CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA (CDMB)

SECTOR AFRICA



CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN ZONAS PRIORIZADAS DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, DEFINIDAS POR LA CDMB, COMO APOYO AL CUMPLIMIENTO DE ÓRDENES, ACCIONES JUDICIALES Y ACTUACIONES PREVENTIVAS DE LOS ÓRGANOS DE CONTROL RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DEL RIESGO.

CDMB
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA

TABLA DE CONTENIDO

PREÁMBULO **14**
1. OBJETIVOS **17**
1.1. OBJETIVO GENERAL **17**
1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICO 17
2. ALCANCE **18**
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO **20**
4. ANALISIS GEOLÓGICO **22**
4.1. METODOLOGÍA **23**
4.2. GEOLOGÍA **24**
4.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL 24
4.2.2. UNIDADES GEOLÓGICAS DE INGENIERÍA (UGI) 35
4.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL **38**
4.3.1. MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO DE COLOMBIA 38
4.3.2. MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER 39
5. GEOMORFOLOGÍA **41**
5.1. MORFOGÉNESIS **41**
5.2. MORFOMETRÍA **41**
5.2.1. PENDIENTES 41
5.2.2. CURVATURA 43
5.2.3. RUGOSIDAD 44
5.3. MORFODINÁMICA **46**
5.4. ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS **46**
5.4.1. GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL 47
5.4.2. GEOFORMAS DE ORIGEN ANTRÓPICO 48
6. COBERTURA DEL SUELO **50**
6.1. TEJIDO URBANO CONTINUO (TUC) **50**
6.2. VEGETACIÓN SECUNDARIA ABIERTA (VSA) **51**
6.3. VEGETACIÓN SECUNDARIA DENSA (VSD) **51**
6.4. TIERRAS DESNUDAS Y DEGRADADAS (TDD) **52**
7. EVALUACION HIDROLOGÍCA - SECTOR ÁFRICA **54**
7.1. PARAMETROS MORFOLOGICOS **57**
7.1.1. AREA DE LA CUENCA (A) 57
7.1.2. PERÍMETRO DE LA CUENCA 57
7.1.3. LONGITUD MAYOR DEL RIO (L) 57
7.1.4. FORMA DE LA CUENCA 58

7.2. SISTEMA DE DRENAJE 59
7.3. PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE 61
7.4. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA 63
7.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CLIMA 63
7.4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y BRILLO SOLAR 66
7.4.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRECIPITACIÓN 68
7.5. DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS 71
7.6. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA 72
7.7. CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN 74
7.7.1. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL 76
7.7.2. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL 81
7.7.3. PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS 85
7.7.4. LLUVIAS DE CORTA DURACIÓN 94
7.7.5. CURVAS IDF PARA EL SECTOR ÁFRICA 96
7.7.6. LLUVIAS ACUMULADAS PARA EL SECTOR ÁFRICA 97
7.7.7. CALCULO DE LA ESCORRENTIA 99
7.7.8. DIMENSIONMIENTO CANALETAS DE CORONACIÓN 103
8. HIDROGEOLOGÍA 107
8.1. IINFORMACIÓN SECUNDARIA 108
8.2. HIDROGRAFÍA 112
8.3. RECARGA DEL ACUÍFERO 112
8.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO 113
8.5. RELACIÓN ENTRE LLUVIAS Y NIVELES FREÁTICOS 114
8.6. ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS 115
8.7. RELACIÓN DE LLUVIAS - DESLIZAMIENTOS 116
8.8. AFECTACIÓN DE LA ZONA POR PROBLEMAS DE AGUA 117
8.9. CONCLUSIÓN HIDROGEOLÓGICA 117
8.10. CRITERIOS PARA DEFINICIÓN Y DISEÑO DE MEDIDAS DE DRENAJE 118
9. SISMOLOGÍA 119
9.1. AMENAZA SÍSMICA SEGÚN LA NORMA NSR-10. 120
9.1.1. EFECTOS LOCALES 126
9.1.2. TIPO DE PERFIL DEL SUELO. 126
9.1.3. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA. 128
9.1.4. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO. 128
9.2. AMENAZA SÍSMICA SEGÚN LA ZONIFICACIÓN SISMOGEOTÉCNICA INDICATIVA DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (JUNIO DE 2001). 130
9.2.1. ESPECTROS DE DISEÑO PROPUESTOS PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA. 134
9.3. RESULTADO DE LA SISMOLOGÍA DE ACUERDO A LA NSR-10 Y LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BUCARAMANGA DE 2001. 140
9.4. ANÁLISIS Y SISMO DE DISEÑO PARA EL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO (H.5.2.5 TITULO H, NSR-10). 141

10. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA 143

11. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA Y FRAGILIDAD ESTRUCTURAL, PARA LAS VIVIENDAS DEL BARRIO AFRICA, BUCARAMANGA-SANTANDER. 148

11.1. INTRODUCCIÓN 148
11.2. OBJETIVOS 149
11.3. ALCANCE 150
11.4. DEFINICIÓN DE LA ZONA 151
11.5. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 152
11.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES PARA ESTUDIO DE VULNERABILIDAD 161
11.7. LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL DETALLADO 179
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL 182
SISTEMA ESTRUCTURAL 182
ASIMETRÍA ESTRUCTURAL 183
REQUISITOS GENERALES 183
VIGAS 184
COLUMNAS 186
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL 188
SISTEMA ESTRUCTURAL 189
ASIMETRÍA ESTRUCTURAL 189
CIMENTACIÓN 189
VIGAS 190
COLUMNAS 192
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES 193
11.8. VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTO EN MASA 198
11.8.1. METODOLOGÍA 198
IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS 199
CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS 199
EXPOSICIÓN 200
FRAGILIDAD 201
- FACTOR DE FRAGILIDAD POR TIPO DE ESTRUCTURA ($\boldsymbol{Stip}$) 201
- FACTOR DE FRAGILIDAD POR ALTURA DE LA ESTRUCTURA ($\boldsymbol{Salt}$) 202
- FACTOR DE FRAGILIDAD POR ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ($\boldsymbol{Scon}$) 202
- FACTOR DE FRAGILIDAD POR EDAD DE LA ESTRUCTURA ($\boldsymbol{Sed}$) 203

FRAGILIDAD DE PERSONAS 203
ESCENARIO DE BAJA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MOVIMIENTOS LENTOS) 204
ESCENARIO DE ALTA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MOVIMIENTOS RÁPIDOS) 205
CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD 207
11.8.2. ADAPTACION A LA GUIA DEL SGC 208
TIPO DE EDIFICACIÓN 208
ZONA O ESCENARIO DE EXPOSICIÓN 209
ESTADO DE CONSERVACIÓN 210

SERVICIO Y VIDA ÚTIL 211
11.8.3. PARAMETROS SEGÚN GUIA DEL SGC 211
 PARAMETROS DEL SGC PARA EL BARRIO AFRICA 212
11.8.4. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL (FRAGILIDAD) 213
11.8.5. RESULTADOS VULNERABILIDAD FRAGILIDAD 218
BARRIO ÁFRICA MUNICIPIO DE BUCARAMANGA 218
11.8.6. VERIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL 220
VULNERABILIDAD PARA PREDIO A-13. 220
VULNERABILIDAD PARA PREDIO B-12 221
11.9. VULNERABILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA 223
11.9.1. RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE DE EDFICACIONES POR REMOCIÓN EN MASA 224
BARRIO ÁFRICA 224
11.9.2. ÍNDICE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS POR REMOCIÓN EN MASA 225
11.9.3. MAPA RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE EDIFICACIONES POR REMOCIÓN EN MASA 227
11.9.4. RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE PERSONAS POR REMOCIÓN EN MASA 227
BARRIO ÁFRICA 227
11.9.5. ÍNDICE DE DAÑO POR REMOCIÓN EN MASA – PERSONAS 228
11.9.6. MAPA RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE PERSONAS POR REMOCIÓN EN MASA 230
12. ANÁLISIS DE AVALUÓ PARA LA ZONA EMPLAZADA EN SECTOR ÁFRICA 231
12.1. MEMORIA DESCRIPTIVA 231
12.2. NORMATIVIDAD URBANÍSTICA 238
12.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO: 239
12.4. CARACTERÍSTICAS FISICAS DE LAS CONSTRUCCIONES: 239
12.5. HIPOTESIS Y CONDICIONES RESTRICTIVAS 240
12.6. ASPECTO ECONOMICO 243
12.7. USO ACTUAL Y USO POTENCIAL (MAYOR Y MEJOR USO) 245
12.8. FACTORES ANALIZADOS PARA EL AVALÚO 245
12.9. TECNICAS DE VALUACIÓN 247
12.10. METODOLOGIA VALUATORIA EMPLEADA PARA EL AVALÚO 249
12.11. REVISION TECNICA 249
12.12. AVALÚO DE REPOSICION – VALOR PARA SEGURO: 249
12.13. MEDICION A VALOR RAZONABLE (NIIF 13): 250
12.14. VALOR RAZONABLE 251

12.15. CONSIDERACIONES FINALES PARA EL INFORME DE AVALÚO 251

12.16. DECLARACION DE CUMPLIMIENTO 253

12.17. LISTADOS Y REGISTRO FOTOGRAFICO DE LOS PREDIOS HALLADOS EN EL SECTOR DE ESTUDIO: 255

13. RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA 267

13.1. CÁLCULO DEL RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA 267

13.1.1. PÉRDIDAS ECONÓMICAS DIRECTAS O INDIRECTAS 268

13.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA 269

13.2.1. CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO 272

14. MEDIDAS GEOTÉCNICAS DE MITIGACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL FOCO EROSIVO IDENTIFICADO 276

15. CONCLUSIONES 297

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 314

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contenido Consultoría 15
Tabla 2. Alcances Consultoría 19
Tabla 3. Contendido Geología 22
Tabla 4. Clasificación unidades geológicas para ingeniería UGI, sector África 36
Tabla 5. Clasificación de elementos geomorfológicos sector África 48
Tabla 6. Clasificación de las coberturas de la tierra, sector África 52
Tabla 7. Contenido Hidrología 54
Tabla 8. Parámetros morfológicos de la microcuenca 63
Tabla 9. Principales Parámetros meteorológicos promedios mensuales anuales 63
Tabla 10. Inventario de estaciones IDEAM no suspendidas – Departamento de Santander, de influencia en el sector África. 64
Tabla 11. Relación de temperatura del periodo (1975 – 2005) 66
Tabla 12. Inventario de estaciones en el Área Metropolitana de Bucaramanga 73
Tabla 13. Inventario de estaciones seleccionadas para el estudio regional 73
Tabla 14. Valores máximos anuales, promedio, desviación y coeficiente de variación 91
Tabla 15. Valores de precipitación máxima en las estaciones de Bucaramanga 92
Tabla 16. Valores de precipitación máxima estaciones Zona occidente de Bucaramanga 92
Tabla 17. Valores de precipitación máxima período de retorno de 100 años 93
Tabla 18. Intensidades máximas. Estación CDMB 96
Tabla 19. Resultados curva de frecuencia lluvia acumulada Estación CDMB. 98
Tabla 20. Coeficientes de escorrentía. 101
Tabla 21. Cálculo del tiempo de concentración Tc 102
Tabla 22. Intensidades máximas para la Estación La CDMB 103
Tabla 23 Tabla A.2.3-2 Valor de Aa y de Av para las ciudades capitales de departamento 120
Tabla 24 Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de A 125
Tabla 25 Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de A (NSR10) 125
Tabla 26 Nivel de amenaza sísmica para el sector de Estudio según el municipio en el que se ubica Aa y de A (NSR10) 126
Tabla 27 A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo (NSR10) 126
Tabla 28 A.2.4-3 Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro. suelo (NSR10) 127
Tabla 29 A.2.4-4 Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios del espectro.suelo (NSR10) 127
Tabla 30 Tipo de suelo de acuerdo al título A de la NSR-10, tabla A.2.4-1 y valores de Fa (tabla A.2.4-3) y Fv (tabla A.2.4-4) suelo (NSR10) 127
Tabla 31 A.2.5-1Valores del coeficiente de importancia, I (NSR10) 128
Tabla 32 Valores del coeficiente de importancia para el presente estudio (NSR10) 128
Tabla 33 Parámetros de control para la construcción de espectros de diseño propuestos para el Área Metropolitana de Bucaramanga. (Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga) 131
Tabla 34 Resultados de análisis sismológico 140
Tabla 35 Valores de KST / amax Mínimos para Análisis pseudoestático de Taludes (NSR-10) 141
Tabla 36 Resultados sismo de diseño para el modelo geológico geotécnico 142

Tabla 37. Cuantificación de registros para el tipo de uso de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 161
Tabla 38. Cuantificación de registros para el tipo de material de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 162
Tabla 39. Cuantificación de registros para el tipo de proceso constructivo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 162
Tabla 40. Cuantificación de registros para el tipo de sistema estructural de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 163
Tabla 41. Cuantificación de registros para calidad del sistema resistente de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 164
Tabla 42. Cuantificación de registros para configuración en altura de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 165
Tabla 43. Cuantificación de registros para ubicación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 166
Tabla 44. Cuantificación de registros para posición de la cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 167
Tabla 45. Cuantificación de registros para tipo de cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 168
Tabla 46. Cuantificación de registros para tipo de suelo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 169
Tabla 47. Cuantificación de registros para muro de contención de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 170
Tabla 48. Cuantificación de registros para tipo de sistemas de drenaje de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 171
Tabla 49. Cuantificación de registros para el entorno de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 172
Tabla 50. Cuantificación de registros para el estado de conservación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 173
Tabla 51. Cuantificación de registros para el diafragma horizontal de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 174
Tabla 52. Cuantificación de registros para la configuración en planta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 175
Tabla 53. Cuantificación de registros para el tipo de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 176
Tabla 54. Cuantificación de registros para el tipo sistema de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 177
Tabla 55. Cuantificación de registros para el número de niveles de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 178
Tabla 56. Tipologías de edificaciones. 200
Tabla 57. Parámetros de intensidad o amenaza para evaluación de vulnerabilidad. 201
Tabla 58. Factores de fragilidad por tipología de estructuras. 201
Tabla 59. Factor de fragilidad por altura de la edificación. 202
Tabla 60. Factores de fragilidad por estado de conservación de la edificación. 202
Tabla 61. Factor de fragilidad por edad de la estructura. 203
Tabla 62. Vida útil en función del tipo de edificación. 203

Tabla 63. Umbrales tolerables de deformación. 204
Tabla 64. Relación deformación/umbral tolerable. 204
Tabla 65. Parámetro de intensidad por presión de impacto. 205
Tabla 66. Presión de falla según tipología de estructura. 206
Tabla 67. Parámetro de intensidad relación profundidad/altura de la estructura. 206
Tabla 68. Clasificación de la vulnerabilidad para edificaciones y líneas vitales. 207
Tabla 69. Daños esperados para edificaciones. 208
Tabla 70. Clasificación de la vulnerabilidad para personas. 208
Tabla 71. Adaptación tipo de edificación. 209
Tabla 72. Adaptación de las zonas. 210
Tabla 73. Adaptación al estado de conservación. 210
Tabla 74. Adaptación tiempo de servicio y vida útil. 211
Tabla 75. Factor de tipología en el barrio África. 212
Tabla 76. Factor de altura para el barrio África. 212
Tabla 77. Factor de conservación en el barrio África. 212
Tabla 78. Factor de edad en el barrio África. 213
Tabla 79. Fragilidad viviendas para el Barrio África. 218
Tabla 80. Vulnerabilidad estructural para el Barrio África. 218
Tabla 81. Vulnerabilidad por remoción en masa Barrio Africa 224
Tabla 82. Vulnerabilidad estructural – edificaciones. Barrio Africa - Bucaramanga. 224
Tabla 83. Índice de daño viviendas – Remoción en masa. 225
Tabla 84. Nivel de daño viviendas – Remoción en masa. 226
Tabla 85. Vulnerabilidad estructural – Personas. Barrio Africa - Bucaramanga 228
Tabla 86. Índice de daño Personas – Remoción en masa. 228
Tabla 87. Población de hombres y mujeres en Bucaramanga 235
Tabla 88. Población de hombres y mujeres existente en la comuna 8 de Bucaramanga 236
Tabla 89. Valuación de los predios existentes en el barrio África de Bucaramanga 253
Tabla 90. Impacto de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos 268
Tabla 91. Estimación del costo aproximado de daño 270
Tabla 92. Criterios de afectación de personas 272
Tabla 93. Categorización del riesgo de bienes físicos 273
Tabla 94. Categorización del riesgo 273
Tabla 95. Categorías de riesgo de bienes físicos y personas 275
Tabla 96 .Descripción de las categorías de riesgo total 275

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación detallada del área de estudio – Sector África 20
Ilustración 2. Ubicación del área de estudio – Sector Africa 21
Ilustración 3 Unidad Neis de Bucaramanga ubicada al este del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999). 28
Ilustración 4 Formación Silgará en los alrededores de Matanza y Suratá. Ubicada al Noreste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999). 28
Ilustración 5 Formación Bucaramanga Miembro Órganos (Qbo), al oeste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 30
Ilustración 6 Formación Bucaramanga Miembro Finos, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 31
Ilustración 7 Formación Bucaramanga Miembro Gravoso, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 33
Ilustración 8 Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 34
Ilustración 9 Perfil típico y espesores promedio de la Formación Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 34
Ilustración 9 Suelos coluviales antiguos, sector África 36
Ilustración 11 Mapa de unidades geológicas para ingeniería, Sector África 37
Ilustración 12 Mapa de Pendientes, sector África 42
Ilustración 13. Mapa de curvatura del terreno, sector África 43
Ilustración 14. Mapa de curvatura del terreno, sector África 45
Ilustración 15. Ladera denudacional muy disectada, sector África 47
Ilustración 16. Mapa de elementos geomorfológicos, sector África 49
Ilustración 17. Cobertura del suelo asociada a tejido urbano continuo en el sector de África 50
Ilustración 18. Cobertura del suelo asociada a vegetación secundaria densa, sector África 51
Ilustración 19. Cobertura asociada zonas sin ningún tipo de cobertura, sector África 52
Ilustración 20. Mapa de cobertura del suelo, sector África 53
Ilustración 21 Delimitación de la quebrada ID250261 influencia del sector África 55
Ilustración 22 Ubicación Área de Estudio respecto a la Quebrada ID2502601 – Sector África 56
Ilustración 23 Microcuenca ID2502601 62
Ilustración 24 Localización estaciones Hidroclimatológicas aferentes al área metropolitana de Bucaramanga 65
Ilustración 25 Temperatura media mensual multianual estación UIS (1975 – 2005) 67
Ilustración 26 Humedad relativa promedio mensual multianual E. Aeropuerto Palonegro 68
Ilustración 27 Brillo solar mensual multianual estación Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005) 68
Ilustración 28 Precipitación media mensual multianual Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005) 69
Ilustración 29 Histograma de precipitación media anual multianual estaciones analizadas 70
Ilustración 30 Isoyetas período retorno 2 años. 71
Ilustración 31 Precipitación Media mensual multianual estación Floresta (1978-2008) 74
Ilustración 32 Histograma de precipitación media anual porcentual las estaciones analizadas. 75
Ilustración 33 Precipitación anual Estación Bucaramanga 76
Ilustración 34 Precipitación anual Estación UIS. 76
Ilustración 35 Precipitación anual Estación La Floresta. 77
Ilustración 36 Precipitación anual Estación Apto Palonegro. 77

Ilustración 37 Precipitación anual Estación La Laguna. 78
Ilustración 38 Precipitación anual Estación Palo Gordo 78
Ilustración 39 Precipitación anual Estación CDMB 79
Ilustración 40 Precipitación anual Estación Club Campestre 79
Ilustración 41 Precipitación anual Estación La Esperanza. 80
Ilustración 42 Precipitación anual Estación La Flora. 80
Ilustración 43 Precipitación anual Estación PTAR 81
Ilustración 44 Curvas Isoyetas medias anuales con base en las estaciones seleccionadas (mm) 82
Ilustración 45 Relación de la elevación y precipitación estaciones de Bucaramanga 83
Ilustración 46 Relación de la elevación y precipitación de las estaciones en la zona Occidente 84
Ilustración 47 Valores totales anuales de precipitación estaciones en la zona Occidente 85
Ilustración 48 Precipitación máxima en 24 horas Estación Bucaramanga 86
Ilustración 49 Precipitación máxima en 24 horas Estación UIS. 86
Ilustración 50 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Floresta. 87
Ilustración 51 Precipitación máxima en 24 horas Estación Aeropuerto Palonegro. 87
Ilustración 52 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Laguna 88
Ilustración 53 Precipitación máxima en 24 horas Estación Palogordo 88
Ilustración 54 Precipitación máxima en 24 horas Estación CDMB 89
Ilustración 55 Precipitación máxima en 24 horas Estación Club Campestre 89
Ilustración 56 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Esperanza 90
Ilustración 57 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Flora 90
Ilustración 58 Precipitación máxima en 24 horas Estación PTAR 91
Ilustración 59 Distribución Gumbel para máximos de precipitación en 24 horas 94
Ilustración 60 Curvas IDF Sintéticas para la Estación CDMB – Método de Bell 97
Ilustración 61 Curva frecuencia lluvia acumulada diferentes periodos retorno 98
Ilustración 62 Capacidad hidráulica, canaleta proyectada 104
Ilustración 63 Localización cuenca en estudio con un área de 464km^2. Tomado de INGEOMINAS, 2007. 109
Ilustración 64 Mapa de localización de las principales afluentes de drenaje del área metropolitana de Bucaramanga y su área de influencia (Cuenca superior rio Lebrija. Fuente: IGAC – Autores). 111
Ilustración 65 Esquema del modelo Hidrológico de 113
Ilustración 66 Mecanismos de falla (CDMB-Gómez Sully-1989) 115
Ilustración 67 A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av 121
Ilustración 68 A.2.3-2 — Mapa de valores de Aa) (NSR-10) 122
Ilustración 69 A.2.3-3 - Mapa de valores de Av) (NSR-10) 123
Ilustración 70 A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av (NSR-10) 124
Ilustración 71 A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g (NSR-10)
Ilustración 72 Espectro elástico de diseño 129
Ilustración 73 Mapa modificado de la Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga de 2001, Subdirección de amenazas Geoambientales (Servicio Geológico Colombiano anterior INGEOMINAS)) 132

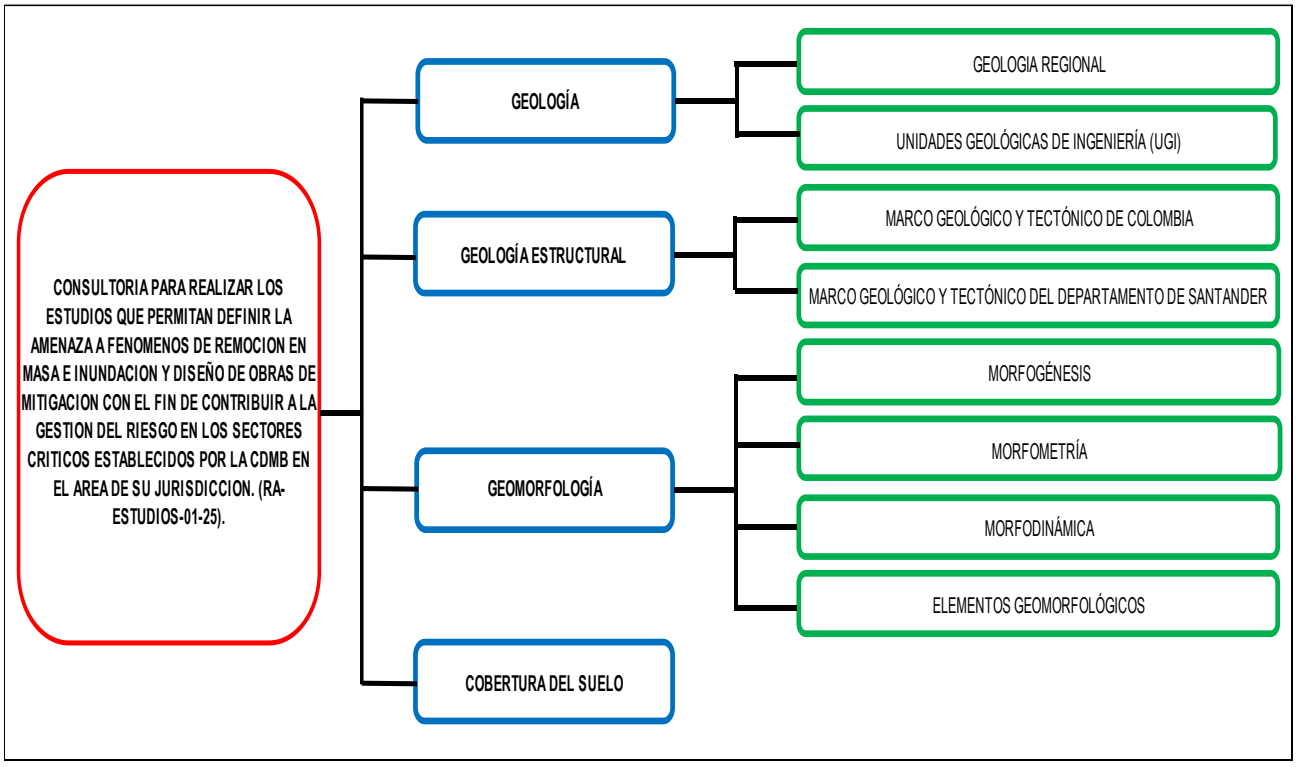
Ilustración 74 Ubicación área de estudio en el Mapa modificado de la Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (Servicio Geológico Colombiano anterior INGEOMINAS) 133
Ilustración 75 Espectro de diseño para la Zona 1 (Roca) en el Área Metropolitana de Bucaramanga. 134
Ilustración 76 Espectro de diseño para la Zona 2 (Suelo Rígido) en el Área Metropolitana de Bucaramanga. 135
Ilustración 77 Espectro de diseño para la Zona 3 (Llenos) en el Área Metropolitana de Bucaramanga. 136
Ilustración 78 Espectro de diseño en el Área Metropolitana de Bucaramanga. 137
Ilustración 79 Espectro de diseño en zona de Estudio 138
Ilustración 80 Espectro de diseño en el Área Metropolitana de Bucaramanga VS Espectro en zona de Estudio 139
Ilustración 81 Perfil geotécnico 1 143
Ilustración 82 Perfil geotécnico 2 143
Ilustración 83 Perfil geotécnico 3 143
Ilustración 84 Localización de perfiles sector África 144
Ilustración 85 Mapa de amenaza por movimientos en masa, sector África 147
Ilustración 86. Ubicación detallada del área de estudio. 151
Ilustración 87. Tipo de uso de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 161
Ilustración 88. Tipo de material de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 162
Ilustración 89. Tipo de proceso constructivo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 163
Ilustración 90. Tipo de sistema estructural de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. . 164
Ilustración 91. Calidad del sistema resistente de las edificaciones para el Barrio África Bucaramanga. 165
Ilustración 92. Configuración en altura de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 166
Ilustración 93. Configuración en altura de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 167
Ilustración 94. Posición de la cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga... 168
Ilustración 95. Tipo de la cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 169
Ilustración 96. Tipo de suelo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 170
Ilustración 97. Muro de contención de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga..... 171
Ilustración 98. Tipo de sistema de drenaje de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.. 172
Ilustración 99. Entorno de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 173
Ilustración 100. Estado de conservación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga..... 174
Ilustración 101. Diafragma horizontal de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 175
Ilustración 102. Configuración en planta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 176
Ilustración 103. Tipo de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 177
Ilustración 104. Tipo de sistema de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.
Ilustración 105. Número de niveles de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga. 179
Ilustración 106. Predio A-13, Barrio África, Municipio de Bucaramanga, Santander. 180
Ilustración 107. Predio B-12, Barrio África, Municipio de Bucaramanga, Santander. 181
Ilustración 108. Disposición del refuerzo en columnas 187
Ilustración 109. Estribos de confinamiento en columnas 187
Ilustración 110. Disposición del refuerzo en columnas 193

Ilustración 111. Derrumbamiento parcial de viviendas causada por eventos de remoción en masa.
Ilustración 26. Viviendas con procesos constructivos de autoconstrucción ubicadas en la corona y pie de ladera con Vulnerabilidad alta a eventos de remoción en masa. 197
Ilustración 113. Elementos expuestos y subdivisión. 199
Ilustración 114. Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento. 200
Ilustración 115. Predio 1-A identificado con vulnerabilidad estructural Alta en el Barrio África. 219
Ilustración 116. Predio 15-A identificado con vulnerabilidad estructural media en el Barrio África. . 219
Ilustración 117. Predio A-13 identificado con vulnerabilidad estructural baja en el Barrio África. 220
Ilustración 118. Mapa vulnerabilidad por fragilidad estructural del Barrio África municipio de Bucaramanga 222
Ilustración 119. Mapa vulnerabilidad por remoción de masa – edificaciones. Barrio África municipio de Bucaramanga 227
Ilustración 120. Mapa vulnerabilidad por remoción de masa – Personas. Barrio África municipio de Bucaramanga 230
Ilustración 121. Mapa del análisis de avalúos. 231
Ilustración 119. Ubicación Ortofoto del del barrio África de Bucaramanga 233
Ilustración 120. Pirámide poblacional de Bucaramanga proyección DANE a 2018 234
Ilustración 124. Esquema metodológico para la evaluación de riesgo. 271
Ilustración 125. Mapa Riesgo físico sector barrio Africa municipio de Bucaramanga 274
Ilustración 126. Mapa Riesgo para personas sector barrio Africa municipio de Bucaramanga 274
Ilustración 127. Mapa riesgo total sector barrio Africa municipio de Bucaramanga 275
Ilustración 128 Esquematización de una pantalla anclada 278
Ilustración 129 Esquema de una pantalla anclada (corte transversal) 279
Ilustración 130 Esquema de una pantalla anclada. 280
Ilustración 131 Esquema de una pantalla anclada (vista frontal y lateral) 284
Ilustración 132 Esquema a) Definición de estratos y sus propiedades, b) Predimensionamiento, c) Vista lateral de los anclajes) 285
Ilustración 133 Esquema de una pantalla anclada (emplazada en el talud) 287
Ilustración 134 Esquema de una pantalla anclada (emplazada en el talud) 288
Ilustración 135 Esquema de una zapata. 288
Ilustración 136 Detalles, anclaje. 289
Ilustración 137 Corte transversal, pantalla anclada 290
Ilustración 138 Detalles, Bulbo y lechada 291
Ilustración 139 Detalles, Bulbo de selle y lechada de cemento 292
Ilustración 140 Detalles, Torones 293
Ilustración 141 Malla de refuerzo 293
Ilustración 143 Detalle de canaleta. 294
Ilustración 144 Sección transversal (ubicación de obra construida anteriormente vs la proyección de la pantalla anclada del foco erosivo) 295
Ilustración 145 Sección transversal (ubicación de anclajes construidos anteriormente vs la proyección de la los mismos respecto al del foco erosivo) 296
Ilustración 146 Sección transversal (transición de filas de anclajes respecto al ángulo de inclinación) 296
Ilustración 145 Mapa de Pendientes, sector África 301

PREÁMBULO

Teniendo en cuenta que gran parte de la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, se encuentra asentada en una zona elevada y altamente habitada, motivo por el cual una cantidad considerable de la población se ha visto en la necesidad de trasladarse y edificar en lugares de riesgo y que están en peligro debido a posibles deslizamientos de tierra y erosión; por consecuencia de estas situaciones, la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA (CDMB), ha buscado proteger a quienes habitan ciertas zonas en riesgo, de manera que, para lograrlo, se necesita conocer la situación actual evaluando factores como la geología, geomorfología, uso del suelo, recursos hídricos, hidrogeología, actividad sísmica y riesgos de deslizamientos, para poder gestionar las posibles situaciones que se puedan presentar.

