en cuenta dentro de la evaluación del componente técnico de alternativas son principalmente:

- Personal requerido.
- Regulación normativa

Tabla 18-2 Consideraciones técnicas

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS			CONSIDERACIÓN PARTICULAR.
	ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**	
1	**DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE NORMAS DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN.**	**EDUCACIÓN AMBIENTAL.**	**DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE CONDICIONES DE RIESGO.**	
	a. Requiere de un acompañamiento por parte de profesionales sociales y profesionales en ingeniería civil.	a. Requiere de un acompañamiento por parte de un profesional en ingeniería ambiental y acompañamiento de profesionales sociales.	a. Requiere de un acompañamiento por parte de un profesional en ingeniería civil y acompañamiento de profesionales sociales.	El sector tiene una particularidad predial ya que está compuesta por predios públicos y privados, ver capitulo predial.
	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	
	c. Tema socialmente más aceptable por parte de la comunidad.	c. Requiere recurrencia	c. Tema socialmente complicado por su naturaleza	
2	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona.			Predio privado.
3	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona.			Predio privado.
4	**REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO.**	**EDUCACIÓN AMBIENTAL.**	**DIVULGACIÓN PÚBLICA SOBRE LAS CONDICIONES DE RIESGO.**	
	a. Requiere de un saneamiento legal del predio, ver anexo predial.	a. Requiere de un acompañamiento por parte de un profesional en ingeniería ambiental y acompañamiento de profesionales sociales.	a. Requiere de un acompañamiento por parte de profesionales en ingeniería y profesional social.	Predio con particularidades prediales y Rupi.

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS			CONSIDERACIÓN PARTICULAR.
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	
	b. Requiere de un diseño como por ejemplo un parque para generar apropiación del predio.	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	b. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.	
	c. Requiere de un acompañamiento y disposición de la comunidad.			
5	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona.			Sobre los sectores 5-6A-6B-7A-7B, se realiza la misma recomendación "**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO." Debido a que hacen parte de un predio privado, véase condición predial.**
6A	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona.			Sobre los sectores 5-6A-6B-7A-7B, se realiza la misma recomendación "**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO." Debido a que hacen parte de un predio privado, véase condición predial.**
6B	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona.			Sobre los sectores 5-6A-6B-7A-7B, se realiza la misma

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS			CONSIDERACIÓN PARTICULAR.
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	
				recomendación **"ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO." Debido a que hacen parte de un predio privado, véase condición predial.**
7A	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona.			Sobre los sectores 5-6A-6B-7A-7B, se realiza la misma recomendación **"ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO." Debido a que hacen parte de un predio privado, véase condición predial.**
7B	**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO.**			
	Predio privado, el cual requiere para ser desarrollado de un estudio geotécnico detallado por parte del dueño con el fin de no causar inestabilidad en la zona..			Sobre los sectores 5-6A-6B-7A-7B, se realiza la misma recomendación **"ESTUDIO GEOTÉCNICO DE DETALLE ANTES DE INTERVENIR O EDIFICAR EL PREDIO." Debido a que hacen parte de un predio privado, véase condición predial.**
8	**MURO DE CONTENCIÓN**			
	El sector es de poca área con un problema puntual de un relleno se considera recomendar un muro de contención para confinar el mismo, y diseñar un sistma de intrumentacion geotécnica para el muro existente.			

18.1.1 Consideraciones Catastrales

Para los sectores es importante realizar la recopilación de información catastral con el fin de identificar si las obras recomendadas están localizadas en predios privados o públicos. Como resultado de la recopilación de información catastral se obtiene lo siguiente:

- Sitio 1: Sobre el sitio 6 se identifican 6 predios, de los cuales 3 son privados y 3 públicos.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR	ESTE	NORTE
KR 5 D 189 B-43	AAA0117KUAW	Privado	50N-679481	1	105662,7	118868,8
	No aplica	Público	No aplica	1	105659,6	118842,9
	No aplica	Público	No aplica	1	105660,4	118899,6
CL 190 5 D 64	AAA0117KUBS	Privado	50N-679482	1	105676,6	118900,6
	No aplica	Público	No aplica	1	105685,0	118922,3
KR 6 190 30	AAA0117KUCN	Privado	50N-679483	1	105665,8	118931,6

- Sitio 2: El sector 2 se encuentra localizado sobre un predio de origen **privado**.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR	ESTE	NORTE
AK 7 191-2	AAA0117KPEA	Privado	50N-83034	2	105567,0	119021,5

- Sitio 3: El sector 3 se encuentra localizado sobre un predio de origen **privado**.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR	ESTE	NORTE
AK 7 191 A-30	AAA0117KPFT	Privado	50N-20086763	3	105585,4	119070,3

- Sitio 4: El sector 4 se encuentra localizado sobre un predio de origen público.

- Sitio 5: El sector 5 se encuentra localizado sobre un predio de origen privado.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR	ESTE	NORTE
CL 192 C 6-20	AAA0117KTLW	Privado	50N-577253	4	105671,2	119167,5

- Sitio 6A y 6B: Los sitios 6A y 6B se encuentran localizados sobre un predio de origen privado.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR	ESTE	NORTE
CL 192D 5-3	AAA0117KULF	Privado	50N-679471	6A- 6B	105708,8	119150,6

- Sitio 7A: El sector 7A se encuentra localizado sobre un predio de origen privado.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR	ESTE	NORTE
CL 192D 5-3	AAA0117KULF	Privado	50N-679471	6A- 6B-7A	105708,8	119150,6

- Sitio 7B: Este sitio se encuentra localizado sobre el CIV 1000082.

Ilustración 18-1 Esquema localización sitios críticos y predios identificados



18.2 Resumen

18.2.1 Sector 1.

Para el Sector uno se recomienda la instrumentación geotécnica de los taludes existentes con el fin de identificar si se presentan movimientos en el tiempo, además del realizar una evaluación temporal de las condiciones y estado de las estructuras existentes (concreto lanzado, muros gaviones y muro de contención en concreto), todo esto con el fin de identificar procesos que puedan afectar este sector.

Otro aspecto de vital importancia en este Sector es el estudio detallado de redes hidráulicas por parte del Acueducto, con el fin de identificar y posteriormente solucionar la circulación de agua a través del talud de manera constante, esto teniendo en cuenta que la humedad proporcionada por los daños en las redes pueden llegar convertirse en un factor detonante para la materialización de eventos por remoción en masa.

18.2.2 Sector 2.

En este Sector por tratarse de un predio privado, se recomienda que en caso de ser intervenido y construido se realice previamente un estudio geotécnico de detalle en el que se garantice la estabilidad del terreno. Por otro lado, se hace importante el trabajo con la comunidad, mediante talleres y socializaciones en las que se concientice a la comunidad de la importancia de la adecuada disposición de los residuos sólidos, en especial aquellos provenientes de construcción y demolición, los cuales son acumulados por la comunidad en la parte superior del talud, formando rellenos que podrían generar inestabilidades en el futuro debido a sus bajas propiedades mecánicas y su falta de confinamiento y compactación.

18.2.3 Sector 3.

En este Sector por tratarse de un predio privado, se recomienda que en caso de ser intervenido y construido se realice previamente un estudio geotécnico de detalle en el que se garantice la estabilidad del terreno. Por otro lado, se hace importante el trabajo con la comunidad, mediante talleres y socializaciones en las que se concientice a la comunidad de la importancia de la adecuada disposición de los residuos sólidos, en especial aquellos provenientes de construcción y demolición, los cuales son acumulados por la comunidad en la parte superior del talud, formando rellenos que podrían generar inestabilidades en el futuro debido a sus bajas propiedades mecánicas y su falta de confinamiento y compactación.

18.2.4 Sector 4.

Se recomienda realizar el constante seguimiento de las condiciones de ocupación de este sector, con el fin de evitar algún tipo de asentamiento o uso inadecuado de esta área. Lo que garantizaría que las condiciones actuales no se modifiquen.

En este Sector se identificó en la parte baja del talud un muro de contención en piedra y concreto construido de manera artesanal por la comunidad, por lo que se requiere también un trabajo con esta comunidad en la que se expongan normas de construcción y urbanismo, en las que se demuestre la importancia de no intervenir de manera inadecuada zonas de alta pendiente en donde se pueden causar inestabilidades por la ejecución de cortes o rellenos sin las condiciones técnicas adecuadas.

18.2.5 Sector 5.

Se recomienda realizar el constante seguimiento de las condiciones de ocupación de este sector, con el fin de evitar algún tipo de asentamiento o uso inadecuado de esta área. Lo que garantizaría que las condiciones actuales no se modifiquen. Se recomienda además un estudio geotécnico de detalle en caso de intervenirse esta zona.

18.2.6 Sector 6A y 6B.

Para este Sector se recomienda el trabajo con la comunidad mediante talleres y socializaciones en las que se enseñen técnicas de construcción adecuadas, la importancia de la construcción bajo la normatividad vigente, materiales de construcción adecuados y la importancia de realizar cortes y rellenos controlados. Este trabajo con la comunidad debe ser complementado con implementación de educación ambiental en la que se enseñe a disponer adecuadamente de los resisados sólidos en especial los provenientes de construcción, en donde se concientice el problema que acarrea su acumulación en zonas de alta pendiente en donde pueden generar problemas de inestabilidad.

Se recomienda también la remoción de escombros y rellenos del colapso del muro en cilindros de concreto en el Sector 6 A.

18.2.7 Sector 7A y 7B.

Para este Sector se recomienda el trabajo con la comunidad mediante talleres y socializaciones en las que se enseñen técnicas de construcción adecuadas, la importancia de la construcción bajo la normatividad vigente, materiales de construcción adecuados y la importancia de realizar cortes y rellenos controlados. Este trabajo con la comunidad debe ser complementado con implementación de educación ambiental en la que se enseñe a disponer adecuadamente de los resisados sólidos en especial los provenientes de

construcción, en donde se concientice el problema que acarrea su acumulación en zonas de alta pendiente en donde pueden generar problemas de inestabilidad.

18.2.8 Sector 8.

También es importante resaltar que el muro localizado en este Sector muestra deformaciones en la parte superior, por lo que se recomienda realizar la instrumentación geotécnica con el fin de realizar intervenciones tempranas en caso de daños graves en la estructura del muro.

Tabla 18-3 Matriz de responsabilidades

PLAN GENERAL DE ACCIONES	TIPO DE ACCIÓN	ORDEN LOCAL		ORDEN DISTRITAL								
		PRV	FDL - USQ	SDP	SDA	SDHT	IDIGER	CVP	IDU	ERU	EAB-ESP	DADEP
MEDIDAS NO ESTRUCTURALES												
1- Regulación del Uso del Suelo	**P, E, Rec,**			**1**	**2**	**1**	**3**					**2**
2- Programas complementarios de Generación de Ingresos y participación comunitaria.												
Divulgación y promoción de nomas de urbanismo y construcción.	**TS**		**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**2**				
Educación ambiental	**TS**		**1**		**1**	**1**	**3**					
Capacitación publica en métodos constructivos de vivienda.	**TS**		**1**	**1**		**1**		**1**				
Divulgación publica sobre las condiciones de riesgo.	**TS**		**1**	**1**		**1**	**3**	**1**				
Recomendación de estudio geotécnico detallado en predios privados en los Sectores 1, 2, 5. Estos Sectores corresponden a predios privados, que deben ser construidos con la rigurosidad técnica y bajo la normativa vigente.	**Rec, TS**	**1**										
3- Información Pública	**TS**	**1**	**1**	**1**			**3**					
4 - Planes de contingencia	**P, E**	**1**	**1**				**2**	**2**				
5 -Incorporación de los planes de Gestión del Riesgo en el POT	**P, E**	**1**	**2**			**3**	**1**					
6- Potenciación de los planes locales de gestión de riesgo												
Mejoramiento y fortalecimiento del sistema de comunicaciones y el sistema de alerta temprana	**P, E, TS**	**1**	**1**									
Mantenimiento y limpieza de estructuras hidráulicas y redes de alcantarillado y acueducto.											**1**	

7- Estudios detallados de las condiciones del sector y recomendaciones												
Estudio detallado de daño en sistemas de alcantarillado en el barrio Buenavista.	**E, D, R**										**1**	
Estudio detallados previos a la fase de construcción de obras de mitigación.	**E, D**	1					**3**					
Seguimiento y estudio de aparentes deformaciones en muro de contención existente en el Sector 8.	**D, R**						**1**					
RECOMENDACIONES ADICIONALES.												
8- Diseño y construcción de obras de mitigación y control												
Recomendación de instalación de malla de alta resistencia anclada en el Sector 1.	**D, C, R**	**1**					**1**					
Adecuación de espacio público para recreación pasiva (plazoletas y senderos) sector 4	**D, C, R**					**1**			**1**	**1**		**1**
Recomendación de remoción de rellenos y escombros suelos que generan inestabilidad en el Sector 6A.	**D, C, R**	**1**										
Recomendación de cortina de caisson para retener taludes verticales en los 6A y 6B.	**D, C, R**	**1**		**1**		**1**			**3**			
Recomendación de Construcción de cortina de Caisson y muros de contención en Sector 7 A para confinar CIV existente.	**D, C, R**	**1**							**1**	**1**		
Recomendación de implantación de muro de contención en Sector 7B con el fin de contener el talud próximo a predio reciente.	**D, C, R**	**1**		**1**		**1**						
Recomendación de construcción de muros de contención que a su vez sirvan como jardinera en vegetación existente en el Sector 8.	**D, C, R**					**1**			**1**	**1**		**1**

TIPO DE ACCIÓN:

P – Planeación	R – Recomendaciones y pautas
E – Ejecución	Ad – Adquisición de terrenos
D – Diseño	Rec – Restricción de uso
C - Construcción	TS – Talleres de socialización

NIVEL DE RESPONSABILIDAD:

1 Responsabilidad Principal

2 Responsabilidad en segunda instancia

3 Responsabilidad en tercera instancia

FDL USQ – Fondo de Desarrollo Local Usaquén.	IDIGER – Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático	EAB-ESP – Empresa de Acueducto y Alcantarillado y Aseo de Bogotá.
SDP – Secretaría Distrital de Planeación	CVP – Caja de Vivienda Popular	DADEP – Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público.
SDA – Secretaría Distrital de Ambiente	IDU – Instituto de Desarrollo Urbano	PRV – Privados
SDHT – Secretaría Distrital del Hábitat	ERU – Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá D.C	

18.3 RECOMENDACIONES ADICIONALES.

Para cada sector se plantearon 2 o 3 recomendaciones, con las cuales se busca reducir la exposición de los elementos al proceso de remoción o controlar la amenaza. A continuación, se describe los tipos de obras planteados y en la Tabla 18-1 se resume las alternativas por sector.

- **Sistema de malla de alta resistencia anclada**

Consiste en el sistema Tecco empleado para estabilizar taludes, cuyo objetivo es retener el material degradado o meteorizado impidiendo su deslizamiento y contener los bloques o rocas susceptibles a desprendimiento. El sistema está elaborado en acero de alta resistencia (1770 N/mm²), lo que permite aplicar una fuerza de pretensión parcial externa que inmoviliza la resistencia a cortante del suelo y permite la estabilización efectiva del talud.

El sistema se compone de 5 elementos, el primero es la malla de acero de alta resistencia con una configuración romboidal y eslabonada, el segundo es una placa “spike-plate TECCO” el cual se encarga de generar puntos de apoyo sobre la malla para trasmitir las cargas al suelo, el tercero corresponde a los anclajes de cable de espiral, el cuarto a las cuerdas de apoyo las cuales se encargan de trasmitir las fuerzas que se producen sobre la red a los anclajes y por ultimo las grapas y clips que tienen la función de unir las mallas.

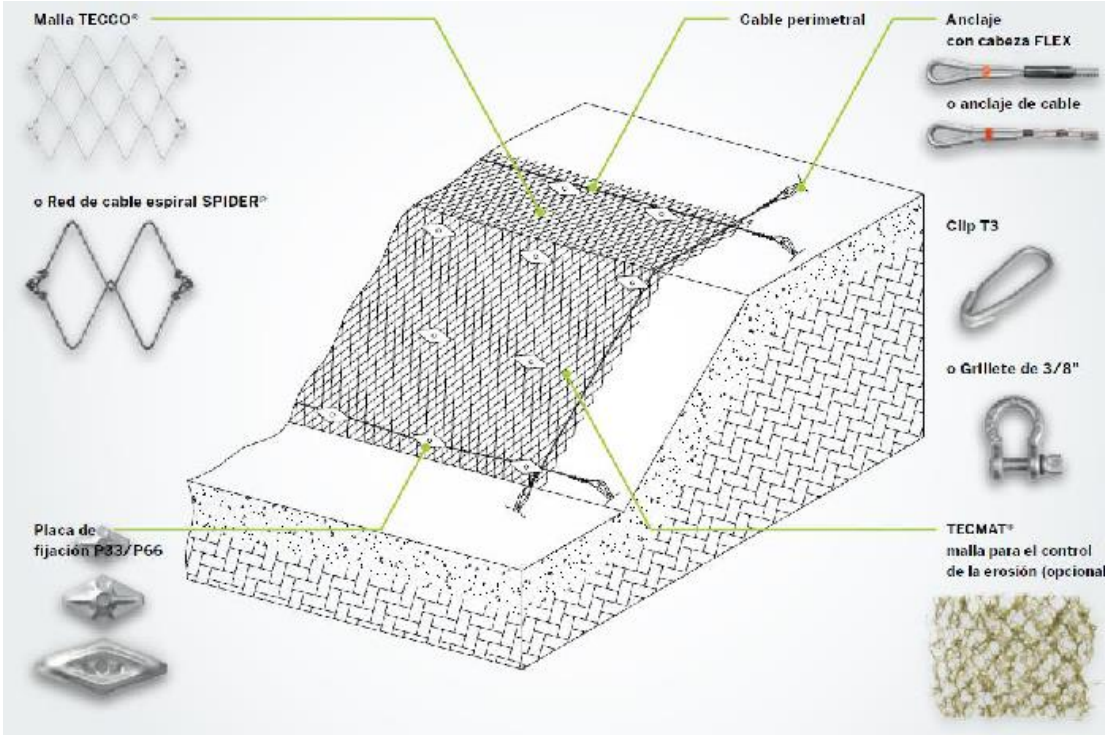


Ilustración 18-2 Componentes del sistema de malla de alta resistencia anclada

- **Muros de concreto**

Corresponde a un muro de gravedad en concreto reforzado, el cual tiene la función de retención del material inestable. Según las propiedades del suelo y el espacio del sitio al cimentación del muro será superficial o profunda mediante caisson.

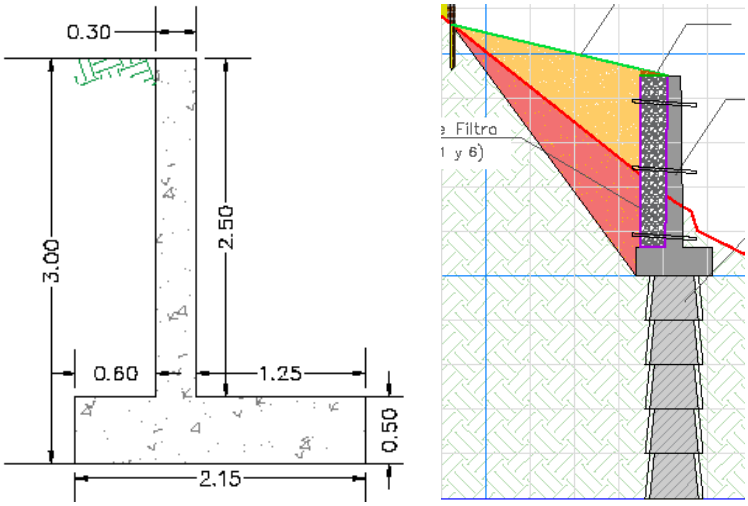


Ilustración 18-3 Esquema de muros de contención a) Muro con cimentación superficial b) Muro cimentado en caisson

- **Muro en suelo reforzado**

Consiste en un muro en suelo reforzado que brinde confinamiento a los materiales expuestos, mejorando las condiciones de estabilidad de la zona. El muro en suelo reforzado está conformado por material seleccionado y geomallas uniaxiales que tienen la función de interactuar con los suelos proporcionando alta resistencia a la tensión y alto módulo de deformación.