A continuación, se presentan los capítulos que conforman esta consultoría:



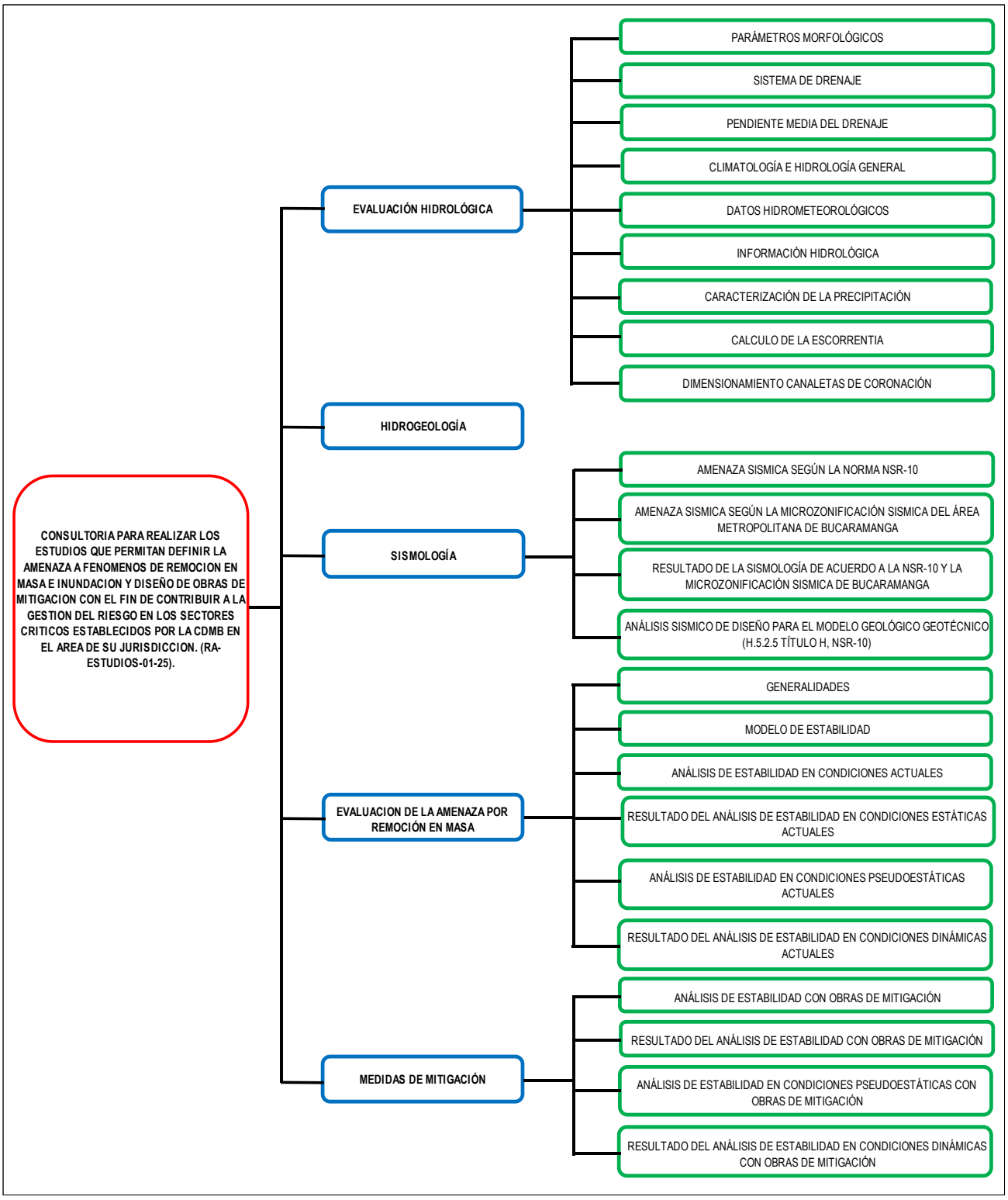


Tabla 1. Contenido Consultoría

Los movimientos masivos de tierra o deslizamientos, ocurren debido a diversos factores como el clima, la topografía, la geología y la geomorfología, que en conjunto generan que el suelo natural sea vulnerable. Por otro lado, los factores antrópicos se relacionan directamente con el uso del suelo y las actividades económicas y sociales, las cuales a lo largo del tiempo muestran el impacto que tienen en el territorio, además de ayudar a identificar posibles amenazas y riesgos.

Es apropiado realizar un estudio geotécnico y geológico por la probable afectación a varias viviendas que, en caso en que ocurra una emergencia, podrían desencadenarse en pérdidas humanas de familias que habitan en estas áreas y pérdidas materiales significativas.

La ejecución del estudio y la planificación del proyecto actualmente en marcha, considera las normativas vigentes, entre las cuales se destacan las normas Geotécnicas de la CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA CDMB de 2009, la regulación correspondiente del Plan Básico de Ordenamiento Territorial y los requisitos establecidos por la ley 400 de 1997, que se encuentran en la Norma Sismo Resistente NSR-10 en su título H, iniciando con una introducción general y se listan las actividades llevadas a cabo tanto en campo como en laboratorio, además de la clasificación o caracterización del suelo y los análisis de riesgo pertinentes.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Ejecutar la consultoría para la elaboración de los estudios geotécnicos que incluyen el diseño de obras de mitigación de la amenaza por movimientos en masa para el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER.

1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Realizar el levantamiento topográfico del sector.
- Realizar la caracterización geotécnica del sector, por medio de muestreo ejecutado por perforaciones de campo, ensayos geofísicos, análisis de laboratorio de los ensayos de corte directo, compresión simple, granulometría, límite líquido y humedad natural.
- Caracterizar geológica y geomorfológicamente el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER.
- Realizar el análisis hidrológico que establezca los parámetros básicos para el dimensionamiento de las obras hidráulicas necesarias para el adecuado manejo del agua de escorrentía si es el caso, en el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER.
- Generar el modelo geológico geotécnico de acuerdo con la caracterización geotécnica, geológica, geomorfológica y morfométrica.
- Analizar los diferentes modelos geológicos geotécnicos por medio de métodos determinísticos para evaluar la amenaza ante movimientos en masa.
- Plantear las medidas de mitigación a la amenaza por movimientos en masa para la reducción de los riesgos asociados a estos fenómenos.

2. ALCANCE

A continuación, se define el alcance de la consultoría para el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER.

- El levantamiento topográfico a escala 1:1000 o más detallada del área se estudió, así como la entrega de planos, cartera topográfica, registro fotográfico e imágenes aéreas.
- El estudio Geológico y geomorfológico con sus respectivas unidades (Geológicas Superficiales y Geomorfológicas), análisis morfométrico, usos de suelo e inventario de deslizamiento, cada uno con sus respectivos mapas a escala 1:1000 o más detallada.
- La caracterización geotécnica con sus respectivos sondeos, apiques, ensayos geofísicos y resultados de ensayos de laboratorio.
- El análisis de la amenaza sísmica teniendo en cuenta el estudio de Zonificación Sismo geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga 2001.
- El modelo geológico-geotécnico, así como las secciones para el modelamiento.
- Análisis de estabilidad para procesos de movimientos en masa en condiciones normales y de sismo con sobrecargas en cada escenario.
- Diseño de obras de mitigación, así como su respectivo análisis presupuestal.
- Entrega de diseños con localización de obras y dimensionamiento de cada una de ellas y sus respectivas obras de drenaje.
- Entrega final correspondiente a planos (topográfico, geológico, geomorfológico, localización de obras propuestas, detalle de obras), informe principal, anexos (ensayos de laboratorio, ensayos geofísicos, especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios y presupuestos).

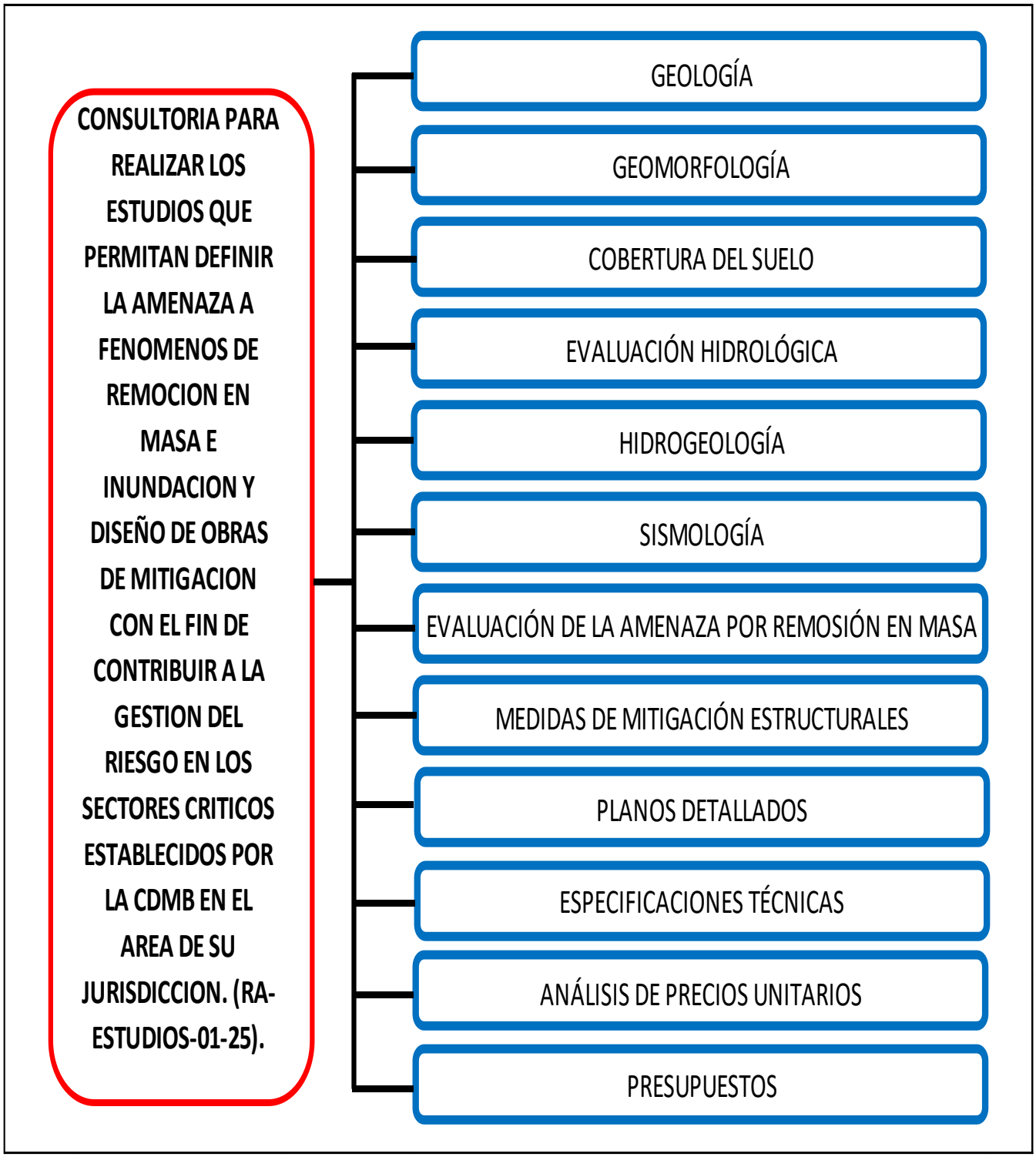


Tabla 2. Alcances Consultoría

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Ilustración 1. Ubicación detallada del área de estudio – Sector África

El sector África se localiza en el extremo sur de Bucaramanga, justo sobre las laderas que bordean la Autopista Bucaramanga–Piedecuesta. Se encuentra entre zonas residenciales consolidadas en pendiente que descienden hacia la vía principal, conformando un entorno mixto donde conviven viviendas. Esta ubicación lo sitúa dentro de un corredor urbano densamente habitado y de fácil acceso, conectado de manera directa con los barrios circundantes y con la movilidad metropolitana del sur de la ciudad.



Ilustración 2. Ubicación del área de estudio – Sector Africa

4. ANALISIS GEOLÓGICO

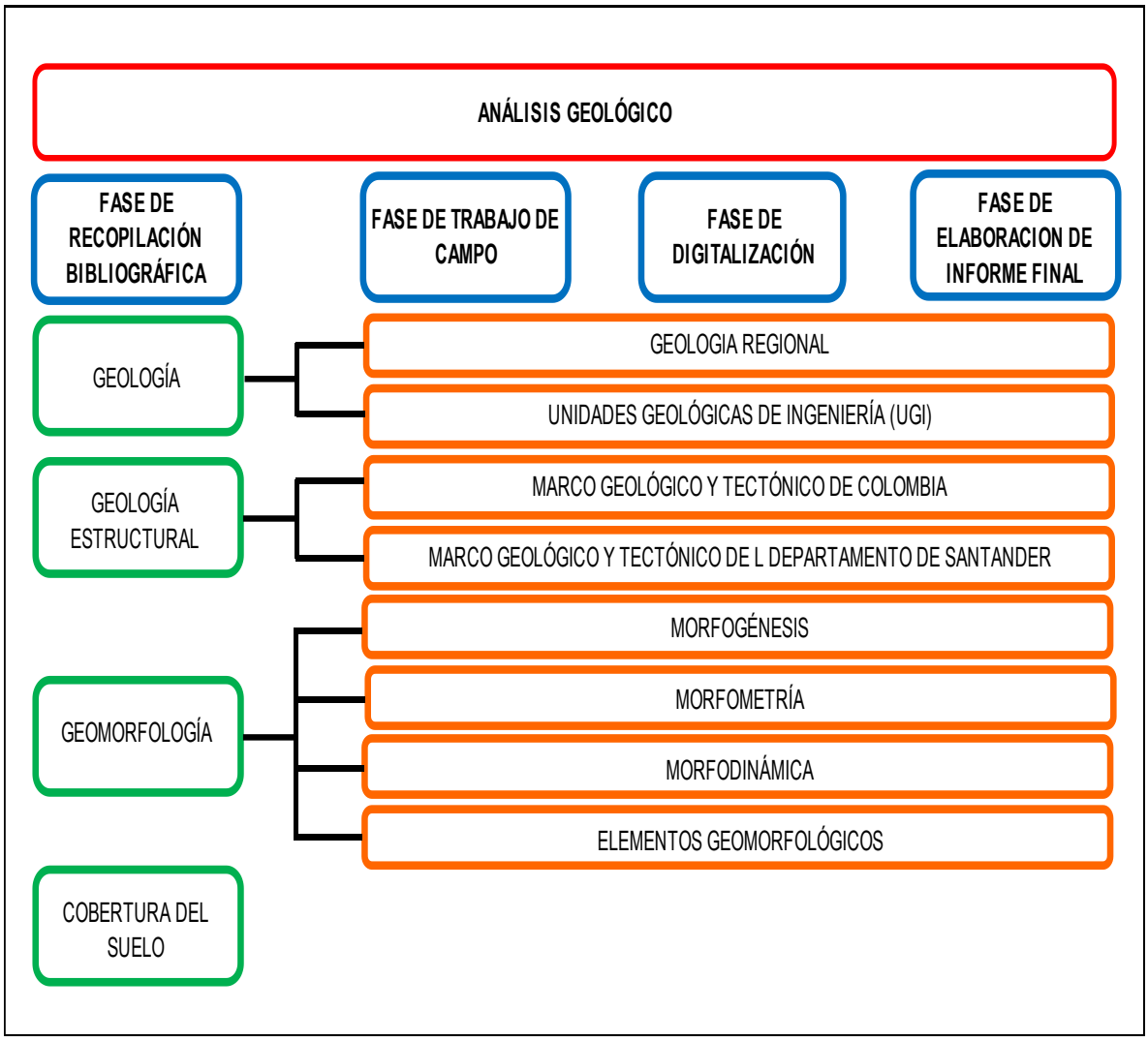


Tabla 3. Contendido Geología

4.1. METODOLOGÍA

La metodología usada para el desarrollo de la presente consultoría consta de las siguientes fases:

Fase de Recopilación Bibliográfica. Esta fase consiste en consultar y seleccionar material bibliográfico como informes técnicos, artículos científicos, mapas geológicos y memorias explicativas, con lo cual se permite definir las nomenclaturas a usar para cada uno de los respectivos mapas a visualizar y cartografiar en campo (geología, geomorfología, cobertura del suelo y deslizamientos), tomando como base los lineamientos usados por el Servicio Geológico Colombiano y entes a nivel local (CDMB, Alcaldía del municipio con EOT y POT, entre otros). En esta etapa también se genera una base de datos bibliográfica y cartográfica inicial del área de estudio, en un sistema de información geográfica.

Fase de Trabajo de Campo. Consiste en realizar la visita técnica al área de estudio, cartografiando las unidades de geología para ingeniería (UGI), la geomorfología (Morfogenética), la cobertura del suelo actual y la especificación de procesos morfodinámicos (Procesos de movimientos en masa y erosión). Esta información se plasma en mapas realizados en campo de acuerdo con la distribución observada de cada uno de los diferentes entes y procesos.

Fase de Digitalización. Esta fase consiste en digitalizar la información colectada en la zona de estudio, en donde se complementan las bases de datos que se desarrollan en etapas previas.

Fase de Elaboración de Informe Final. Consiste en la redacción de un informe técnico detallado donde se explican los principales rasgos geológicos, así como los rasgos geomorfológicos, cobertura del suelo y procesos morfodinámicos.

4.2. GEOLOGÍA

Este capítulo describe las características geológicas regionales y las Unidades Geológicas de ingeniería (UGI) a nivel del área de estudio.

Para realizar el análisis geológico se tienen en cuenta primeramente estudios previos regionales y locales, de entidades oficiales y particulares, dentro de las que se encuentran el Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Universidad Industrial de Santander (UIS), la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), como también la Alcaldía de Bucaramanga (Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y Plan de Ordenamiento territorial (POT)), los cuales permiten conocer la información geológica desarrollada en el área a diferentes escalas, permitiendo la revisión preliminar de estudios generales, como también la estandarización y uso de nomenclaturas para el presente estudio.

Geológicamente la zona más importante del área metropolitana (Bucaramanga) se encuentra ubicada dentro de depósitos de terraza y de cono aluvial (Ward et al., 1973) en la denominada Terraza de Bucaramanga, de edad Pleistoceno-Holoceno. De acuerdo con De porta (1959) y Julivert (1963), la parte inferior de la Terraza de Bucaramanga está compuesta de grava, arena, limo y capas menores arcillosas fluviales; mientras la parte superior está compuesta de cantos no calibrados que se interpretan como depósitos coluviales, los cuales adelgazan lejos del frente montañoso.

4.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona denominada África, ubicada en el sector suroriental de Bucaramanga, se encuentra dentro del ámbito geológico del valle del río de Oro, en una franja transicional entre las planicies aluviales recientes y las terrazas antiguas que caracterizan la morfología de la cuenca baja del área metropolitana. Este sector representa una unidad intermedia dentro del sistema de depósitos cuaternarios que bordean la ciudad, donde se evidencia un contacto lateral entre los aluviones

modernos (Qal) y las terrazas y abanicos cuaternarios (Qtf). Dicho contacto marca una transición temporal y ambiental entre procesos de sedimentación activa y depósitos relictos que registran fases de mayor energía fluvial (Ward et al., (1973)).

Desde el punto de vista geotectónico, el área forma parte del Macizo de Santander, una estructura polimetamórfica que constituye el núcleo más estable de la Cordillera Oriental. Este macizo, intensamente fracturado, está limitado por la Falla de Bucaramanga–Santa Marta, una de las estructuras más importantes del nororiente colombiano, que ha condicionado la morfología y evolución sedimentaria de los valles adyacentes (SGC, 2015). Aunque el sector de África no se encuentra directamente sobre la traza de esta falla, su influencia estructural es evidente en la disposición del drenaje y en la incisión del río de Oro, que ha generado superficies escalonadas de terraza y planicie (INGEOMINAS; Ward et al., (1973)).

A nivel regional, la configuración geológica del área responde a procesos combinados de tectónica compresiva andina, variaciones climáticas cuaternarias y dinámica fluvial activa. Durante el Pleistoceno, los cambios en el nivel de base y en el régimen hidrológico propiciaron la formación de abanicos aluviales y terrazas (Qtf) a lo largo de los valles intramontanos. Posteriormente, en el Holoceno, las oscilaciones climáticas y la reactivación tectónica dieron origen a la sedimentación de los aluviones actuales (Qal), representando ambientes de mayor humedad y estabilidad fluvial (SGC, 2015; Ward et al., (1973)).

En la actualidad, el paisaje de África refleja esa superposición de unidades. Las terrazas (Qtf) se presentan como superficies ligeramente elevadas y disectadas, mientras que las planicies de inundación (Qal) se localizan en zonas más bajas, adyacentes a los cauces activos. Esta diferenciación geomorfológica está acompañada por contrastes litológicos y estructurales que permiten distinguir los episodios sucesivos de depositación cuaternaria. Así, el área constituye un punto clave para comprender la evolución sedimentaria reciente del valle de Bucaramanga–Girón, donde la influencia tectónica, la erosión fluvial y la acumulación aluvial interactúan de manera continua (Ward et al., (1973); SGC, 2015).

En el entorno de África predominan dos unidades cuaternarias: los aluviones recientes del Holoceno (Qal) y las terrazas y conos de deyección cuaternarios antiguos (Qtf). Ambas están estrechamente relacionadas espacial y genéticamente, constituyendo la secuencia más joven de la evolución sedimentaria del valle del río de Oro.

La unidad Qal está compuesta por depósitos de arenas finas a medias, limos y gravas, dispuestos en secuencias lenticulares con estratificación cruzada y laminación paralela, típicas de ambientes fluviales de baja energía. Representa los depósitos más recientes formados por procesos de inundación, carga en suspensión y migración lateral del cauce principal. Estos materiales son poco consolidados y muestran una granulometría heterogénea, lo cual refleja la dinámica variable del río de Oro en su fase actual (Ward et al., (1973)).

En contraste, la unidad Qtf corresponde a depósitos de terraza y abanico desarrollados durante periodos de mayor energía erosiva. Está conformada por conglomerados polimícticos, arenas gruesas y niveles arcillo-limosos compactos, dispuestos en estratos de mediano espesor. Estos sedimentos fueron depositados por corrientes fluviales más activas, con aportes coluviales desde las laderas cercanas, antes de que el cauce principal incursionara nuevamente en su actual nivel de base. La posición topográfica más alta de Qtf en el sector de África indica su mayor antigüedad relativa respecto a Qal, en concordancia con el modelo evolutivo de terrazas fluviales del Cuaternario (SGC, 2015; Ward et al., (1973)).

El contacto entre Qtf y Qal es generalmente transicional y erosivo, mostrando una progresión de sedimentos consolidados a sueltos conforme se aproxima al cauce activo. Esta relación sugiere una secuencia regresiva donde las terrazas fueron parcialmente erosionadas y redepositadas durante episodios posteriores de crecida y cambio climático. En conjunto, estas unidades constituyen el registro más reciente del relleno sedimentario cuaternario de Bucaramanga, indicando la persistencia de procesos fluviales activos y la influencia de la tectónica andina en la configuración actual del relieve (Ward et al., (1973); SGC, 2015).

Regionalmente la zona de estudio está relacionada a los bloques tectónicos delimitados por la Falla de Suárez al occidente y la Falla Bucaramanga al Oriente (INGEOMINAS, 2007). A continuación, se describen algunas unidades presentes en esta región, tomando como base el estudio de zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (2001):

- **Neis de Bucaramanga (p€b):** Definido por Goldsmith (1971), esta unidad está constituida por una secuencia de roca metasedimentaria de alto grado de metamorfismo conformado principalmente por paragneis pelítico, semipelítico y arenáceo, esquistos y neis calcáreo, mármol, neis horbléndico y anfibolita.

  El neis incluye dos tipos de zonas de migmatita, una donde el paragneis está mezclado con roca granítica gnéisica y otra donde ambos están cortados por masas pequeñas de granito no foliado (Ward et al., 1973). Aflora al oriente del área metropolitana de Bucaramanga y se localiza al este de la Falla Bucaramanga (Figura 3). Entre los municipios de Floridablanca y Piedecuesta esta unidad presenta variación en la orientación de la foliación, lo cual indica perturbaciones tectónicas severas. Se encuentra en contacto con intrusivos jurásicos graníticos y se considera de edad precámbrica (Ward et al., 1973).

- **Formación Silgará (pDs):** Nombre propuesto por Ward et al., (1973) para referirse a una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas de estratificación delgada, compuestas por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea, cuya sección tipo se localiza en la Quebrada Silgará.

  Las relaciones estratigráficas sugieren que esta unidad suprayace al Neis de Bucaramanga e infrayace rocas del Devónico.

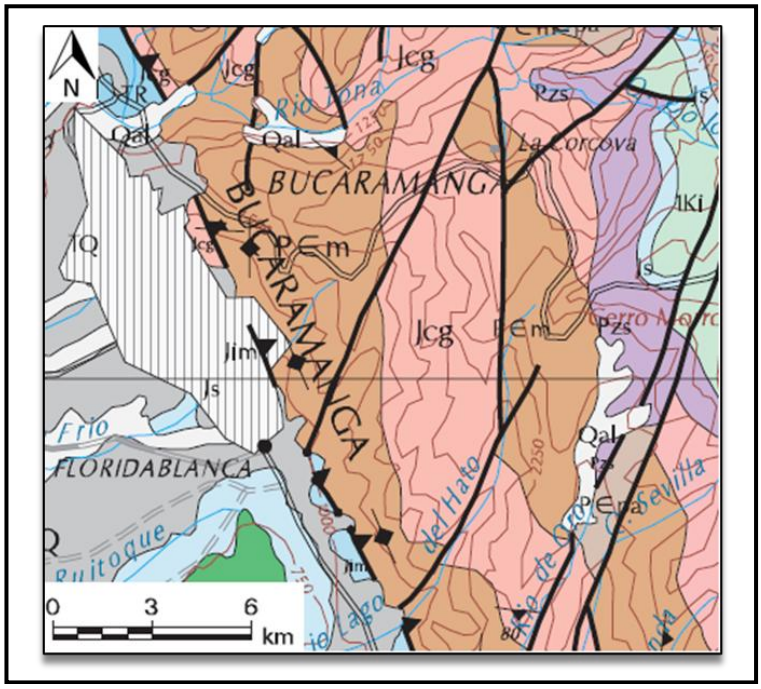


Ilustración 3 Unidad Neis de Bucaramanga ubicada al este del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999).

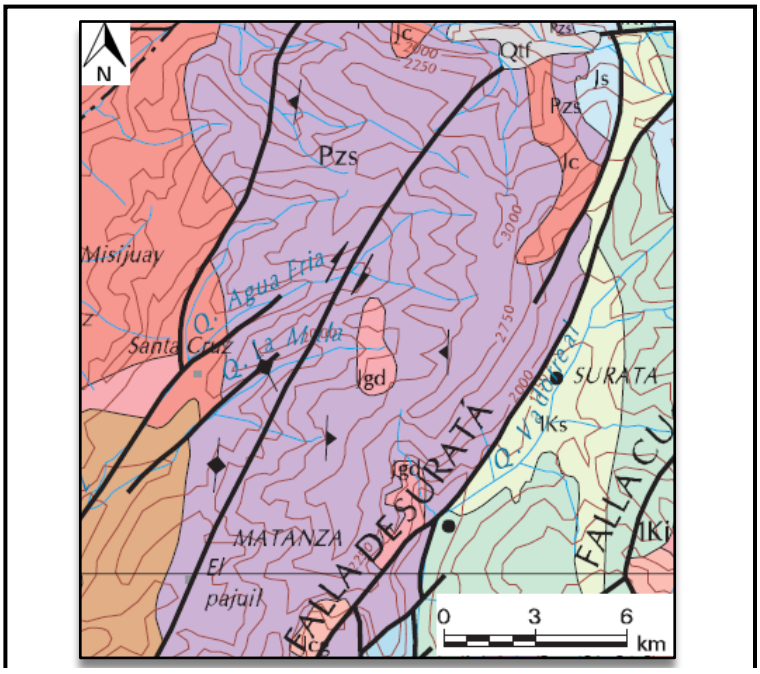


Ilustración 4 Formación Silgará en los alrededores de Matanza y Suratá. Ubicada al Noreste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999).

- **Formación Bucaramanga:** La Formación Bucaramanga hace parte de los depósitos cuaternarios descritos por Ward et al., (1973). Esta unidad inicialmente fue propuesta por Hubach (1951), quien la subdivide en: Miembro Órganos (Qbo) y Miembro Finos (Qbf). Posteriormente De Porta (1959) divide la formación Bucaramanga en tres paquetes: uno inferior conformado por niveles discontinuos de gravas clasto soportados y con lentes arenosos intercalados con un espesor de 150m; un segundo paquete con un espesor de 18m ubicado en la parte superior, compuesto de sedimentos arcillosos y un tercer paquete de 8 a 15 metros de espesor, constituido por una mezcla de fragmentos angulares gruesos y finos arenosos. Sin embargo, después de trabajos de campo detallados el INGEOMINAS subdivide esta unidad en cuatro miembros: Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (Qblr); de acuerdo con las dataciones publicadas en el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suárez, la edad de la Formación Bucaramanga es menor que 730.000 años (Pleistoceno) (INGEOMINAS, 1997).

- Morfológicamente esta unidad corresponde a un abanico aluvial erosionado posiblemente asociado en gran parte al Río Suratá, acumulado sobre una depresión de origen tectónico, sobre la cual se ubica el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga. Este abanico limita al nororiente y oriente con el Macizo de Santander, al noroccidente y occidente con el Cerro de Palonegro y el Río de Oro, y al sur con la Mesa de Ruitoque. Presenta una superficie suavemente ondulada, con pendiente ligeramente inclinada al occidente, entre 2º y 7º, y una extensión aproximada de 60 a 80 km². El valor real del espesor de la Formación Bucaramanga es aún desconocido, sin embargo, a partir de cortes geológicos se ha estimado un valor promedio de 250 m en las zonas con mayor espesor.

- El ambiente de deposición de esta unidad ha sido considerado como un ambiente fluvial, con alternancia de materiales de origen aluvial tipo cono de deyección, flujos de escombro, canal y lagunar, en base a la granulometría que presentan dichos materiales, los rasgos geomorfológicos que presenta esta formación, así como los posibles agentes de transporte y la fuente de los materiales (Julivert, 1958).

- A continuación, se describen las características geológicas de cada uno de estos miembros, de acuerdo con la información geológica que se presenta en los estudios del INGEOMINAS (2001).

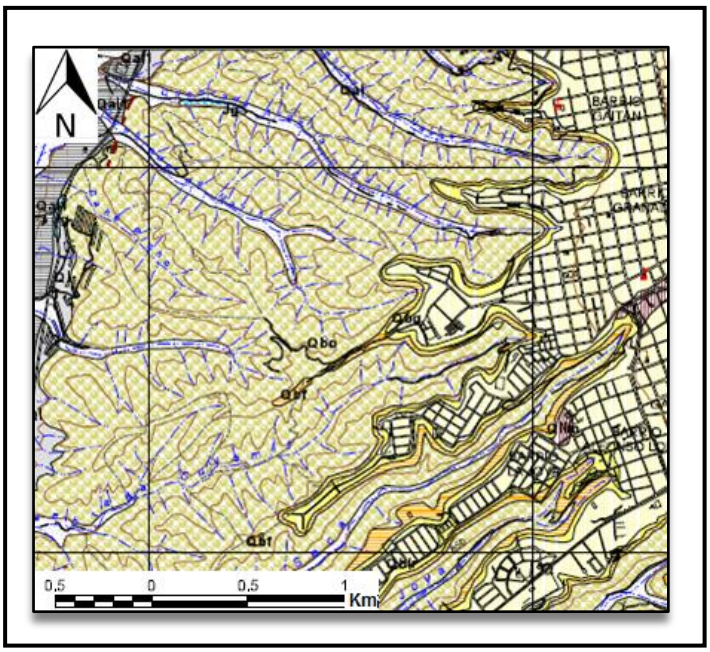


Ilustración 5 Formación Bucaramanga Miembro Órganos (Qbo), al oeste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Órganos (Qbo):** Esta unidad fue definida por Hubach (1951) y presenta un espesor mayor a 180m, siendo este el más potente de la Formación Bucaramanga. Presenta una serie de niveles polimícticos de fragmentos gruesos de aspecto conglomerático, con alternancia de capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura, según Bueno y Solarte (1994). Los niveles lenticulares descritos por Hubach (1951), algunos son niveles limo-arenosos de hasta 5 m; otros son niveles de aspecto conglomerático que forman los depósitos de gravas y bloques poco consolidados dispuestos en forma de capas gruesas a muy gruesas, con espesores hasta de 15 m. El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 m de diámetro con una composición predominante de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neises micáceos de color amarillo hasta rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso, liditas y cherts. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa pardo amarillenta y

los niveles finos presentan material arcillo arenosos y areno arcilloso de consistencia compacta, con trazas de materia orgánica.

- **Miembro Finos (Qbf):** Este nivel fue reconocido y definido por Hubach (1951). Se ubica estratigráficamente entre el nivel inferior de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos) y el nivel superior (Miembro Gravoso) en contactos netos plano- paralelos. Es una capa lenticular horizontal con alternancia de niveles arcillosos, limo-arenosos y areno-limosos, de colores gris verdosos con un espesor promedio de 15m. Estos niveles presentan una geometría tabular de estratificación paralela, cruzada y ondulosa, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm. Hacia la base el Miembro Finos presenta material arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, con gran variación de espesor. Hacia el techo presenta alternancia entre niveles arenolimosos con niveles limo arenosos arcósicos de colores amarillento a pardo amarillento. Geomorfológicamente se caracteriza por presentar escarpes con un grado de alteración moderada de consistencia plástica para el material arcilloso. El ambiente de deposición para este miembro de la Formación Bucaramanga es un ambiente aluvial de intercanales, poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosas (INGEOMINAS, 2001).

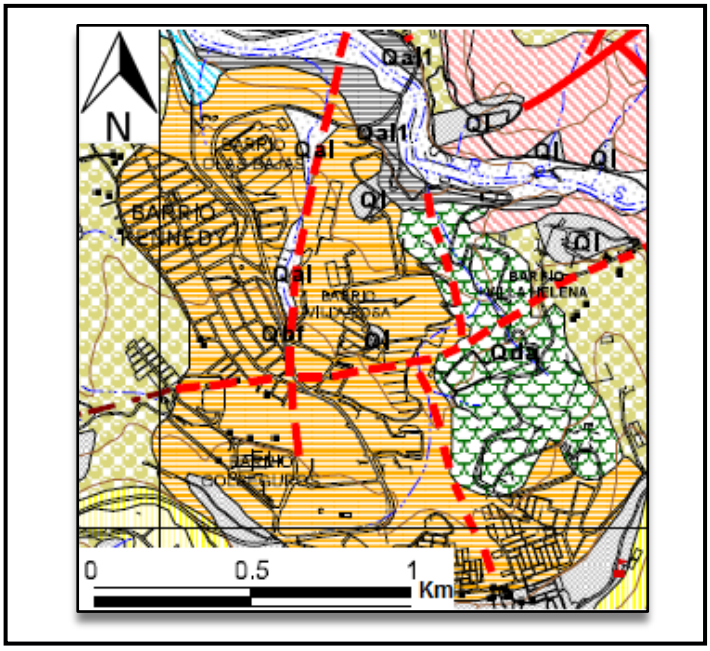


Ilustración 6 Formación Bucaramanga Miembro Finos, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Gravoso (Qbg):** Definido por Niño y Vargas (1992), se encuentra ubicado sobre la escarpa occidental y norte de Bucaramanga (Figura 6). Conforma los escarpes superiores de la parte alta del barrio La Gran Ladera y el nacimiento de la quebrada La Iglesia, en los alrededores de los barrios Lagos del Cacique, Diamante II y San Luis. Presenta un espesor que varía entre 8 y 30 m. presentando niveles gravosos, gravo arenosos y gravo lodosos. Los cantos están compuestos por rocas metamórficas e ígneas y sedimentarias tales como areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas moradas. El tamaño grava presenta un diámetro promedio de 15 cm, y predomina sobre bloques de rocas de hasta 80 cm de diámetro. A modo general el Miembro Gravoso es matriz soportado, presentando en sitios puntuales, material clasto soportado. Se encuentra suprayaciendo el Miembro Finos presentando contacto neto, continuo y suavemente onduloso. Infrayace el Miembro Limos Rojos en contacto gradacional (Niño y Vargas, 1992).

  Geomorfológicamente es similar al Miembro Órganos en los sectores de los valles de las quebradas. En la parte sur de la Quebrada la Iglesia, su morfología se caracteriza por presentar colinas suaves onduladas y laderas alargadas con un drenaje dendrítico. Estos depósitos presentan un grado de meteorización medio a alto, siendo la parte superficial de este miembro poco compacta y altamente permeable. Su ambiente de deposición es de flujo de escombros (INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Limos Rojos (Qblr):** Nivel definido por Julivert (1963). Se encuentra localizado de forma no uniforme en el sector urbano de Bucaramanga y continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca.

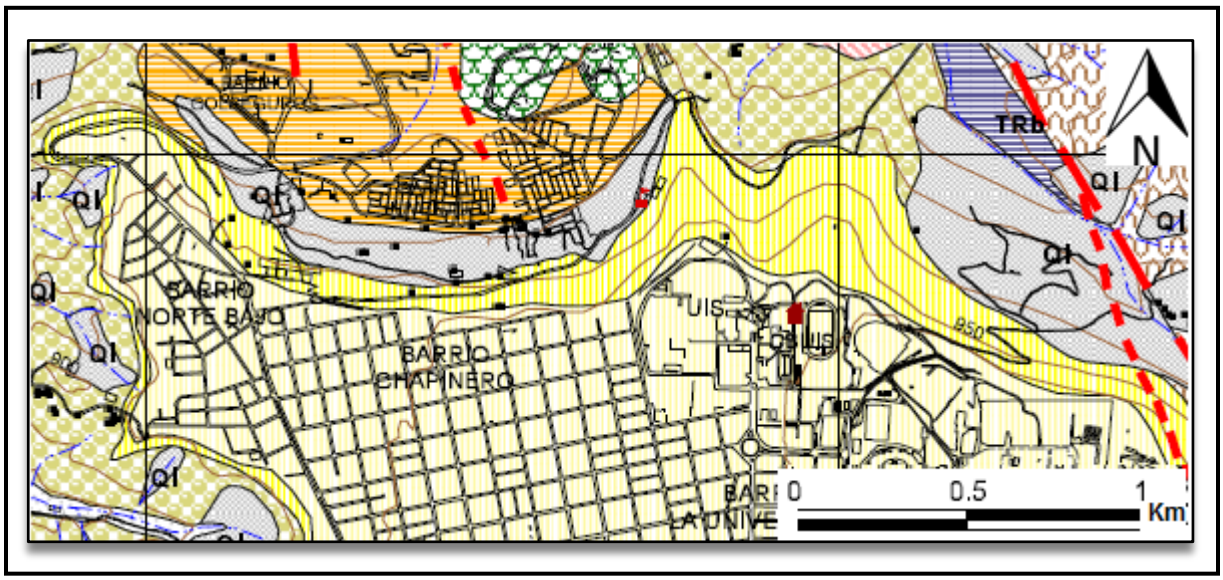


Ilustración 7 Formación Bucaramanga Miembro Gravoso, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

Presenta arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. En algunos sectores se aprecian bloques angulares de arenisca meteorizados, embebidos dentro de limos rojos y se asocian superficialmente a este miembro. Este depósito se encuentra suprayaciendo el Miembro Gravoso en contacto gradacional.

La parte más superficial de este miembro presenta un alto grado de meteorización formando niveles de oxidación (INGEOMINAS, 2001). Geomorfológicamente se caracteriza por constituir la parte superficial de la llamada inicialmente “Meseta de Bucaramanga”, presentando una topografía plana con pendientes menores al 7%, de drenaje escaso, paralelo y superficial (Niño y Vargas, 1992)

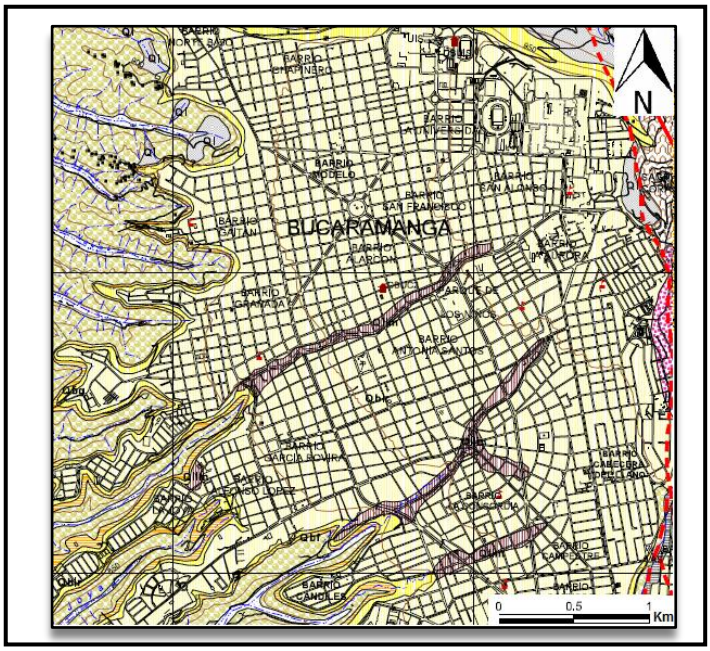


Ilustración 8 Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

En la siguiente figura se muestra de manera esquemática el perfil del subsuelo correspondiente a la Formación Bucaramanga.

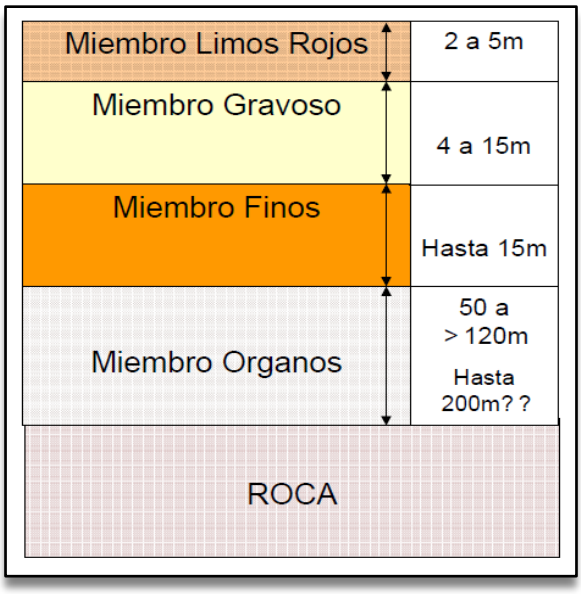


Ilustración 9 Perfil típico y espesores promedio de la Formación Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

4.2.2. UNIDADES GEOLÓGICAS DE INGENIERÍA (UGI)

La caracterización geológica se apoya en la delimitación de Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) (SGC - UNAL, 2016), las cuales permiten agrupar sectores con materiales que presentan comportamiento mecánico y origen geológico similares. Estas unidades constituyen el insumo principal para la evaluación del terreno, ya que facilitan distinguir entre suelos y rocas, reconocer espesores significativos de suelo residual o transportado, y establecer las condiciones estructurales y de meteorización del macizo rocoso.

En el sector África se reconocen tres unidades principales: un suelo gravoso del miembro Órganos, dominante en el área, compuesto por gravas y bloques dentro de una matriz limo-arcillosa erosionable; suelos coluviales antiguos, moderadamente compactos y con fuerte influencia vegetal, derivados del retrabajo de los depósitos gravosos; y suelos coluviales recientes, materiales sueltos y heterogéneos ubicados en concavidades y pies de talud.

SUELO GRAVOSO DEL MIEMBRO ÓRGANOS DE LA FORMACIÓN BUCARAMANGA (Sgmofb)

Corresponde a un suelo gravoso desarrollado sobre los conglomerados del miembro Órganos de la Formación Bucaramanga. Es un depósito matriz-soportado, con matriz limo-arcillosa, altamente erosionable, que incluye bloques y cantos redondeados a subredondeados. Se reconocen fragmentos de limolitas rojas alteradas y bloques de cuarcitas frescas, con lentes intercalados de arcillas limo-arenosas, con grado de meteorización medio y buena permeabilidad por la presencia de gravas.

SUELOS COLUVIALES ANTIGUOS (Sca)

Unidad con suelos coluviales antiguos sobre la ladera bajo las viviendas, con fuerte cobertura de vegetación herbácea y arbustiva. El material es una mezcla de gravas y cantos subangulares a subredondeados dentro de una matriz limo-arcillosa pardo rojizo, moderadamente compacta, producto de la alteración de los depósitos gravosos del Miembro Órganos. Presenta meteorización intermedia a alta, con estructura masiva a débilmente agregada y presencia de raíces finas y medianas.



Ilustración 10 Suelos coluviales antiguos, sector África

SUELOS COLUVIALES RECIENTES (Scr)

Corresponde a suelos asociados a un depósito coluvial joven localizados al pie de pequeños taludes y en pequeñas concavidades dentro del sector. Están formados por materiales sueltos y heterogéneos, con bloques y cantos subangulares a subredondeados, inmersos en una matriz arenoso-limosa y arcillosa. Son suelos con un grado de meteorización bajo a intermedio.

CÓDIGO UGI	UNIDAD GEOLOGICA PARA INGENIERÍA	ÁREA (HECTÁREAS)
Sgmo	Suelo gravoso del miembro órganos	0,56
Sca	Suelos coluviales antiguos	0,09
Scr	Suelos coluviales recientes	0,030

Tabla 4. Clasificación unidades geológicas para ingeniería UGI, sector África



Ilustración 11 Mapa de unidades geológicas para ingeniería, Sector África

4.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.3.1. MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO DE COLOMBIA

Colombia se ubica en la convergencia activa de las placas de Nazca, Caribe y Sudamericana (con influencia del bloque Panamá–Chocó). La placa de Nazca avanza hacia el este (~54 mm/año) y subduce bajo Suramérica, provocando el levantamiento de los Andes y formando las Cordilleras Occidental y Central como arcos volcánicos activos. En cambio, la placa del Caribe se acerca de manera oblicua (≈15 mm/año) por el norte de Colombia, generando fallas de cizalla izquierda de larga extensión (por ejemplo, el sistema Santa Marta–Bucaramanga). Esta dinámica ha dado lugar al denominado Bloque Norte de los Andes, con una compleja red de fallas transversales e inversas que reparte la deformación continental.

El resultado son tres cadenas montañosas principales geológicamente distintas. La Cordillera Occidental y la Cordillera Central son arcos magmáticos meso-cenozoicos (parte del Cinturón de Fuego del Pacífico) asociados directamente a la subducción de Nazca. En cambio, la Cordillera Oriental es un relieve intracontinental plegado, elevado principalmente en el Terciario tardío. Esta cordillera descansa sobre el escudo precámbrico de Guayana (rocas cristalinas de más de 1.300 millones de años) que sirvió como plataforma estable para la sedimentación paleozoica. Sobre dicho basamento se depositaron sedimentos miogeosinclinales (formaciones fluviales y marinas del Paleozoico inferior) que luego fueron plegados y cabalgados durante la orogenia andina terciaria. Como señala Irving (1971), estas tres ramas cordilleranas del norte de Colombia “son geológicamente distintas y se originaron en diferentes épocas”.

Además de las cordilleras, en el extremo norte se destaca la Sierra Nevada de Santa Marta, elevada por la colisión oblicua del Caribe, y hacia el este existen cuencas sedimentarias propias de la placa Suramericana (por ejemplo, los Llanos Orientales y la cuenca del Amazonas). En conjunto, el marco tectónico de Colombia es fruto de la continua colisión de placas oceánicas contra el continente, con subducción de Nazca (levantamiento andino) y empuje oblicuo del Caribe (fallas transversales). Este

proceso ha formado las cordilleras andinas y otras estructuras mayores (fosas tectónicas, fallas principales) que siguen activas hoy en día.

4.3.2. MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Santander se encuentra principalmente sobre la Cordillera Oriental, dominada por el Macizo de Santander, un bloque montañoso intraplaca de origen paleozoico. En el núcleo del macizo aflora un basamento ígneo-metamórfico muy antiguo: gneises, migmatitas y esquistos de alto grado (la llamada Formación Bucaramanga) de edad Precámbrico-Paleozoico. Estas rocas cristalinas constituyen la parte más rígida y elevada del departamento. Asociados a ellas hay plutones graníticos jurásicos (el Grupo Plutónico de Santander), prueba de un pulso magmático mesozoico durante la apertura de las cuencas.

Alrededor del núcleo metamórfico central afloran secuencias sedimentarias paleozoicas. La Formación Silgará (Ordovícico–Silúrico) consta de filitas, esquistos y mármoles de bajo a medio grado de metamorfismo; fue depósito de un mar antiguo en el borde de la plataforma cratónica. Por encima se ubica la Formación Floresta

(Devónico medio), compuesta de lutitas y calizas fosilíferas de bajo grado metamórfico. Estas rocas sugieren un ambiente marino profundo en el Paleozoico. Al final del Paleozoico, depósitos calizos carbonífero-permicos (Formación Diamante) completan la secuencia antes de un hiato de levantamiento.

En el Mesozoico inferior la región sufrió tectónica extensiva: se formaron grabens donde se depositaron los conglomerados y areniscas rojas triásicas de las Formaciones Jordán y Girón. Luego, en el Cretácico la mayor parte del macizo quedó emergido y erosionado, pero en las cuencas marginales colindantes entró un mar somero. En el valle del Magdalena se acumularon sedimentos cretácicos marinos: arenas cuarzosas (Formación Tambor), calizas fosilíferas (Formación Rosa Blanca) y espesos niveles de lutitas orgánicas (Formaciones Paja, Tablazo, Simití, La Luna, Umir). Estos depósitos marinos cretácicos afloran en los flancos del Macizo de Santander, indicando la amplia

transgresión que cubrió la región. En resumen, el basamento antiguo del macizo fue recubierto lateralmente por arenas, calizas y lutitas del Cretácico.

Con la orogenia andina terciaria se invirtió esta geometría: el Macizo de Santander se alzó como un bloque rígido y sus flancos fueron plegados e invertidos. En particular, la Falla de Bucaramanga (rumbo NNW) es la estructura más importante: marca el límite occidental del macizo y presenta un desplazamiento horizontal (sinestral) seguido de un fuerte levantamiento diferencial hacia el este. Al este del macizo, la falla regional de Servitá delimita cuencas sedimentarias internas (de edad Devónico a Cretácico) que también sufrieron cabalgamientos. Otras fallas menores (por ejemplo, la Falla de Salinas) cortan el triásico y cretácico del oeste, controlando la forma de mesetas y valles internos.

El resultado tectónico actual es un relieve de «horst y graben»: un bloque central alto (el Macizo) rodeado de depresiones y valles rellenos con sedimentos cenozoicos. La erosión en el Pleistoceno también es notoria: se han identificado vestigios de glaciaciones alpinas en las cumbres y amplias terrazas fluviales en los valles. En conjunto, la geología estructural de Santander refleja un viejo basamento metamórfico levantado por fallas andinas y esculpido por la erosión reciente, dando al departamento su relieve abrupto y montaña escarpada característica.

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. MORFOGÉNESIS

El relieve del sector África se ha desarrollado sobre una ladera de origen coluvial-aluvial. La morfogénesis está controlada por la acumulación sucesiva de materiales transportados por gravedad y escorrentía, que generaron una combinación de material de diferentes tamaños de suelos coluviales antiguos en las zonas con mayor cobertura vegetal y coluviales recientes en concavidades y depresiones activas.

En la parte central y más consolidada del área de estudio, sobre el cual se levantan las viviendas, domina un sustrato de suelo gravoso, que constituye la base morfogénica de la ladera. Este material grueso, producto de antiguos procesos fluviales y de abanico, ha sido posteriormente modificado por meteorización y por aportes coluviales desde los bordes superiores.

La evolución de la pendiente muestra un modelado controlado por procesos de remoción lateral, que han ido suavizando la ladera y generando ligeras depresiones donde se acumulan coluviones recientes. La presencia de senderos, construcciones y canalización de aguas lluvias ha modificado parcialmente la geometría original de la ladera.

5.2. MORFOMETRÍA

El análisis morfométrico en este estudio AVR busca comprender cómo la forma del relieve condiciona. Este enfoque se basa en el uso de tres parámetros ampliamente aceptados en geomorfometría: la pendiente, la rugosidad y la curvatura del terreno, que según Wood (1996) y Pike et al. (2009), describen de manera efectiva cómo se organiza el terreno y cómo se distribuyen los procesos superficiales.

5.2.1. PENDIENTES

El terreno del sector África presenta una morfología predominantemente inclinada a moderadamente abrupta, con pendientes que oscilan entre 8° y 35°, lo cual coincide con la disposición de la ladera hacia la vía principal. Las zonas más estables corresponden a pequeñas áreas suavemente inclinadas,

ubicadas en el extremo nororiental y en algunos rellenos generados por intervenciones antrópicas dentro del sector.

Los sectores con pendientes moderadamente abruptas entre 8° y16°, se distribuyen de manera continua en el centro del sector, donde se desarrollan la mayoría de las viviendas. Este patrón refleja un modelado natural suavizado por acumulación coluvial y por nivelaciones realizadas para la construcción. Las áreas con pendientes abruptas entre 16° y 35° se concentran en los bordes de la ladera, especialmente hacia la parte sur y suroccidental, donde se identifican pequeños taludes. Estas zonas muestran mayor susceptibilidad a procesos de erosión y pequeños deslizamientos superficiales.

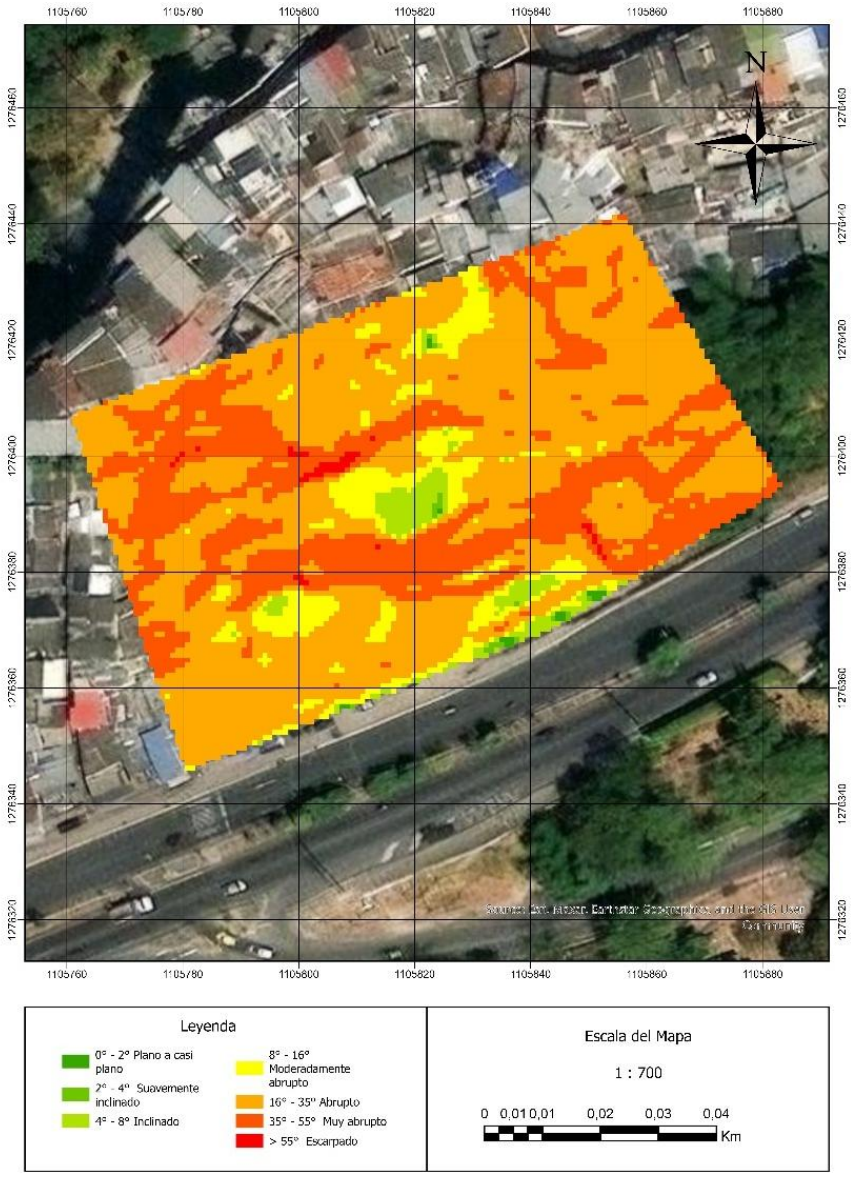


Ilustración 12 Mapa de Pendientes, sector África

5.2.2. CURVATURA

La curvatura del terreno en el sector África muestra un relieve dominado por superficies planas a semiplanas, que corresponden a la mayor parte del área central y coinciden con las zonas donde se han realizado nivelaciones y adaptaciones para la construcción de viviendas. Las zonas con laderas semiplanas indican un modelado relativamente suavizado sobre los materiales coluviales y el suelo gravoso subyacente.

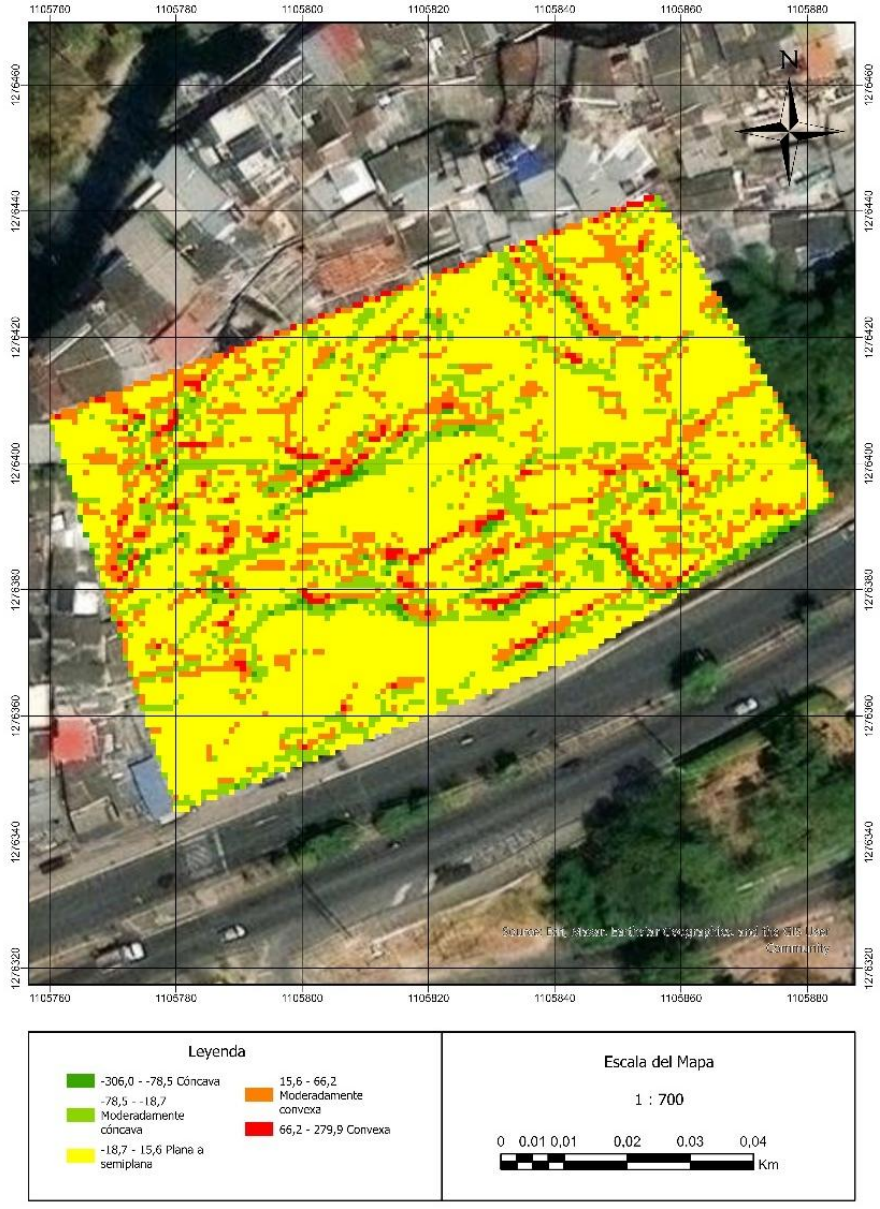


Ilustración 13. Mapa de curvatura del terreno, sector África

Hacia los bordes sur, suroccidente y algunos puntos del límite noroccidental aparecen sectores moderadamente convexos, asociados a pequeños lomos y resaltes formados por acumulaciones coluviales que favorecen el drenaje superficial.