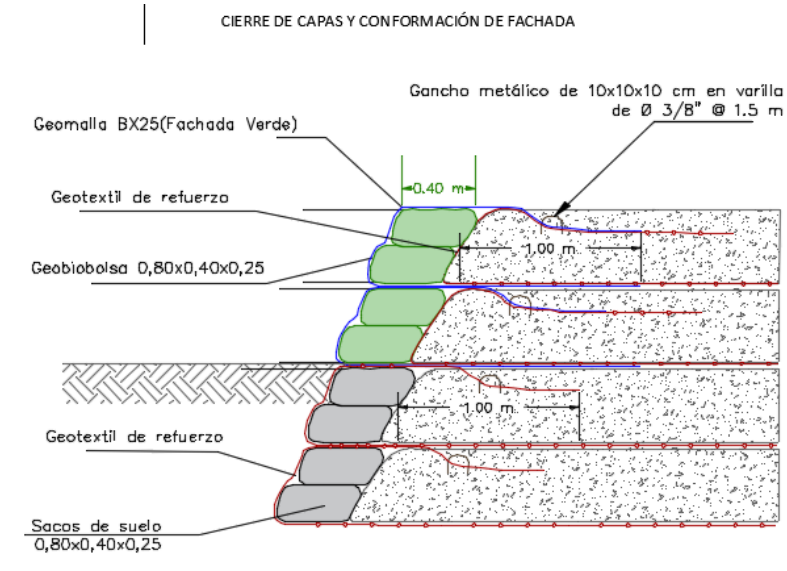


Ilustración 18-4 Esquema muro en suelo reforzado

- **Cortina de caisson**

Consiste en una estructura de cortina de caisson que tiene la función de confinar y estabilizar el talud.

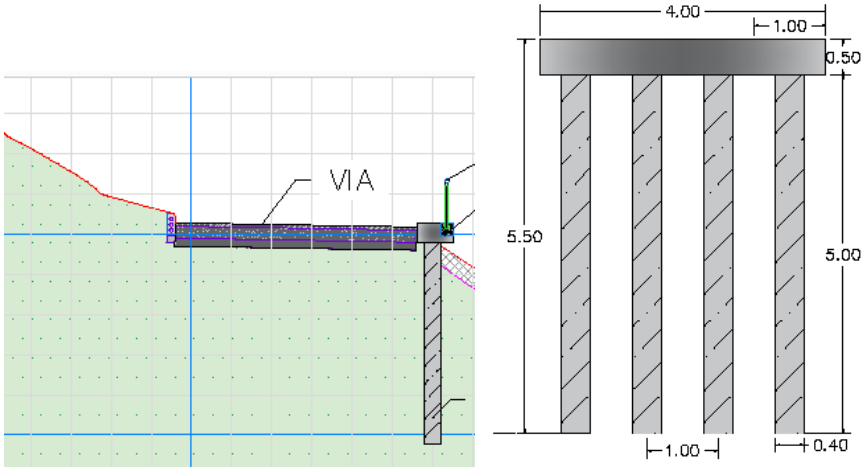


Ilustración 18-5 Esquema de cortina de caisson o pilotes

- **Perfilado del talud**

Consiste en el retiro del material de relleno desconfinado y que esta con alta pendiente, la obra busca disminuir la pendiente del talud y proteger el material con un manto de control de erosión.

- **Pantalla anclada reticulada**

La obra corresponde a la implementación de anclajes activos embebidos en el material de mayor resistencia, los anclajes tienen como función trasmitir una carga de tensión a la ladera para su estabilización. Los anclajes estarán unidos por una estructura reticular en concreto para garantizar la transmisión de fuerza en todo el talud.

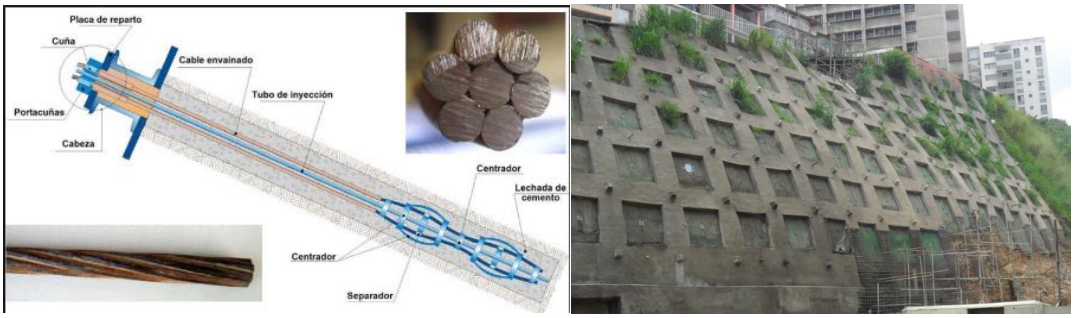


Ilustración 18-6 Esquema pantalla anclada

- **Pantalla anclada con fachada en concreto**

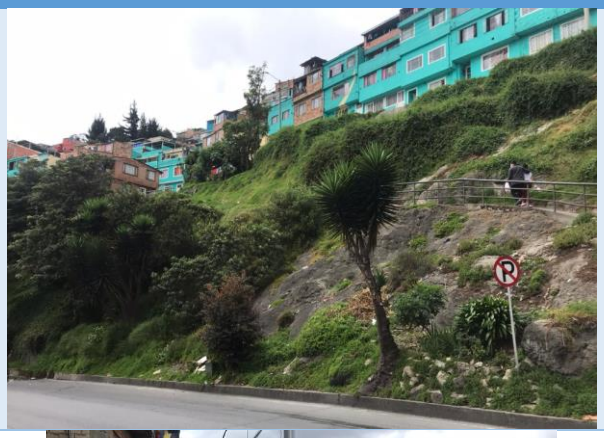
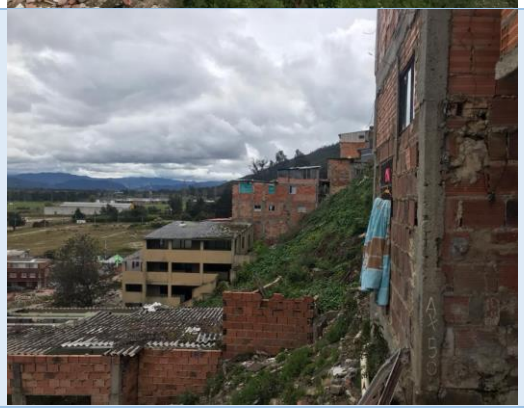
La obra corresponde a la implementación de anclajes activos embebidos en el material de mayor resistencia, los anclajes tienen como función trasmitir una carga de tensión a la ladera para su estabilización. Los anclajes estarán unidos por una fachada en concreto.

- **Barrera flexible de retención.**

Las barreras flexibles de protección contra deslizamientos superficiales fabricadas de alambre de acero de alta resistencia proporcionan protección a edificios, carreteras y líneas de ferrocarril, situados bajo taludes inestables. Representan una alternativa eficaz a las medidas de protección convencionales, tales como diques o muros reforzados, los cuales requieren extensa construcción.



Tabla 18-4 Alternativas RECOMENDADAS por sector de intervención

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
1		1. Malla de alta resistencia anclada. 2. Muro bolsillo en la parte baja. 3. Barrera flexible de retención ubicada en la parte baja del talud.
2		1. Descarga del talud + protección contra la erosión. (Zona en amenaza media, con intervención por procesos erosivos)
3		1. Descarga del talud + protección contra la erosión. (Zona en amenaza media, con intervención por procesos erosivos)

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
4		1. Adecuación del polígono para recreación pasiva. 2. Muro de contención cimentado en caisson. 3. Pantalla reticular anclada
5		1. Descarga del talud + protección contra la erosión. (Zona en amenaza media, con intervención por procesos erosivos)
6A		1. Pantalla anclada reticular en el talud exterior 2. Cortina de caisson en el talud exterior.

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
6B		1. Pantalla anclada. 2. Cortina de caisson para contención del camino.
7A		1. Muro de contención en voladizo. 2. Cortina de caisson.

SECTOR	FOTO	ALTERNATIVAS RECOMENDADAS DE INTERVENCIÓN
7B		1. Intervención del muro de la vivienda para soportar cargas del terreno
8		1. Se consideró en un principio Muro de contención para confinar taludes sin embargo se recomienda realizar una instrumentación geotécnica del muro de la izquierda para medir posibles desplazamientos.

18.4 ANÁLISIS DE RECOMENDACIONES ADICIONALES.

Por cada sector de intervención se realizó un análisis comparativo de las posibles obras de mitigación del riesgo que se pueden llegar a implementar para el control de los movimientos en masa potenciales en el barrio Buenavista.

Las consideraciones generales para realizar la evaluación de alternativas involucran el componente técnico, social y ambiental. Como producto final de la evaluación se obtiene una matriz de comparación donde se seleccionará la alternativa más favorable desde los dos (2) criterios de evaluación.

18.4.1 Consideraciones técnicas

Las consideraciones técnicas para tener en cuenta dentro de la evaluación del componente técnico de alternativas son principalmente:

- Facilidad en la construcción de la obra.
- Movimiento de tierras.
- Evaluación de mantenimiento
- Riesgo durante construcción

Tabla 18-5 Consideraciones técnicas

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS		
	ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**
1	**Malla de alta resistencia anclada**	**Muro bolsillo**	**Barrera de protección**
	a. Requiere un perfilado y rocería de los rellenos colgados.	a. Requiere una excavación en la parte baja del talud para la implantación del muro	a. No requiere mayor excavación.
	b. Malla ligera, cuya extendido no exige el uso de maquinaria, implementable en todo tipo de taludes incluyendo alturas importantes, negativos, concavidades	b. Requiere mayores volúmenes de materiales de concreto y materiales de relleno, además, del manejo de material de excavación.	b. La construcción de la malla disminuye el volumen de excavación y se adapta fácilmente al terreno.
	c. No requiere mantenimiento	c. Mantenimiento bajo	c. No requiere mantenimiento
	d. Dado que no requiere cortes grandes para su instalación se disminuye el riesgo de desprendimientos durante construcción	d. Dado que requiere cortes temporales durante la construcción aumenta el riesgo de desconfinamiento y movimiento del terreno.	d. Dado que no requiere cortes grandes para su instalación se disminuye el riesgo de desprendimientos durante construcción
2	**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**		
	Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura e instalación de un manto control de erosión.		
3	**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**		
	Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura e instalación de un manto control de erosión.		
4	**Muro de contención**	**Pantalla reticular anclada**	**Recreación Pasiva**

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS		
	ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**
	a. Requiere una excavación en la parte baja del talud para la implantación del muro, que implica mayor movimiento de material	a. No requiere excavación para su construcción	a. Requiere excavaciones y tendido de taludes para la implementación de plazoletas, senderos y muros.
	b. No requiere maquinaria especializada para su construcción.	b. Requiere maquinaria para la instalación de los anclajes y construcción de la malla en concreto reticular	b. No requiere maquinaria especializada para su construcción.
	c. No requiere mantenimiento	c. Requiere mantenimiento a la malla reticular en concreto	d. Requiere mantenimiento.
	d. Dado que requiere cortes temporales durante la construcción aumenta el riesgo de desconfinamiento y movimiento del terreno.	d. No requiere cortes temporales, por lo que, disminuye el riesgo durante construcción.	d. Dado que requiere cortes temporales durante la construcción aumenta el riesgo de desconfinamiento y movimiento del terreno
5	**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**		
	Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura y material suelto e instalación de un manto control de erosión.		
6A	**Pantalla reticular anclada**	**Cortina de caisson**	
	a. No requiere excavación para su construcción	a. La excavación para la construcción es mínima	
	b. Requiere maquinaria para la instalación de los anclajes y construcción de la malla en concreto reticular	b. No requiere maquinaria especializada para su construcción.	
	c. Requiere mantenimiento a la malla reticular en concreto	c. No requiere mantenimiento	
	d. No requiere cortes temporales, por lo que, disminuye el riesgo durante construcción.	d. No se prevén riesgos durante construcción ya que la obra no implica corte ni desconfinamiento del material	
6B	**Pantalla anclada**	**Cortina de caisson**	
	a. No requiere excavación para su construcción	a. La excavación para la construcción es mínima	

SECTOR	CONSIDERACIONES TÉCNICAS		
	ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**
	b. Requiere maquinaria para la instalación de los anclajes y mayor espacio de maniobra	b. No requiere maquinaria especializada para su construcción.	
	c. No requiere mantenimiento	c. No requiere mantenimiento	
	d. La sobrecarga en la vía por la maquinaria podría generar inconvenientes.	d. No se prevén riesgos durante construcción ya que la obra no implica corte ni des confinamiento del material	
7A	**Muro de contención en voladizo**	**Cortina de caisson**	
	a. Se requiere excavación para la construcción del muro	a. La excavación para la construcción es mínima	
	b. No requiere maquinaria especializada para su construcción.	b. No requiere maquinaria especializada para su construcción.	
	c. No requiere mantenimiento	c. No requiere mantenimiento	
	d. Dado que requiere cortes temporales durante la construcción aumenta el riesgo de desconfinamiento y movimiento del terreno.	d. No se prevén riesgos durante construcción ya que la obra no implica corte ni desconfinamiento del material	
7B	**Intervención del muro de la vivienda para soportar cargas del terreno**		
	El sector es de poca área con un problema puntual de la construcción de la vivienda, por eso, se propone únicamente una obra de mitigación. Adicionalmente, está sujeto a la evaluación predial.		
8	**MURO DE CONTENCIÓN**		
	El sector es de poca área con un problema puntual de un relleno se considera recomendar un muro de contención para confinar el mismo, por eso, se propone únicamente una obra de mitigación y la instrumentación geotécnica del muro posterior al relleno.		

18.4.2 Consideraciones ambientales y sociales

La viabilidad ambiental es una de las condiciones que debe tenerse en cuenta a la hora de decidirse por la ejecución de un proyecto de una manera u otra. Un proyecto puede ser

viable técnicamente, pero si la ejecución de sus actividades produce impactos significativos o severos sobre un medio con condiciones ecológicas importantes, es probable que no pueda realizarse debido a los costos que produciría la compensación ambiental o a que el valor ecológico del medio afectado es incompensable. Adicionalmente, se tiene en cuenta el componente social desde el punto de vista de intervención de predios privados e impacto en la comunidad.

Tabla 18-6 Consideraciones ambientales

SECTOR		CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES		
		ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**
1		**Malla de alta resistencia anclada**	**Muro bolsillo**	**Barrera de protección**
	Ventajas	Respeta el medio ambiente ya que se mimetiza en el paisaje	No requiere la intervención de las obras existentes en la zona, lo que reduce la generación de residuos	Respeta el medio ambiente ya que se mimetiza en el paisaje
		No requiere la tala de individuos	El área de intervención del muro es menor	No requiere la tala de individuos
	Desventajas	Se requiere la demolición de las zonas donde se encuentra el concreto lanzado, por lo que se generan mayores residuos de construcción	Su construcción requiere un mayor volumen de material transportado	Requiere mantenimiento del material desprendido
		Generación de vertimientos por lechada.	Su construcción requiere la tala de especies arbustivas	
2		**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**		
		Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura e instalación de un manto control de erosión.		
3		**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**		
		Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura e instalación de un manto control de erosión.		
4		**Muro de contención**	**Pantalla reticular anclada**	**Recreación Pasiva**
	Ventajas	El área de intervención del muro es menor	El volumen de material de residuos es menor	
			Menor consumo de concreto	Suministra a la comunidad nuevos espacios urbanísticos.

SECTOR		CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES		
		ALTERNATIVA 1	**ALTERNATIVA 2**	**ALTERNATIVA 3**
	Desventajas	Se genera mayor volumen de residuos de de excavación.	Por endurecimiento de la cara del talud tiene mayor afectación paisajística	Requiere mayores cantidades de materiales y modificaciones en el terreno.
		Se presenta tala de individuos	Se presenta tala de individuos	
5		**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**		
		Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura y material suelto e instalación de un manto control de erosión.		
6A		**Pantalla reticular anclada**	**Cortina de caisson**	
	Ventajas	No genera residuos de material partículado	No requiere tala de individuos	
		Menor consumo de concreto	El área de intervención del muro es menor	
	Desventajas	Por endurecimiento de la cara del talud tiene mayor afectación paisajística	Genera residuos de material de excavación	
		Generación de vertimientos por lechada.		
6B		**Pantalla reticular anclada**	**Cortina de caisson**	
	Ventajas	No genera residuos de material partículado	No requiere tala de individuos	
		Menor consumo de concreto	El área de intervención del muro es menor	
	Desventajas	Por endurecimiento de la cara del talud tiene mayor afectación paisajística	Genera residuos de material de excavación	
		Generación de vertimientos por lechada.		
7A		**Muro de contención en voladizo**	**Cortina de caisson**	
	Ventajas	El volumen de material de residuos es bajo	No requiere tala de individuos	
		Mejora la condición de seguridad en esa zona	El área de intervención del muro es menor	
	Desventajas	Se genera mayor volumen de residuos de excavación.	Genera residuos de material de excavación.	

SECTOR		CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES		
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
			No contribuye a la mejora urbanística de la zona	
7B		**Intervención del muro de la vivienda para soportar cargas del terreno**		
		El sector es de poca área con un problema puntual de la construcción de la vivienda, por eso, se propone únicamente una obra de mitigación. Adicionalmente, está sujeto a la evaluación predial		
8		**Instrumentación geotécnica**		
		El sector es de poca área con un problema puntual de un relleno, se recomienda confinar el mismo por medio de una obra de contención y dejar de depositar basuras, se propone estudiar el movimiento del muro en la parte de atrás del relleno.		

18.4.3 Consideraciones Catastrales

Para los Sectores es importante realizar la recopilación de información catastral con el fin de identificar si las obras recomendadas están localizadas en predios privados o públicos. Como resultado de la recopilación de información catastral se obtiene lo siguiente:

- Sector 1: Sobre el Sector 6 se identifican 6 predios, de los cuales 3 son privados y 3 públicos.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SECTOR CRÍTICO	ESTE	NORTE
KR 5 D 189 B-43	AAA0117KUAW	Privado	50N-679481	1	105662,7	118868,8
	No aplica	Público	No aplica	1	105659,6	118842,9
	No aplica	Público	No aplica	1	105660,4	118899,6
CL 190 5 D 64	AAA0117KUBS	Privado	50N-679482	1	105676,6	118900,6
	No aplica	Público	No aplica	1	105685,0	118922,3
KR 6 190 30	AAA0117KUCN	Privado	50N-679483	1	105665,8	118931,6

- Sector 2: El Sector 2 se encuentra localizado sobre un predio de origen **privado**.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SITIO CRÍTICO	ESTE	NORTE
AK 7 191-2	AAA0117KPEA	Privado	50N-83034	2	105567,0	119021,5

- Sitio 3: El sector 3 se encuentra localizado sobre un predio de origen **privado**.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SITIO CRÍTICO	ESTE	NORTE
AK 7 191 A-30	AAA0117KPFT	Privado	50N-20086763	3	105585,4	119070,3

- Sitio 4: El sector 4 se encuentra localizado sobre un predio de origen público.

- Sitio 5: El sector 5 se encuentra localizado sobre un predio de origen privado.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SITIO CRÍTICO	ESTE	NORTE
CL 192 C 6-20	AAA0117KTLW	Privado	50N-577253	4-may	105671,2	119167,5

- Sitio 6A y 6B: Los sitios 6A y 6B se encuentran localizados sobre un predio de origen privado.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SITIO CRÍTICO	ESTE	NORTE
CL 192D 5-3	AAA0117KULF	Privado	50N-679471	6A- 6B	105708,8	119150,6

- Sitio 7A: El sector 7A se encuentra localizado sobre un predio de origen privado.

DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SITIO CRÍTICO	ESTE	NORTE
CL 192D 5-3	AAA0117KULF	Privado	50N-679471	6A- 6B-7A	105708,8	119150,6

- Sitio 7B: Este sitio se encuentra localizado sobre el CIV 1000082.

Ilustración 18-7 Esquema localización sitios críticos y predios identificados


Parque Desarrollo Buenavista
Colegio Diurno Ruiz de Alarcon
Unidad De Servicios De Salud Buena Vista
Colegio Nuevo Horizonte (IED) Sede Nuevo Horizonte
Parque Urb Tibabita Lote 8 Parque
CONVENCIONES
Sitio de interés
Vías principales
División predial
Lugares críticos
PREDIOS DE ESTUDIO - NATURALEZA
Público
Privado
12/07/2020
ESCALA: 1:2.000
SISTEMA DE REFERENCIA: MAGNA CIUDAD BOGOTÁ
0 25 50 75 100 m

18.5 MATRIZ DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA MÁS FAVORABLE

El análisis de comparación de alternativas se realiza con un análisis cuantitativo en el cual se calificará cada una de las alternativas con los criterios técnicos, ambientales y económicos establecidos previamente con tres niveles de ponderación los cuales corresponde a: altamente favorable (3), favorable (2) y poco favorable (1).

18.5.1 Criterio técnico

Los criterios técnicos establecidos están basados principalmente en: solución de la problemática identificada en la zona de estudio, facilidad de construcción, intervención del paisaje y mantenimiento.

Altamente Favorable (3): Soluciona la problemática de contención, de manera integral y el proceso constructivo se puede llevar a cabo con las condiciones propias del sector en estudio con un riesgo bajo.

Favorable (2): Se soluciona parcialmente la problemática de contención de manera integral y el proceso constructivo altera parcialmente las condiciones propias del sector en estudio.

Poco favorable (1): No soluciona de manera integral la problemática de contención de la zona y el proceso constructivo implica maquinaria especializada y el riesgo durante construcción de desprendimiento de material es alto.

18.5.2 Criterio ambiental y social

Los criterios ambientales están definidos basados en la protección de la línea de costa. A su vez se tendrá en cuenta que la alternativa a implementarse genere los menores impactos en el ecosistema y biodiversidad existente.

Altamente Favorable (3): La implementación de la obra estructural genera afectaciones en los factores del medio, los cuales permiten medidas de prevención, control y mitigación. Así mismo, las características (materiales, actividades de obra, maquinaria y herramientas) propias del diseño presentan poca intervención y el tiempo de ejecución es corto.
Favorable (2): La implementación de la obra estructural genera afectaciones en los factores del medio, los cuales permiten medidas de control y mitigación. Así mismo, las características (materiales, actividades de obra, maquinaria y herramientas) propias del diseño presentan mediana intervención y el tiempo de ejecución es mayor.

Poco favorable (1): La implementación de la obra estructural genera afectaciones en los factores del medio, los cuales permiten medidas de control. Así mismo, las características (materiales, actividades de obra, maquinaria, herramientas) propias del diseño presentan alta intervención y el tiempo de ejecución es mayor.

18.5.3 Matriz de comparación

En la Tabla 18-4 se presentan la matriz de comparación resumen de los 8 sectores de intervención.

Tabla 18-7 Resumen comparación alternativas por sector

SECTOR	1	**CRITERIO**	**Malla de alta resistencia anclada**	Puntaje	**Muro bolsillo**	Puntaje	**Barrera de protección**	Puntaje
		TÉCNICO	La obra requiere menos cortes lo que implica menor riesgo durante construcción, mayor facilidad constructiva, menores impactos ambientales y menores costos	3	La obra requiere cortes que implican mayor impacto ambiental y costos.	2	La obra requiere menos cortes lo que implica menor riesgo durante construcción, mayor facilidad constructiva, menores impactos ambientales y menores costos. Sin embargo, requiere mantenimiento.	2
		AMBIENTAL		2		1		2
		TOTAL	**5**		**3**		**4**	
	2		**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**					
			Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura e instalación de un manto control de erosión.					
	3		**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**					
			Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura e instalación de un manto control de erosión.					
	4	**CRITERIO**	**Muro de contención**	Puntaje	**Pantalla reticular anclada**	Puntaje		Puntaje
		TÉCNICO	El muro de contención tiene mayor facilidad constructiva al no requerir maquinaria especializada y menores costos en su construcción, sin embargo, presenta un mayor impacto	3	La pantalla anclada conlleva mayor dificultad constructiva por la maquinaria necesaria y mayores costos	2		
		AMBIENTAL		1		3		

			negativo en el ambiente.		en su construcción.			
		TOTAL	**4**		**5**		**0**	
	5		**DESCARGA DEL TALUD + CONTROL DE LA EROSIÓN**					
			Se propone como una zona de intervención para protección del talud, por medio del retiro de la basura y material suelto e instalación de un manto control de erosión.					
	6A	**CRITERIO**	**Pantalla reticular anclada**	Puntaje	**Cortina de caisson**	Puntaje		Puntaje
		TÉCNICO	La pantalla anclada conlleva mayor dificultad constructiva por la maquinaria necesaria y mayores costos en su construcción.	2	La cortina de caisson tiene mayor facilidad constructiva al no requerir maquinaria especializada y menores costos en su construcción, sin embargo, presenta un mayor impacto negativo en el ambiente.	3		
		AMBIENTAL		3		2		
		TOTAL	**5**		**5**		**0**	
	6B	**CRITERIO**	**Pantalla reticular anclada**	Puntaje	**Cortina de caisson**	Puntaje		Puntaje
		TÉCNICO	La pantalla anclada conlleva mayor dificultad constructiva por la maquinaria necesaria y mayores costos en su construcción.	2	La cortina de caisson tiene mayor facilidad constructiva al no requerir maquinaria especializada y menores costos en su construcción, sin embargo, presenta un mayor impacto negativo en el ambiente.	3		
		AMBIENTAL		3		2		
		TOTAL	**5**		**5**		**0**	

		CRITERIO	**Muro de contención en voladizo**	Puntaje	**Cortina de caisson**	Puntaje		Puntaje
	7A	**TÉCNICO**	La obra brinda una recuperación urbanística y contención al sector con menor costo	2	La obra tiene mayor facilidad constructiva, pero implica mayores costos y tener menores impactos positivos en el ambiente y en la comunidad	3		
		AMBIENTAL		3		2		
		TOTAL	**5**		**5**		**0**	
	7B		**Intervención del muro de la vivienda para soportar cargas del terreno**					
			El sector es de poca área con un problema puntual de la construcción de la vivienda, por eso, se propone únicamente una obra de mitigación. Adicionalmente, está sujeto a la evaluación predial					
	8		**MURO EN CONCRETO**					
			Instrumentación geotécnica para muro de contención existente.					

18.5.4 Resumen de alternativa recomendada seleccionada

En la Tabla 18-4 se presentan la alternativa seleccionada en cada uno de los 9 sitios de intervención.

Tabla 18-8 Resumen alternativa Recomendada seleccionada

SECTOR	ALTERNATIVA SELECCIONADA / RECOMENDACIÓN.
1	Malla de alta resistencia anclada
2	Descarga del talud + control de la erosión
3	Descarga del talud + control de la erosión
4	Muro de contención.
5	Descarga del talud
6A	Cortina de caisson
6B	Cortina de caisson
7A	Muro de contención en voladizo
7B	Intervención del muro de la vivienda para soportar cargas del terreno
8	Instrumentación geotécnica para muro de contención existente se recomienda confinar los rellenos existentes y evitar el acopio de más material..

18.6 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS COMPLEMENTARIAS A LAS RECOMENDACIONES ADICIONALES.

Con base en la tabla 18-5, se establecen algunas de las estructuras complementarias que se requieren para el correcto control y manejo de las aguas de escorrentía que permitan mejorar las condiciones de estabilidad de las zonas priorizadas, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 18-9 Estructuras hidráulicas complementarias

SECTOR	ESTRUCTURA COMPLEMENTARIA
1	Cunetas en el camino y trinchera drenante en la base del talud.
2	Verificación del posicionamiento de anclajes, evitando afectaciones físicas a redes hidrosanitarias.
3	Verificación del posicionamiento de anclajes, evitando afectaciones físicas a redes hidrosanitarias.
4	Sistema de filtro a la espalda del muro.
5	Sistema de filtro a la espalda del muro.
6A	Sistema de filtración a la espalda de la cortina de Caisson.
6B	Sistema de filtración a la espalda de la cortina de Caisson.

SECTOR	ESTRUCTURA COMPLEMENTARIA
7A	Sistema de filtro a la espalda del muro.
7B	Sistema de filtro a la espalda del muro.
8	Sistema de filtro a la espalda del muro.

Se debe aclarar que no se sugiere la instalación estructuras para el manejo de aguas de flujo subsuperficial ni control de niveles freáticos debido a los conceptos geotécnicos e hidrogeológicos del presente estudio, en donde se expresa que no existen evidencias de niveles freáticos (con base en la exploración geotécnica) debido al tipo de suelos en su mayoría rocosos existentes en el polígono de estudio, altas pendientes topográficas y coberturas, en su mayoría impermeables.

18.6.1 Sector 1:

Consiste en un talud vial de 16 m de altura, se encuentra cubierto con concreto lanzado y en la parte baja existe un muro de contención y un muro en gaviones. Se evidencia movimientos superficiales en la parte de la corona, asociados al relleno antrópico.

Ilustración 18-8 Sector 1



Con base en la alternativa sugerida de contención elegida para el mejoramiento de la estabilidad del talud (malla de alta resistencia anclada), se establece que no se requiere de obras hidráulicas de mayor magnitud, ya que no se establece una barrera transversal directa de contención o un cambio de cobertura considerable en la zona de estudio. Sin embargo, si se requiere establecer algunas obras menores que ayuden al control de escorrentía, entre las cuales se encuentran las cunetas.

Una vez observado esto, se determina que en la zona correspondiente al sector 1 se requiere hacer la instalación de cunetas en la Carrera 5D, en la corona del talud estudiado, con lo que se puede interceptar el flujo de escorrentía proveniente de las calles y viviendas de la parte alta. Adicional se instalarán cunetas para la interceptación del flujo de

escorrentía en el paso peatonal localizado a media altura del talud entre la Carrera 5D y la 6 con un sistema de filtración para la captación de flujo subsuperficial en el talud.

De igual manera, se debe anticipar la localización final del sistema de alcantarillado sanitario que actualmente se localiza bajo el sendero peatonal que atraviesa el talud y comunica las Carreras 5D y 6, y determinar una ubicación de anclajes que impida cualquier tipo de afectación físíca sobre los componentes de la infraestrutura de alcantrillado existente (tuberías y pozos). Para esto se determinó la cota clave de cada uno de los pozos existentes a través de información proveniente del Geoportal de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y se determinó un posicionamiento de anclajes que impida la interferencia.

18.6.1.1 *Canal en la corona*

Como se mencionó previamente, para el cálculo de caudal de escorrentía y dimensionamiento del canal que recogerá las aguas lluvia en la parte alta del talud se determinará mediante el uso del método racional (debido a que el área de drenaje es menor a 2.5 km^2). A continuación, se establecen las variables utilizadas en el cálculo de caudales pico de escorrentía.

Tabla 18-10 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.025**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Cubiertas de viviendas	0.85	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Vías vehiculares y peatonales en concreto	0.9	adimensional
Área de cubiertas de viviendas	720.9	m^2
Área de vías vehiculares y peatonales en concreto	319.4	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	99.2	mm/hr

Con la información suministrada en la Tabla 18-10 y datos obtenidos a través del análisis de datos e información hidroclimatológica de la zona de estudio, obteniendo una intensidad de lluvia de 99.2 mm/hora para un evento de tormenta con una duración del evento de 15 minutos y periodo de retorno de 10 años, se determina que el caudal de escorrentía superficial producido por un evento de lluvia con las características descritas es de 24.55 L/s.

Posteriormente, se realiza el dimensionamiento de un canal en la corona del talud para la captación de las aguas de escorrentía, por medio de la ecuación de Manning se diseñó un canal paralelo a la vía Carrera 5D para la captación de estas aguas. A continuación, se muestra un resumen de las dimensiones del canal diseñado.

Ilustración 18-9 Sección típica de canal trapezoidal.

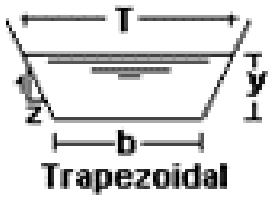


Tabla 18-11 Dimensiones de cuneta vial costado occidental sitio 29.

b (m)	z (m)	y (m)	S (%)	T (m)	Q (m^3/s)	Q (L/s)
0.15	0.5	0.10	2	0.25	0.029	28.70

Con esta información, se determina que las dimensiones del canal en la corona del talud son suficientes para el transporte de caudales de escorrentía producidos en la parte alta del talud.

18.6.1.2 *Canal en el camino peatonal*

Como se mencionó previamente, para el cálculo de caudal de escorrentía y dimensionamiento del canal que recogerá las aguas lluvia en el talud (parte alta sobre el camino peatonal) se determina mediante el uso del método racional (debido a que el área de drenaje es menor a 2.5 km^2). A continuación, se establecen las variables utilizadas en el cálculo de caudales pico de escorrentía.

Tabla 18-12 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.007**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Camino peatonal en concreto	0.9	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Talud en cobertura vegetal	0.2	adimensional
Área de camino peatonal en concreto	170.7	m^2
Área de talud en cobertura vegetal	568.7	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	99.2	mm/hr

Con la información suministrada en la Tabla 18-12 y datos obtenidos a través del análisis de datos e información hidroclimatológica de la zona de estudio, obteniendo una intensidad de lluvia de 99.2 mm/hora para un evento de tormenta con una duración del evento de 15 minutos y periodo de retorno de 10 años, se determina que el caudal de escorrentía superficial producido por un evento de lluvia con las características descritas es de 7.29 L/s.

Posteriormente, se realiza el dimensionamiento de un canal en la corona del talud para la captación de las aguas de escorrentía, por medio de la ecuación de Manning se diseñó un canal paralelo a la vía Carrera 5D para la captación de estas aguas. A continuación, se muestra un resumen de las dimensiones del canal diseñado.Ilustración 10. Sección típica de canal trapezoidal.

Ilustración 18-11 Sección típica de canal trapezoidal.

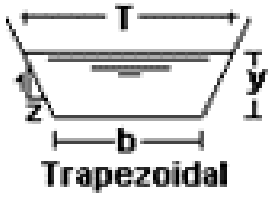


Tabla 18-13 Dimensiones de cuneta vial costado occidental sitio 29.

b (m)	z (m)	y (m)	S (%)	T (m)	Q (m^3/s)	Q (L/s)
0.10	0.5	0.10	20	0.2	0.06	61.83

Con esta información, se determina que las dimensiones del canal proyectado son suficientes para el transporte de caudales de escorrentía producidos en la parte alta del talud, debido a la alta pendiente natural que se encuentran en la zona de estudio. Todos los cálculos detallados se mencionan en el Anexo 16.1 Sector 1.

18.6.2 Sector 2:

Consiste en un talud de 12 m de altura, ubicado en la parte baja de la ladera, actualmente se observa material de relleno dispuesto superficialmente con un espesor de 1.4 m.

Ilustración 18-12 Sector 2



De acuerdo a la información recopilada por el equipo consultor durante la visita de campo realizada, se determinó que existe una serie de tuberías de alcantarillado sanitario localizadas en la corona del talud de manera paralela a las edificaciones que se localizan allí, las cuales operan como redes de descarga sanitaria de dichos predios, y localizadas a una profundidad de oscila entre los 20 y 90 cm.

Con base a esta información y a la alternativa sugerida como alternativa de contención y mitigación del riesgo, se determiná que no se instalarán estructuras adicionales para el control y manejo de escorrentía a corto plazo, en vez de eso, se deberá realizar la instalación de la malla anclada de tal manera que no genere intererencia con los componentes del sistema de alcantarillado sanitario existente en la zona (tuberías y cajas de inspeción).

Por otro lado, si existe la posibilidad de realizar el mejoramiento del paso peatonal en la corona del talud a largo plazo, se propondrá la instalación de cunetas que permitan la recolección del flujo de escorrentía en la zona.

18.6.3 Sector 3:

Talud de 20 m de altura, ubicado en la parte baja de la ladera, actualmente se observa material de relleno dispuesto superficialmente.

Ilustración 18-13 Sector 3



De acuerdo a la información recopilada por el equipo consultor durante la visita de campo realizada, se determinó que existe una serie de tuberías de alcantarillado sanitario localizadas en la corona del talud de manera paralela a las edificaciones que se localizan allí, las cuales operan como redes de descarga sanitaria de dichos predios, y localizadas a una profundidad que oscila entre los 20 y 90 cm.

Al igual que en el sitio 2, se determina que no se requiere la instalación de estructuras adicionales para el control y manejo de escorrentía a corto plazo, en vez de eso, se debe realizar la instalación de la malla anclada de tal manera que no genere intererencia con los componentes del sistema de alcantarillado sanitario existente en la zona (tuberías y cajas de inspeción).

Por otro lado, si existe la posibilidad de realizar el mejoramiento del paso peatonal en la corona del talud a largo plazo, se propondrá la instalación de cunetas que permitan la recolección del flujo de escorrentía en la zona.

18.6.4 Sector 4:

Talud ubicado en el costado norte del barrio, tiene una altura de 5 m. Actualmente, la comunidad ha construido un muro de contención rustico con bolsas de material para contener los movimientos superficiales, el relleno tiene un espesor de 2.0 m.

Ilustración 18-14 Sector 4



En este sector se establece la necesidad de un muro de contención en la base del talud, por lo cual se determina que debe existir un sistema de filtro en trinchera a la espalda del muro y descarga, que elimine las presiones hidrostáticas que se generan en el muro.

El filtro en trinchera tiene por objetivo, remover por medio del sistema de drenaje interno, la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente, el diseño del sistema colector de agua deberá considerar, el dimensionamiento de los drenes colectores longitudinales y transversales, de tal manera que se logre un espaciamiento adecuado entre desagües.

El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 3” y 4”, con un geotextil no tejido NT-2500. La disposición de los subdrenes interceptores, se colocan en sentido transversal, los cuales interceptan el agua captada y lo transportan al sistema de disposición final.

18.6.5 Diseño de subdrenes

El diseño del subdrén se ubica en el trasdós en la cara del muro en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 23.4 metros. Como se mencionó previamente, no se establece un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda del muro que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-14 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.003**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Pastizales en suelos arcillosos	0.35	adimensional
Área de Pastizales	279.18	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	103.4	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el filtro es de **2.78 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 16.1 Sector 4.
Posteriormente, se realiza una linealización de este caudal, para después agruparlo en secciones de 5 metros. Estableciendo el caudal que llega al filtro en una sección de 5 metros en la longitud del muro y proceder con su evacuación mediante un solo punto. Este caudal linealizado y agrupado en secciones de 5 metros es de **0.59 L/s.**

Una vez realizado esto, se determina el diámetro adecuado para la evacuación de estos caudales a través del muro, para lo cual se calcula el caudal máximo que transita por una tubería de diámetro 2" usando la ecuación de Manning, para lo cual se obtiene un caudal máximo de **1.89 L/s,** lo cual es evidentemente superior a lo requerido por el proyecto, y por lo tanto se determinan tuberías de desagüe a través del muro (lloraderos) de diámetro 2" con una separación longitudinal de 5 m. Se utilizan diámetros de 2" para garantizar el paso de partículas que puedan atravesar los poros del geotextil en el filtro, y así disminuir la probabilidad de taponamientos de la tubería.