Los sectores del área con superficies cóncavas y moderadamente cóncavas se distribuyen en pequeñas depresiones que atraviesan la ladera. Estos sectores representan áreas donde se concentra el flujo superficial, acumulando humedad y favoreciendo procesos de remoción de materiales finos, especialmente dentro de los coluviones recientes.

5.2.3. RUGOSIDAD

La rugosidad del terreno en el sector África muestra un patrón variado, con dominios de rugosidad baja a media en la mayor parte de la superficie central, donde el relieve es más continuo y suavizado por acumulación coluvial y construcciones antrópicas. Estos valores reflejan formas poco contrastadas, pendientes moderadas y ausencia de cambios bruscos en la topografía superficial.

Los niveles de rugosidad media a alta se concentran en franjas alargadas que atraviesan el área de estudio de norte a sur y de noreste a suroeste. Estas zonas coinciden con pequeños taludes, lomos erosivos y pequeños drenajes superficiales. Allí, la topografía presenta mayor variabilidad en distancias cortas, lo que indica una superficie más disectada y susceptible al desprendimiento de materiales

Las áreas con rugosidad muy alta aparecen sobre sectores puntuales del borde occidental y en el límite central, donde se combinan pendientes abruptas con irregularidades generadas por erosión, escorrentía concentrada y cortes para viviendas.

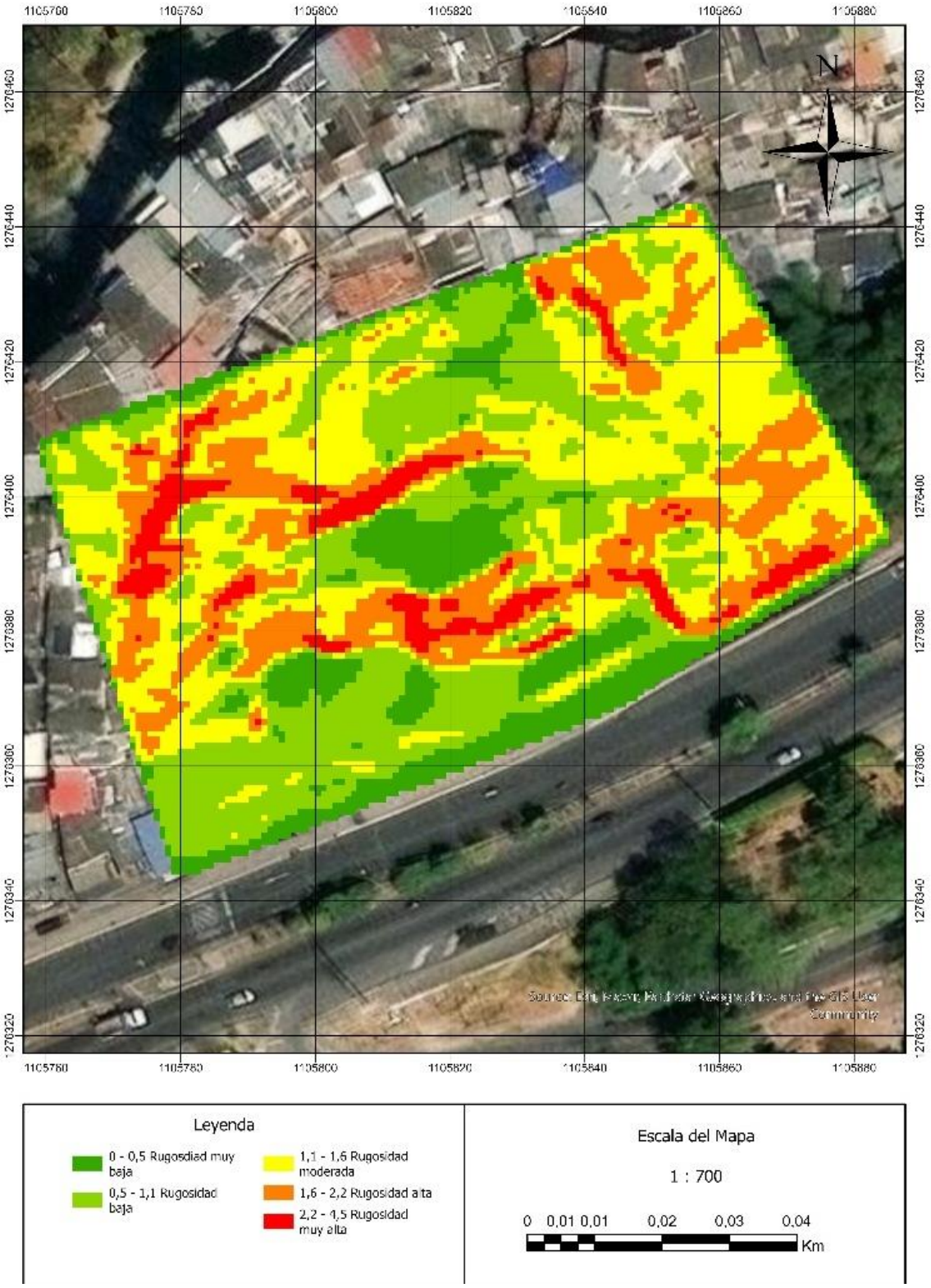


Ilustración 14. Mapa de curvatura del terreno, sector África

5.3. MORFODINÁMICA

La morfodinámica del sector África está controlada por la interacción entre una ladera coluvial activa, la presencia de pendientes moderadas a abruptas y la intervención antrópica. Los coluviones recientes ubicados en las zonas cóncavas y depresiones muestran los procesos más activos, con evidencias de erosión superficial, lavado de finos y pequeños movimientos de remoción que se reactivan durante las lluvias. Su estructura suelta y la concentración de escorrentía aumentan la susceptibilidad a deslizamientos superficiales. En contraste, los coluviones antiguos, presentan una dinámica más estable, aunque los cortes para senderos y la eliminación de la cobertura vegetal generan zonas localizadas de inestabilidad y exposición de taludes. En el sector central, la morfodinámica está dominada por modificaciones antrópicas, como nivelaciones, rellenos, cortes verticales y canalizaciones.

5.4. ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS

Los elementos geomorfológicos constituyen la unidad básica de análisis, ya que permiten reconocer con precisión las formas del terreno, sus variaciones morfométricas y los microrelieves asociados a condiciones litológicas y procesos locales. La clasificación y descripción de estos elementos se realiza siguiendo los lineamientos de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia (Carvajal, 2011), con el fin de caracterizar cada geoforma según su origen, configuración, dimensiones y dinámica actual.

En el sector África las geoformas denudacionales se encuentran mediante laderas abruptas, muy abruptas y fuertemente disectadas, conformando un relieve inestable donde predominan pendientes pronunciadas. Estos elementos reflejan un modelado continuo por remoción superficial y retrabajo coluvial, generando superficies irregulares con susceptibilidad a erosión y deslizamientos superficiales, especialmente en sectores donde se combinan pendientes altas y materiales sueltos.

5.4.1. GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

LADERA DENUDACIONAL ABRUPTA (Dlda)

Se localiza hacia el borde oriental del sector África, donde la ladera conserva su forma natural, pero presenta pendientes pronunciadas entre 16° y 35°, con microtaludes y superficies convexas. Este elemento refleja un modelado por remoción superficial y retroceso de la ladera. Los suelos coluviales antiguos expuestos mantienen susceptibilidad a pequeños deslizamientos superficiales durante periodos de lluvia.

LADERA DENUDACIONAL MUY DISECTADA (Dldm)

Ubicada en el centro y suroccidente del sector, donde el relieve presenta alta rugosidad, alternancia de crestas y canales estrechos. La disección se relaciona con la escorrentía concentrada que atraviesa el barrio y con el retrabajo constante del material coluvial. Las pendientes moderadas a abruptas y la presencia de zonas cóncavas favorecen el encauzamiento de flujos y el desarrollo de cárcavas incipientes. Es un elemento dinámico y clave en la distribución de materiales dentro de la ladera.



Ilustración 15. Ladera denudacional muy disectada, sector África

LADERA DENUDACIONAL MUY ABRUPTA (Dldmi)

Caracteriza el borde sur de la zona de estudio, donde se combinan pendientes muy pronunciadas mayores a 35°, cortes expuestos y alta variabilidad topográfica. Se observan discontinuidades superficiales que favorecen el movimiento descendente de bloques y sedimentos finos. La interacción entre coluviones recientes y antiguos, sumada a intervenciones antrópicas cercanas, puede generar condiciones de inestabilidad.

5.4.2. GEOFORMAS DE ORIGEN ANTRÓPICO

LADERA ABRUPTA ANTRÓPICA DE EXPLANACIÓN (Alde)

Corresponde a los taludes modificados artificialmente para habilitar plataformas de vivienda. Presentan pendientes abruptas, cortes casi verticales y superficies irregulares producto de excavaciones puntuales y rellenos locales. La dinámica está dominada por erosión superficial, socavación por escorrentía y desprendimientos menores debido a la falta de contención y a la exposición directa del suelo gravoso y coluvial.

CÓDIGO EGMF	ELEMENTO GEOMORFOLÓGICO	ÁREA HECTÁREAS
Alde	Ladera abrupta antrópica de explanación	0,476
Dlda	Ladera denudacional abrupta	0,08
Dldmi	Ladera denudacional muy disectada	0,05
Dldma	Ladera denudacional muy abrupta	0,07

Tabla 5. Clasificación de elementos geomorfológicos sector África

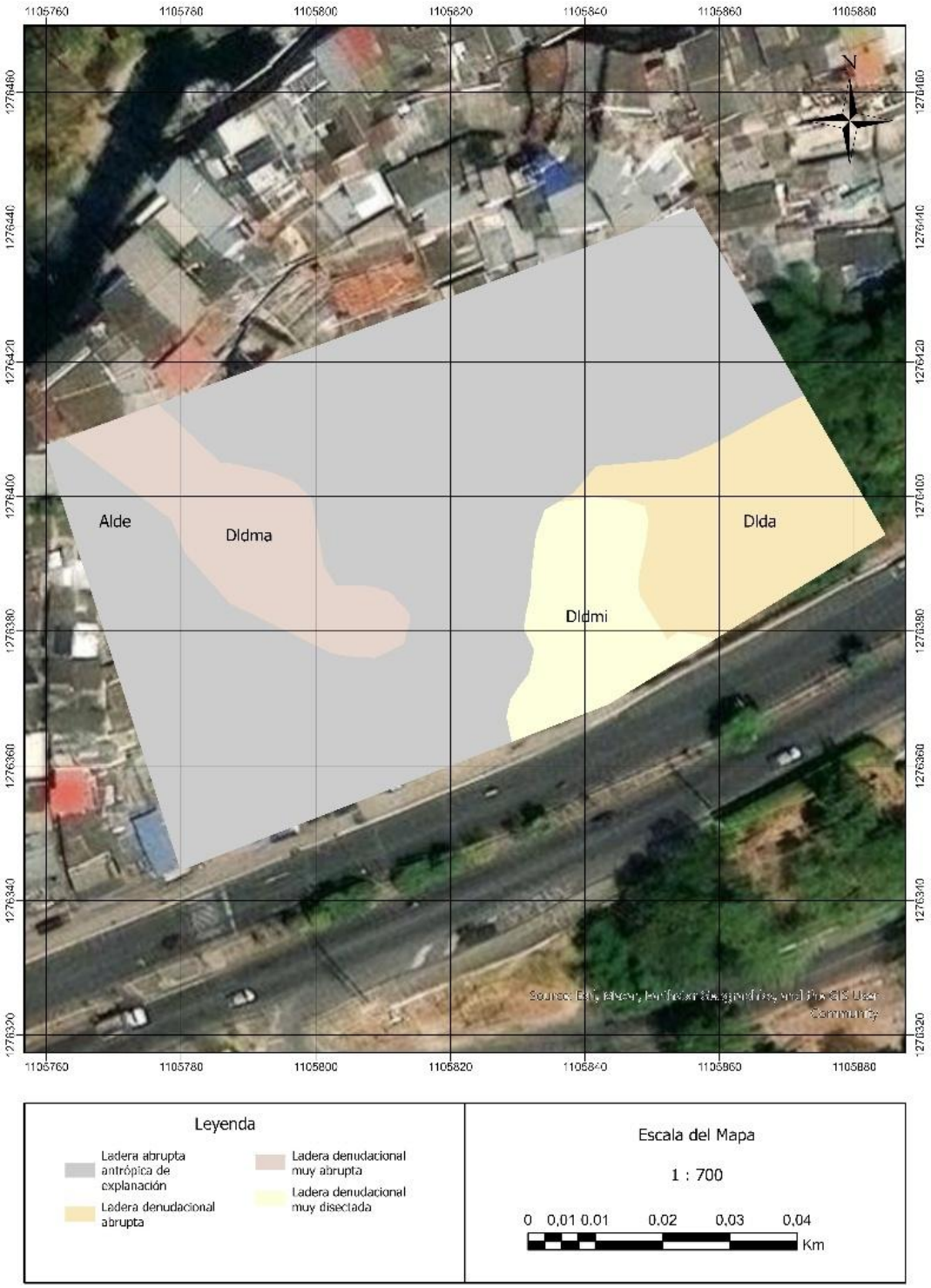


Ilustración 16. Mapa de elementos geomorfológicos, sector África

6. COBERTURA DEL SUELO

El análisis de coberturas del suelo permite identificar los tipos de uso y vegetación presentes en cada sector, así como su relación con la dinámica del terreno y las condiciones de estabilidad local. Estas coberturas reflejan el grado de intervención antrópica, la continuidad de la vegetación y la capacidad del terreno frente a la erosión y la escorrentía superficial.

6.1. TEJIDO URBANO CONTINUO (Tuc)

Corresponde a la zona totalmente ocupada por viviendas, construidas de manera contigua y con muy poca área libre entre estructuras. Incluye estrechos y superficies pavimentadas o con suelo compactado. Presenta una mínima presencia de vegetación y alto nivel de impermeabilización del terreno.



Ilustración 17. Cobertura del suelo asociada a tejido urbano continuo en el sector de África

6.2. VEGETACIÓN SECUNDARIA ABIERTA (Vsa)

Es una cobertura conformada por pastos altos y arbustos dispersos que dejan ver el suelo entre la vegetación. Refleja zonas en transición, con intervención antrópica moderada. Actúa como cobertura ligera que reduce parcialmente la erosión.

6.3. VEGETACIÓN SECUNDARIA DENSA (Vsd)

Corresponde a una cobertura vegetal compacta, con abundancia de arbustos altos, hierbas robustas y pequeños árboles que generan sombra y cubren el suelo casi por completo. Se observa principalmente en áreas menos intervenidas dentro del sector, favoreciendo la retención de humedad superficial.



Ilustración 18. Cobertura del suelo asociada a vegetación secundaria densa, sector África

6.4. TIERRAS DESNUDAS Y DEGRADADAS (Tdd)

En el sector se relaciona con superficies donde el suelo se encuentra expuesto o con mínima cobertura vegetal, cerca de la vía principal en el área de estudio, producto de pequeñas explanaciones, acumulación de residuos. Presentan coloraciones texturas irregulares y trazas de erosión superficial. Estas áreas tienen mayor susceptibilidad a procesos de escorrentía, pérdida de suelo y deslizamientos superficiales por la ausencia de protección vegetal.



Ilustración 19. Cobertura asociada zonas sin ningún tipo de cobertura, sector África

CÓDIGO COBERTURA	COBERTURA DEL SUELO	ÁREA HECTÁREAS
Tuc	Tejido urbano continuo	0,48
Vsa	Vegetación secundaria abierta	0,11
Vsd	Vegetación secundaria densa	0,07
Tdd	Tierras desnudas y degradadas	0,02

Tabla 6. Clasificación de las coberturas de la tierra, sector África



Ilustración 20. Mapa de cobertura del suelo, sector África

7. EVALUACION HIDROLOGÍCA - SECTOR ÁFRICA

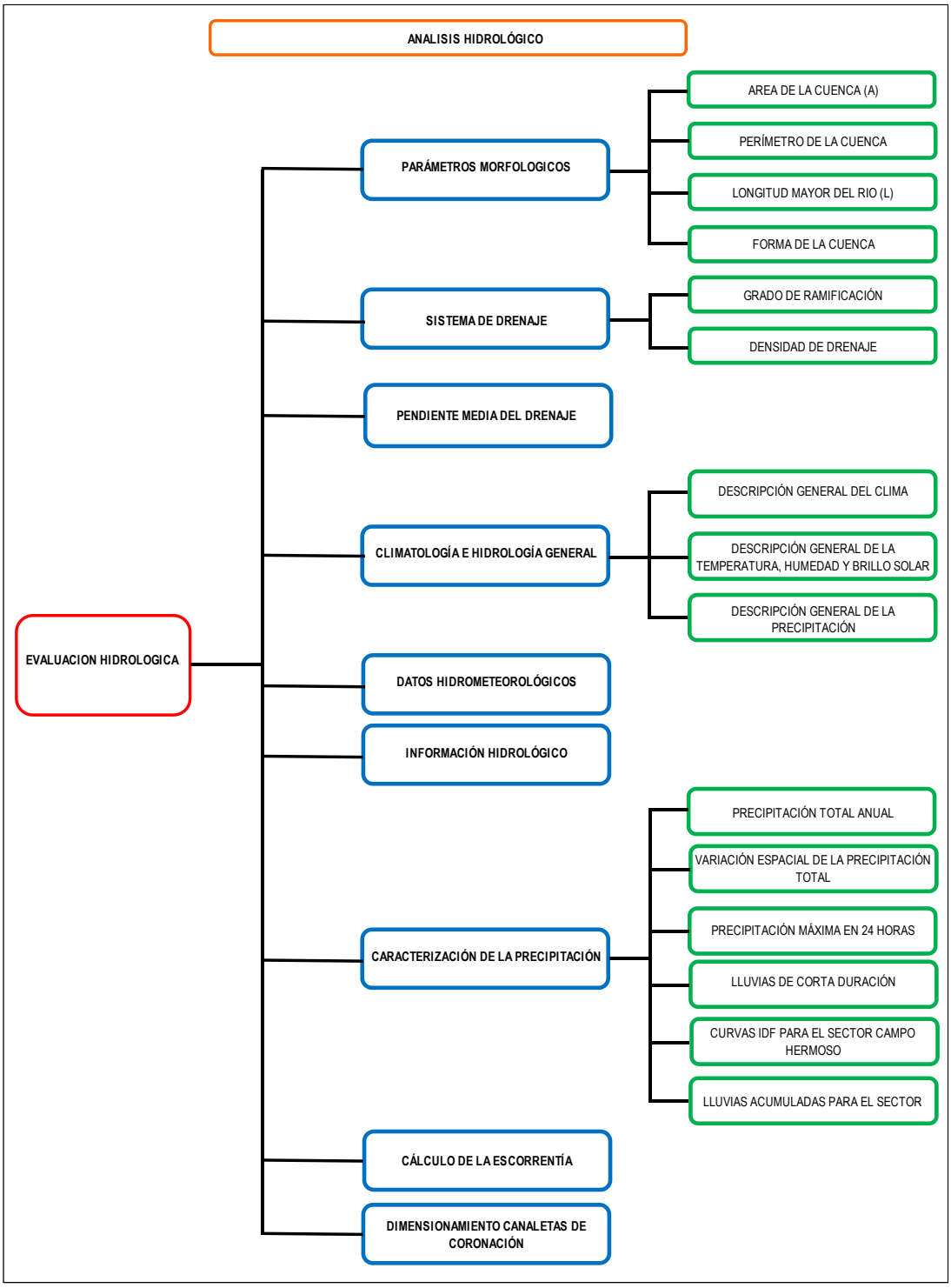


Tabla 7. Contenido Hidrología



Ilustración 21 Delimitación de la quebrada ID250261 influencia del sector África



Ilustración 22 Ubicación Área de Estudio respecto a la Quebrada ID2502601 – Sector África

El lugar de estudio hace parte de la cuenca de la quebrada ID2502601, la cual se encuentra al occidente, y se comunica al sector por un área de drenaje desde el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER y por el cual corren aguas de escorrentía.

7.1. PARAMETROS MORFOLOGICOS

El relieve del ámbito de las cuencas en estudio es típicamente montañoso y propia de la zona fisiográficamente del paisaje es ondulado a plano, con relación al a vegetación, la zona tiene una densa cobertura de plantas a lo largo de la orilla de la quebrada compuesta por especies autóctonas de zonas tropicales. En este aspecto, se elaboró un marco teórico y el cálculo de los principales parámetros geomorfológicos en el área del proyecto de la microcuenca relacionado a su capacidad de respuesta a la precipitación en forma de escorrentía, estos parámetros incluyen área, perímetro, longitud del cauce principal, ancho promedio, coeficiente de compacidad, factor de forma, grado de ramificación, densidad de drenaje y pendiente Media.

7.1.1. AREA DE LA CUENCA (A)

La superficie de la cuenca delimitada por el divisor topográfico corresponde a la superficie de la misma proyectada en un plano horizontal, y su tamaño influye en forma directa sobre las características de los escurrimientos fluviales y sobre la amplitud de las fluctuaciones.

7.1.2. PERÍMETRO DE LA CUENCA

El perímetro de la cuenca está definido por la longitud de la línea de división de aguas (Divortium Aquarium).

7.1.3. LONGITUD MAYOR DEL RIO (L)

Recibe este nombre, el mayor cauce longitudinal que tiene una cuenca determinada, es decir, el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo de interés, que puede ser una desembocadura.

7.1.4. FORMA DE LA CUENCA

Es la que determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal o cursos principales, y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que se presentan en la cuenca. Es expresada por parámetros, tales como el Ancho Promedio, Coeficiente de Compacidad y el Factor de forma.

ANCHO PROMEDIO

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud mayor del curso del río, la expresión es la siguiente:

PARÁMETROS FORMA DE LA CUENCA			
ANCHO PROMEDIO			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**FORMULA**
ANCHO PROMEDIO DE LA CUENCA	KM	Ap	$Ap = A/L$
AREA DE LA CUENCA	KM^2	A	
LONGITUD MAYOR CAUCE DEL AFLUENTE	KM	L	

COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)

O índice de Gravelius, constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área - igual a la de un círculo - es equivalente al área de la cuenca en estudio. Su fórmula es la siguiente:

PARÁMETROS FORMA DE LA CUENCA			
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
COEFICIENTE DE COMPACIDAD	KM/KM^2	Kc	$Kc = \frac{P}{2\sqrt{P * A}}$ ó $kc = 0.28\sqrt{\frac{P}{A}}$
PERÍMETRO DE LA CUENCA	KM	P	
ÁREA DE LA CUENCA	KM^2	A	

Una cuenca se aproximará a una forma circular cuando el valor Kc se acerque a la unidad, Cuando se aleja de la unidad, presente una relación irregular con relación al círculo. Si este coeficiente fuera igual a la unidad, significa que habrá mayores oportunidades decrecientes debido a que los tiempos de Concentración, Tc (duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de aquella llegue a la salida o desembocadura), de los diferentes puntos de la cuenca serían iguales. De igual modo, cuanto mayor sea el valor de Kc, también será mayor el tiempo de concentración de las aguas y. por tanto, estará menos propensa a una inundación. Generalmente en cuencas muy alargadas el valor de Kc, es mayor que 2. Un valor de Kc, menor que 1 nos indica una cuenca de forma circular, siguiendo el desarrollo de su curso principal, debiendo estar más expuesta a las crecientes que una cuenca de forma redondeada.

FACTOR DE FORMA (Ft)

Es otro índice numérico con el que se puede expresar la forma y la mayor o menor tendencia a crecientes de una cuenca. Es la relación entre el ancho promedio de la cuenca (Ap) y la longitud del curso de agua más largo (L).

La expresión es la siguiente:

PARÁMETROS FORMA DE LA CUENCA			
FACTOR DE FORMA (Ft)			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
FACTOR DE FORMA		Ft	$Ft = \frac{Ap}{L}$
AREA DE LA CUENCA	KM^2	A	
LONGITUD DEL CURSO MÁS LARGO	KM	L	

Una cuenca con Factor de Forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño, pero con un Factor de Forma mayor. Este valor es adimensional.

7.2. SISTEMA DE DRENAJE

El sistema de drenaje de una cuenca está conformado por un curso de agua principal y sus tributarios: observándose por lo general, que cuanto más largo sea el curso de agua principal, más llena de

bifurcaciones será la red de drenaje. Con la finalidad de determinar las características de dicha red, se definen los siguientes índices:

GRADO DE RAMIFICACIÓN

Para definir el grado de ramificación de un curso de agua principal (Según Horton), se ha considerado el número de bifurcaciones que presentan sus tributarios, asignándole un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde el curso principal hasta el encuentro con la divisoria de la cuenca.

DENSIDAD DEL DRENAJE

Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (Li) y el área total de la misma (A). Valores altos de densidad refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación, es decir que las precipitaciones influirán inmediatamente sobre las descargas de los ríos (Tiempos de Concentración cortos). Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. Una baja densidad de drenaje es favorecida en regiones donde el material del subsuelo es altamente resistente bajo una cubierta de vegetación muy densa y de relieve plano. La densidad de drenaje tiende a uno en ciertas regiones desérticas de topografía plana y terrenos arenosos, y a un valor alto en regiones húmedas, montañosas y de terrenos impermeables. Esta última situación es la más favorable, pues si una cuenca posee una red de drenaje bien desarrollada, la extensión media de los terrenos a través de los cuales se produce el escurrimiento superficial es corto y el tiempo en alcanzar los cursos de agua también será corto; por consiguiente, la intensidad de las precipitaciones influirá inmediatamente sobre el volumen de las descargas de los ríos. La expresión es la siguiente:

SISTEMA DE DRENAJE			
DENSIDAD DE DRENAJE			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
DENSIDAD DE DRENAJE	KM/KM^2	Dd	$Dd = \frac{Li}{A}$
LONGITUD TOTAL DE LOS CURSOS DE AGUA	KM	Li	
AREA DE LA CUENCA	KM^2	A	

Monsalve, refiere que Dd usualmente toma los siguientes valores:

Entre 0.5 Km/Km2 para hoyas con drenaje pobre. Hasta 3.5 Km/Km2 para hoyas excepcionalmente bien drenadas.

7.3. PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales escurre con una velocidad que depende directamente de la declividad de éstos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente Media del río es un parámetro empleado para determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos. Se determina mediante la siguiente expresión:

PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE		
DESCRIPCIÓN	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
PENDIENTE MEDIA DEL RIO	Ic	$Ic = \frac{HM - Hm}{1000 * L}$
LONGITUD DEL RIO	L	
ALTITUD MÁXIMA Y MÍNIMA DEL LECHO DEL RIO, REFERIDAS AL NIVEL MEDIO DE LAS AGUAS DEL MAR	HM y Hm	

SECTOR ÁFRIFA - QUEBRADA ID2502601		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDIDA
PERÍMETRO	M	908
ÁREA	M^2	23134
LONGITUD	M	437

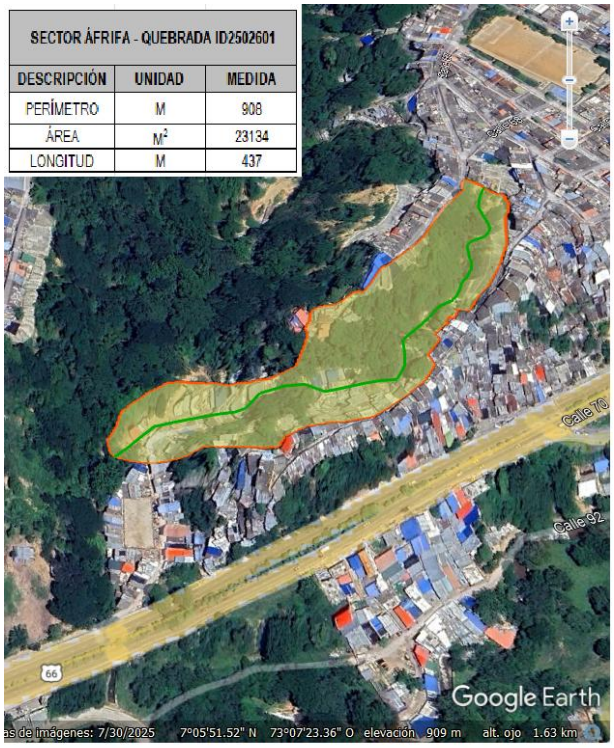




Ilustración 23 Microcuenca ID2502601

CONSORCIO CONSULTORIA GEOTECNIA	DATOS	UNIDAD	PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA QUEBRADA ID2502601
AREA		Km²	0,02
COTA SUP.		msnm	912
COTA INF.		msnm	838
LOG. CAUCE		km	0,44
PERIMETRO		km	0,91
ANCHO PROMEDIO		km	0,045
COEF. COMPACIDAD		km/km²	1,888703259
FACTOR DE FORMA			0,103305785
DENSIDAD DE DRENAJE		km/km²	22
PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE		%	16,81818182
PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE		m/Km	168,1818182
PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE		m/m	0,168181818

Tabla 8. Parámetros morfológicos de la microcuenca

7.4. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

7.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CLIMA

Para la identificación del clima, se utilizan los parámetros presentados por el IDEAM para la ciudad de Bucaramanga a nivel mensual y se aplican al sector desde el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER como se muestra en la siguiente tabla. (FUENTE: IDEAM).

MEDIOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECIPITACION	52.40	70.80	131.90	152.90	123.50	89.00	84.40	91.80	92.60	157.00	110.90	57.90
No. DE DIAS	8.00	9.00	14.00	18.00	19.00	17.00	18.00	20.00	18.00	20.00	14.00	9.00
T. MAX. ABS	29.20	30.50	29.60	29.00	29.00	29.20	29.00	30.20	29.40	28.80	29.00	28.40
T. MIN. ABS	15.00	15.40	15.60	16.70	16.60	15.60	14.20	12.40	15.50	13.00	15.80	15.60
T. MAX. MED.	27.30	27.60	27.90	27.50	27.60	27.60	27.60	28.20	28.00	27.60	26.90	26.90
TEMPERATURA	21.10	21.40	21.60	21.40	21.30	21.30	21.30	21.30	21.10	20.60	20.70	20.70
T. MIN. MED.	16.70	16.90	16.90	17.20	17.30	17.00	16.60	16.40	16.50	16.30	17.00	16.80
HUMEDAD	82.00	83.00	84.00	87.00	88.00	87.00	85.00	84.00	86.00	89.00	90.00	88.00
BRILLO	216.40	163.10	149.10	132.70	152.10	142.60	172.20	155.70	153.70	145.40	148.10	188.60
EVAPORACIÓN	135.50	128.70	135.20	117.80	122.50	110.40	124.00	121.80	121.10	115.70	127.70	116.50
NUBOSIDAD	4.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00

Tabla 9. Principales Parámetros meteorológicos promedios mensuales anuales

Además, de la red de estaciones consultada como se observa en la tabla 6 Inventario de estaciones en el área Metropolitana de Bucaramanga, con información hidrometeorológica que fue referida en el estudio regional, de las 20 estaciones seleccionadas pertenecientes a la CDMB y el IDEAM y con las cuales se realizó el respectivo análisis espacial y temporal de la lluvia se destaca cinco estaciones con las cuales se realizó el respectivo análisis espacial y temporal de la lluvia que corresponden a las estaciones de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Aeropuerto Palonegro, CDMB y la Flora, se Destaca la estación CDMB como la más cercana al sector en estudio. En la siguiente tabla se presentan las estaciones IDEAM que se encuentran activas, involucradas en el análisis espacial y temporal de la lluvia, cercanas al TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER.

No.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MUNICIPIO	CORRIENTE	INSTALADA	TIPO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ELEVACIÓN (M.S.N.M)
1	BUCARAMANGA IDEAM	BUCARAMANGA	SURATÁ	1/10/1988	PG	1106527	1278528	1025
2	UIS	BUCARAMANGA	TONA	1/01/1957	CP	1108365	1280375	1018
3	FLORESTA LA	FLORIDABLANCA	Q LA IGLESIA	1/06/1978	PG	1104693	1274837	925
13	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1/01/1979	PG	1105857	1279071	950
14	CLUB CAMPESTRE	FLORIDABLANCA	FRIO	10/01/1982	PG	1106399	12773072	940
17	LA FLORA	BUCARAMANGA	SURATÁ	1/01/1979	PG	1107543	1280894	1100
19	PTAR	GIRÓN	FRIO	8/01/1985	CO	1102856	1272989	758

Tabla 10. Inventario de estaciones IDEAM no suspendidas – Departamento de Santander, de influencia en el sector África.

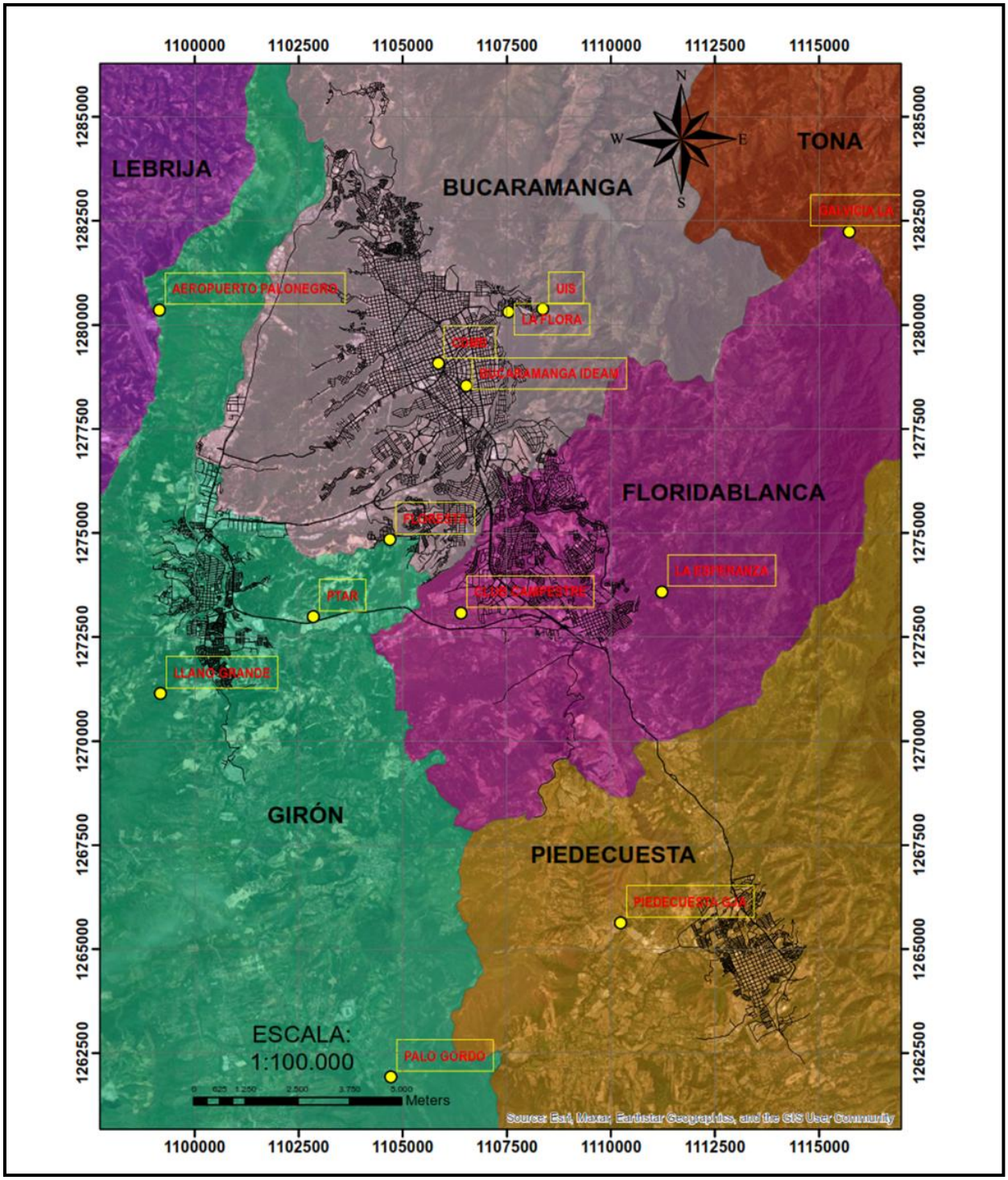


Ilustración 24 Localización estaciones Hidroclimatológicas aferentes al área metropolitana de Bucaramanga

7.4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y BRILLO SOLAR

En lo correspondiente con la temperatura, humedad y brillo solar para la región existen 4 estaciones climatológicas de las cuales tres son las aferentes al área de estudio, estas son: Estación Universidad Industrial de Santander, Estación Llano Grande y Estación Aeropuerto Palonegro.

Para el análisis de variables del clima en el sector, la estación más próxima es la ubicada en la Universidad Industrial de Santander, la cual es operada por el IDEAM y fue instalada en 1957, tomando los datos de los análisis (bases tomadas para este estudio de INGEOMINAS (2008)). Se observan a continuación los histogramas y temperatura, humedad relativa y brillo solar de forma anual multianual y meda, máxima y mínima mensual multianual de las estaciones referidas.

En cuanto a la temperatura se destaca que los meses con menor temperatura promedio son octubre y noviembre y los de mayor temperatura promedio son marzo y abril coincidiendo este período en las tres estaciones de medición que se muestran en la Tabla siguiente, que presenta la relación de temperatura media, máxima y mínima en las estaciones Llano Grande, UIS, Aeropuerto Palonegro. Período (1975 – 2005) tomada de Ingeominas.

ESTACIÓN	ALTURA (MSNM)	TEMPERATURA (°C)		
		MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
LLANO GRANDE	777,00	25,10	27,30	21,60
UIS	1018,00	23,00	24,90	28,80
AEROPUERTO PALO NEGRO	1190,00	21,30	23,20	19,20

Tabla 11. Relación de temperatura del periodo (1975 – 2005)

El comportamiento temporal de la temperatura obtenida de los registros de la estación UIS, se presenta en la Ilustración.

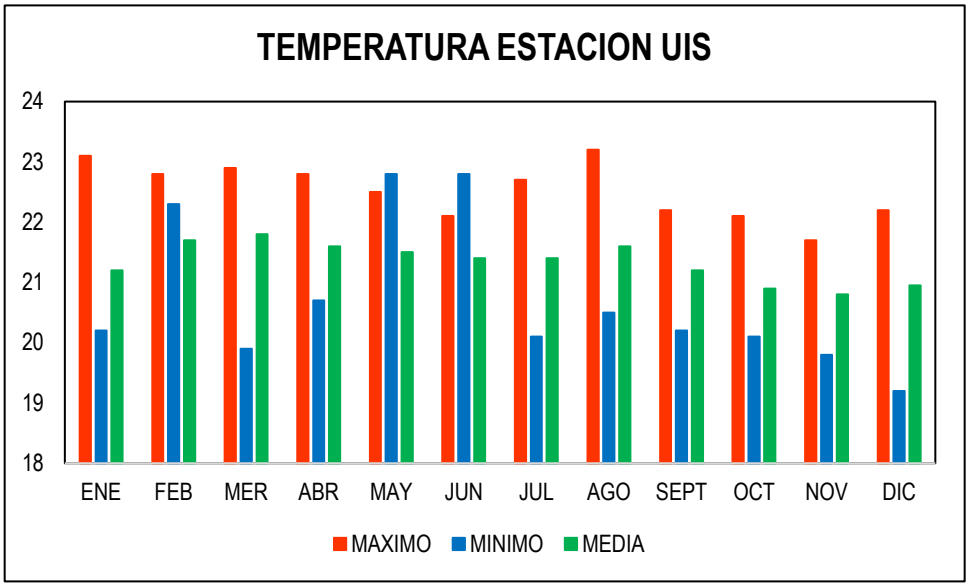


Ilustración 25 Temperatura media mensual multianual estación UIS (1975 – 2005)

En cuanto a la humedad relativa (%) promedio se establece que los valores en la estación Aeropuerto Palonegro (1975-2005) en general son mayores comparadas con la de las estaciones UIS y Llano Grande y que los mayores valores de humedad relativa coinciden con aquellos periodos lluviosos de la zona norte de la ciudad de Bucaramanga, siendo los meses de abril, mayo, octubre y noviembre aquellos con mayor magnitud. Gráficamente el comportamiento temporal de la humedad relativa (%) promedio de la Estación Aeropuerto Palonegro.

Finalmente, en cuanto a brillo solar se refiere, las estaciones con mayor periodo de registros son UIS y Aeropuerto Palonegro aunque se toma esta última como referencia, mostrando los meses con mayor número de horas de brillo solar, los cuales son diciembre y enero en comparación con los meses de abril, mayo y junio donde es menor su número.

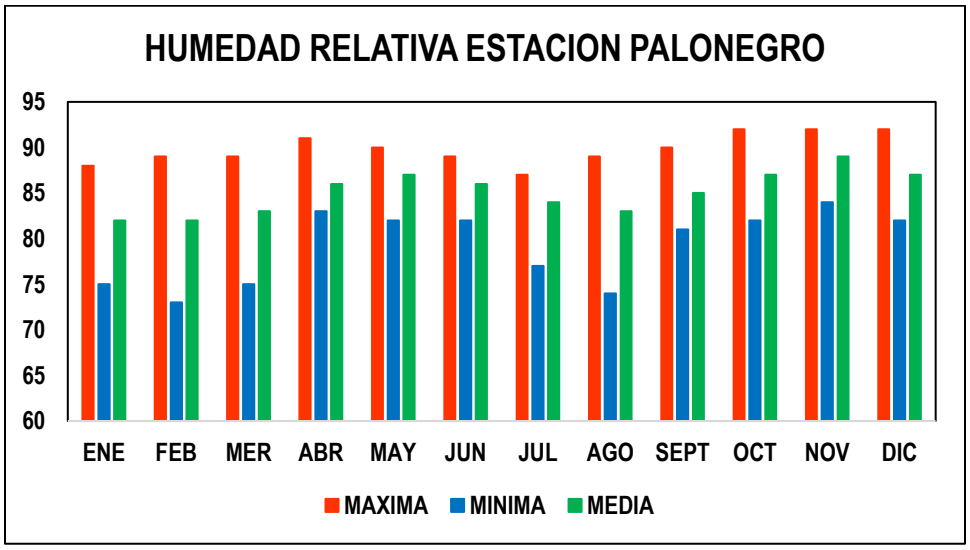


Ilustración 26 Humedad relativa promedio mensual multianual E. Aeropuerto Palonegro

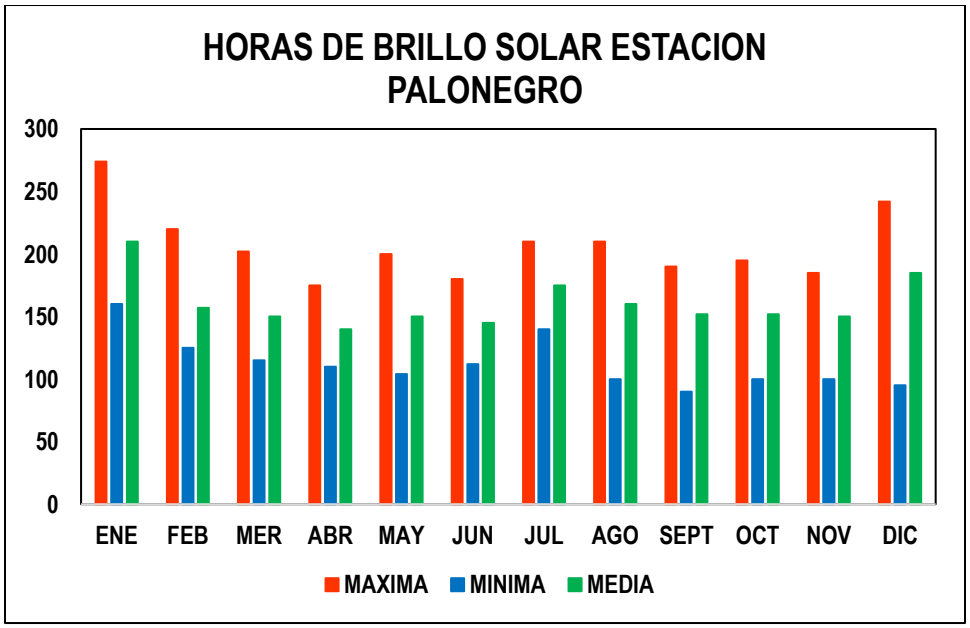


Ilustración 27 Brillo solar mensual multianual estación Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005)

7.4.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRECIPITACIÓN

La precipitación es de gran importancia en los análisis de amenaza que se realizarán en el área de estudio. Además, al ser un análisis detallado, es necesario determinar la incidencia de la precipitación sobre el terreno en términos de escorrentía y establecer las posibles obras requeridas.

Los eventos extremos de precipitación registrados en las estaciones seleccionadas dentro de los estudios de INGEOMINAS 2008 fueron relevantes, toda vez que eventos extremos de lluvia son considerados dentro de los análisis de amenazas como factores detonantes de movimientos en masa, como el acontecido el día 12 de febrero de 2005, con gran afectación en los municipios de Girón y Bucaramanga.

A partir de los datos de precipitación entre los años 1985 y 2005 de las diferentes estaciones seleccionadas, se generaron los histogramas para las estaciones como se presenta en la Ilustración 16 de forma particular para la estación Aeropuerto Palonegro (1975-2005).

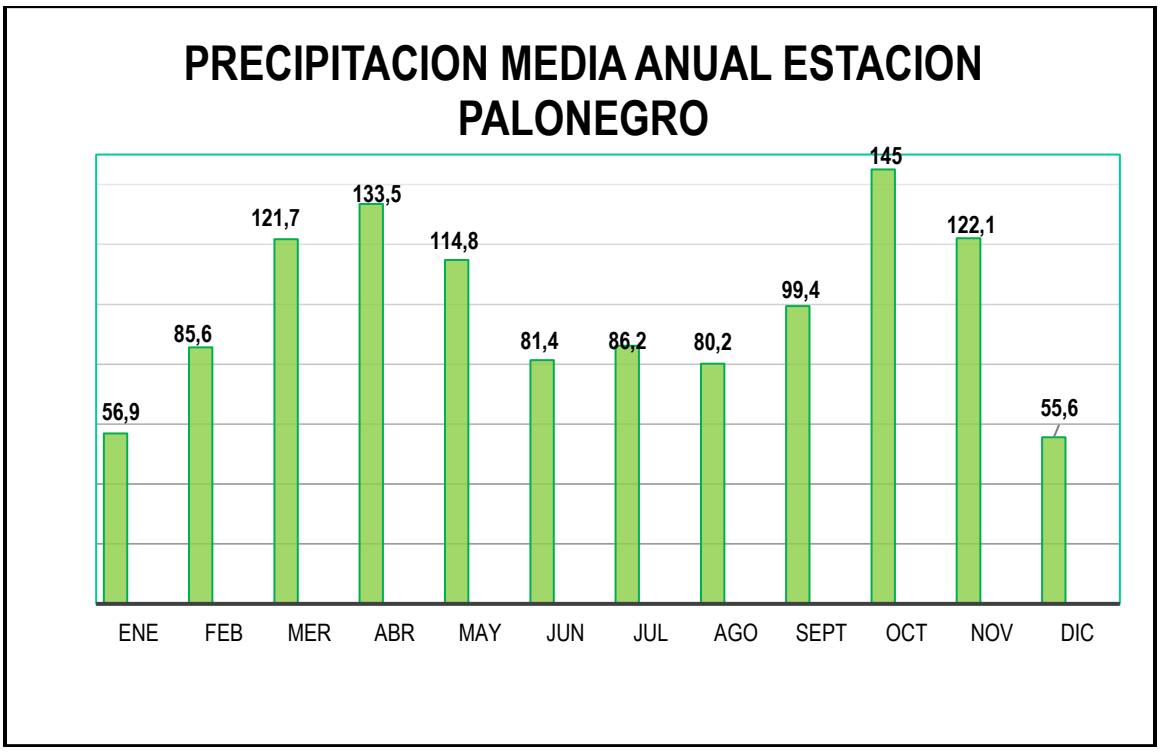


Ilustración 28 Precipitación media mensual multianual Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005)

De la anterior grafica se puede deducir que el régimen de precipitación en la estación es bimodal con picos en los meses de abril y octubre del orden de 130 y 145 mm respectivamente, y dos meses de menor precipitación del orden de los 55 mm en diciembre y enero.

Comparando las precipitaciones anuales registradas en las estaciones seleccionadas dentro del estudio de INGEOMINAS 2008, puede apreciarse la relación entre la magnitud anual y la zona como se ilustra a continuación:

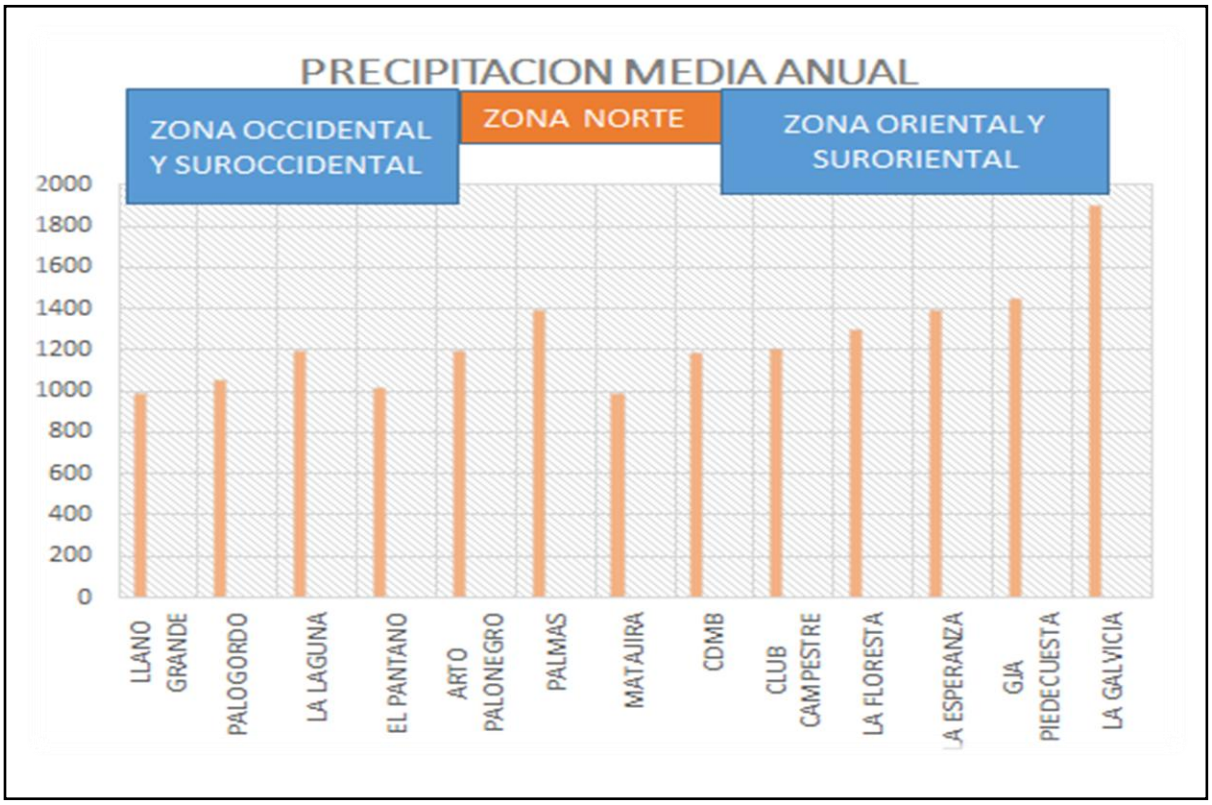


Ilustración 29 Histograma de precipitación media anual multianual estaciones analizadas

A continuación, se presenta el mapa de isoyetas y la distribución de la precipitación anual para la zona Norte de Bucaramanga. (Fuente: INGEOMINAS 2008)

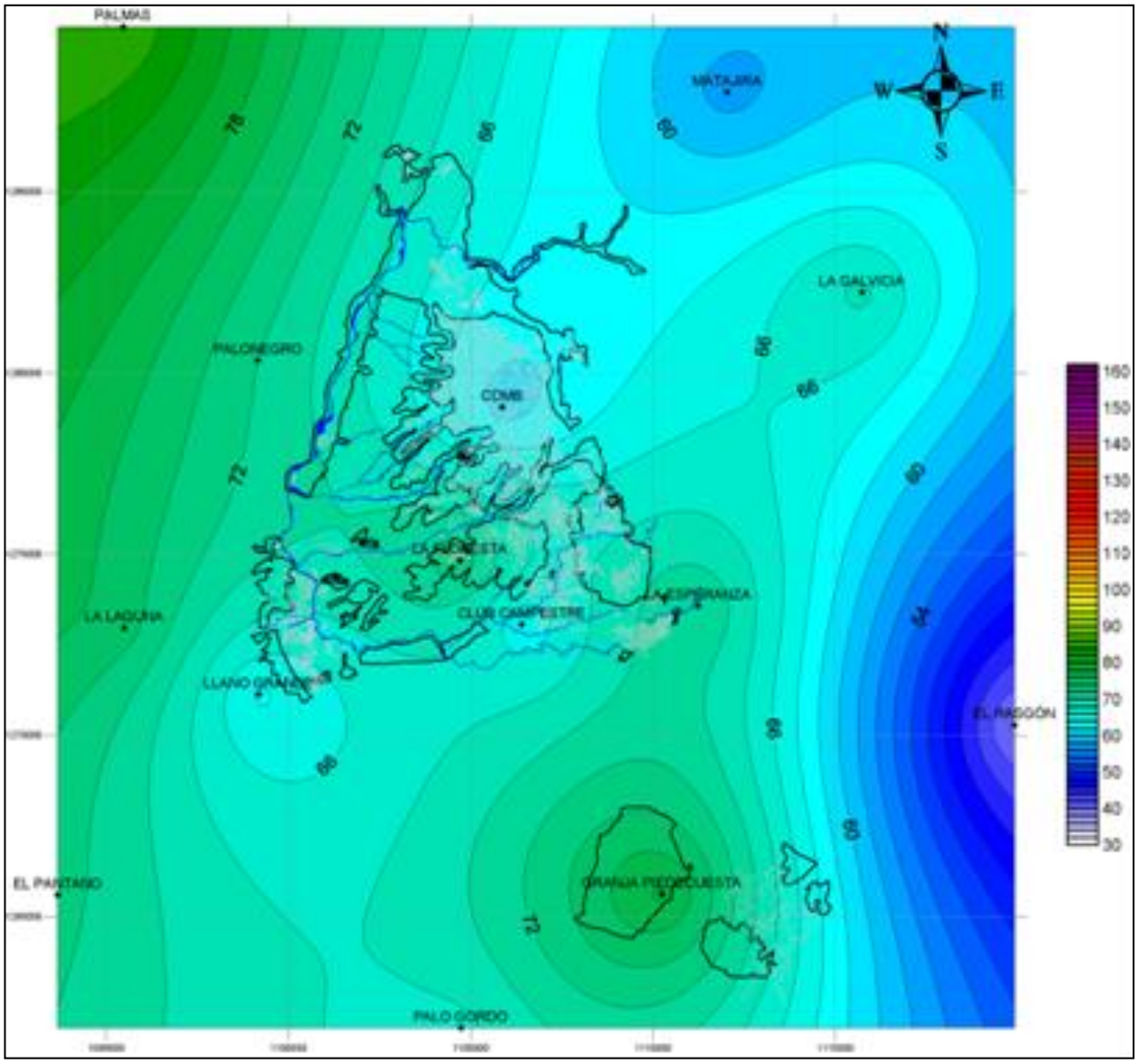


Ilustración 30 Isoyetas período retorno 2 años.

7.5. DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Antes de adquirir los datos hidrometeorológicos de la zona de estudio, se realizó un análisis cualitativo indicativo de la calidad de los registros, encontrándose que la periferia al área metropolitana es de

menor cubrimiento espacial, mientras que en las proximidades a las cabeceras municipales mejora la calidad de registro.

Seguidamente se elaboró el inventario de información oficial existente con base en el catálogo de estaciones WEB del IDEAM. Se observaron principalmente las estaciones con registros climatológicos (CO, CP y SP), de tipo Pluviométrico (PM) y Pluviográfico (PG), por ser ésta la información de mayor relevancia para el estudio.

Las estaciones fueron seleccionadas bajo criterio e interés particular requerido para este estudio hidrológico. La información obtenida de las estaciones no solo permitirá la actualización de la información para observar el contexto hidrológico del territorio y observar el comportamiento temporal de la precipitación, sino que también permitirá tener fundamentos sólidos para afirmar o concluir posibles relaciones sobre la ocurrencia de lluvias y deslizamientos.

7.6. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Los estudios técnicos elaborados en el área de estudio proporcionan suficiente información técnica.

El Área Metropolitana de Bucaramanga se destaca desde el punto de vista de monitoreo hidrológico porque cuenta con un considerable número de estaciones hidrometeorológicas, en gran medida justificadas por ser esta zona de alta importancia como eje central del desarrollo de la región y por otra parte, por la necesidad de monitoreo de los fenómenos erosivos y de remoción en masa que se presentan, comparada con otras regiones del país.

No obstante, el reconocimiento de las potencialidades del territorio y su red de monitoreo, de esa extensa red conformada según el IDEAM por 69 estaciones en los municipios de Bucaramanga, Lebrija, Girón, Piedecuesta, Floridablanca, Tona, Rionegro y Matanza, solo 32 se encuentran a la fecha activas, conforme a la siguiente tabla:

No.	CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO	CORRIENTE	INTALADA
1	2319503	APTO GOMEZ NIÑO	SINOPTICA SUPLEMENTARIA	BUCARAMANGA	DE ORO	1/06/1940
2	2319083	BUCARAMANGA IDEAM	PLUVIOGRAFICA	BUCARAMANGA	SURATA	1/10/1966
3	2319080	HMAT R.11	PLUVIOGRAFICA	BUCARAMANGA	DE ORO	1/06/1984
4	2319504	UIS	CLIMATOLOGÍA PRINCIPAL	BUCARAMANGA	TONA	1/01/1957
5	2319505	VIVERO CHIMITA	CLIMATOLOGÍA PRINCIPAL	BUCARAMANGA	SURATA	1/08/1968
6	2319746	ESPERANZA LA	LIMNIMETRICA	FLORIDABLANCA	FRIO	1/01/1977
7	2319059	FLORESTA LA	PLUVIOGRAFICA	FLORIDABLANCA	Q DE LA IGLESIA	1/06/1978
8	2319040	GALVICIA LA	PLUVIOMETRICA	FLORIDABLANCA	TONA	1/01/1968
9	2319743	CONQUISTADOR EL	LIMNIMETRICA	PIEDECUESTA	DE ORO	1/07/1978
10	2319070	PIEDECUESTA GJA	PLUVIOGRAFICA	PIEDECUESTA	LATO	1/07/1970
11	2319701	PRIMAVERA	LIMNIMETRICA	PIEDECUESTA	MANCO	1/07/1978
12	2319740	ANGOSTURAS	LIMNIMETRICA	LEBRIJA	LEBRIJA	1/08/1972
13	2319513	APTO PALONEGRO	SINOPTICA PRINCIPAL	LEBRIJA	DE ORO	1/08/1974
14	2319026	LAGUNA LA	PLUVIOMETRICA	LEBRIJA	Q LA ANGULA	1/05/1967
15	2319044	NARANJO EL	PLUVIOMETRICA	LEBRIJA	Q SAN BENITO	1/04/1971
16	2319038	PALMAS	PLUVIOMETRICA	LEBRIJA	Q HONDA	1/11/1967
17	3701502	BERLIN	CLIMATOLOGIA ORDINARIA	TONA	JORDAN	1/05/1968
18	3701701	BERLIN	LIMNIMETRICA	TONA	JORDAN	1/05/1972
19	2319030	PICACHO EL	PLUVIOMETRICA	TONA	TONA	1/07/1967
20	2319013	TONA	PLUVIOMETRICA	TONA	TONA	1/06/1958
21	2319729	CAFÉ MADRID	LIMNIMETRICA	GIRON	LEBRIJA	1/12/1968
22	2319511	LLANO GRANDE	CLIMATOLOGIA ORDINARIA	GIRON	DE ORO	1/07/1971
23	2319028	PALO GORDO	PLUVIOMETRICA	GIRON	DE ORO	1/06/1967
24	2319060	PANTANO EL	PLUVIOMETRICA	GIRON	Q LA ANGULA	1/11/1967
25	2406007	PARROQUIA LA	PLUVIOMETRICA	GIRON	Q AGUA BLANCA	1/09/1959
26	2406503	TRIGUEROS HDA	CLIMATOLOGÍA PRINCIPAL	GIRON	SOGAMOSO	1/03/1996
27	2319730	VAHONDO	LIMNIMETRICA	GIRON	DE ORO	1/12/1969
28	2319034	MATAJIRA	PLUVIOMETRICA	MATANZA	SURATA	1/10/1967
29	2319035	LLANO DE PALMAS	PLUVIOMETRICA	RIO NEGRO	Q HONDA	1/11/1967
30	2319046	PAPAYAL	PLUVIOMETRICA	RIO NEGRO	LEBRIJA	1/05/1971
31	2319036	PORTACHUELO	PLUVIOMETRICA	RIO NEGRO	NEGRO	1/10/1967
32	2319713	PTE SARDINAS	LIMNIGRAFICA	RIO NEGRO	SANTA CRUZ	1/10/1967

Tabla 12. Inventario de estaciones en el Área Metropolitana de Bucaramanga

De estas 32 estaciones fueron seleccionadas para los análisis hidrológicos, 20 estaciones conforme los resultados de lo observado sobre su tipo, confiabilidad, completitud de registros y consistencia de los mismos; dicho listado se presenta en la tabla:

No.	ENTIDAD	ESTACIÓN	MUNICIPIO	CORRIENTE	INSTALADA	TIPO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ELEVACIÓN (M.S.N.M)
1	IDEAM	BUCARAMANGA IDEAM	BUCARAMANGA	SURATA	1/10/1996	PG	1106527	1278528	1025
2	IDEAM	UIS	BUCARAMANGA	TONA	1/01/1957	CP	1108365	1280375	1018
3	IDEAM	FLORESTA	FLORIDABLANCA	Q LA IGLESIA	1/06/1978	PG	1104693	1274837	925
4	IDEAM	GALVICIA LA	FLORIDABLANCA	TONA	1/01/1968	PM	1115726	1282234	1779
5	IDEAM	PIEDECUESTA GJA	PIEDECUESTA	LATO	1/07/1970	PG	1110238	1265631	1000
6	IDEAM	APTO PALONEGRO	LEBRIJA	DE ORO	1/08/1974	SP	1099158	1280356	1189
7	IDEAM	LAGUNA LA	LEBRIJA	Q LA ANGULA	1/05/1967	PM	1095486	1272971	1050
8	IDEAM	PALMAS	LEBRIJA	Q HONDA	1/11/1967	PM	1095458	1289566	855
9	IDEAM	LLANO GRANDE	GIRÓN	DE ORO	1/07/1971	CO	1099176	1271139	777
10	IDEAM	PALO GORDO	GIRÓN	DE ORO	1/06/1967	PM	1104719	1261933	950
11	IDEAM	PANTANO EL	GIRÓN	Q LA ANGULA	1/11/1967	PM	1093661	1265599	1280
12	IDEAM	MATAJIRA	MATANZA	SURATA	1/10/1967	PM	1112029	1287752	996
13	CDMB	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1/01/1979	PG	1105857	1279071	950
14	CDMB	CLUB CAMPESTRE	FLORIDABLANCA	FRIO	10/01/1982	PG	1106399	1273072	940
15	CDMB	EL RASGON	PIEDECUESTA	DE ORO	1/01/1987	CO	1119913	1270294	1285
16	CDMB	LA ESPERANZA	FLORIDABLANCA	FRIO	19/09/1979	CO	1111228	1273582	1000
17	CDMB	LA FLORA	BUCARAMANGA	SURATA	1/01/1979	PG	1107543	1280310	1100
18	CDMB	LA MARIANA	TONA	FRIO	6/01/1981	PM	1117627	1280310	2250
19	CDMB	PTAR	GIRÓN	FRIO	8/01/1985	CO	1102856	1272989	785
20	CDMB	SEVILLA	PIEDECUESTA	TRINCHERAS	8/01/1981	PM	1119428	1267670	1907

Tabla 13. Inventario de estaciones seleccionadas para el estudio regional

7.7. CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Un análisis regional, permite concluir que la estación con registro de precipitación más cercana al sitio TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA - SANTANDER, es la estación pluviográfica CDMB, por ello se presenta de forma particular la distribución de la precipitación media anual de la misma por medio de una gráfica de columnas, que indica que el régimen de precipitación en la estación es bimodal con picos en los meses de mayo y octubre del orden de 108 y 99 mm respectivamente, y dos meses de menor precipitación entre 44 y 58 mm en diciembre y enero.