18.6.6 Geotextil

El diseño del geotextil, como un elemento del diseño del subdren tiene por objetivo el paso eficiente del agua, evitando el paso de material fino a las tuberías interceptoras.

El tipo de geotextil seleccionado debe cumplir con los siguientes criterios.

Criterio de retención (TAA):

Verificación de las aberturas del geotextil sean de un tamaño tal que no permitan el paso del suelo al medio drenante.

$$TAA < D_{85} * B$$

TAA = Tamaño de abertura aparente (mm).

D_{85} = Tamaño de las partículas que corresponden al 85% del suelo que pasa para ser tamizado.

B = Coeficiente del suelo por filtrar.

Tabla 18-15 Criterio de retención

Tipo de suelo a drenar	B	Observaciones
Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos del 50% pasa tamiz #200)	B = 1 B = 0.5Cu B = 8/Cu	2<Cu*≤8 2<Cu≤4 4<Cu≤8
Suelos arenosos mal gradados	1.5 ≤ B ≤ 2.0	
Suelos finos (más del 50% pasa tamiz #200	B = 1 B = 1.8	Geotextil tejido, TAA≤D85 Geotextil no tejido, TAA≤1.8* D85

Criterio de permeabilidad (K): Verificación de aberturas del geotextil que permitan el paso del flujo.

Tabla 18-16 Criterio de permeabilidad

Tipo de flujo	Condición	Observaciones
Para condiciones de flujo estable o flujo laminar	kg > ks	Suelos no dispersivos con porcentajes de finos no mayores al 50%
Para condiciones de flujo crítico	kg > 10ks	Altos gradientes hidráulicos. Se recomienda colocar adicionalmente una capa de arena media a gruesa

Donde,

kg = Permeabilidad del Geotextil.

ks = Permeabilidad del suelo.

Requerimiento mínimo de las propiedades mecánicas del Geotextil.

A continuación, se presentan los requerimientos mínimos de supervivencia que deberá cumplir el geotextil.

Tabla 18-17. Requerimiento mínimo de las propiedades mecánicas del geotextil.

Propiedad	Norma de Ensayo inv	Vmpr Geotextiles Tejidos	Vmpr geotextiles No tejidos
Elongación	E-901	< 50%	>= 50%
Resistencia a la tensión Grab (N) valor mínimo	E-901	1100	700
Resistencia a la costura (N) valor mínimo	E-901	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50mm de diámetro (N) valor mínimo	E-913	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N) valor mínimo (Nota 2)	E-903	400	250

Tabla 18-18 Requerimientos mínimos de las propiedades hidráulicas del geotextil.

Propiedad	Norma de Ensayo Inv	Valor mínimo promedio por rollo (vmpr). Porcentaje de suelo pasa tamiz No. 200 (0.075 mm)		
		< 15	**15 a 50**	**> 50**
Permitividad	**E-905**	0.5 s^{-1}	0.2 s^{-1}	0.1 s^{-1}
Tamaño de abertura aparente	**E-907**	0.43 mm (Tamiz No.40)	0.25 mm (Tamiz No.60)	0.22 mm (Tamiz No.70)
Estabilidad ultravioleta	**E-910**	50% después de 500 horas de exposición		

Evaluación de la permitividad del sistema

En caso que el sistema de subdrenaje, se utilice como medio filtrante, se debe resisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo), frente a la cantidad de flujo a evacuar por medio lineal.

$$\Psi = k/t$$

Donde,

Ψ = Permitividad s^{-1}

K= Permeabilidad del geotextil (m/s)

t = Espesor del geotextil de una cara del geocompuesto. (m)

Con el caudal calculado por metro lineal, se calcula la permitividad requerida del geotextil a partir de la siguiente ecuación:

$$\Psi_{req} = Q/(\Delta h*H*L)$$

Donde,

Ψ_{req} = Permitividad requerida del geotextil, k/t.

Q = caudal total a evacuar

Δh= Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del Geodrén.

H=Altura del Geodrén.

L= Longitud del tramo de drenaje en consideración.

La permitividad admisible, se obtiene a partir del fabricante, dividida por los siguientes factores de reducción

$$\Psi_{adm} = \Psi_{ult}/(FR_{SCB}*FR_{CR}*FR_{IN}*FR_{CC}*FR_{BC})$$

Donde,

Ψ_{adm} = Permitividad admisible s^{-1}.

Ψ_{ult} = Permitividad última, entregada por el fabricante.

FR_{SCB} = Factor de reducción por colmatación y taponamiento.

FR_{CR} = Factor de reducción por creep o fluencia.

FR_{IN} = Factor de reducción por intrusión.

FR_{CC} = Factor de reducción por colmatación química.

FR_{BC} = Factor de reducción por colmatación biológica.

Tabla 18-19 Factores de reducción para geotextiles y para geodrenes en aplicaciones de drenaje

ÁREA	Colmatación FR_{SCB}	Reducción de vacíos por Creep FR_{CR}	Intrusión en los vacíos FR_{IN}	Colmatación Química FR_{CC}	Colmatación Biológica FR_{BC}
Filtros en el espaldón de muros de contención	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistema de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0

El factor de seguridad global deberá cumplir con la siguiente relación

$$Fs_g = \Psi_{adm} / \Psi_{ult}$$

$$Fs_g > 1.0$$

En el Anexo 16.1 Sector 4, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de las tuberías interceptoras, con diámetro mínimo de 2" ubicadas de manera transversal a la longitud del muro con una separación de 5 metros. De igual manera el geotextil NT – 2500 planteado, cumple con las especificaciones técnicas mínimas para el proyecto.

18.6.7 Sector 5:

Talud ubicado en el costado norte del barrio, tiene una altura de 10 m. Recientemente, tuvo una intervención por parte del Acueducto para la construcción de pozos y adecuación de las escaleras.

Ilustración 18-15 Sector 5



En este sector se establece la necesidad de un muro de contención en la base del talud, por lo cual se determina que debe existir un sistema de filtro en trinchera a la espalda del muro y descarga, que elimine las presiones hidrostáticas que se generan en el muro.

El filtro en trinchera tiene por objetivo, remover por medio del sistema de drenaje interno, la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente, el diseño del sistema colector de agua deberá considerar, el dimensionamiento de los drenes colectores longitudinales y transversales, de tal manera que se logre un espaciamiento adecuado entre desagües.

El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 1 1/2" y 2", con un geotextil no tejido NT-2500. La disposición de los subdrenes interceptores, se colocan en sentido transversal, los cuales interceptan el agua subterránea antes de llegar al talud.

18.6.8 Diseño de subdrenes

El diseño del subdrén se ubica en el trasdós en la cara del muro en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 13 metros. Como se mencionó previamente, no se establecerá un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda del muro que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-20 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.009**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Pastizales en suelos arcillosos	0.35	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Vías peatonales en concreto	0.9	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Cubiertas	0.85	adimensional
Área de Pastizales	220.57	m^2
Área de vías peatonales en concreto	122.56	m^2
Área de cubiertas	156.44	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	103.4	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el filtro, es de **9.11 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 12.5 Sector 5.

Posteriormente, se realiza una linealización de este caudal, para después agruparlo en secciones de 2 metros. Estableciendo el caudal que llega al filtro en una sección de 2 metros en la longitud del muro y proceder con su evacuación mediante un solo punto. Este caudal linaelizado y agrupado es de **0.70 L/s.**

Una vez realizado esto, se determina el diámetro adecuado para la evacuación de estos caudales a través del muro, para lo cual se calcula el caudal máximo que transita por una tubería de diámetro 2" usando la ecuación de Manning, para lo cual se obtiene un caudal máximo de **1.89 L/s,** lo cual es evidentemente superior a lo requerido por el proyecto, y por lo tanto se determinan tuberías de desagüe a través del muro (lloraderos) de diámetro 2" con una separación longitudinal de 2 m. Se utilizan diámetros de 2" para garantizar el paso de partículas que puedan atravesar los poros del geotextil en el filtro, y así disminuir la probabilidad de taponamientos de la tubería.

18.6.9 Geotextil

El diseño del geotextil se realizó siguiendo los mismos criterios especificados para el sector 4.

En el Anexo 16.1 Sector 5, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de las tuberías interceptoras, con diámetro mínimo de 2" ubicadas de manera transversal a la longitud del muro con una separación de 2 metros. De igual manera el geotextil NT – 2500 planteado, cumple con las especificaciones técnicas mínimas para el proyecto.

18.6.10 Sector 6A:

Talud externo de 2 a 3 m de altura sin confinar, en la parte superior se encuentra un muro rustico construido por la comunidad que presenta falla.

Ilustración 18-16 Sector 5



Una vez determinada que en este sector se requiere un sistema de drenaje que disminuya la presión de poros en el talud a estabilizar, al tiempo que se requiere realizar un control de las aguas de escorrentía, por lo cual se propone un sistema de filtro en trinchera a la espalda de la cortina de caisson.

Este campo dispuesto con material granular, tiene por objetivo remover la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente. Posteriormente, el flujo de agua de escorrentía superficial y subsuperficial captada por el sistema filtrante será descargado de manera natural hacia la parte baja del área de estudio en conducción al sistema de alcantarillado pluvial existente. El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 3” y 4”, confinado en los espacios entre los caisson por una malla Tecco de alta resistencia, dispuesta para tal fin.

18.6.11 Diseño de campo filtrante

El diseño del campo se ubica en el trasdós en la cara de la cortina de caisson en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 9 metros. Como se mencionó previamente, no se establecerá un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda de la cortina de caisson que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-21 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.005**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Pastizales en suelos arcillosos	0.35	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Cubiertas	0.85	adimensional
Área de Pastizales	159.1	m^2
Área de Cubiertas	135.8	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	103.4	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el campo es de **4.87 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 16.1 Sector 6.

18.6.12 Geotextil

El diseño del geotextil se realizó siguiendo los mismos criterios especificados para el sector 4.

En el Anexo 16.1 Sector 6, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de caudales de escorrentía descritos.

18.6.13 Sector 6B:

Talud expuesto con material desconfinado de relleno antrópico.

Ilustración 18-17 Sector 6B



Una vez determinada que en este sector se requiere un sistema de drenaje que disminuya la presión de poros en el talud a estabilizar, al tiempo que se requiere realizar un control de las aguas de escorrentía, por lo cual se propone un sistema de filtro en trinchera a la espalda de la cortina de caisson.

Este campo dispuesto con material granular, tiene por objetivo remover la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente. Posteriormente, el flujo de agua de escorrentía superficial y subsuperficial captada por el sistema filtrante será descargado de manera natural hacia la parte baja del área de estudio. El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 3” y 4”, confinado en los espacios entre los caisson por una malla Tecco de alta resistencia, dispuesta para tal fin.

18.6.14 Diseño de campo filtrante

El diseño del campo se ubica en el trasdós en la cara de la cortina de caisson en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 10.3 metros. Como se mencionó previamente, no se establecerá un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda de la cortina de caisson que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-22 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.004**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Pastizales en suelos arcillosos	0.35	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Cubiertas	0.85	adimensional
Área de Pastizales	76.64	m^2
Área de Cubiertas	144.86	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	103.4	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el campo, es de **4.26 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 16.1 Sector 6.

18.6.15 Geotextil

El diseño del geotextil se realizó siguiendo los mismos criterios especificados para el sector 4.

En el Anexo 16.1 Sector 6, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de caudales de escorrentía descritos.

18.6.16 Sector 7A:

Talud expuesto con material desconfinado de relleno antrópico.

Ilustración 18-18 Sector 4



En este sector se establece la necesidad de un muro de contención, por lo cual se determina que debe existir un sistema de filtro en trinchera a la espalda del muro y descarga, que elimine las presiones hidrostáticas que se generan en el muro.

El filtro en trinchera tiene por objetivo, remover por medio del sistema de drenaje interno, la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente, el diseño del sistema colector de agua deberá considerar, el dimensionamiento de los drenes colectores longitudinales y transversales, de tal manera que se logre un espaciamiento adecuado entre desagües.

El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 2” y 3”, con un geotextil no tejido NT-2500. La disposición de los subdrenes interceptores, se colocan en sentido transversal, los cuales interceptan el agua subterránea antes de llegar al talud.

18.6.17 Diseño de subdrenes

El diseño del subdrén se ubica en el trasdós en la cara del muro en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 46 metros. Como se mencionó previamente, no se establecerá un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda del muro que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-23 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.020**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Cubiertas de viviendas	0.85	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Vías vehiculares y peatonales en concreto	0.9	adimensional
Área de cubiertas de viviendas	678.9	m^2
Área de vías vehiculares y peatonales en concreto	125.0	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	103.4	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el filtro, es de **19.61 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 16.1 Sector 7.

Posteriormente, se realiza una linealización de este caudal, para después agruparlo en secciones de 3 metros. Estableciendo el caudal que llega al filtro en una sección de 3 metros en la longitud del muro y proceder con su evacuación mediante un solo punto. Este caudal linaelizado y agrupado es de **0.1.28 L/s.**

Una vez realizado esto, se determina el diámetro adecuado para la evacuación de estos caudales a través del muro, para lo cual se calcula el caudal máximo que transita por una tubería de diámetro 2" usando la ecuación de Manning, para lo cual se obtiene un caudal máximo de **1.89 L/s,** lo cual es evidentemente superior a lo requerido por el proyecto, y por lo tanto se determinan tuberías de desagüe a través del muro (lloraderos) de diámetro 2" con una separación longitudinal de 3 m. Se utilizan diámetros de 2" para garantizar el paso de partículas que puedan atravesar los poros del geotextil en el filtro, y así disminuir la probabilidad de taponamientos de la tubería.

18.6.18 Geotextil

El diseño del geotextil se realizó siguiendo los mismos criterios especificados para el sector 4.

En el Anexo 16.1 Sector 7, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de las tuberías interceptoras, con diámetro mínimo de 2" ubicadas de manera transversal a la longitud del muro con una separación de 3 metros. De igual manera el geotextil NT – 2500 planteado, cumple con las especificaciones técnicas mínimas para el proyecto.

18.6.19 Sector 7B:

Talud de corte con material de relleno antrópico que actualmente está conteniendo la casa en construcción.

Ilustración 18-19 Sector 4



En este sector se establece la necesidad de un muro de contención, por lo cual se determina que debe existir un sistema de filtro en trinchera a la espalda del muro y descarga, que elimine las presiones hidrostáticas que se generan en el muro.

El filtro en trinchera tiene por objetivo, remover por medio del sistema de drenaje interno, la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente, el diseño del sistema colector de agua deberá considerar, el dimensionamiento de los drenes colectores longitudinales y transversales, de tal manera que se logre un espaciamiento adecuado entre desagües.

El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 2” y 3”, con un geotextil no tejido NT-2500. La disposición de los subdrenes interceptores, se colocan en sentido transversal, los cuales interceptan el agua subterránea antes de llegar al talud.

18.6.20 Diseño de subdrenes

El diseño del subdrén se ubica en el trasdós en la cara del muro en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 9.7 metros. Como se mencionó previamente, no se establecerá un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda del muro que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-24 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.006**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Cubiertas de viviendas	0.85	adimensional
C (Coeficiente de escorrentía) - Vías vehiculares y peatonales en concreto	0.9	adimensional
Área de cubiertas de viviendas	193.6	m^2
Área de vías vehiculares y peatonales en concreto	32.1	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	103.4	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el filtro, es de **5.50 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 16.1 Sector 7.

Posteriormente, se realiza una linealización de este caudal, para después agruparlo en secciones de 2 metros. Estableciendo el caudal que llega al filtro en una sección de 2 metros en la longitud del muro y proceder con su evacuación mediante un solo punto. Este caudal linaelizado y agrupado es de **1.14 L/s.**

Una vez realizado esto, se determina el diámetro adecuado para la evacuación de estos caudales a través del muro, para lo cual se calcula el caudal máximo que transita por una tubería de diámetro 2” usando la ecuación de Manning, para lo cual se obtiene un caudal máximo de **1.89 L/s,** lo cual es evidentemente superior a lo requerido por el proyecto, y por lo tanto se determinan tuberías de desagüe a través del muro (lloraderos) de diámetro 2” con una separación longitudinal de 2 m. Se utilizan diámetros de 2” para garantizar el paso de partículas que puedan atravesar los poros del geotextil en el filtro, y así disminuir la probabilidad de taponamientos de la tubería.

18.6.21 Geotextil

El diseño del geotextil se realizó siguiendo los mismos criterios especificados para el sector 4.

En el Anexo 16.1 Sector 7, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de las tuberías interceptoras, con diámetro mínimo de 2” ubicadas de manera

transversal a la longitud del muro con una separación de 2 metros. De igual manera el geotextil NT – 2500 planteado, cumple con las especificaciones técnicas mínimas para el proyecto.

18.6.22 Sector 8:

Consiste en un talud expuesto con material desconfinado de relleno antrópico.

Ilustración 18-20 Sector 8



En este sector se establece la necesidad de un muro de contención, por lo cual se determina que debe existir un sistema de filtro en trinchera a la espalda del muro y descarga, que elimine las presiones hidrostáticas que se generan en el muro.

El filtro en trinchera tiene por objetivo, remover por medio del sistema de drenaje interno, la cantidad neta de agua que se infiltra por acción de la precipitación y la escorrentía superficial de su área aferente, el diseño del sistema colector de agua deberá considerar, el dimensionamiento de los drenes colectores longitudinales y transversales, de tal manera que se logre un espaciamiento adecuado entre desagües.

El sistema propuesto lo compone un medio filtrante compuesto de materiales granulares con tamaño de partícula entre 2” y 3”, con un geotextil no tejido NT-2500. La disposición de los subdrenes interceptores, se colocan en sentido transversal, los cuales interceptan el agua subterránea antes de llegar al talud.

18.6.23 Diseño de subdrenes

El diseño del subdrén se ubica en el trasdós en la cara del muro en contacto con el material contenido y con una longitud aproximada de 9.7 metros. Como se mencionó previamente, no se establecerá un diseño para el control de flujo subsuperficial y abatimiento de niveles freáticos ya que durante la exploración geotécnica no se encontró evidencia de aumento en los niveles de agua, así, se establecerá un sistema de filtración a la espalda del muro que permita la evacuación de las aguas de escorrentía superficial.

Tabla 18-25 Cálculo del caudal de escorrentía para el diseño de obras menores

Q (Caudal máximo de escorrentía superficial)	**0.004**	**m^3/s**
C (Coeficiente de escorrentía) - Taludes cubiertos en concreto lanzado	0.9	adimensional
Área de taludes cubiertos en concreto lanzado	156.5	m^2
Tr (Obras menores)	10	años
Duración	15	min
Intensidad (obras hidráulicas menores)	99.2	mm/hr

Con esto, se tiene que el caudal total captado por el filtro es de **3.84 L/s**. Los cálculos respectivos se presentan en el Anexo 16.1 Sector 8.
Posteriormente, se realiza una linealización de este caudal, para después agruparlo en secciones de 1 metros. Estableciendo el caudal que llega al filtro en una sección de 1 metros en la longitud del muro y proceder con su evacuación mediante un solo punto. Este caudal linaelizado y agrupado es de **0.40 L/s.**

Una vez realizado esto, se determina el diámetro adecuado para la evacuación de estos caudales a través del muro, para lo cual se calcula el caudal máximo que transita por una tubería de diámetro 2” usando la ecuación de Manning, para lo cual se obtiene un caudal máximo de **1.89 L/s,** lo cual es evidentemente superior a lo requerido por el proyecto, y por lo tanto se determinan tuberías de desagüe a través del muro (lloraderos) de diámetro 2” con una separación longitudinal de 1 m. Se utilizan diámetros de 2” para garantizar el paso de partículas que puedan atravesar los poros del geotextil en el filtro, y así disminuir la probabilidad de taponamientos de la tubería.

18.6.24 Geotextil

El diseño del geotextil se realizó siguiendo los mismos criterios especificados para el sector 4.