Para este sitio en particular y en el marco de este estudio, se ha denominado como E3 la zona homogénea donde se localiza el mismo. Por ello se destacan los registros de las estaciones La Floresta y Club Campestre como las más cercanas con registro de precipitación, así como las estaciones PTAR y Llano Grande como las estaciones climatológicas más cercanas a esta zona. Se observa que el comportamiento de la precipitación porcentualmente es muy similar no obstante en volumen la precipitación anual es de 1291, 1038, 987 y 990 mm respectivamente.

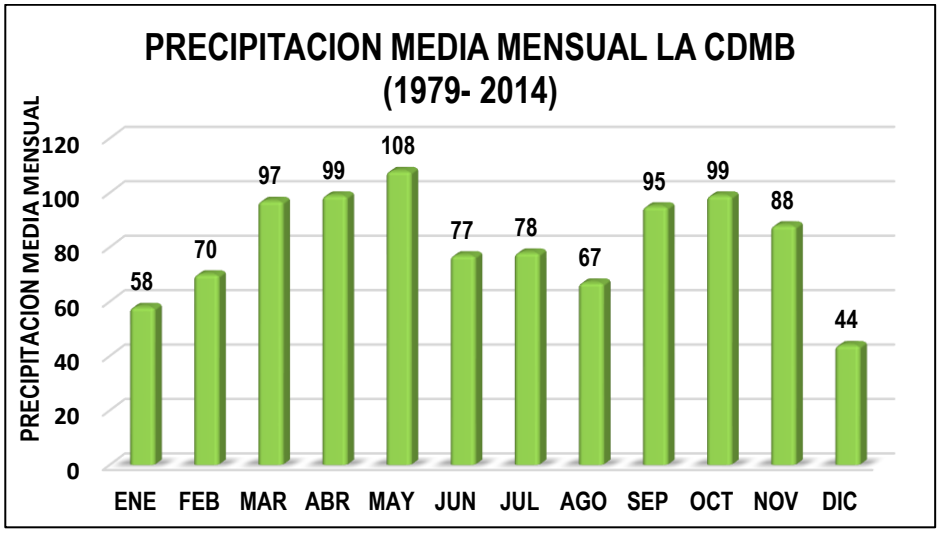


Ilustración 31 Precipitación Media mensual multianual estación Floresta (1978-2008)

A continuación, se muestra el Histograma de precipitación media anual porcentual de las estaciones analizadas en un radio de 10 Km del TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA – SANTANDER.

Se destacan los registros de las estaciones CDMB, Bucaramanga y La Floresta como las más cercanas con registro de precipitación, así como la estación UIS como la estación climatológica más cercana. El comportamiento de la precipitación porcentualmente es muy similar sin embargo en términos de volumen de precipitación anual existen ciertas diferencias con volúmenes de precipitación anual de 876mm en la CDMB, 980mm en Bucaramanga, 1291mm en La Floresta y 1226 mm en UIS.

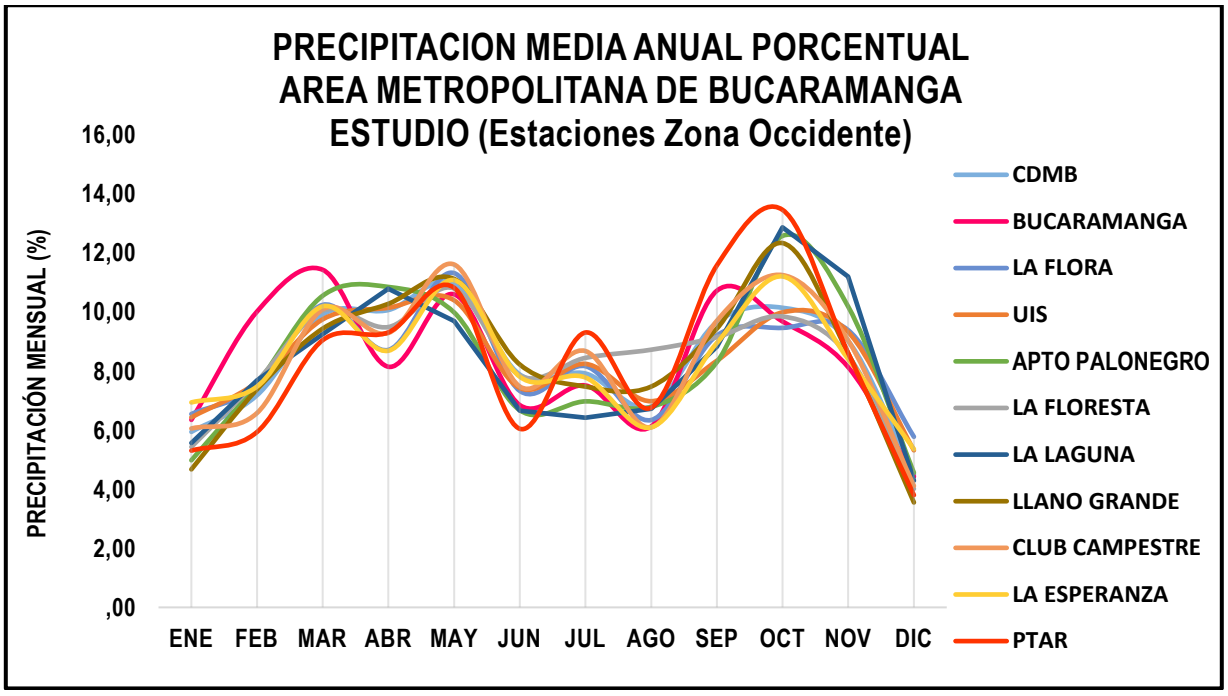


Ilustración 32 Histograma de precipitación media anual porcentual las estaciones analizadas.

7.7.1. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL

A continuación, se presentan las gráficas de precipitación anual de cada una de las estaciones de la zona occidental identificadas en un radio de 10 Km del TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA – SANTANDER.

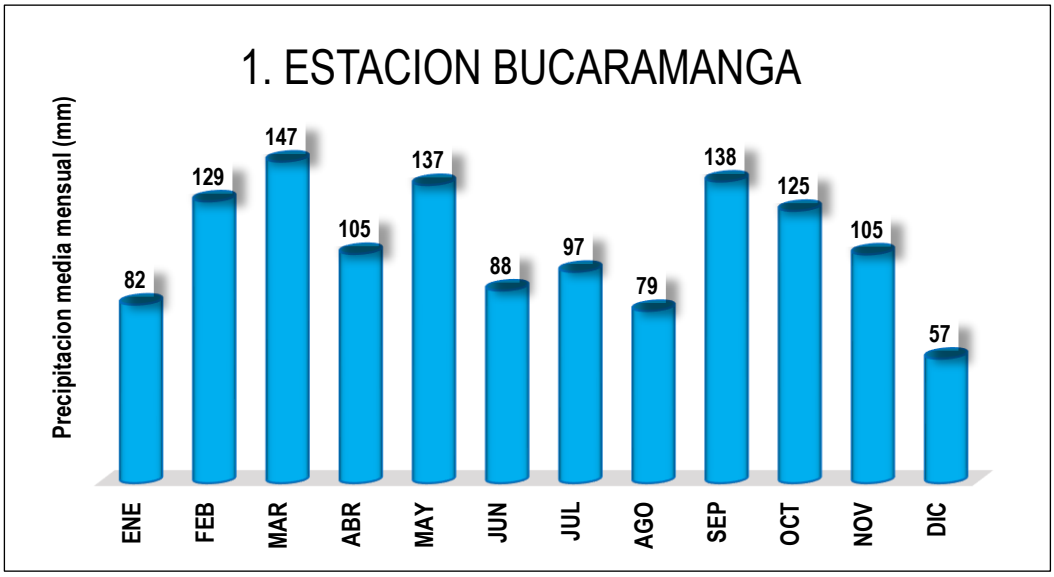


Ilustración 33 Precipitación anual Estación Bucaramanga

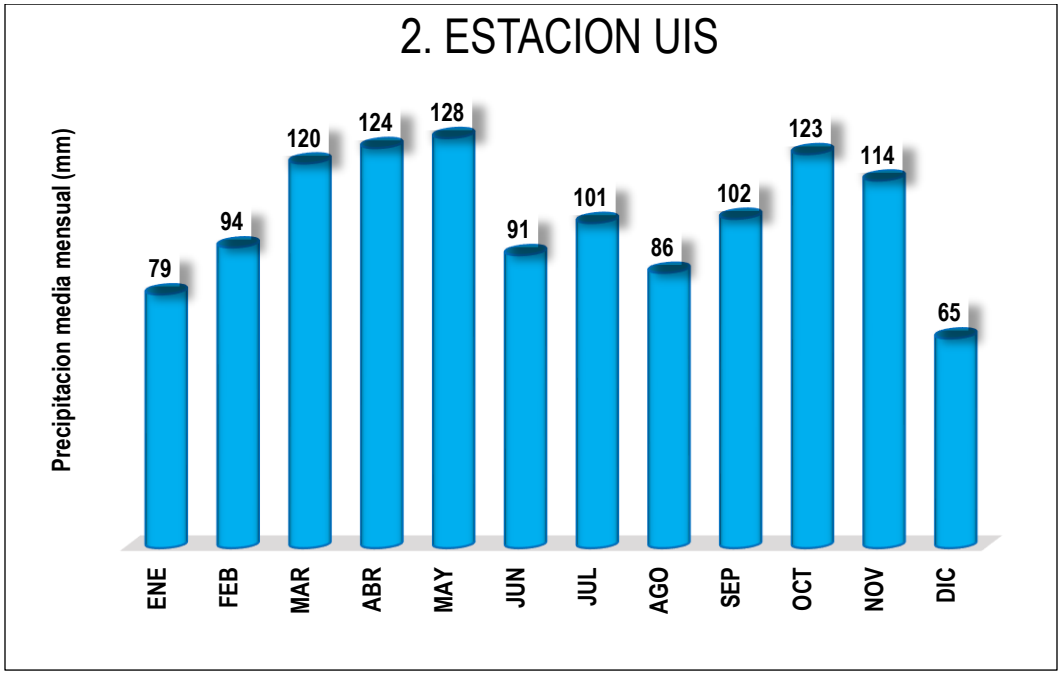


Ilustración 34 Precipitación anual Estación UIS.

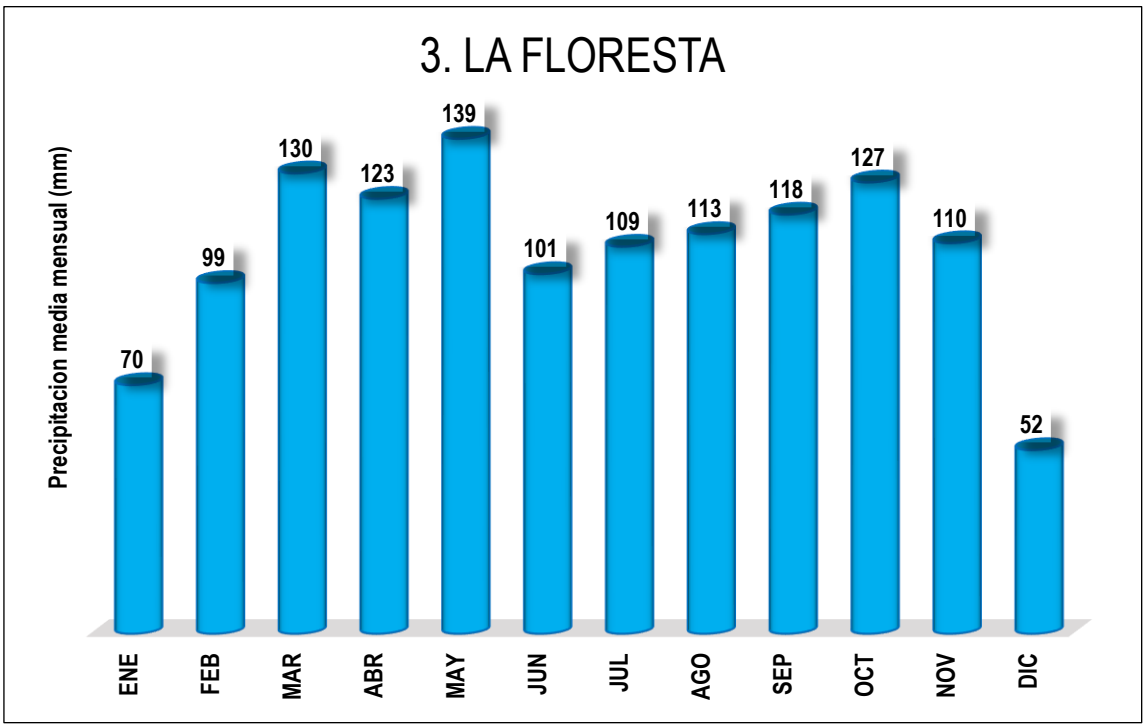


Ilustración 35 Precipitación anual Estación La Floresta.

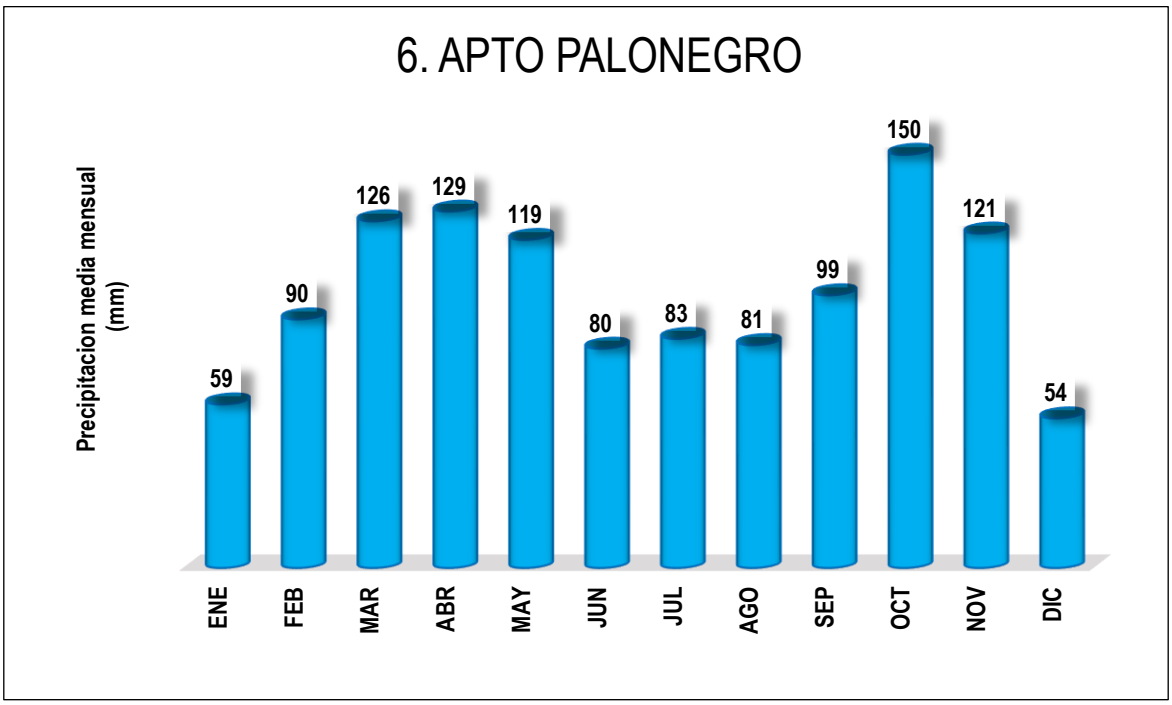


Ilustración 36 Precipitación anual Estación Apto Palonegro.

.

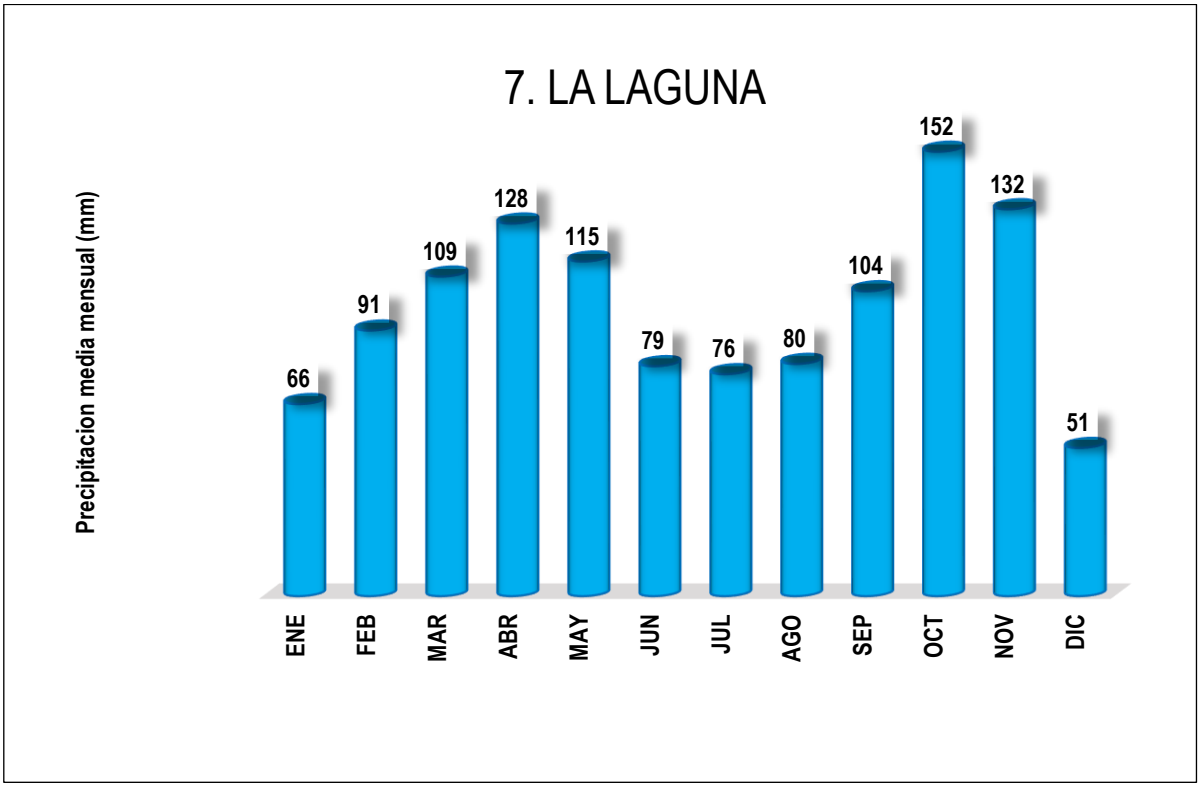


Ilustración 37 Precipitación anual Estación La Laguna.

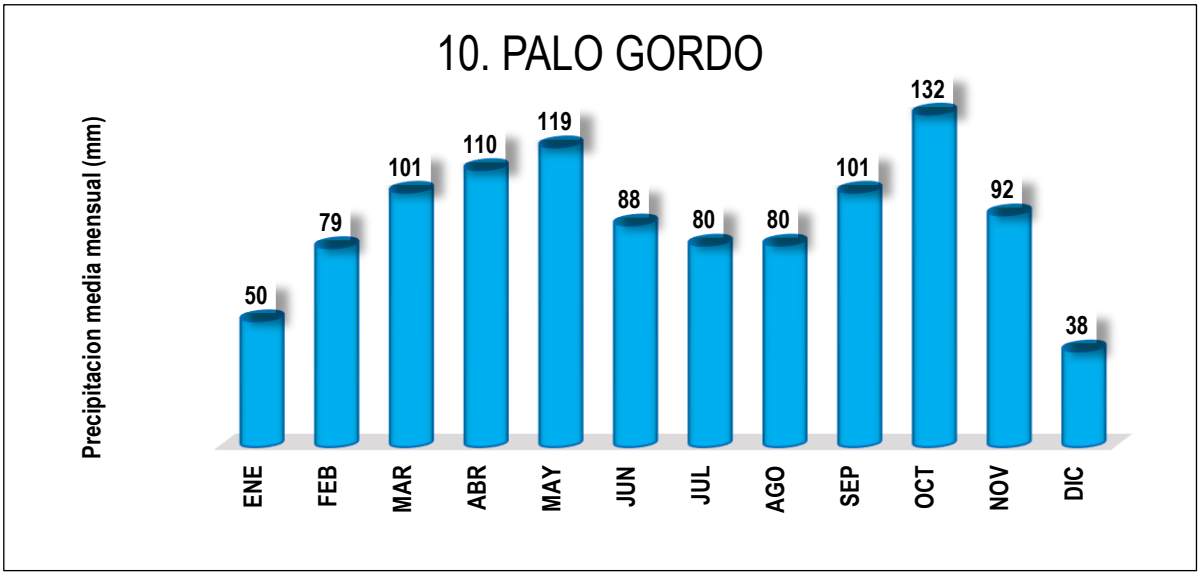


Ilustración 38 Precipitación anual Estación Palo Gordo

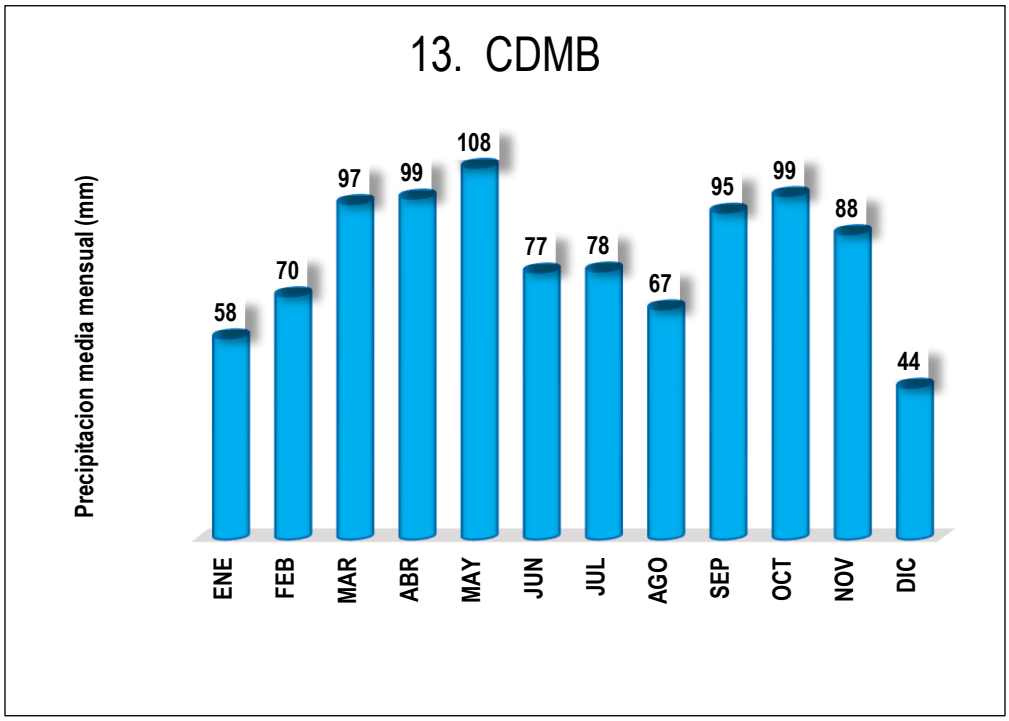


Ilustración 39 Precipitación anual Estación CDMB

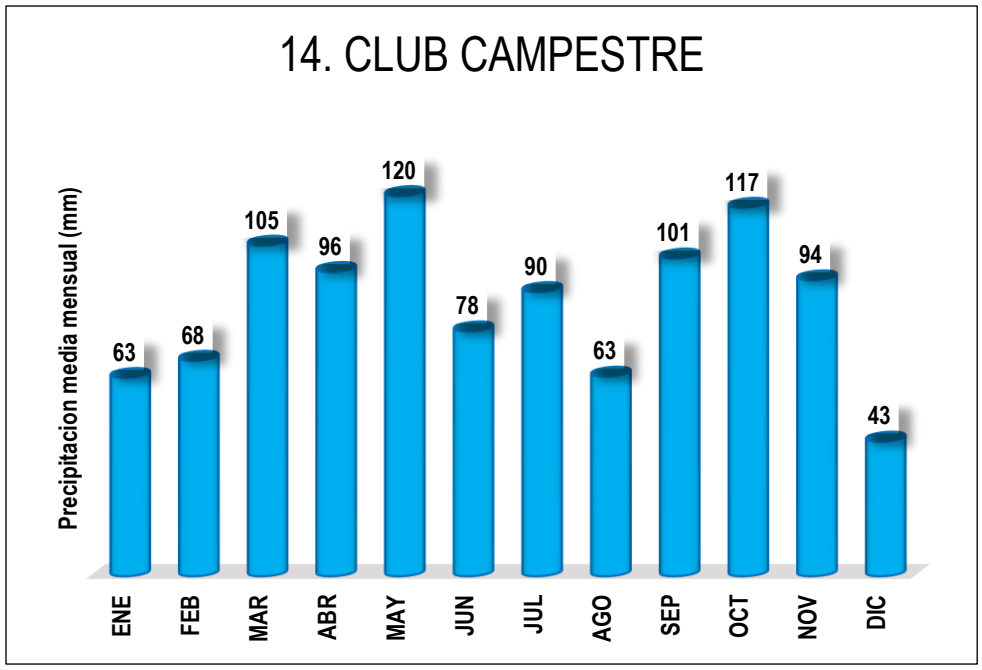


Ilustración 40 Precipitación anual Estación Club Campestre

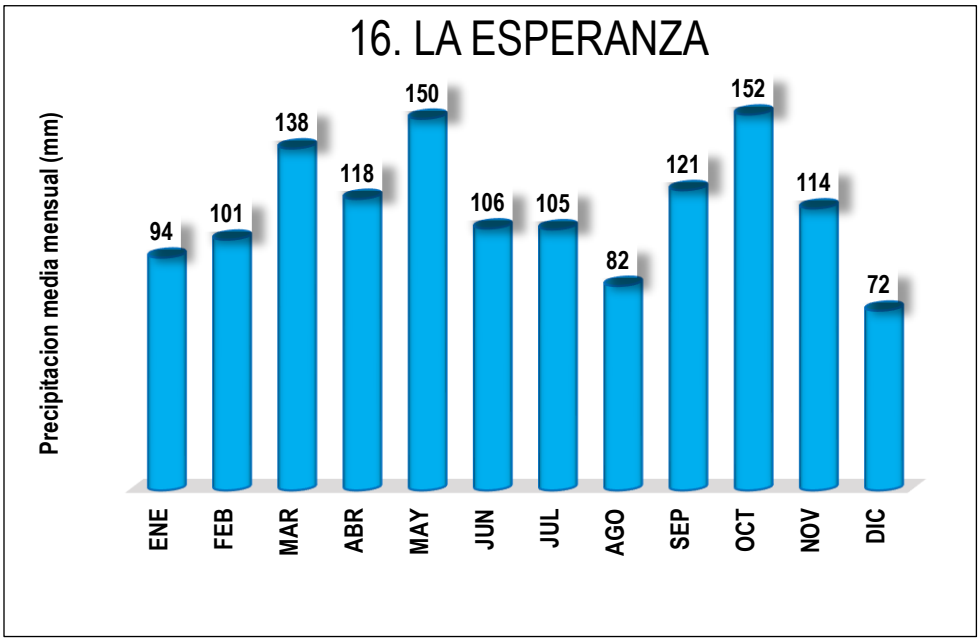


Ilustración 41 Precipitación anual Estación La Esperanza.