En el Anexo 16.1 Sector 8, se presentan las memorias de cálculo obtenidas para la estimación de las tuberías interceptoras, con diámetro mínimo de 2” ubicadas de manera transversal a la longitud del muro con una separación de 2 metros. De igual manera el geotextil NT – 2500 planteado, cumple con las especificaciones técnicas mínimas para el proyecto.

19 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL – LÍNEA BASE AMBIENTAL.

19.1 Medio Físico

Este capítulo describe los componentes físicos del ambiente correspondientes a la calidad del aire, calidad del agua y residuos sólidos. Los demás aspectos físicos como cobertura y uso del suelo, especies arbóreas y geología (relieve) se relacionan en capítulos anteriores.

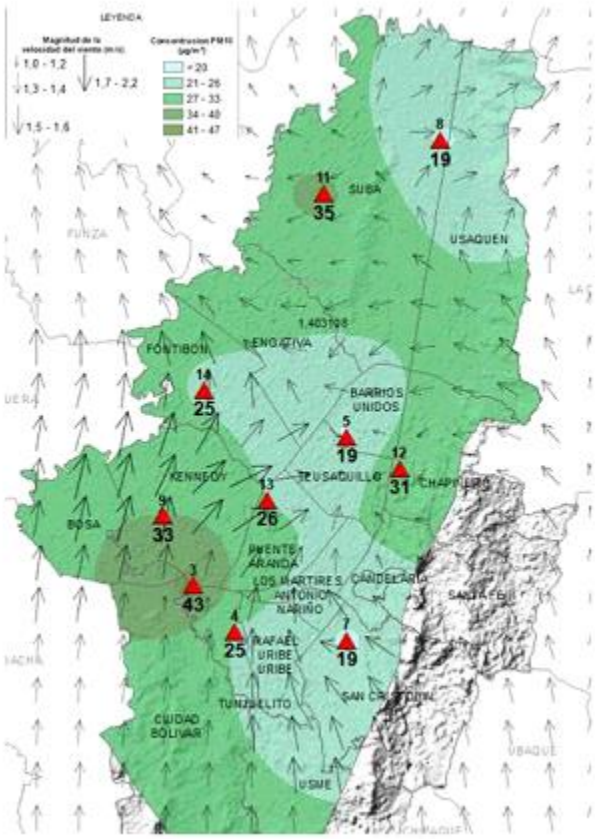
- Calidad del aire:

La información de calidad del aire disponible para la ciudad de Bogotá, es la reportada por la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá – RMCAB a cargo de la Secretaría Distrital de Ambiente, conformada por 12 estaciones fijas distribuidas por la ciudad y una estación móvil. La RMCAB cuenta con la estación Guaymaral (No 8 GYR) y Usaquén (No 1 USQ) las cuales son las más cercanas al polígono de estudio. En el Informe mensual de calidad del aire del mes de abril del 2020 se presenta la distribución espacial de los parámetros monitoreados Material Partículado PM10 , PM2.5 y Ozono, los cuales se presentan a continuación.

- Material partículado (PM10):

De acuerdo al informe mensual de calidad del aire de abril de 2020 se observa que en la zona de estudio se presentan concentraciones promedio de material Partículado PM10 entre 16.2 y 18.4 µg/m3. De acuerdo al IBOCA (Índice Bogotano de Calidad del Aire) la zona de estudio presenta un estado moderado respecto al material partículado PM10.

Ilustración 19-1 Material partículado PM_{10}

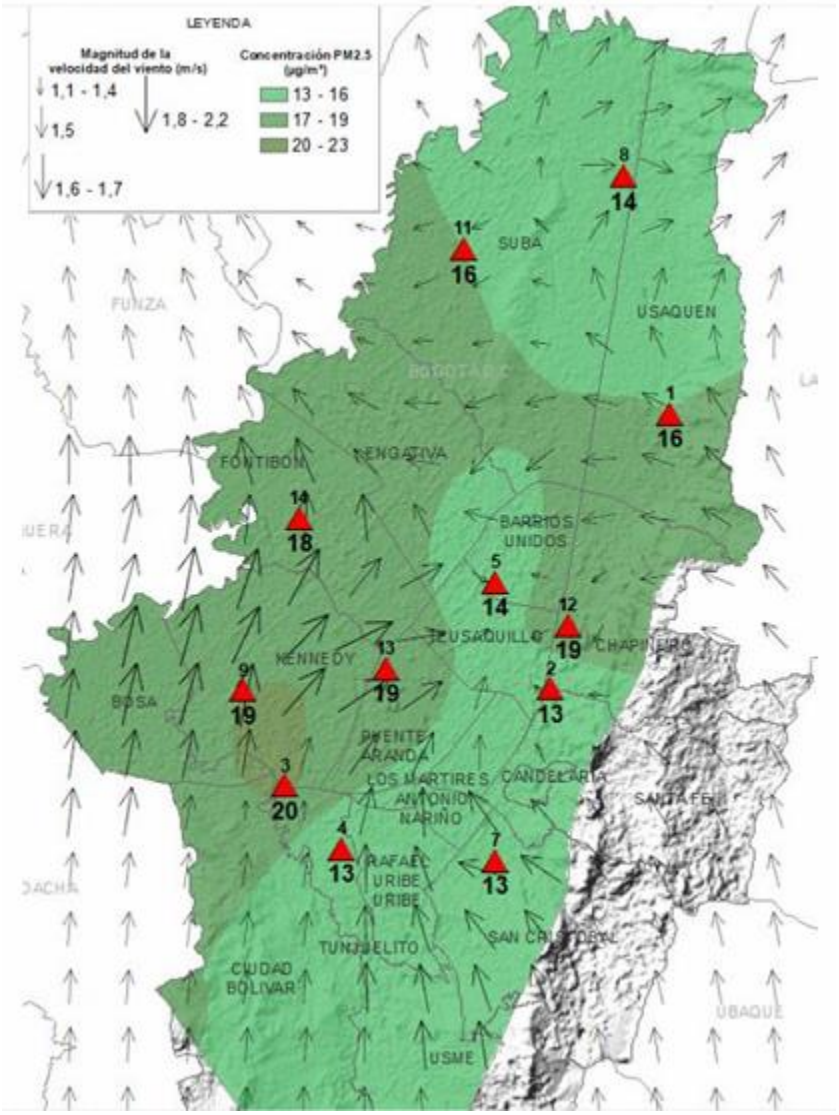


Fuente: Informe Mensual de Calidad del Aire en Bogotá – Abril 2020.

- Material particulado (PM2.5):

De acuerdo al informe mensual de calidad del aire del mes de abril del 2020, se observa que en la zona de estudio se presentan concentraciones de material partículado PM2,5 entre 14.3 y 15.9 µg/m3, valor que se encuentra por debajo del máximo permisible de acuerdo a la Resolución 610 de 2010 definido en 25 µg/m3. La fuente del poco material partículado en la zona de estudio puede estar asociada a la circulación de vehículos que en su mayoría corresponden a transporte público y SITP.

Ilustración 19-2 Material partículado $PM_{2.5}$



Fuente: Informe Mensual de Calidad del Aire en Bogotá – Abril 2018.

- Ozono (O3):

De acuerdo al informe mensual de abril del año 2020, se observa que en la zona de estudio se presentan concentraciones promedio de Ozono entre 18.45 y 23.651 µg/m3.

- Cuerpos de agua y calidad del agua:

Tras realizar recorridos en campo y consultar información secundaria se constata que en el polígono de estudio no se cuenta con la presencia de cuerpos de agua. Debido a que la mayoría de la zona de estudio se encuentra urbanizada el agua de escorrentía es transportada mediante el sistema de alcantarillado en su mayoría.

- Manejo de residuos sólidos:

Consultando la información disponible por el visor geográfico ambiental de la Secretaria Distrital de Ambiente –SDA, no se tiene en el sector de estudio fuentes generadoras de residuos sólidos tipo RCD o residuos hospitalarios, tampoco se identifican sitios de disposición final de RCD.

Respecto a los residuos sólidos de tipo domiciliario producto de la cotidianidad de los hogares, se observa durante recorridos de campo y a partir de información de Mapas Bogotá que el barrio cuenta con un sistema de recolección de basuras mediante rutas de recolección, debido a las condiciones de las calles de alta pendiente, estrechas y con escaleras el recorrido de las rutas es bastante limitado por lo que el vehículo recolector tiene una ruta especifica que impide la recolección de basuras puerta a puerta, por lo que la comunidad ha establecido puntos en los que el vehículo de la basura accede para recolectar los residuos, se evidencia en las visitas de campo que la comunidad hace dicha disposición de manera descuidada por lo que los residuos se acumulan y esparcen generando malos olores y mal aspecto.

También se observa en la zona el servicio de contenedores mediante 5 puntos:

- Calle 190A 5 A, para residuos aprovechables.
- Calle 190A 5 A, para residuos no aprovechables.
- Calle 189 4 A, para residuos no aprovechables.
- Calle 189A 4, para residuos aprovechables.
- Calle 189C 3 A, para residuos aprovechables.

Otro aspecto importante a tener en cuenta son los residuos sólidos provenientes de autoconstrucción, los cuales la comunidad no disponen de manera adecuada, por lo que los acumulan en frente de predios o los utilizan para realizar rellenos artesanales, originándose puntos de acumulación de basuras.

19.2 Medio Biótico

- Ecosistemas:

El polígono de estudio, ocupa terrenos comprendidos entre una altitud cercana a los 2,566 msnm en la parte más baja, y 2655 msnm en su parte más alta. Clasificándose dentro del piso térmico frío.

El polígono de estudio limita al norte con los cerros orientales, específicamente con la zona de restauración, la cual corresponde a una zona de protección según el POT de la ciudad de Bogotá. La mayoría de la superficie del polígono de estudio se encuentra clasificado como suelo desnudo, vegetación muerta o construcciones.

19.3 Clima e hidrología

En el sector de estudio se presenta una precipitación media total anual de entre 500 mm y 1000 mm, una evaporación promedio total anual de entre 700 mm a 900 mm, presenta un régimen de lluvias bimodal.

Se clasifica en piso térmico frío con temperaturas máximas anuales de entre 16 y 18 °C, temperaturas mínimas anuales menores a 8 °C. Presenta una temperatura media anual entre 10 y 15 °C.

19.4 EVALUACIÓN AMBIENTAL

En este capítulo se presenta la identificación y evaluación de impactos ambientales asociados al desarrollo del proyecto, tomando como base la metodología de Conesa Fernández-Vitora (1995); según la cual hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración favorable o desfavorable en el medio ambiente o en alguno de los componentes del medio. Para realizar esta evaluación, se utiliza una matriz causa/efecto, en donde para cada elemento caracterizado, se identifican los posibles impactos y su relación con las actividades con y sin proyecto. Cada uno de los impactos identificados se califica en una matriz, en los dos escenarios descritos previamente (sin proyecto y con proyecto) de acuerdo a los criterios presentados en la siguiente tabla.

Tabla 19.1. Valoración cualitativa de impactos

Parámetro	Sigla	Rango	Valoración	Descripción
Carácter	C	+	Positivo	Son acciones que introducen mejoras al medio o a los factores considerados en términos de su valor ambiental, económico, entre otros.
		-	Negativo	Se traduce en una pérdida del valor o perjuicio en relación con las características de la zona.
Intensidad	I	1	Baja	El efecto sobre el factor considerado no es significativo.
		2	Media	El efecto no es suficiente para poner en riesgo o potenciar los recursos; pérdida/ganancia ambiental.
		4	Alta	El impacto afecta los recursos naturales.
		8	Muy alta	El impacto afecta altamente los recursos naturales.
Extensión	Ex	1	Puntual	Si la acción produce un efecto muy localizado.
		2	Local	Se considera como una situación intermedia, según su gradación.
		4	Parcial	Tiene una influencia generalizada dentro del proyecto.
		8	Extenso	El efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno de la actividad (proyecto), teniendo una influencia generalizada en todo él.
Probabilidad	Pr	1	Poco probable	El impacto difícilmente ocurriría.
		2	Probable	El impacto podría ocurrir.
		4	Cierto	El impacto ocurre.
Duración	D	1	Fugaz	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes.
		2	Temporal	Duración entre uno (1) y doce (12) meses.
		4	Permanente	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años.
Tendencia	T	1	Decreciente	El impacto disminuye con el pasar del tiempo.
		2	Estable	El impacto permanece igual con el pasar del tiempo.
		4	Creciente	El impacto a medida que pasa el tiempo aumenta.
Reversibilidad	Rv	1	Corto plazo	El retorno a condiciones originales toma menos de un (1) año.
		2	Mediano plazo	Se requieren de uno (1) a cinco (5) años.
		4	Largo plazo	El retorno a condiciones originales toma más de cinco (5) años.
		8	Irreversible	El cambio supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación anterior a la acción que lo produce.
Mitigabilidad	Mt	1	Corto plazo	El efecto es totalmente recuperable en un plazo menor a un (1) año.
		2	Mediano plazo	El efecto es totalmente recuperable en un plazo entre uno (1) y cinco (5) años.
		4	Largo plazo	El efecto es totalmente recuperable en un plazo mayor cinco (5) años.
		8	Irrecuperable	No hay posibilidades de una recuperación ni de tipo natural o antrópica.
Momento	Mo	1	Largo plazo	El efecto tarda en manifestarse más de tres (3) años.
		2	Mediano plazo	El periodo de tiempo va de uno (1) a tres (3) años.
		4	Corto plazo	El tiempo transcurrido es inferior a un (1) año.

Parámetro	Sigla	Rango	Valoración	Descripción
		8	Inmediato	El tiempo transcurrido es nulo o inferior a un (1) año.
Efecto	Ef	1	Indirecto	La manifestación del efecto no es consecuencia directa de la acción.
		2	Directo	Es la acción misma la que origina el efecto.
Periodicidad	Pe	1	Irregular y discontinuo	La manifestación del efecto es de forma impredecible en el tiempo.
		2	Periódico	La manifestación del efecto es de manera cíclica o recurrente.
		4	Continuo	La manifestación del efecto es de manera constante en el tiempo.
Sinergia	S	1	Sin sinergismo	La acción no es sinérgica con otras acciones cuando actúan sobre el mismo factor.
		2	Sinérgico	Se estima de acuerdo al tipo de reforzamiento (moderado o alto) de dos o más efectos.
		4	Muy sinérgico	
Acumulación	A	1	Simple	La acción no produce efectos acumulativos y la recuperación se da en un plazo menor a un (1) año.
		4	Acumulativo	El efecto producido es acumulativo.

Fuente: Elaboración propia.

Con los anteriores criterios de evaluación, se obtiene la importancia del impacto, aplicando la siguiente formula:

$$IA = C * (3I + 2Ex + Pr + D + T + Rv + Mt + Mo + Pe + S + A)$$

El resultado final de la valoración es la clasificación de los impactos negativos como positivos, como se presenta a continuación:

Tabla 19.2. Clasificación de impactos impactos positivos y negativos

Importancia de impactos positivos (+)	Clasificación	Importancia de impactos negativos (-)	Clasificación
Leve	15 y 33	Irrelevante	-15 y -33
Notable	34 y 52	Moderado	-34 y -52
Significativo	53 y 71	Severo	-53 y -71
Importante	72 y 90	Crítico	-72 y -90

Fuente: Elaboración propia.

19.5 EVALUACIÓN SIN INTERVENCIONES

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la evaluación de impactos sin intervenciones, se evaluaron cuatro actividades: Actividad residencial de autoconstrucción, invasión de zonas verdes, disposición de residuos sólidos, vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua y zonas verdes, las cuales se identificaron como relevantes. La evaluación indica que los componentes ambientales más afectados son el geoesférico, biótico e hídrico, debido a los predios localizados de manera ilegal y construidos de manera artesanal, realizando modificaciones importantes en el suelo y paisaje, además de la mala disposición de los residuos sólidos y de las aguas residuales por parte de estas comunidades.

Tabla 19.3. Clasificación de impactos impactos – evaluación sin proyecto.

COMPONENTE	ACTIVIDAD	Actividad residencial de autoconstruccion		Invasion de zonas verdes		Disposición de residuos solidos		Vertimiento de aguas residuales en cuerpos de agua y/o zonas verdes			
	IMPACTO	IA (Calif)		IA (Calif)		IA (Calif)		IA (Calif)		Suma	componente
SOCIO ECONÓMICO	Generación de expectativas	0		0		0		0		0	-421
	Generación de molestias a la comunidad	-30	Irrelevante	-43	Moderado	-35	Moderado	-32	Irrelevante	-140	
	Potenciación de conflictos	-31	Irrelevante	-43	Moderado	-33	Moderado	-32	Irrelevante	-139	
	Generación de empleo	0		0		0		0		0	
	Daños a cultivos o a áreas de pastoreo	0		0		0		0		0	
	Daños a accesos	-30	Irrelevante	0		-37	Moderado	0		-67	
	Incremento de la accidentalidad	0		0		0		0		0	
	Desplazamiento de población	0		0		0		0		0	
	Desplazamiento infraestructura	-38	Moderado	0		0		0		-38	
	Afectación del patrimonio arqueológico	0		0		0		0		0	
	Afectación de la salud de la comunidad del área de influencia	0		0		0		-37	Moderado	-37	
GEOSFÉRICO	Modificación de uso del suelo	-56	Severo	-65	Severo	0		0		-121	-970
	Alteración del paisaje	-70	Severo	-65	Severo	-67	Severo	0		-202	
	Generación de fenómenos de remoción en masa	-39		0		0		-34	Moderado	-73	
	Generación de residuos sólidos	-57	Severo	-52	Moderado	-63	Severo	0		-172	
	Alteración de la calidad química del	0		0		0		-35	Moderado	-35	
	Compactación del suelo	-35		0		0		0		-35	
	Alteración de la estabilidad del terreno	-43		0		0		-34	Moderado	-77	
	Cambios en la forma del terreno	-68	Severo	-65	Severo	0		0		-133	
	Generación de procesos erosivos	-41	Moderado	-44	Moderado	0		-37	Moderado	-122	
HIDRICO	Alteración de la calidad del agua	0		0		0		0		0	0
	Disminución de la oferta hídrica	0		0		0		0		0	
	Afectación de cauces	0		0		0		0		0	
	Cambio en la calidad del agua	0		0		0		0		0	
	Cambio en la cantidad de agua subterránea	0		0		0		0		0	
ATMOSFÉRICO	Aumento de la presión sonora	0		0		0		0		0	-81
	Afectación de la calidad del aire por	0		0		0		0		0	
	Afectación de la calidad del aire por material particulado	0		0		0		0		0	
	Afectación de la calidad del aire por olores	0		0		-49	Moderado	-32	Irrelevante	-81	
BIOTICO	Perdida cobertura vegetal	-80	Crítico	-59	Severo	0		0		-139	-451
	Fragmentación de las coberturas vegetales	-80	Crítico	-57	Severo	0		0		-137	
	Afectacion comunidades faunisticas					0		0		0	
	Proliferación de vectores	-41	Moderado	-43	Moderado	-50	Moderado	-41	Moderado	-175	
	Aumento de población de especies carroñeras	0						0		0	
	Cambio en la estructura de la comunidad hidrobiológica	0		0		0		0		0	
	Deterioro del habitat para las comunidades hidrobiológicas	0		0		0		0		0	
	TOTAL	-739		-536		-334		-314			

Según los resultados de la evaluación ambiental actual del sector de estudio, se concluye que la principal problemática corresponde a la modificación del suelo pos edificación carente de criterios técnicos. Este tipo de construcciones artesanales han modificado el paisaje, han generado cortes y rellenos, adicionalmente los materiales provenientes de construcción y remodelación de las viviendas no es dispuesto adecuadamente por lo que es común ver en el barrio acopio de escombros de concreto, mampostería, maderas, tejas, lonas con materiales de excavación, rellenos artesanales, entre otros.

20 ANÁLISIS PREDIAL

La zona de estudio se encuentra al norte del área urbana de la ciudad de Bogotá, en el barrio Buenavista, localidad 1-Usaquén y UPZ 9-Verbenal. Según la información de la Secretaría Distrital de Planeación el barrio Buenavista está legalizado mediante Resolución 1126 de 18 de diciembre de 1996 y se encuentra categorizado en estrato 2 conforme al Decreto 551 del 12 de septiembre de 2019.

Durante la ejecución del estudio detallado de amenaza y riesgo por remoción en masa y el planteamiento de alternativas de mitigación para el polígono objeto de estudio, se identificaron diez lugares críticos. La Tabla 20-1 muestra los predios asociados a dichos lugares y la Ilustración 20-1 indica la localización de los lugares sobre la cartografía predial de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD (vigencia 2020) clasificada por su naturaleza (público-privado).

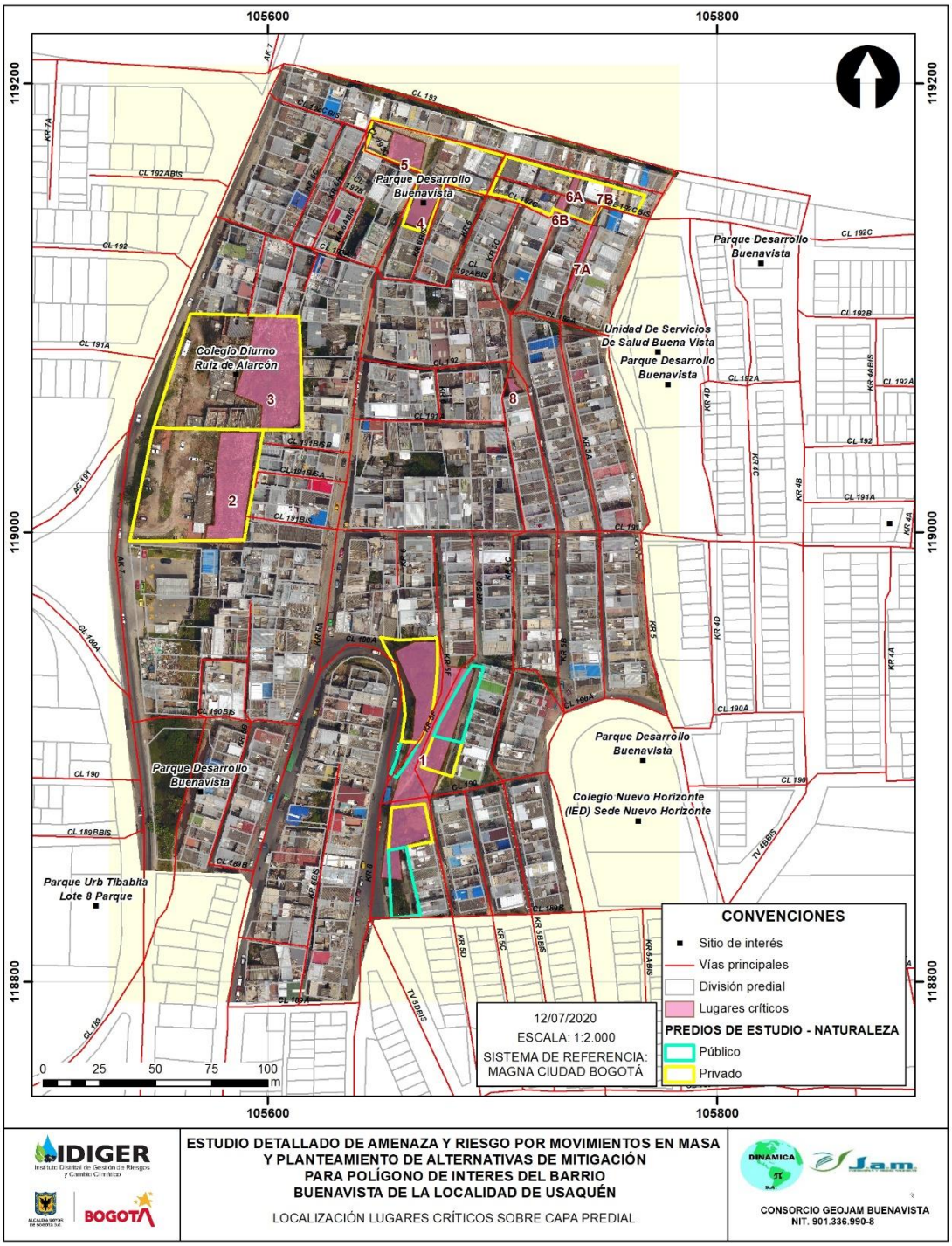
Cabe destacar que, de los diez sectores de interes, ocho recaen espacialmente en predios formados catastralmente y los dos puntos restantes (7A y 8) se encuentran ubicados sobre la KR 5A y en la KR 5B con CL 192 respectivamente, estos no afectan ningún predio en específico, razón por la cual no se encuentran en la tabla mencionada. Así mismo, se logró determinar que las zonas críticas se superponen con diez predios de los cuales siete tienen naturaleza privada y tres son públicos.

Tabla 20-1. Predios asociados a los sitios críticos.

ID	DIRECCIÓN	CHIP	NATURALEZA	FMI	SITIO CRÍTICO	ESTE	NORTE
1	KR 5 D 189 B-43	AAA0117KUAW	Privado	50N-679481	1	105662,7	118868,8
2	KR 6 189 B*	No aplica	Público	No aplica	1	105659,6	118842,9
3	KR 6 190*	No aplica	Público	No aplica	1	105660,4	118899,6
4	CL 190 5 D 64	AAA0117KUBS	Privado	50N-679482	1	105676,6	118900,6
5	Indeterminada	No aplica	Público	No aplica	1	105685,0	118922,3
6	KR 6 190 30	AAA0117KUCN	Privado	50N-679483	1	105665,8	118931,6
7	AK 7 191-2	AAA0117KPEA	Privado	50N-20856221	2	105567,0	119021,5
8	AK 7 191 A-30	AAA0117KPFT	Privado	50N-20856221	3	105585,4	119070,3
9	CL 192 C 6-20	AAA0117KTLW	Privado	50N-577253	4-5	105671,2	119167,5
10	CL 192D 5-3	AAA0117KULF	Privado	50N-679471	6A- 6B-7B	105708,8	119150,6

Fuente. Elaboración propia con base en información del Sistema de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial – SINUPOT

Ilustración 20-1. Localización lugares críticos sobre capa predial.



Fuente. Elaboración propia con base en información de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD

20.1 IDENTIFICACIÓN JURÍDICO CATASTRAL

Una vez identificados los predios sobre los cuales recaen los sitios críticos, se realizó la caracterización jurídica y catastral de cada uno de ellos, de esta forma fue posible identificar donde se encuentran ubicados espacialmente, asociar un folio de matrícula inmobiliaria y así mismo, analizar la cadena traslaticia de dominio.

Cabe destacar que, el presente análisis se realizó con base en la información predial oficial para Bogotá (vigencia 2020) disponible en: la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), el Sistema de Información de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial (SINUPOT), la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR). Adicionalmente, se tuvo en cuenta la información del Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público.

Se relacionan a continuación los datos jurídicos catastrales por sector.

20.1.1 SECTOR 1

El sector 1, se encuentra conformado por seis predios catastrales, de los cuales tres tienen naturaleza privada con titulares de derecho real de dominio y los tres restantes son de naturaleza pública. No se evidencia que ninguno de los 6 predios hagan parte de uno de mayor extensión, pero si existe una inconsistencia en la formación catastral dado que al superponer la Ortofoto con la capa predial, hay un vacío catastral determinado por los siguientes límites: al norte del predio con dirección KR 5 D 189 B 43 y al sur del predio con dirección CL 190 5 D 64.

Las Tabla 20-2, Tabla 20-3, Tabla 20-4, Tabla 20-5, Tabla 20-6 y Tabla 20-7 relacionan la información de los seis predios asociados al sector 1.

Tabla 20-2. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 1

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KUAW		DIRECCIÓN	KR 5D 189B 43	
CÉDULA CATASTRAL	008535992700000009		CÓDIGO LOTE	0085358708	
NATURALEZA	Privado		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		309,9 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105662,7		NORTE	118868,8	

INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)				
DIRECCIÓN REGISTRAL	KR 5D 189B 43		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-679481
FECHA APERTURA	10/15/1982	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 1437 del 31-03-1982 Notaria 4A. de Bogotá	
ESTADO DEL FOLIO	Activo			
FOLIO MATRIZ	50N - 577253	FOLIOS SEGREGADOS	50N-20695275 50N-20695276 50N-20695277	
CALIDAD DE LA TENENCIA		Propietarios con Derecho Real de Dominio		
NOMBRE PROPIETARIO		González Fernández Pedro Manuel C.C. 17053097 Villegas Arbeláez Jaime C.C. 532092		
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		1635,51 m^2		

LINDEROS

MUESTRA GRÁFICA



NORTE:	CL 190	**ESTE:**	KR 5D
SUR:	2 predios con dirección: Sobre la KR 6 KR 6 189 B 36	**OESTE:**	KR 6

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

Tabla 20-3. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 2

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	No aplica		DIRECCIÓN	KR 6 189B Según cartografía UAECD	
CÉDULA CATASTRAL	No aplica		CÓDIGO LOTE	0085358707	
NATURALEZA	Público		USO		
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		319,3 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105659,6		NORTE	118842,9	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	KR 6 189B Según cartografía UAECD		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	No aplica	
FECHA APERTURA	No aplica	DOCUMENTO APERTURA	No aplica		
ESTADO DEL FOLIO	No aplica				
FOLIO MATRIZ	No aplica	FOLIOS SEGREGADOS	No aplica		
CALIDAD DE LA TENENCIA		No aplica			
NOMBRE PROPIETARIO		No aplica			
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		No aplica			
LINDEROS					
MUESTRA GRÁFICA					



NORTE:	Predio con dirección KR 5D 189B 43	**ESTE:**	6 predios con dirección: KR 6 189 B 36, KR 5 D 189 B 33, KR 6 189 B 24, KR 6 189 B 18, KR 6 189 B 12, KR 6 189 B 6
SUR:	CL 189B	**OESTE:**	KR 6

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

Tabla 20-4. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 3

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	No aplica		DIRECCIÓN	KR 6 190 Según cartografía UAECD	
CÉDULA CATASTRAL	No aplica		CÓDIGO LOTE	0085355220	
NATURALEZA	Público		USO		
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		90,5 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105660,4		NORTE	118899,6	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	KR 6 190 Según cartografía UAECD		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	No aplica	
FECHA APERTURA	No aplica	DOCUMENTO APERTURA	No aplica		
ESTADO DEL FOLIO	No aplica				
FOLIO MATRIZ	No aplica	FOLIOS SEGREGADOS	No aplica		
CALIDAD DE LA TENENCIA		No aplica			
NOMBRE PROPIETARIO		No aplica			
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		No aplica			
LINDEROS					

MUESTRA GRÁFICA



NORTE:	Predio con dirección KR 6 190 30	**ESTE:**	Camino o sendero
SUR:	CL 190	**OESTE:**	KR 6

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

Tabla 20-5. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 4

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KUBS		DIRECCIÓN	CL 190 5D 64	
CÉDULA CATASTRAL	008535992800000009		CÓDIGO LOTE	0085354811	
NATURALEZA	Privado		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		210,2 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105676,6		NORTE	118900,6	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN REGISTRAL	CL 190 5D 64		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-679482	
FECHA APERTURA	10/15/1982	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 1437 del 31-03-1982 Notaria 4A de Bogotá		
ESTADO DEL FOLIO	Activo				
FOLIO MATRIZ	50N - 577253	FOLIOS SEGREGADOS	50N-20571757 50N-20771193 50N-20771194 50N-20771195		

			50N-20771196 50N-20771197
CALIDAD DE LA TENENCIA		Propietarios con Derecho Real de Dominio	
NOMBRE PROPIETARIO		González Fernández Pedro Manuel C.C.17053097 Villegas Arbeláez Jaime C.C. 532092	
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		2053,18 m^2	
LINDEROS			
MUESTRA GRÁFICA			



NORTE:	Predio sin dirección	**ESTE:**	3 predios con dirección: KR 5 F 190 16 KR 5 F 190 10 CL 190 5 C 6
SUR:	Indeterminado	**OESTE:**	Camino o sendero

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

Tabla 20-6. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 5

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	No aplica		DIRECCIÓN	Indeterminada	
CÉDULA CATASTRAL	No aplica		CÓDIGO LOTE	0085354812	
NATURALEZA	Público		USO		
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		332,5 m^2	ESTRATO	2	

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS			
ESTE:	105685	NORTE	118922,3

INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)			
DIRECCIÓN CARTOGRÁFICA	Indeterminada	FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	No aplica
FECHA APERTURA	No aplica	DOCUMENTO APERTURA	No aplica
ESTADO DEL FOLIO	No aplica		
FOLIO MATRIZ	No aplica	FOLIOS SEGREGADOS	No aplica
CALIDAD DE LA TENENCIA	No aplica		
NOMBRE PROPIETARIO	No aplica		
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO	No aplica		

LINDEROS

MUESTRA GRÁFICA



NORTE:	CL 190A	**ESTE:**	7 predios con dirección: KR 5 F 190 58 KR 5 F 190 52 KR 5 F 190 46 KR 5 F 190 40 KR 5 F 190 34 KR 5 F 190 28 KR 5 F 190 42
SUR:	Predio con dirección CL 190 5 D 64	**OESTE:**	Camino o sendero

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

Tabla 20-7. Información Jurídico Catastral sector 1 predio 6

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KUCN		DIRECCIÓN	KR 6 190 30	
CÉDULA CATASTRAL	008535992900000009		CÓDIGO LOTE	0085355219	
NATURALEZA	Privado		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		709,8 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105665,8		NORTE	118931,6	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN REGISTRAL	KR 6 190 30		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-679483	
FECHA APERTURA	10/15/1982	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 1437 del 31-03-1982 Notaria 4A de Bogotá		
ESTADO DEL FOLIO	Activo				
FOLIO MATRIZ	50N - 577253	FOLIOS SEGREGADOS	50N-20732293 50N-20732294 50N-20732295 50N-20732296 50N-20732297 50N-20732298 50N-20732299 50N-20732300 50N-20771198		
CALIDAD DE LA TENENCIA		Propietarios con Derecho Real de Dominio			
NOMBRE PROPIETARIO		González Fernández Pedro Manuel CC.# 17053097 X Villegas Arbeláez Jaime CC.# 532092 X			
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		2623,33 m^2			
LINDEROS					

MUESTRA GRÁFICA



NORTE:	4 predios con dirección: CL 190 A 6 4 CL 190 A 6 2 KR 5 F 190 A 31 KR 5 F 190 A 19	**ESTE:**	Camino o sendero
SUR:	Predio sin dirección	**OESTE:**	KR 6

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

20.1.2 SECTOR 2

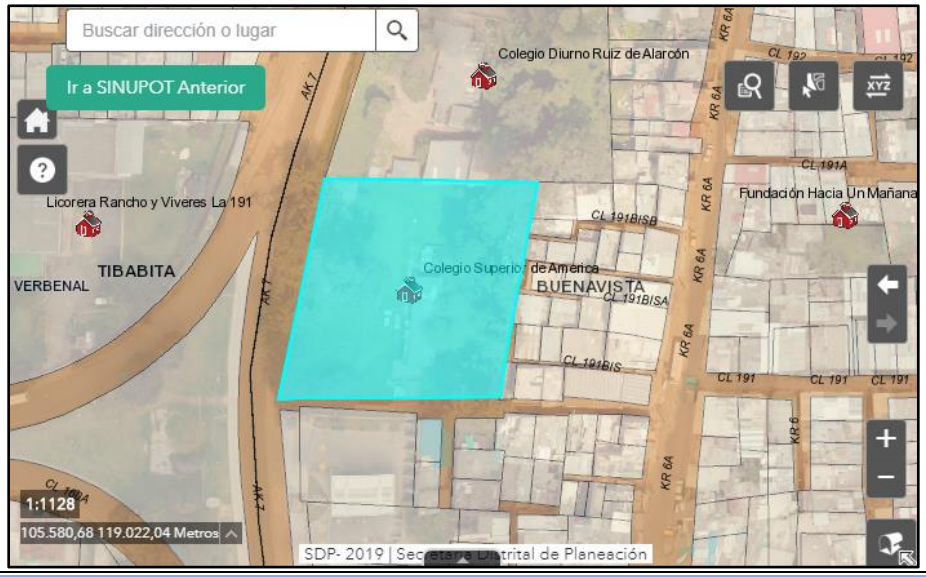
El proceso de validación de la información predial del sector 2, evidenció el CHIP AAA0117KPEA, que a su vez asocia el FMI 50N-83034 el cual se encuentra en estado CERRADO a causa de un englobe que reposa en la anotación 25 del folio. Por tanto, se segrega el nuevo FMI 50N-20856221, el cual también representa el sector 3. Nótese que, aunque se trata de un englobe, catastralmente todavía se encuentran formados los dos predios.

Adicionalmente, el uso según el SINUPOT para este predio es residencial y no dotacional como se esperaba inicialmente debido a la existencia del Colegio Superior de América. Por otra parte, el predio sobre el cual recae espacialmente el sector 2 es de naturaleza privada y cuenta con titular de derecho real de dominio.

La Tabla 20-8 relaciona la información del predio asociado al sector 2.

Tabla 20-8. Información Jurídico Catastral sector 2

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KPEA		DIRECCIÓN	Lote	
CÉDULA CATASTRAL	UQ 5176		CÓDIGO LOTE	0085359504	
NATURALEZA	Privado		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		2492,1 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105567		NORTE	119021,5	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN REGISTRAL	Lote		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-20856221	
FECHA APERTURA	9/20/2019	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 3064 del 19-10-2018 Notaria primera de Bogotá D.C		
ESTADO DEL FOLIO	Activo				
FOLIO MATRIZ	50N - 83034 50N - 20086763	FOLIOS SEGREGADOS	No aplica		
CALIDAD DE LA TENENCIA		Propietarios con Derecho Real de Dominio			
NOMBRE PROPIETARIO		Distribuidora El Obrero SAS NIT 9005510213			
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		5462,77 m^2			
LINDEROS					
MUESTRA GRÁFICA					



NORTE:	Predio con dirección AK 7 191 A 30	**ESTE:**	7 predios con dirección: CL 191 BIS B 6 A 20 CL 191 BIS B 6 A 34 CL 191 BIS A 6 A 31 CL 191 BIS A 6 A 27 Predio sin dirección CL 191 BIS 6 A 34 Predio sin dirección
SUR:	Camino o sendero	**OESTE:**	AK 7

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

20.1.3 SECTOR 3

El proceso de validación de la información predial del sector 2, evidenció el CHIP AAA0117KPFT, que a su vez asocia el FMI 50N-20086763 el cual se encuentra en estado CERRADO a causa de un englobe que reposa en la anotación 25 del folio. Por tanto, se segrega el nuevo FMI 50N-20856221, el cual también representa el sector 2. Nótese que, aunque se trata de un englobe, catastralmente todavía se encuentran formados los dos predios.