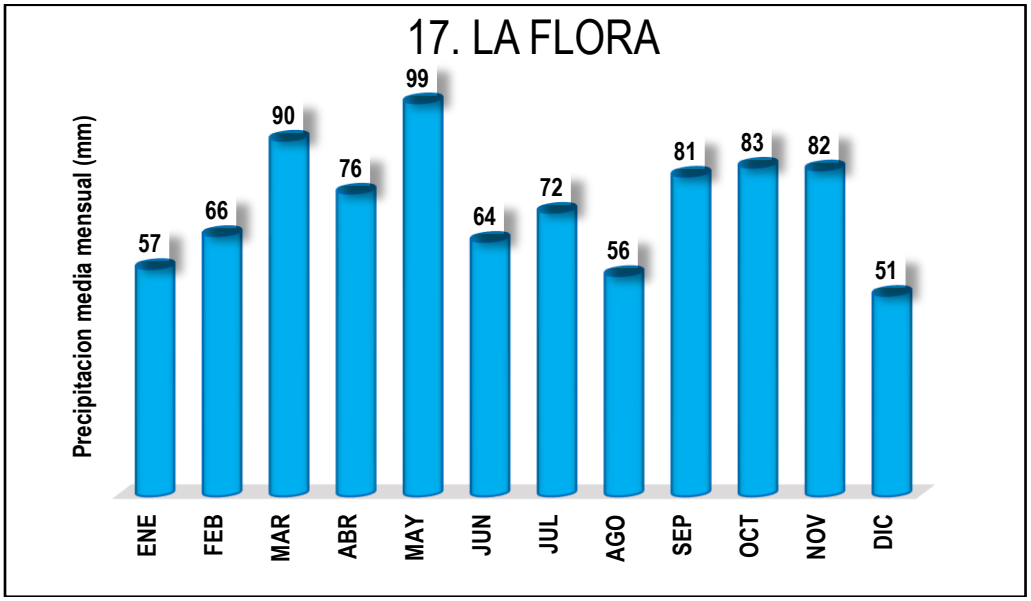


Ilustración 42 Precipitación anual Estación La Flora.

.

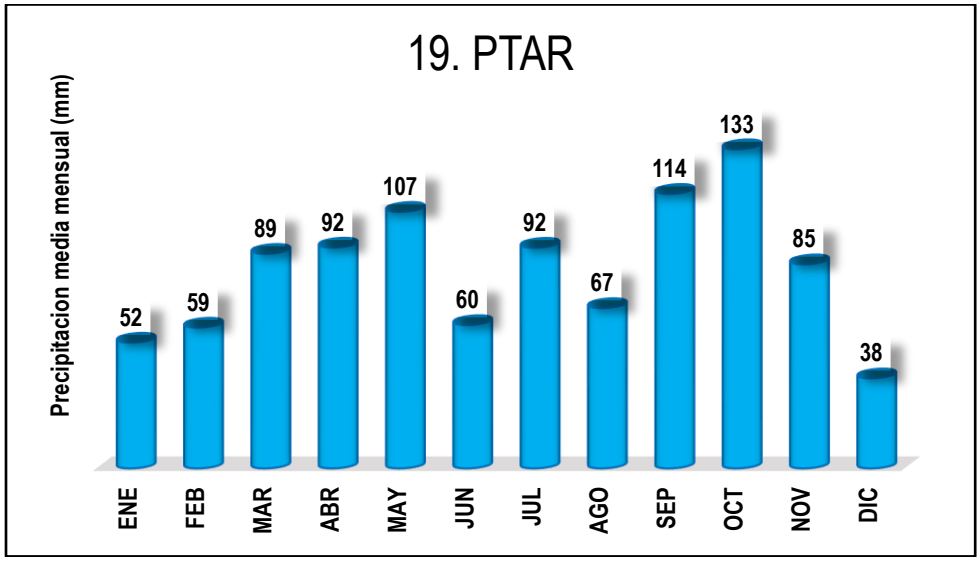


Ilustración 43 Precipitación anual Estación PTAR

7.7.2. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL

Con el fin de observar la variación especial de la precipitación en el área fueron elaboradas las curvas isoyetas a partir de los datos de las estaciones. El resultado no es significativamente cambiante con respecto a los resultados de INGEOMINAS (2008), pues se trata de los valores promedio de las estaciones.

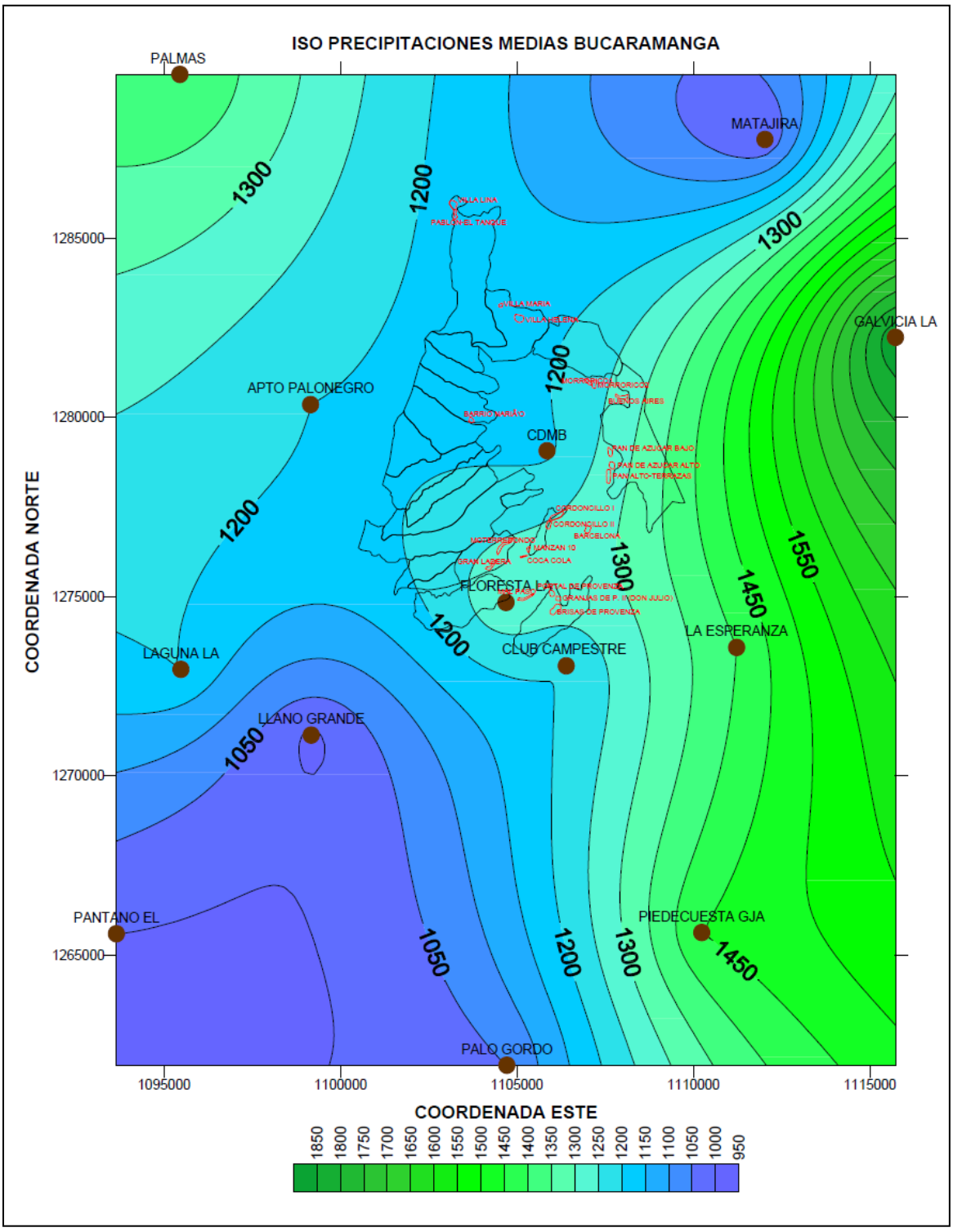


Ilustración 44 Curvas Isoyetas medias anuales con base en las estaciones seleccionadas (mm)

En la gráfica de relación de elevación vs precipitación de las estaciones seleccionadas se observa entre los entre los 700 y los 1400 msnm, la precipitación en las estaciones seleccionadas se encuentra entre 800 a los 1600 mm. Sin embargo, precipitaciones se encuentran entre 800 mm y 1600 mm son en su mayoría comunes entre estas estaciones. Se observan los picos de precipitación entre los 1250 msnm y los 1950 msnm, éste último para la estación La Floresta.

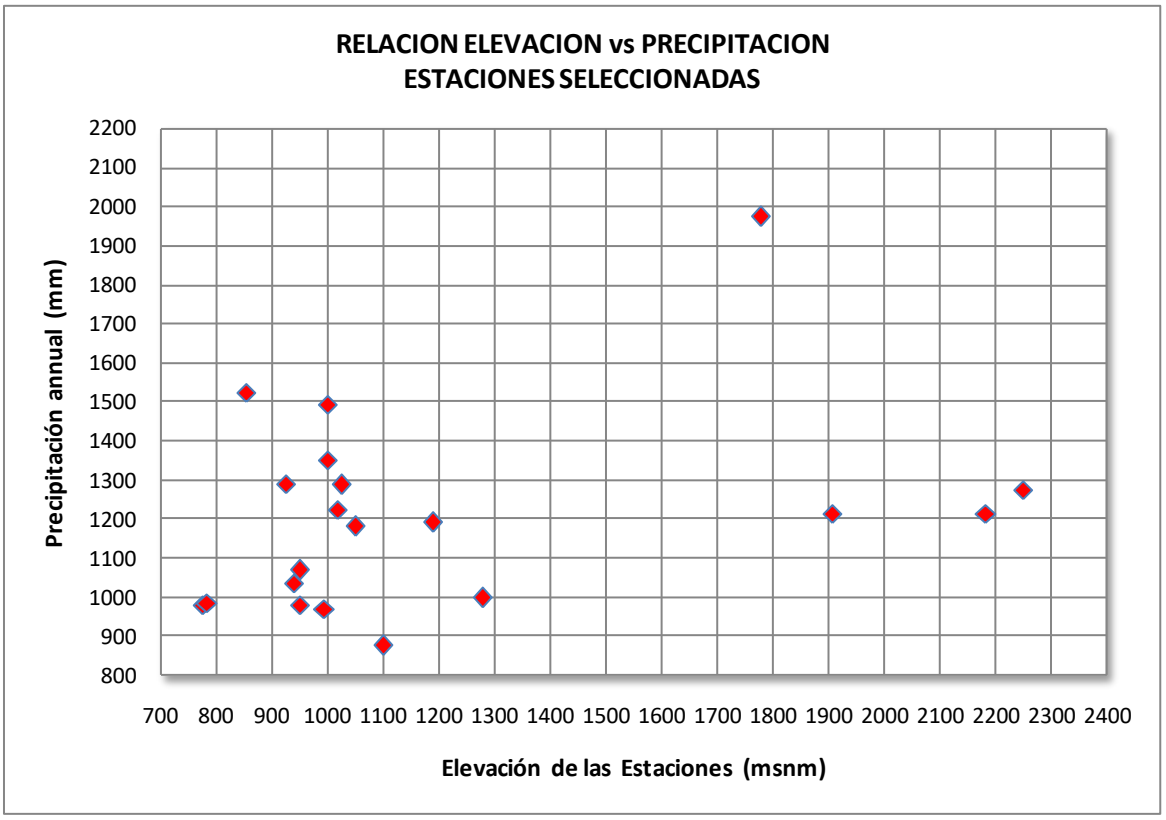


Ilustración 45 Relación de la elevación y precipitación estaciones de Bucaramanga

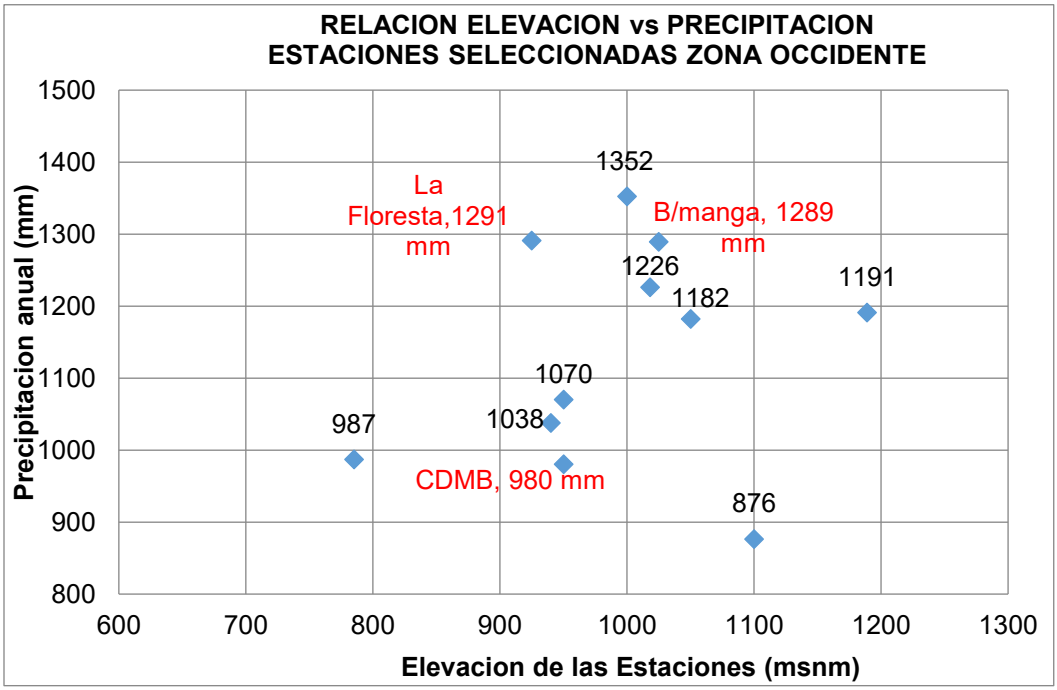


Ilustración 46 Relación de la elevación y precipitación de las estaciones en la zona Occidente

En particular para la zona occidental donde se encuentra el TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA – SANTANDER, se observa la relación entre la precipitación y la elevación en el entorno.

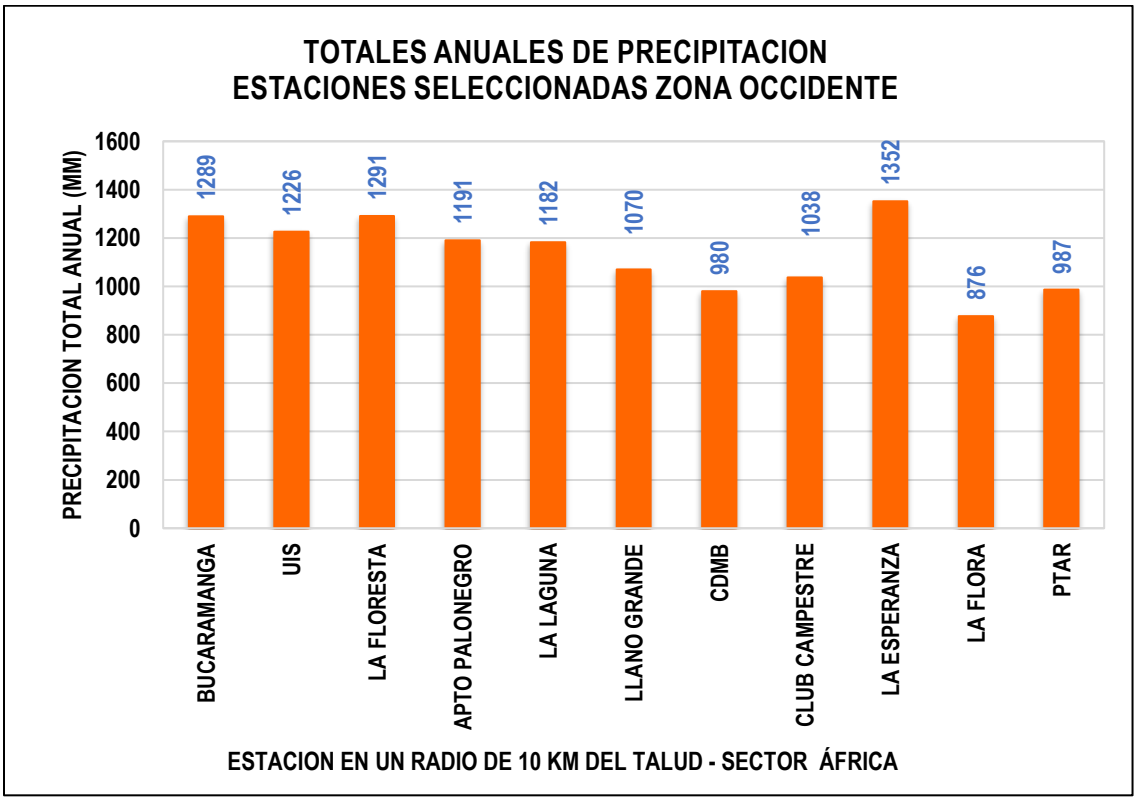


Ilustración 47 Valores totales anuales de precipitación estaciones en la zona Occidente

7.7.3. PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS

Con relación a la precipitación máxima en 24 horas, fueron consultados y procesados los registros de cada una de las estaciones con el fin de determinar los valores máximos, el periodo de recurrencia de los mismos y su promedio estadístico. A continuación, se presenta el resultado de este análisis para las estaciones próximas al TALUD UBICADO EN LA CALLE 69 NUM. 10-34 EN EL BARRIO AFRICA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA – SANTANDER.

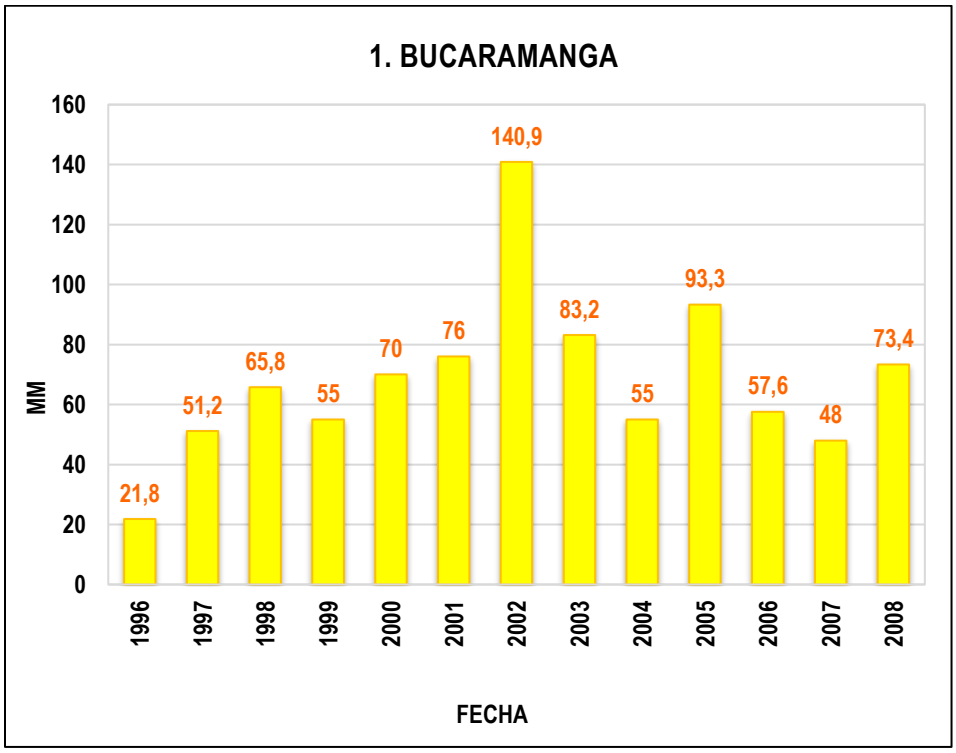


Ilustración 48 Precipitación máxima en 24 horas Estación Bucaramanga

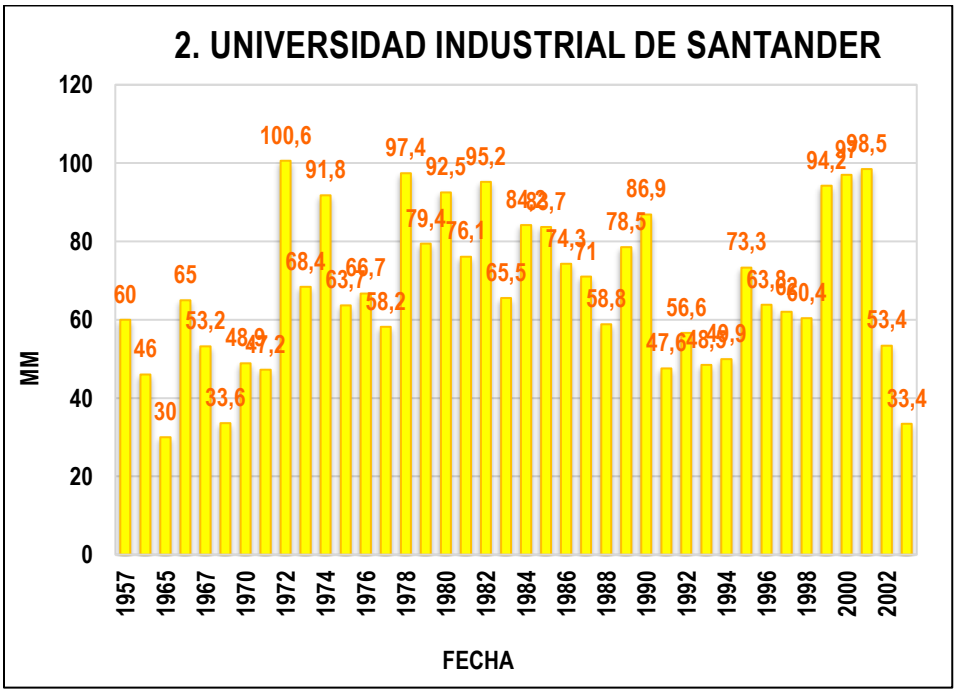


Ilustración 49 Precipitación máxima en 24 horas Estación UIS.

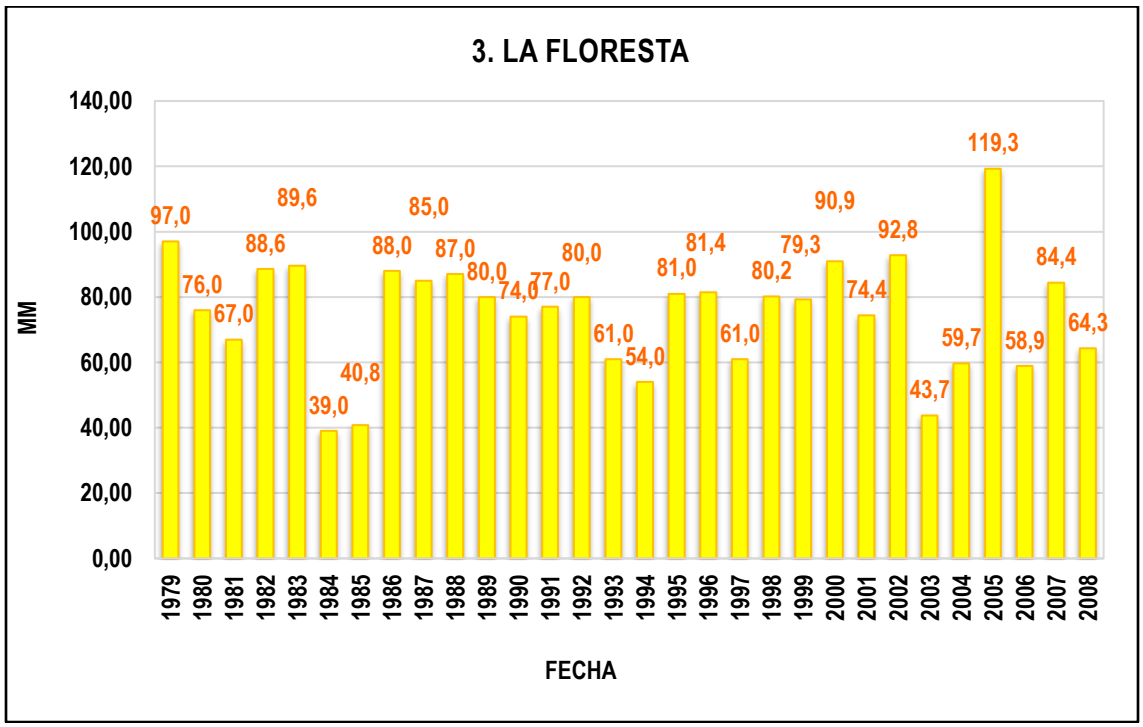


Ilustración 50 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Floresta.

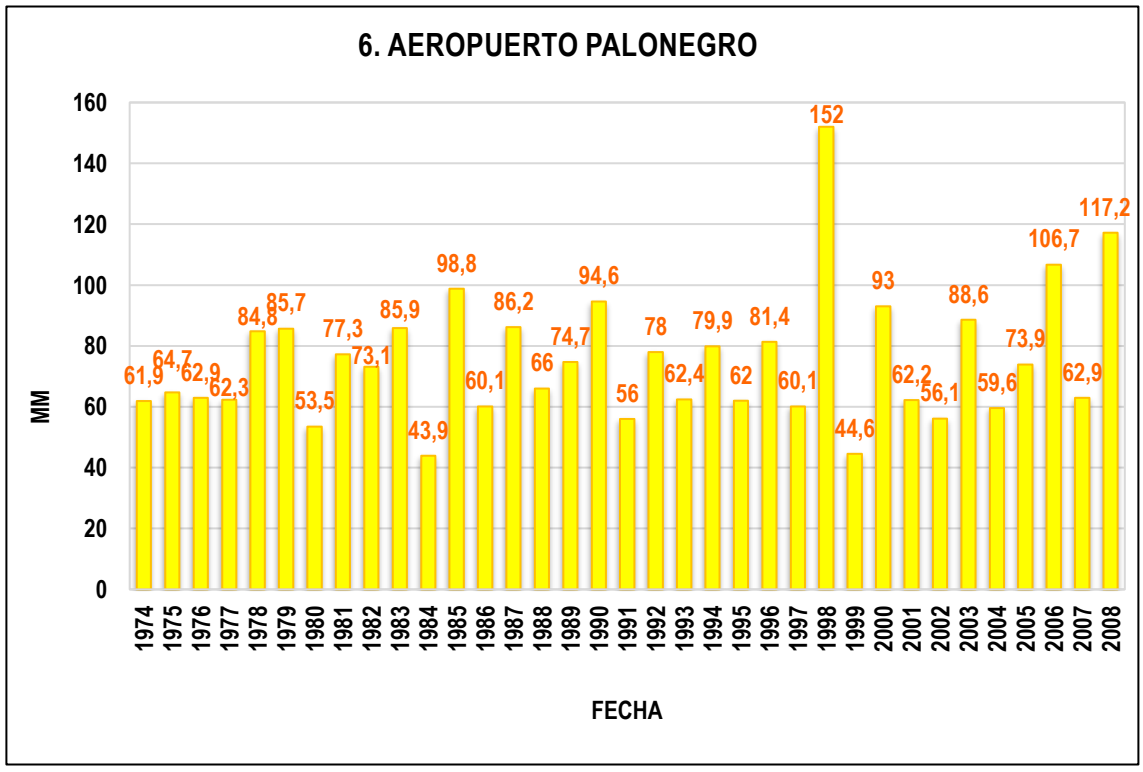


Ilustración 51 Precipitación máxima en 24 horas Estación Aeropuerto Palonegro.