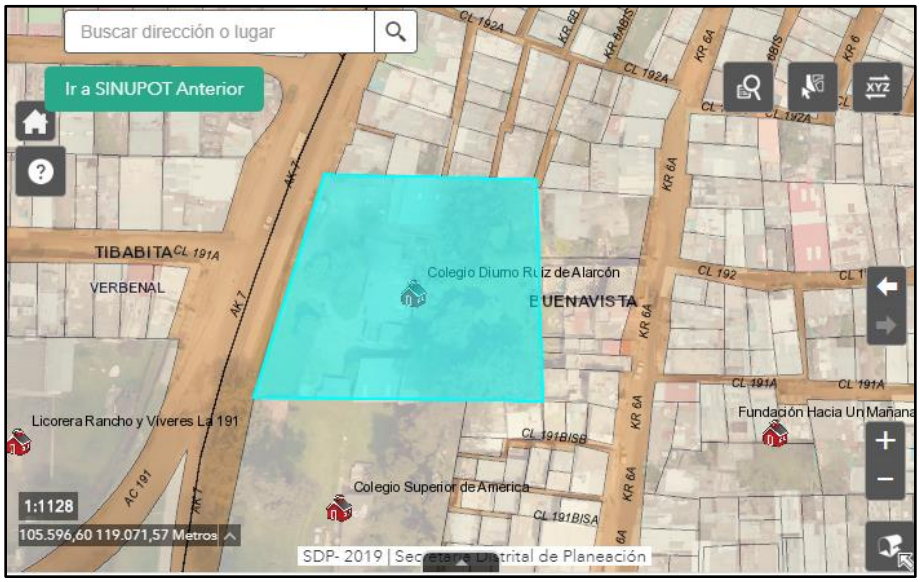
Adicionalmente, el uso según el SINUPOT para este predio es residencial y no dotacional como se esperaba inicialmente debido a la existencia del Colegio Diurno Ruíz de Alarcón. Por otra parte, el predio sobre el cual recae espacialmente el sector 3 es de naturaleza privada y cuenta con titular de derecho real de dominio.

La Tabla 20-9 relaciona la información del predio asociado al sector 3.

Tabla 20-9. Información Jurídico Catastral sector 3

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KPFT		DIRECCIÓN	Lote	
CÉDULA CATASTRAL	UQ 4695		CÓDIGO LOTE	0085359505	
NATURALEZA	PRIVADO		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD	2934,5 m^2		ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105585,4		NORTE	119070,3	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN REGISTRAL	Lote		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-20856221	
FECHA APERTURA	9/20/2019	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 3064 del 19-10-2018 Notaria Primera de Bogotá D.C		
ESTADO DEL FOLIO	Activo				

FOLIO MATRIZ	50N - 83034 50N - 20086763	FOLIOS SEGREGADOS	No aplica
CALIDAD DE LA TENENCIA		Propietarios con Derecho Real de Dominio	
NOMBRE PROPIETARIO		Distribuidora El Obrero SAS NIT 9005510213	
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		5462,77 m^2	
LINDEROS			
MUESTRA GRÁFICA			



NORTE:	4 predios con dirección: AK 7 192 10 AK 7 192 16 KR 6 D 192 10 KR 6 C 192 10	**ESTE:**	6 predios con dirección: KR 6 A 192 5 KR 6 A 191 A 25 KR 6 A 191 A 21 KR 6 A 191 A 17 KR 6 A 191 A 15 KR 6 A 191 41
SUR:	3 predios con dirección: AK 7 191 2 CL 191 BIS B 6 A 20	**OESTE:**	AK 7

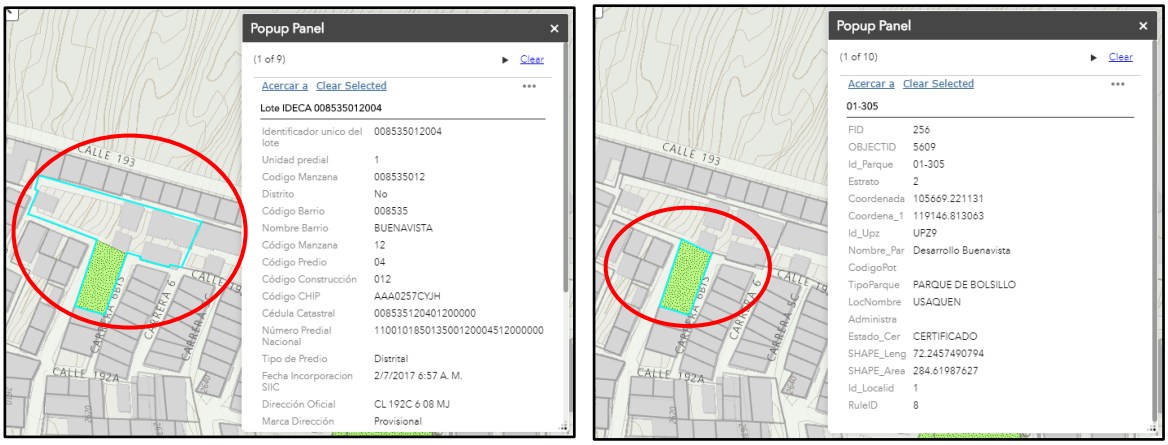
Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

20.1.4 SECTORES 4 - 5

Los sectores 4 y 5 recaen espacialmente sobre el predio con CHIP AAA0117KTLW el cual tiene asociado el FMI 50N-577253, en el estudio jurídico se determinó que, el predio es de naturaleza privada y cuenta con titulares de derecho real de dominio. Así mismo, se identificaron 163 Folios de Matricula Inmobiliaria Segregados, evidenciando de esta forma los procesos de saneamiento que se han realizado sobre el bien inmueble.

Dado que, en la Ortofoto se evidencia que el predio cuenta con zonas verdes, se realizó la consulta en el SIGDEP, donde se encontró que solo una de las dos zonas verdes se encuentra clasificada como “parque de bolsillo”. Sin embargo, aunque existe este parque de uso público, a nivel predial sigue siendo una sola unidad catastral.

Ilustración 20-2. Localización predio catastral y zonas verdes (parque bolsillo)



Fuente. Elaboración propia con base en información SIGDEP

Adicionalmente, durante el estudio catastral se determinaron varias mejoras dentro del mismo predio, las cuales se relacionan en la Tabla 20-10. Esta particularidad, permite inferir que se trata de un predio de mayor extensión.

Tabla 20-10. Mejoras del predio con dirección KR 6A 190A 02

DIRECCION	CHIP	CEDULA CATASTRAL	DUEÑO MEJORA	CEDULA
CALLE 192C 6 08 MJ	AAA0257CYJH	008535120401200000	DIEGO ARMANDO ARDILA SUA	1032365884
CALLE 192C 6 20 MJ 10	AAA0247MMRJ	008535120401000000	MARIELA VELANDIA SUA	52990135
CALLE 192C 6 12 MJ 8	AAA0175SYSY	008535120800100000	FLOR MARIA NINO	41590137
CALLE 192C 6 04 MJ 11	AAA0253DFNN	008535120401100000	MARIA ELINA LINARES GONZALEZ	41633868
CALLE 192D 5 65 MJ	AAA0175SYPA	008535120601000000	LUIS ALBERTO VELANDIA	4254807
KR 6B 192C 10 MJ	AAA0261ZTCN	008535120401300000	ALBERTO SUA MENDIVELSO	1054252717
CALLE 192D 5 57 MJ	AAA0175SYRJ	008535120700100000	FLOR MARIA CALDERON RUEDA	39783944

Fuente. Elaboración propia con base en información del UAECD

La Tabla 20-11 relaciona la información del predio asociado a los sectores 4 y 5.

Tabla 20-11. Información Jurídico Catastral sectores 4 - 5

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KTLW		DIRECCIÓN	KR 6A 190A 02	
CÉDULA CATASTRAL	008535120401100000		CÓDIGO LOTE	0085351204	
NATURALEZA	Privado		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD		1326,3 m^2	ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105671,2		NORTE	119167,5	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN REGISTRAL	KR 6A 190A 02		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-577253	
FECHA APERTURA	2/6/1974	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 3122 del 24-10-1957 Notaria Octava de Bogotá D.C		
ESTADO DEL FOLIO	Activo				
FOLIO MATRIZ	50N-480380	FOLIOS SEGREGADOS	50N-679469	50N-20719008	50N-20820783
			50N-679470	50N-20719009	50N-20827544
			50N-679471	50N-20719010	50N-20829716
			50N-679472	50N-20719011	50N-20829717
			50N-679473	50N-20719012	50N-20829718
			50N-679474	50N-20719013	50N-20829719
			50N-679475	50N-20719014	50N-20829720
			50N-679476	50N-20719015	50N-20829721
			50N-679477	50N-20719016	50N-20829723
			50N-679478	50N-20719017	50N-20829724
			50N-679479	50N-20719018	50N-20829725
			50N-679480	50N-20719019	50N-20829726
			50N-679481	50N-20722935	50N-20833268
			50N-679482	50N-20722936	50N-20846554
			50N-679483	50N-20722937	50N-20846560
			50N-679484	50N-20722938	50N-20846562
			50N-679485	50N-20722939	50N-20846563
			50N-679486	50N-20722940	50N-20846564
			50N-679487	50N-20724045	50N-20846565
			50N-679488	50N-20732099	50N-20846566
			50N-679489	50N-20732100	50N-20846567
			50N-679490	50N-20732101	50N-20846568
			50N-679491	50N-20732102	50N-20846569

			50N-679492	50N-20732103	50N-20846570
			50N-679493	50N-20732104	50N-20846571
			50N-679494	50N-20732105	50N-20846572
			50N-679495	50N-20732106	50N-20846573
			50N-679496	50N-20732107	50N-20852555
			50N-679497	50N-20732108	50N-20852556
			50N-679498	50N-20732109	50N-20852557
			50N-679499	50N-20732110	50N-20852558
			50N-679500	50N-20732111	50N-20852559
			50N-679501	50N-20732112	50N-20852902
			50N-679502	50N-20732113	50N-20852998
			50N-679503	50N-20732114	50N-20853208
			50N-679504	50N-20732115	50N-20853209
			50N-679505	50N-20732116	50N-20853779
			50N-679506	50N-20732117	50N-20854055
			50N-679507	50N-20791309	50N-20854056
			50N-679508	50N-20794422	50N-20855022
			50N-679509	50N-20794423	50N-20855023
			50N-679510	50N-20794424	50N-20855024
			50N-679511	50N-20794425	50N-20855025
			50N-679512	50N-20794426	50N-20855026
			50N-679513	50N-20794427	50N-20855027
			50N-679514	50N-20794428	50N-20855028
			50N-679515	50N-20794429	50N-20863451
			50N-679516	50N-20794430	50N-20863452
			50N-679517	50N-20794431	50N-20863453
			50N-679518	50N-20820778	50N-20863454
			50N-679519	50N-20820779	50N-20863455
			50N-679520	50N-20820780	50N-20863456
			50N-679521	50N-20820781	50N-20863457
			50N-20701843	50N-20820782	
			50N-20712937	50N 20820783	
CALIDAD DE LA TENENCIA		Propietarios con Derecho Real de Dominio			
NOMBRE PROPIETARIO		Giraldo Gómez Juan Clímaco C.C. 2902477 Vargas Sánchez Juan Francisco C.C. 2931156			
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO		315000 V2			
LINDEROS					

MUESTRA GRÁFICA



NORTE:	Camino o sendero	**ESTE:**	Predio con dirección CL 192 D 5 3
SUR:	CL 192C, KR 6A, KR 6 BIS y predio con dirección KR 6 A 192 A 20	**OESTE:**	Camino o sendero

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

20.1.5 SECTORES 6A - 6B - 7B

Los sectores 6A, 6B y 7B recaen espacialmente sobre el predio con CHIP AAA0117KULF el cual tiene asociado el FMI 50N-679471, en el estudio jurídico se determinó que, el predio es de naturaleza privada y cuenta con titulares de derecho real de dominio. De igual forma, se identificaron mejoras dentro del mismo predio, las cuales se relacionan en la Tabla 20-12. Esta particularidad, permite inferir que se trata de un predio de mayor extensión.

Tabla 20-12. Mejoras del predio con dirección KR 6A 190A 02

DIRECCION	CHIP	CEDULA CATASTRAL	DUEÑO MEJORA	CEDULA
CL 192D 5 47 MJ	AAA0175SYUH	00853521000100000	AURA MARIA MENDOZA LOPEZ	51648263
CL 192D 5 41 MJ	AAA0175SYXS	00853521200100000	DARWIN LARA	79829571
			ELIDA ANDREA VELEZ CASTANEDA	52700293
CL 192D 5 37 MJ	AAA0175SYYN	00853521300100000	LUIS ANTONIO RINCON MARTINEZ	17683518
CL 192C 5A 08 MJ	AAA0175SYZE	00853521400100000	JOSE IGNACIO CHAPARRO PEREZ	4215067
CL 193 5 03 MJ	AAA0238ERFT	00853520501500000	AURA YOHANA PINEDA BENAVIDES	52995049
CL 192C 5C 06 MJ 16	AAA0240OCMS	00853520501600000	ALVARO ORTIZ BOLAÑOS	80502743
CL 192C 5C 10 MJ 17	AAA0262ZFPP	00853520501700000	OSCAR NIÑO SALCEDO	4255156

CL 192D 5 03 MJ 4	AAA0267OPKL	008535120500400000	JOSE GENARO LOPEZ RAMOS	80087112
			MARTHA MARLEN RAMOS	52252396
CL 193 5 03 MJ 5	AAA0271MFLF	008535120500500000	ELSA MARINA MENDEZ VARGAS	20270235

Fuente. Elaboración propia con base en información del UAECD

La Tabla 20-13 relaciona la información del predio asociado a los sectores 6A, 6B y 7B.

Tabla 20-13. Información Jurídico Catastral sectores 6A - 6B - 7B

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (SINUPOT)					
DEPARTAMENTO	Bogotá D.C.	LOCALIDAD	Usaquén	UPZ	Verbenal
CHIP	AAA0117KULF		DIRECCIÓN	CL 193 5 03	
CÉDULA CATASTRAL	008535993600000009		CÓDIGO LOTE	0085351205	
NATURALEZA	Privado		USO	Residencial	
ÁREA CARTOGRÁFICA UAECD	996,8 m^2		ESTRATO	2	
COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS					
ESTE:	105708,8		NORTE	119150,6	
INFORMACIÓN SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO (SNR)					
DIRECCIÓN REGISTRAL	CL 193 5 03		FOLIO DE MATRÍCULA INMOBILIARIA (FMI)	50N-679471	
FECHA APERTURA	10/15/1982	DOCUMENTO APERTURA	Escritura 1437 del 31-03-1982 Notaria 4A de Bogotá		
ESTADO DEL FOLIO	Activo				
FOLIO MATRIZ	50N - 577253	FOLIOS SEGREGADOS	No aplica		
CALIDAD DE LA TENENCIA	Propietarios con Derecho Real de Dominio				
NOMBRE PROPIETARIO	González Fernández Pedro Manuel C.C.17053097 Villegas Arbeláez Jaime C.C. 532092				
ÁREA DEL PREDIO EN REGISTRO	2,982,02 m^2				
LINDEROS					

MUESTRA GRÁFICA



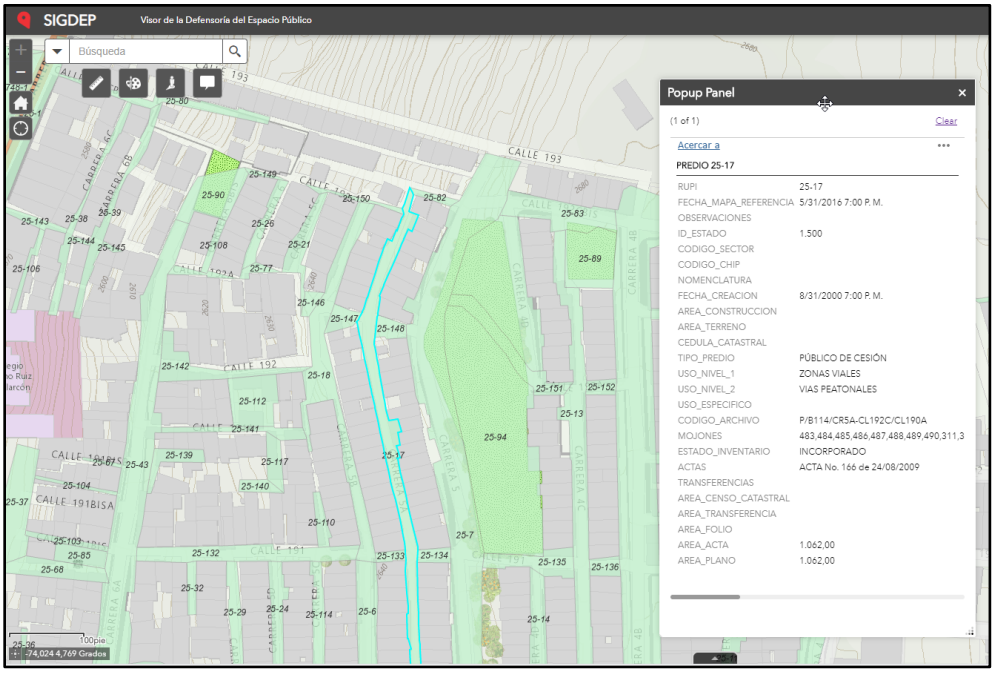
NORTE:	Camino o sendero	**ESTE:**	KR 5
SUR:	CL 192 C y KR 5 A	**OESTE:**	Predio con dirección CL 192 C 6 20

Fuente. Elaboración propia con base en información SINUPOT, UAECD y SNR

20.1.6 SECTORES 7A – 8

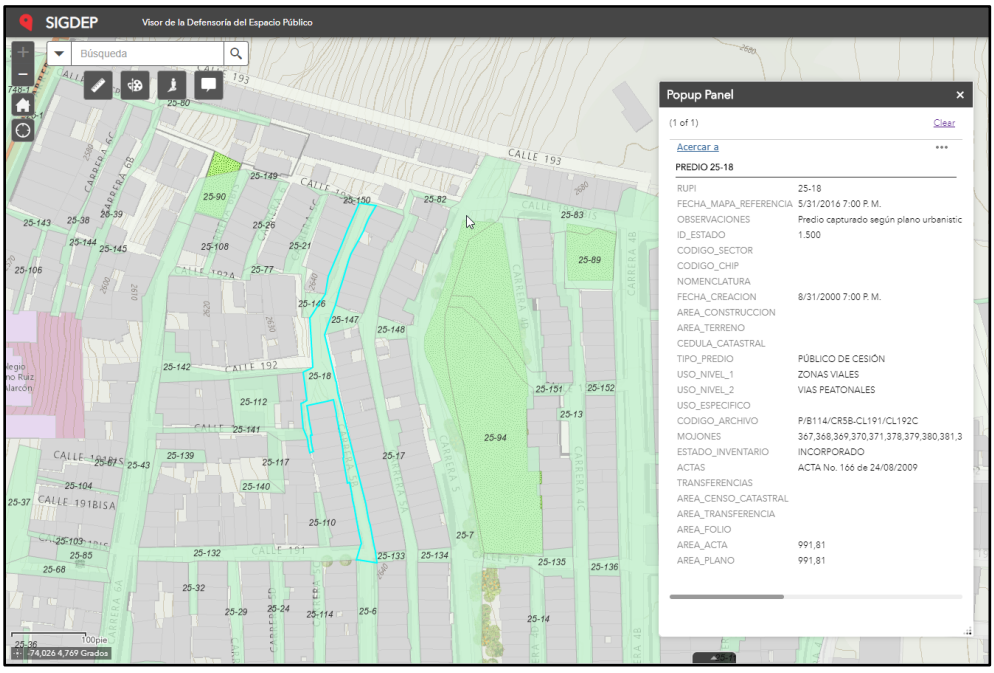
Los sectores 7A y 8 se encuentran ubicados sobre la KR 5A y en la KR 5B con CL 192 respectivamente, estos no recaen espacialmente sobre ningún predio en específico y además en el DADEP están catalogados como zonas viales peatonales; por tanto, no requieren un estudio jurídico catastral. La Ilustración 20-3Ilustración 20-4 muestran la ubicación y categorización de los puntos mencionados.

Ilustración 20-3. Localización sector 7A



Fuente. Elaboración propia con base en información SIGDEP

Ilustración 20-4. Localización sector 8



Fuente. Elaboración propia con base en información SIGDEP

20.2 CONCLUSIONES PREDIALES

Los diez sectores recaen espacialmente sobre 7 predios privados, 3 predios públicos y 2 vías públicas peatonales. Destacando que, todos los predios de naturaleza privada cuentan con propietarios de derecho real de dominio. Así mismo, su cadena traslaticia, permitió determinar que se han venido realizando procesos de saneamiento.
Las áreas registradas en los folios de matrícula inmobiliaria para los predios privados difieren con el área de la cartografía predial de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD (vigencia 2020), evidenciando desarticulación entre la información Catastro-Registro y ratificando la necesidad de realizar un trabajo de campo predial detallado que permita la plena identificación y georreferenciación de los predios (linderos, colindantes, área de terreno, área de la construcción, características del terreno y de las construcciones, entre otros).
Los predios con dirección CL 192 C 6 20 y CL 192 D 5 3 sobre los cuales recaen los sectores 4, 5, 6A, 6B y 7B arrojaron en el SINUPOT mejoras, las cuales permiten inferir que durante el proceso de desarrollo y configuración urbanística del barrio Buenavista se han presentado casos de informalidad. Cabe destacar que, no fue posible georreferenciar dichas mejoras en los predios de mayor extensión debido a la limitación al trabajo de campo predial. Por tanto, este informe solo contiene datos alfanuméricos asociados a las mejoras.

El proceso de englobe identificado para los predios con dirección AK 7 191 A 30 y AK 7 191 2 sobre los cuales recaen los sectores 2 y 3 junto con el vacío catastral encontrado en el sector 1 confirman la desactualización catastral que existe en la cartografía predial para la zona.

Los sectores 7A y 8 encuentran ubicados sobre la KR 5A y en la KR 5B con CL 192 respectivamente, estos no afectan ningún predio en específico y según el DADEP están catalogados como zonas viales peatonales; por tanto, no requieren un estudio jurídico catastral.

Respecto a la reglamentación urbanística de la Secretaría Distrital de Planeación -SDP, los predios sobre los cuales recaen los sitios críticos se encuentran regulados en el Decreto 534 de 2006 y Decreto 509 de 2010. Cabe destacar que, ninguno de los bienes inmuebles es de interés cultural, ni hacen parte de planes parciales actualmente y tampoco conforman el área de reserva vial. Así mismo, el barrio Buenavista, localidad 1-Usaquén y UPZ 9-Verbenal, está legalizado mediante Resolución 1126 de 18 de diciembre de 1996 y su uso es residencial, categorizado en estrato 2 conforme al Decreto 551 del 12 de septiembre de 2019. Por otro lado, según el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, los predios presentan nivel de amenaza media por remoción en masa y no presentan amenaza por inundación. Conforme a la Secretaría Distrital de Ambiente- SDA los predios no hacen parte del sistema de áreas protegidas (reserva forestal nacional o distrital).

21 CONCLUSIONES.

- El tipo de perfil del suelo según los lineamientos de la NSR-10 es tipo C con una velocidad Vs 30 mayor de 360 m/s correspondientes a las rocas blandas de la parte superior de la formación Arenisca labor – tierna.

- Dadas las condiciones del terreno fue necesario realizar las líneas con menor longitud que lo solicitado contractualmente, sin embargo, se obtuvieron resultados satisfactorios ya que se caracterizó el perfil de velocidades de la roca de la formación arenisca labor y tierna.

- Se identificaron tres contrastes de velocidad, el primero con una velocidad promedio de 200 m/s asociado al relleno y suelo limo arcilloso orgánico, el segundo con una velocidad promedio de 400 m/s asociado a la roca con mayor grado de alteración y la tercera con una velocidad superior a 700 m/s que se asocia al banco de areniscas de la formación.

- Con el fin de evaluar las condiciones del polígono objeto de consulta se definen 10 zonas, en las que se categorizan amenaza y riesgo de las mismas, teniendo en cuenta los soportes técnicos presentados en el capítulo 1, la zona de estudio se encuentra en amenaza media o baja. (Véase tabla resumen 22-1)

- En cuanto al riesgo conforme a los estudios técnicos desarrollados, el riesgo es bajo a medio, toda vez que los daños esperados son puntuales, es decir a escala predial, definidos entre ligeros a moderados a largo plazo, y de materializarse el evento, las edificaciones requieren de reparaciones menores, y estas deben ser asumidas por el propietario de la edificación.

- Las edificaciones altamente vulnerables se localizan en la parte nororiental de la zona de estudio, correspondiente a viviendas emplazadas sobre llenos, adicionalmente presentan deficiencias constructivas, esperando deformaciones o colapso parcial de la estructura, lo emplazado sobre el lleno, sin embargo, las acciones de reducción del riesgo deben ser ejecutadas por el propietario de cada predio, debido a que son fallas puntuales sobre predios privados.

- En conclusión los problemas de estabilidad están asociados a rellenos no confinados de materiales de origen antrópico y a la construcción de edificaciones sin rigor técnico la cual produce cortes que son los focos de los posibles movimientos

- Un posible detonante de inestabilidad geotécnica en los sectores particulares, se relaciona con el mal manejo de aguas de escorrentía y descargas sanitarias y pluviales que no son captadas y conducidas por sistemas óptimos de alcantarillado, debido principalmente a falta o insuficiencia de las redes existentes. Sin embargo, actualmente

se encuentran en ejecución los contratos de obra 1207-2017 y 1213-2018 por parte de la EAAB, entre las cuales se encuentra la adecuación y mejoramiento de las redes de alcantarillado y conexiones de las viviendas al sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Bogotá, con lo cual se espera que se disminuyan considerablemente los detonantes de inestabilidad geotécnica asociados al manejo incorrecto de aguas sanitarias y pluviales en el barrio Buenavista.

- Los resultados de la evaluación ambiental actual del sector de estudio, evidencian que la principal problemática corresponde a la modificación de la morfología del suelo por edificación carente de criterios técnicos. Este tipo de construcciones con técnicas artesanales han modificado el paisaje, generando cortes y rellenos, adicionalmente los materiales provenientes de construcción y remodelación de las viviendas no es dispuesto adecuadamente por lo que es común ver en el barrio acopio de escombros de concreto, mampostería, maderas, tejas, lonas con materiales de excavación, rellenos artesanales, entre otros.

- El polígono de estudio no presenta calificación de riesgo alto, sin embargo es importante mencionar que esta condición puede ser modificada, de no acatar el cumplimiento las normas vigentes, ante las intervenciones propuestas en el mismo.

- Sobre los sectores descritos a continuación se realizaron recomendaciones particulares y adicionales en el capítulo 18 y 18.3 respectivamente.

Tabla 21-1 Resumen.

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
1		Talud vial de 16 m de altura, se encuentra cubierto con concreto lanzado y en la parte baja existe un muro de contención y un muro en gaviones. Se evidencia movimientos superficiales en la parte de la corona, asociados al relleno antrópico. Se clasifico como amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo.

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
2		Talud de 12 m de altura, ubicado en la parte baja de la ladera, actualmente se observa material de rellenos varios y basuras dispuestos superficialmente con un espesor de 1.4 m. Por los problemas erosivos del material superficial, se obtiene una clasificación de amenaza **MEDIA** para corto y largo plazo.
3		Talud de 20 m de altura, ubicado en la parte baja de la ladera, actualmente se observa material de rellenos varios dispuestos superficialmente y basuras. Se clasifico como amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo. Por los problemas erosivos del material superficial de origen antrópico.
4		Talud ubicado en el costado norte del barrio, tiene una altura de 5 m. Actualmente, la comunidad ha construido un muro de contención rustico con bolsas de material para contener los movimientos superficiales, el relleno tiene un espesor de 2.0 m. Se obtuvo una clasificación de amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
5		Talud ubicado en el costado norte del barrio, tiene una altura de 10 m. Recientemente, tuvo una intervención por parte del Acueducto para la construcción de pozos y adecuación de las escaleras, sin embargo en la parte superior se dejaron taludes no confinados. Se obtiene una condición de amenaza **MEDIA** en a corto plazo y media a largo plazo.
6A		Talud externo de 2 a 5 m de altura sin confinar, en la parte superior se encontraba un muro rustico construido por la comunidad que presento falla. Se clasificó como amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo.
6B		Talud expuesto con material no confinado de relleno antrópico. Se clasificó como amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
7A		Talud expuesto con material no confinado de relleno antrópico y basuras. Se obtuvo una clasificación de amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo
7B		Talud de corte con material de relleno antrópico que no confinado, producto del corte para la construcción que se adelanta de una vivienda. Se obtiene una amenaza **MEDIA** en condición a corto plazo y **MEDIA** a largo plazo

SECTOR	FOTO	DESCRIPCIÓN- AMENAZA
8		Talud expuesto con material no confinado de relleno antrópico. Se obtiene una clasificación de amenaza **BAJA** en condición a corto plazo y **BAJA** a largo plazo. Se recomienda confinar el relleno y dejar de usar el sitio como zona de disposición de residuos sólidos ya que este material superficial que genera desprendimientos, para el muro de la parte posterior del relleno se propone realizar un monitoreo geotécnico para descartar movimientos.

- Los diez sectores recaen espacialmente sobre 7 predios privados, 3 predios públicos y 2 vías públicas peatonales. Destacando que, todos los predios de naturaleza privada cuentan con propietarios de derecho real de dominio. Así mismo, su cadena traslaticia, permitió determinar que se han venido realizando procesos de saneamiento.

- Las áreas registradas en los folios de matrícula inmobiliaria para los predios privados difieren con el área de la cartografía predial de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital – UAECD (vigencia 2020), evidenciando desarticulación entre la información Catastro-Registro y ratificando la necesidad de realizar un trabajo de campo predial detallado que permita la plena identificación y georreferenciación de los predios (linderos, colindantes, área de terreno, área de la construcción, características del terreno y de las construcciones, entre otros).

- Según el SINUPOT, los predios con dirección CL 192 C 6 20 y CL 192 D 5 3 sobre los cuales recaen los sectores 4, 5, 6A, 6B y 7B presentan mejoras, las cuales permiten inferir que durante el proceso de desarrollo y configuración urbanística del barrio Buenavista se han presentado casos de informalidad. Cabe destacar que, no fue posible georreferenciar dichas mejoras en los predios de mayor extensión debido a la limitación al trabajo de campo predial. Por tanto, este informe solo contiene datos alfanuméricos asociados a las mejoras.

- El proceso de englobe identificado para los predios con dirección AK 7 191 A 30 y AK 7 191 2 sobre los cuales recaen los sectores 2 y 3 junto con el vacío catastral encontrado

en el sector 1 confirman la desactualización catastral que existe en la cartografía predial para la zona.

- Los sectores 7A y 8 encuentran ubicados sobre la KR 5A y en la KR 5B con CL 192 respectivamente, no afectan ningún predio en específico y según el DADEP están catalogados como zonas viales peatonales; por tanto, no requieren un estudio jurídico catastral.

- Respecto a la reglamentación urbanística de la Secretaría Distrital de Planeación -SDP, los predios sobre los cuales recaen los sitios críticos se encuentran regulados en el Decreto 534 de 2006 y Decreto 509 de 2010. Cabe destacar que, ninguno de los bienes inmuebles es de interés cultural, ni hacen parte de planes parciales actualmente y tampoco conforman el área de reserva vial. Así mismo, el barrio Buenavista, localidad 1-Usaquén y UPZ 9-Verbenal, está legalizado mediante Resolución 1126 de 18 de diciembre de 1996 y su uso es residencial, categorizado en estrato 2 conforme al Decreto 551 del 12 de septiembre de 2019. Por otro lado, según el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, los predios presentan nivel de amenaza media por remoción en masa y no presentan amenaza por inundación. Conforme a la Secretaría Distrital de Ambiente- SDA los predios no hacen parte del sistema de áreas protegidas (reserva forestal nacional o distrital).

- Para el sector de estudio se concluyó que la alternativa de “Divulgación y promoción de normas de urbanismo y construcción” es la que mejor se adapta a las necesidades del sitio, sin embargo se recomienda evaluar la implementación de las demás recomendaciones puntuales.

22 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la EAAB realizar la verificación de capacidad hidráulica de los pozos y tuberías de alcantarillado localizados principalmente sobre las Carreras 6B, 6C y Calle 190ª, ya que, según comentarios y solicitudes presentadas por la comunidad de manera informal a la consultoría, en temporadas invernales o de altas precipitaciones, estos pozos colapsan y ocasionan inundaciones y flujos de aguas residuales a superficie, lo que causa malos olores en la zona, incomodidad en los residentes del barrio y potenciales riesgos de propagación de infecciones y enfermedades a causa del contacto de las personas con estas aguas servidas.

- Se recomienda a la EAAB, realizar revisión y seguimiento a las redes existentes, especialmente en el sector 1, con el fin de solventar los problemas evidenciados en cuanto a la salida continua de agua en el talud de este sector.

- Se recomienda el estricto cumplimiento de los artículos 2, 42 y 44 de la Ley 1523 de 2012, el cual establece que la gestión del riesgo como una responsabilidad de todos los habitantes colombianos en donde las entidades públicas, privadas o comunitarias velarán por la correcta implementación de la gestión del riesgo de desastres en el ámbito de sus competencias sectoriales y territoriales en cumplimiento de sus propios mandatos y normas que los rigen.

  Desde el punto de vista de riesgo, todos los sectores del Distrito conforme a la normatividad Nacional y Distrital vigentes deben desarrollar los procesos de Gestión del Riesgo (conocimiento, reducción y manejo), cada uno en el marco de sus competencias. Es decir que los sectores administrativos en el Distrito Capital que desarrollen: a) Obra pública, malla vial, espacio público peatonal, puentes peatonales y/o vehiculares sobre cuerpos de agua (de escala local: urbana y/o rural); b) Parques vecinales y/o de bolsillo, entre otros; deben, desde sus competencias, desarrollar gestión de riesgos, en las etapas de estudios, diseños, construcción, operación, mantenimiento, y eventual desmantelamiento de la infraestructura construida.

.

23 LIMITACIONES.

En el desarrollo del estudio se evidencian posibles causas que pueden repercutir en la calificación establecida de amenaza y riesgo, entre las que se encuentran la realización de construcciones no técnicas en la zona así como la disposición de rellenos y basuras, Sin embargo, es importante mencionar que la información consignada no excluye al curador urbano de la función pública de verificación del cumplimiento de las normas urbanísticas y de edificación vigentes, ni al profesional responsable de la realización del estudio geotécnico del cumplimiento de los parámetros establecidos en la NSR-10, conforme al régimen de responsabilidad previsto en el Decreto Nacional 1469 de 2010, la Ley 400 de 1997, la Ley 1523 de 2012 y el Decreto Distrital 172 de 2014 y demás normas concordantes

24 BIBLIOGRAFÍA.

Aki, K. (1957). Space and time spectra of stationary stochastic waves with special reference to microtremors. Bulletin of the eartquake Research Institute, University of Tokio, Vol 35, 412-457.

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Decreto 523 de 16 de diciembre de 2010, Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C.

Bhudu M. (2007) Soil Mechanics and Foundations. 2nd Edition, John Wiley & Son, Inc.

Bourbié T., Coussy O., Zinszner B. (1087). Acoustics of Porous Media, Institut français du pétrole publications, Gulf Publishing Company, Book Division.

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Unigraf S.A.

CONSORCIO JAM – IGR – IDU, "CONTRATO DE CONSULTORÍA 1448 DE 2018 FACTIBILIDAD, ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS OBRAS REQUERIDAS EN SITIOS INESTABLES EN BOGOTÁ, D.C."

Geometrics Inc. (2011) Seisimager Reference Manual V 3.3. Geometrics Inc.

Gómez Lahoz, J. (2010). Introducción a la fotogrametría digital. Departamento de ingeniería Cartográfica y del terreno escuela Politécnica superior de Ávila, 1-23.

Guzmán, D., & Castaño, M. (2006). La lógica difusa en ingeniería. Ciencia y tecnología, 87-107.

https://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects

http://webhelp.esri.com/

IDIGER, conceptos técnicos.

INGEOMINAS, 1997, Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá.

INGEOMINAS, 2008. Geología de la plancha 228 Santafé de Bogotá Noreste.

INGEOMINAS, 2015. Memoria plancha Geológica 228 Bogotá Noreste.

Julivert, M., 1963, Los Rasgos Tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de Formación de las Estructuras. Boletines Geológicos UIS, Nos. 13-14, Bucaramanga.

Karras, g., & Mavrommati, D. (2001). Simple calibration techniques for non-metric cameras. Cipa.

Lippus C. (2007) Fundamentals of Seismic Refraction: Theory, Acquisition, and Interpretation. Shor Course Geometrics Inc.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Desarrollo, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (2010). Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes - NSR 10. Colombia.

Park C., Miller R., Xia J., (1999). Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, vol. 64, no. 3 (may-june 1999); p. 800–808.

Park Seismic LLC. Página web: http://www.masw.com/ [Online 6 de Febrero de 2016]

Sánchez, M., & Arias, B. (2004). Análisis aplicado de métodos de calibración de cámaras para usos fotogramétricos. Madrid.

Ujueta, G., 1961, Geología del Noreste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen IX, Nos. 1-3 pp. 23-46, Santafé de Bogotá D.C.

Universidad del norte. (1998). principios de fotogrametría. Centro de Geociencias aplicadas.

Wathelet, M., Jongmans . D., and Ohrnberger, M. (2004). Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements, Near Surface Geophysics 2, p. 211—221.

Wathelet, M. (2008). An improved neighborhood algorithm: parameter conditions and dynamic scaling. Geophysical Research Letters, 35, L09301.

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Unigraf S.A.

Gómez Lahoz, J. (2010). Introducción a la fotogrametría digital. Departamento de ingeniería Cartográfica y del terreno escuela Politécnica superior de Ávila, 1-23.

Guzmán, D., & Castaño, M. (2006). La lógica difusa en ingeniería. Ciencia y tecnología, 87-107.

Karras, g., & Mavrommati, D. (2001). Simple calibration techniques for non-metric cameras. Cipa.

Sánchez, M., & Arias, B. (2004). Análisis aplicado de métodos de calibración de cámaras para usos fotogramétricos. Madrid.

Universidad del norte. (1998). principios de fotogrametría. Centro de Geociencias aplicadas.

IDIGER, conceptos técnicos.

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Decreto 523 de 16 de diciembre de 2010, Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C.

INGEOMINAS, 1997, Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá.

Julivert, M., 1963, Los Rasgos Tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de Formación de las Estructuras. Boletines Geológicos UIS, Nos. 13-14, Bucaramanga.

Ujueta, G., 1961, Geología del Noreste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen IX, Nos. 1-3 pp. 23-46, Santafé de Bogotá D.C.

CONSORCIO JAM – IGR – IDU, "CONTRATO DE CONSULTORÍA 1448 DE 2018 FACTIBILIDAD, ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS OBRAS REQUERIDAS EN SITIOS INESTABLES EN BOGOTÁ, D.C."

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Unigraf S.A.

Gómez Lahoz, J. (2010). Introducción a la fotogrametría digital. Departamento de ingeniería Cartográfica y del terreno escuela Politécnica superior de Ávila, 1-23.

Guzmán, D., & Castaño, M. (2006). La lógica difusa en ingeniería. Ciencia y tecnología, 87-107.

Karras, g., & Mavrommati, D. (2001). Simple calibration techniques for non-metric cameras. Cipa.

Sánchez, M., & Arias, B. (2004). Análisis aplicado de métodos de calibración de cámaras para usos fotogramétricos. Madrid.

Universidad del norte. (1998). principios de fotogrametría. Centro de Geociencias aplicadas.

IDIGER, conceptos técnicos.

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Decreto 523 de 16 de diciembre de 2010, Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C.

INGEOMINAS, 1997, Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá.

Julivert, M., 1963, Los Rasgos Tectónicos de la Región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de Formación de las Estructuras. Boletines Geológicos UIS, Nos. 13-14, Bucaramanga.

Ujueta, G., 1961, Geología del Noreste de Bogotá. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Volumen IX, Nos. 1-3 pp. 23-46, Santafé de Bogotá D.C.

CONSORCIO JAM – IGR – IDU, "CONTRATO DE CONSULTORÍA 1448 DE 2018 FACTIBILIDAD, ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS OBRAS REQUERIDAS EN SITIOS INESTABLES EN BOGOTÁ, D.C."