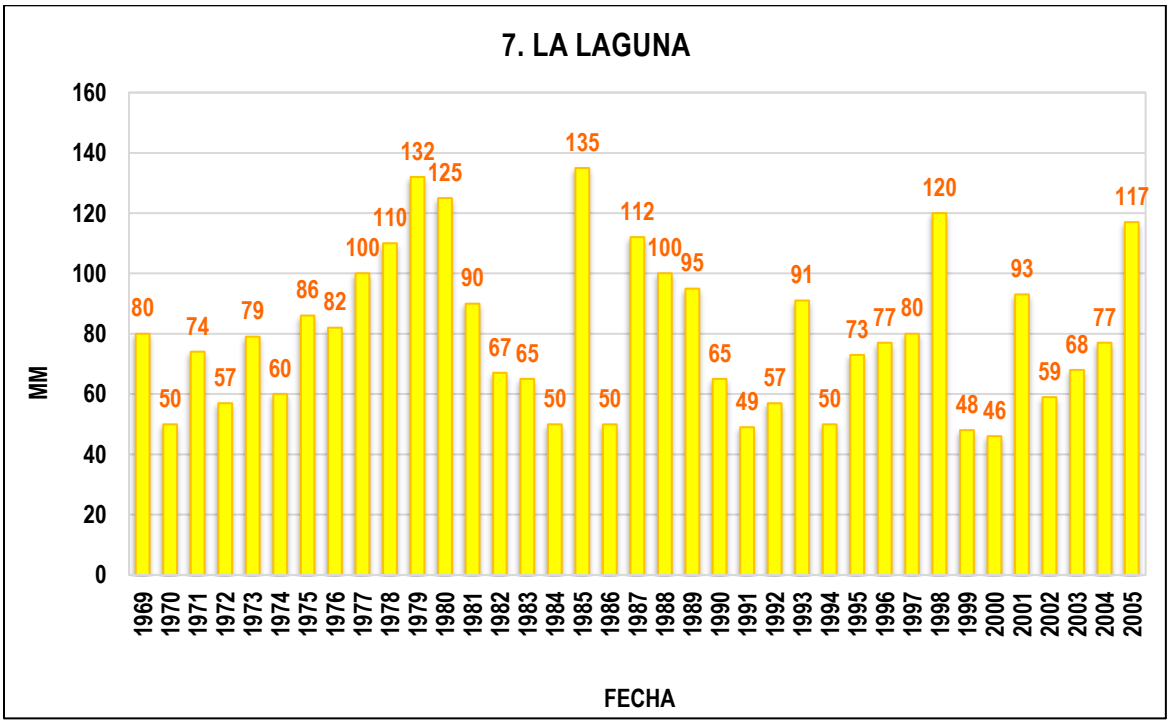


Ilustración 52 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Laguna

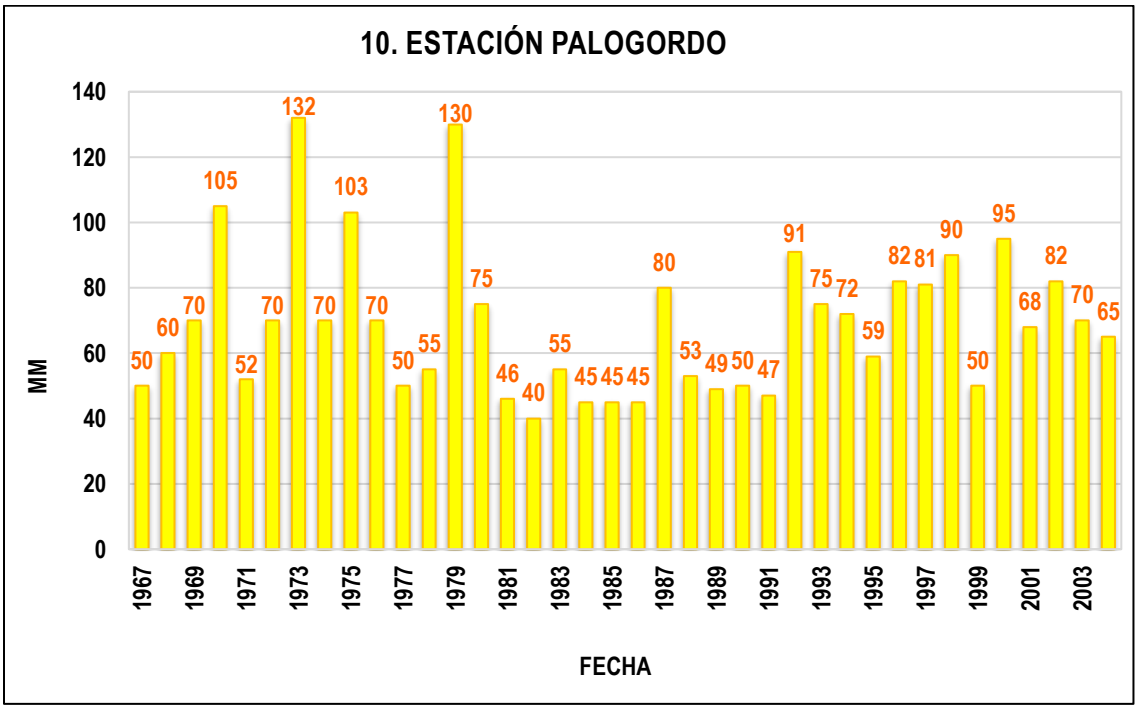


Ilustración 53 Precipitación máxima en 24 horas Estación Palogordo

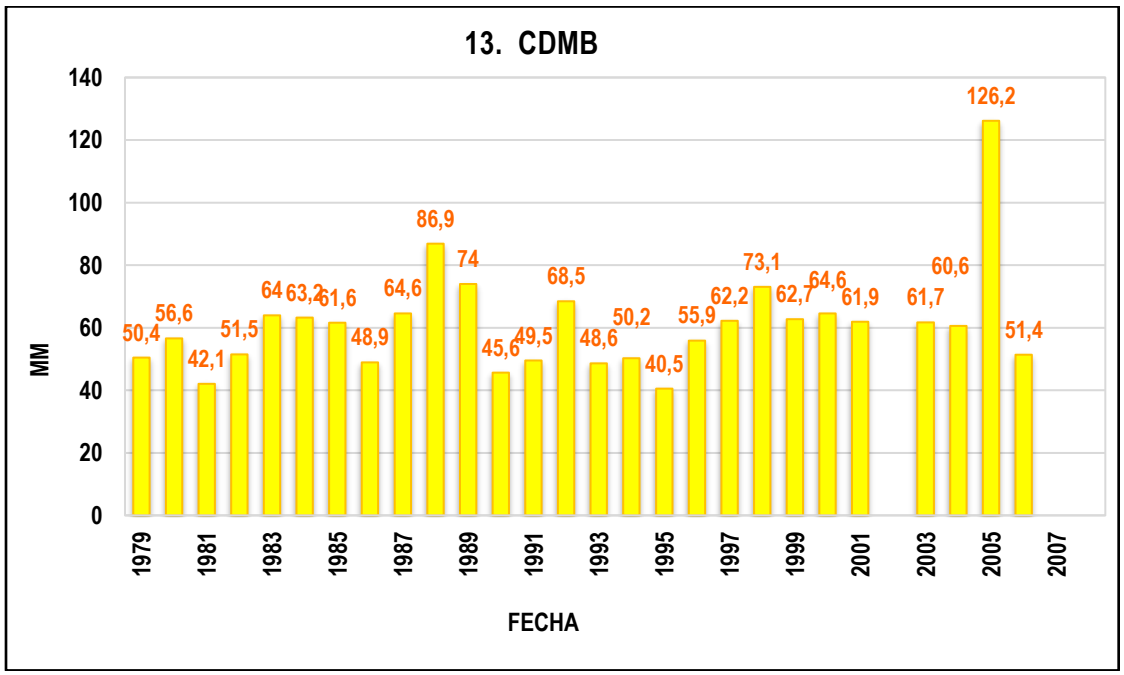


Ilustración 54 Precipitación máxima en 24 horas Estación CDMB

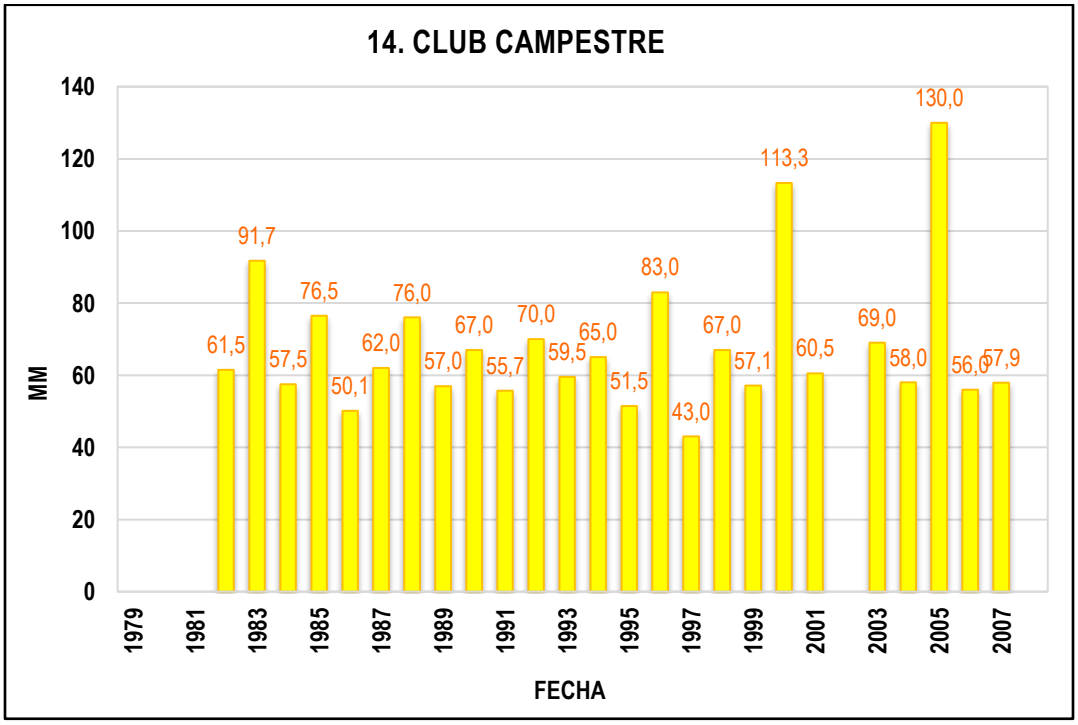


Ilustración 55 Precipitación máxima en 24 horas Estación Club Campestre

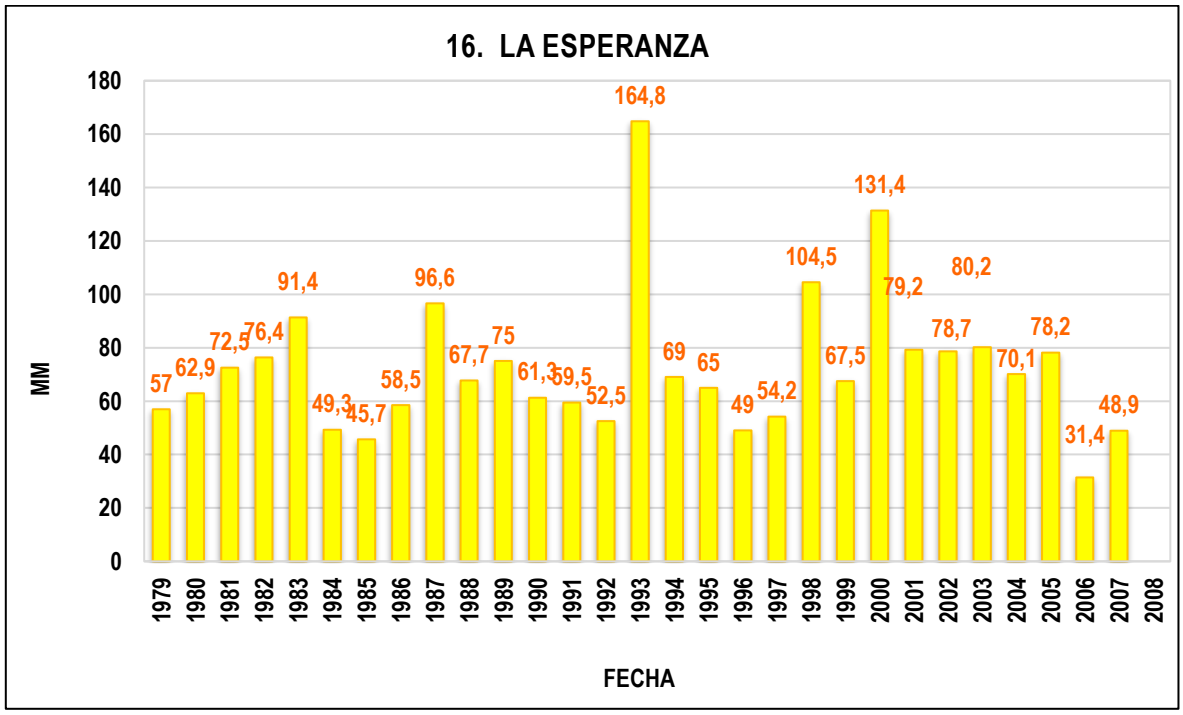


Ilustración 56 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Esperanza

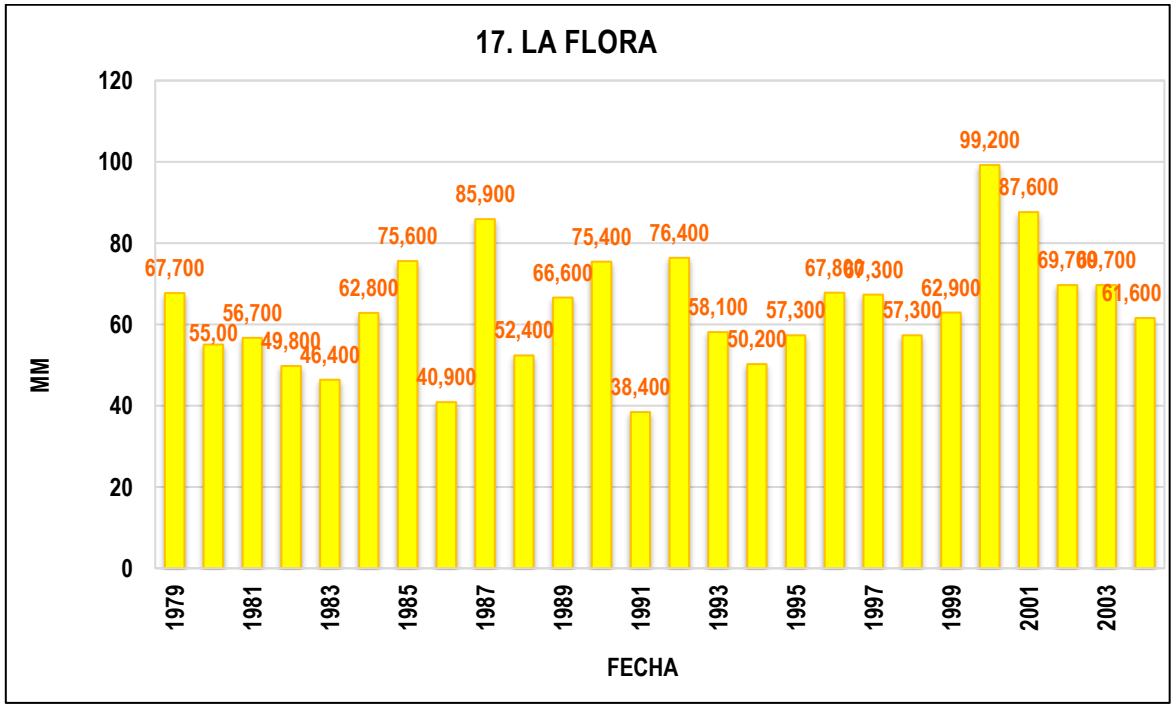


Ilustración 57 Precipitación máxima en 24 horas Estación La Flora

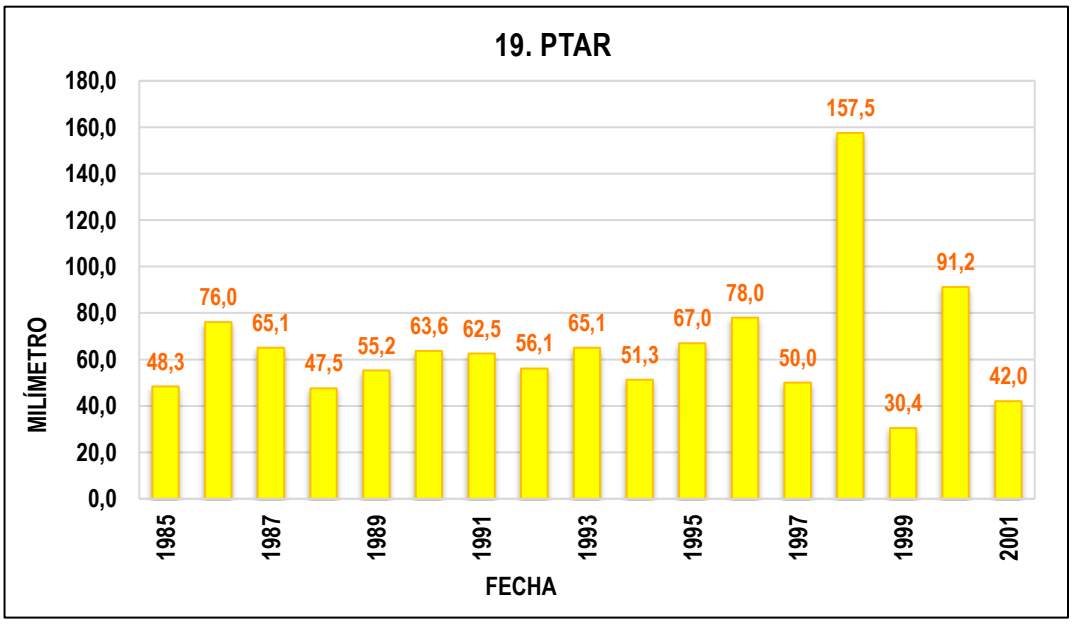


Ilustración 58 Precipitación máxima en 24 horas Estación PTAR

En la siguiente tabla se presenta el resumen del análisis efectuado con las series de valores de precipitaciones máximas en 24 horas.

ESTACIÓN	NOMBRE	MÁXIMA ANUAL (MM)	AÑO	PROMEDIO (MM)	DESVIACIÓN (MM)	COEF. DESVIACIÓN (MM)
1	BUCARAMANGA	140,90	2002	68,60	28,20	0,2
2	UIS	100,60	1972	67,90	19,40	0,19
3	LA FLORESTA	119,30	2005	75,20	17,70	0,15
4	LA GALVICIA	124,00	1997	78,30	20,80	0,17
5	PIEDECUESTA	133,50	1998	80,90	20,60	0,15
6	APTO PALONEGRO	152,00	1998	75,20	21,50	0,14
7	LA LAGUNA	135,00	1985	80,20	25,60	0,19
8	PALMAS	140,00	1969	95,00	24,10	0,17
9	LLANO GRANDE	182,00	2005	66,80	27,30	0,15
10	PALO GORDO	150,00	2005	71,40	25,00	0,17
11	EL PANTANO	132,00	2005	70,40	24,30	0,18
12	MATAJIRA	115,00	2003	55,00	16,30	0,14
13	CDMB	86,90	1988	58,60	11,20	0,13
14	CLUB CAMPESTRE	130,00	2005	67,80	19,60	0,15
15	EL RASGON	79,10	1998	43,20	15,60	0,2
16	LA ESPERANZA	164,80	1993	72,40	26,60	0,16
17	LA FLORA	99,20	2000	63,80	14,30	0,14
18	LA MARIANA	86,40	1995	40,60	18,70	0,22
19	PTAR	157,50	1998	65,10	27,90	0,18
20	SEVILLA	85,70	1991	39,60	19,40	0,23

Tabla 14. Valores máximos anuales, promedio, desviación y coeficiente de variación

La 12 muestra los valores de precipitación máximas para las estaciones ubicadas en la ciudad de Bucaramanga y de ella se concluye que los valores máximos de precipitación en 24 horas registrados han sido superiores a los 79.10 mm y no mayores de 182.00 mm. El periodo en el cual se han registrado los máximos en cada estación oscila entre 1969 y 2005. En promedio los valores de precipitación máxima en 24 horas se encuentran entre 39.56 mm y 95.00 mm y los coeficientes de variación no superan el 0.23. Lo anterior permite decir que las series pueden ser empleadas para el análisis en Bucaramanga.

	MAXIMO	MINIMO
MAXIMO ANUAL	182,00	79,10
AÑO	2005,00	1969,00
PROMEDIO	95,00	39,56
DESVIACIÓN	28,21	11,21
COEF. DESVIACIÓN	0,23	0,13

Tabla 15. Valores de precipitación máxima en las estaciones de Bucaramanga

En la siguiente tabla se muestran los valores de precipitación máximas para las estaciones ubicadas en la zona occidente de la ciudad de Bucaramanga.

ESTACIÓN	NOMBRE	MAXIMA ANUAL	AÑO	PROMEDIO	DESVIACIÓN	COEF. DESVIACIÓN
1	BUCARAMANGA	140,90	2002	68,60	28,20	0,20
2	UIS	100,60	1972	67,90	19,40	0,19
3	LA FLORESTA	119,30	2005	75,20	17,70	0,15
6	ARP. PALONEGRO	152,00	1998	75,20	21,50	0,14
7	LA LAGUNA	135,00	1985	80,20	25,60	0,19
10	PALOGORDO	150,00	2005	71,40	25,00	0,17
13	CDMB	86,90	1988	58,60	11,20	0,13
14	CLUB CMPESTRE	130,00	2005	67,80	19,60	0,15
16	LA ESPERANZA	164,80	1993	72,40	26,60	0,16
17	LA FLORA	99,20	2000	63,80	14,30	0,14
19	PTAR	157,50	1998	65,10	27,90	0,18
MAXIMO		**164,80**	**2005**	**80,20**	**28,21**	**0,20**
MINIMO		**86,90**	**1972**	**58,60**	**11,21**	**0,13**

Tabla 16. Valores de precipitación máxima estaciones Zona occidente de Bucaramanga

La anterior tabla indica que los valores máximos de precipitación en 24 horas registrados han sido superiores a los 86.90 mm y no mayores de 164.80 mm. El periodo en el cual se han registrado los máximos en cada estación oscila entre 1972 y 2005. En promedio los valores de precipitación máxima en 24 horas se encuentran entre 58.57 mm y 80.24 mm y los coeficientes de variación varían entre 0.13 y 0.2.

Los valores de recurrencia en 100 años se obtuvieron a partir de las series de valores anuales aplicando la distribución de valores extremos de Gumbel, típica para estos análisis. Los datos obtenidos de intensidad son estimados a partir de las magnitudes de lluvia diaria para una duración de 30 minutos. Este dato se ajusta conforme las curvas IDF obtenidas.

De acuerdo con la siguiente tabla, las máximas precipitaciones diarias en la estación La Floresta son de 119.3 mm, estadísticamente pueden alcanzar los 130.57 mm para un periodo de recurrencia de 100 años y la intensidad para dicha lluvia en un aguacero de 30 minutos de duración se estima en 261.14 mm/h como se presenta en la siguiente ilustración.

No.	ENTIDAD	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO	MAXIMA PMAX 24 H REGISTRADA (MM)	PMAX 24 H PARA TR=100 AÑOS (MM)	INTENSIDAD DE PMAX 24 H TR=100 AÑOS Y DURACIÓN 30 MIN (MM)
1	IDEAM	BUCARAMANGA IDEAM	BUCARAMANGA	PG	140,90	157,02	314,05
2	IDEAM	UIS	BUCARAMANGA	CP	100,00	128,83	257,66
3	IDEAM	FLORESTA	FLORIDABLANCA	PG	119,30	130,57	261,14
4	IDEAM	GALVICIA LA	FLORIDABLANCA	PM	124,00	143,60	287,20
5	IDEAM	PIEDECUESTA GJA	PIEDECUESTA	PG	133,50	145,66	291,32
6	IDEAM	APTO PALONEGRO	LEBRIJA	SP	152,00	142,78	285,56
7	IDEAM	LAGUNA LA	LEBRIJA	PM	135,00	160,57	321,13
8	IDEAM	PALMAS	LEBRIJA	PM	140,00	170,74	341,47
9	IDEAM	LLANO GRANDE	GIRÓN	CO	182,00	152,46	304,93
10	IDEAM	PALO GORDO	GIRÓN	PM	150,00	149,88	299,76
11	IDEAM	PANTANO EL	GIRÓN	PM	132,00	146,49	292,98
12	IDEAM	MATAJIRA	MATANZA	PM	115,00	106,20	212,41
13	CDMB	CDMB	BUCARAMANGA	PG	86,90	93,72	187,45
14	CDMB	CLUB CAMPESTRE	FLORIDABLANCA	PG	130,00	128,93	257,86
15	CDMB	EL RASGON	PIEDECUESTA	CO	79,10	92,17	184,34
16	CDMB	LA ESPERANZA	FLORIDABLANCA	CO	164,80	155,94	311,88
17	CDMB	LA FLORA	BUCARAMANGA	PG	99,20	108,58	217,16
18	CDMB	LA MARIANA	TONA	PM	86,40	99,21	198,41
19	CDMB	PTAR	GIRÓN	CO	157,50	152,58	305,16
20	CDMB	SEVILLA	PIEDECUESTA	PM	85,70	100,34	200,67

Tabla 17. Valores de precipitación máxima período de retorno de 100 años

Los valores señalados en color rojo corresponden a eventos de lluvia máxima en 24 horas registrados, que, según las estadísticas de la estación, estarían próximos al periodo de recurrencia de 100 años, las estaciones en verde corresponden a las estaciones de la zona occidente.

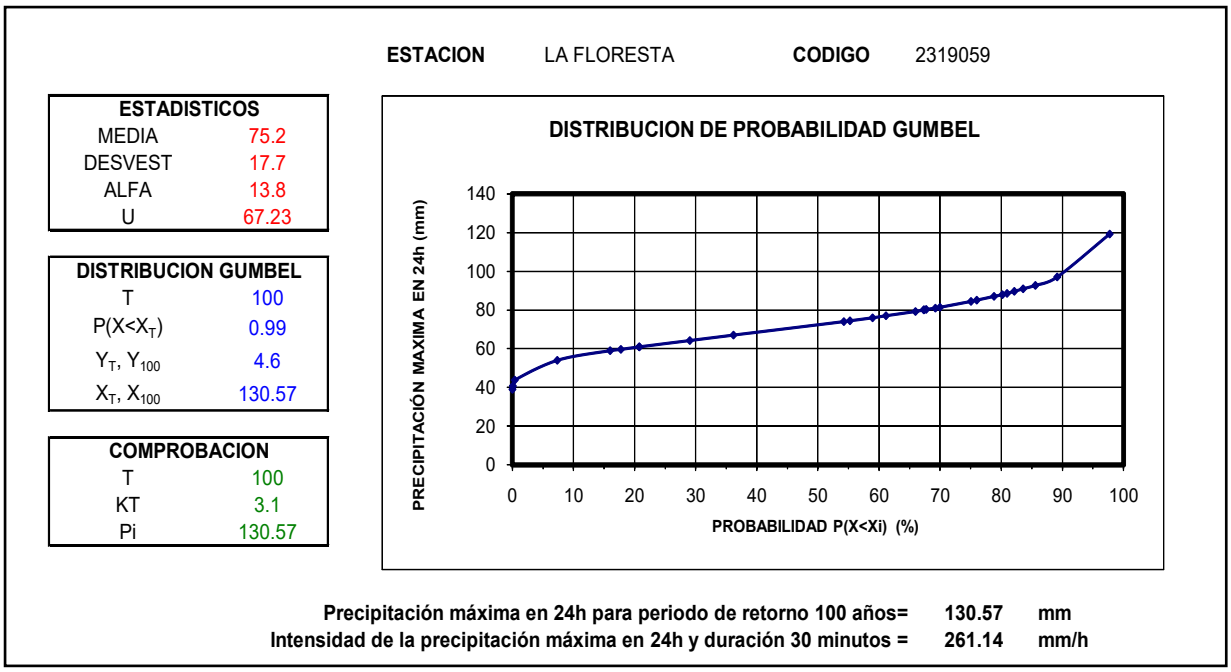


Ilustración 59 Distribución Gumbel para máximos de precipitación en 24 horas

7.7.4. LLUVIAS DE CORTA DURACIÓN

Generalmente las precipitaciones son consideradas uno de los aspectos más influyentes en la estabilidad de las laderas al punto de considerarlas como factor detonante, bien sea por causa del volumen acumulado en largos periodos de tiempo o por su intensidad comúnmente asociada a cortas duraciones.

Es por esta razón que en los estudios de estabilidad se debe considerar el evento de lluvia dentro de los detonantes de movimientos en masa. De otro lado, las lluvias de corta duración y elevado volumen resultan ser críticas a la hora de realizar un análisis de este tipo, dado que esta combinación incrementa las presiones de poros en los suelos de forma exagerada, con la consecuente disminución de los esfuerzos efectivos y por ende, pérdida de resistencia del material, produciéndose de forma casi instantánea la falla del talud.

Para el análisis de las lluvias de corta duración se recurre a Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), las cuales son fundamentales en los diseños de obras hidráulicas. La principal limitante en su construcción radica en la existencia de registros continuos de lluvia en el tiempo los cuales son generados por estaciones de tipo pluviográfico (PG), y que demandan grandes recursos en operación y procesamiento, razón por la cual su número en una red es limitado.

Las curvas IDF se obtienen a partir de registros pluviográficos en donde cada aguacero entra a formar parte de la historia de registro de la estación, por esta razón las curvas ya construidas pueden variar en el tiempo, más aún si eventos extraordinarios de lluvia son registrados.

En el marco regional del análisis inicialmente efectuado acerca de la precipitación en el área objeto de este estudio, se puede apreciar que tan solo 5 de las 20 estaciones son de tipo pluviográfico (PG), siendo necesario obtener parámetros generalizados para posteriormente ser abordados en detalle dentro de los cálculos y diseños puntuales.

Para este propósito se cuenta con diferentes metodologías que facilitan la obtención de las curvas IDF de manera que permiten suplir la carencia de los registros pluviográficos de la precipitación. Estas metodologías se basan principalmente en la utilización de los registros de precipitación máxima en 24 horas, siendo posible elaborar las curvas por ejemplo en estaciones de tipo pluviométrico (PM).

La validación de estas metodologías depende en gran medida de las precipitaciones que se presenten en la zona en comparación con las que se tomaron como base para su construcción. Por esta razón, en este estudio se adopta el análisis previo de los resultados obtenidos al generar curvas IDF por el método tradicional y por métodos como el de Bell (1969)[1] (método tradicional calibrado con las curvas oficiales del IDEAM) y el método de Kothyari y Garde (1992)[2] para la india, cuyos resultados han orientado el desarrollo de relaciones de este tipo para el país por Vargas y Díaz-Granados (1998)[3].

[1] Bell, F. C. Generalized Rainfall - Duration – Frequency Relationships. Journal of Hydraulics Division. Vol 95 No. HY1 January 1969
[2] Kothyari U. C., Garde R. J. Rainfall Intensity- Duration – Frequency formula for India. Journal of Hydraulic Engineering. Vol 118 No. 2 February 1992
[3] Vargas, R. Diaz-Granados M. Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad - Duración – Frecuencia para Colombia. X Seminario Nacional de Hidráulica 1998

En el caso particular del área de estudio, las lluvias de intensidades altas son generadores de procesos de erosión y efectos concatenados de movimientos en masa. Por esta razón es necesario concentrar los esfuerzos en un manejo adecuado de la escorrentía extrema para evitar que se deriven nuevos problemas aun existiendo obras para el manejo hidráulico.

7.7.5. CURVAS IDF PARA EL SECTOR ÁFRICA

Como se mencionó anteriormente, para hacer comparativo y representativo el análisis regional dentro del contexto del presente estudio, se elaboraron curvas IDF sintéticas empleando la metodología de Bell (1969), ampliamente utilizada en otros estudios en nuestro medio y que permite obtener, en comparación con otros métodos, curvas IDF con distribución adecuada a las condiciones del terreno sin subestimar los efectos de la precipitación de corta duración (entre 0 y 180 minutos) para diferentes periodos de recurrencia. Este método se basa en los registros de precipitación máxima en 24 horas y los valores estadísticos obtenidos de la serie de valores anuales.

Las curvas IDF obtenidas fueron calibradas con la IDF oficial del IDEAM para la Estación UIS (2319504). Para el caso de estudio particular en el sector África, se recomienda emplear la curva IDF de la estación más cercana, en este caso la Estación CDMB la cual se presenta en la siguiente tabla e ilustración:

CURVAS DE INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA
13. CDMB

Pmax 24h:	58,6 mm	Promedio de las máximas anuales
Smax 24h	11,2 mm	Desviación standard de la serie
Relación Cp:	0,63	Relación entre horaria y diaria

PERIODO DE RETORNO TR (AÑOS)	INTENSIDADES MÁXIMAS EN MM/HORA PARA DURACIONES ENTRE 10 Y 180 MINUTOS						
	10	20	30	60	90	120	180
2	67,9	55,2	47,7	35,9	29,9	26,1	21,5
5	82,5	67,1	57,9	43,6	36,3	31,8	26,2
10	92,2	74,9	64,7	48,6	40,6	35,5	29,2
25	104,4	84,9	73,3	55,1	45,9	40,2	33,1
50	113,4	92,2	79,6	59,9	49,9	43,7	36
100	122,4	99,5	85,9	64,6	53,9	47,1	38,8

Tabla 18. Intensidades máximas. Estación CDMB

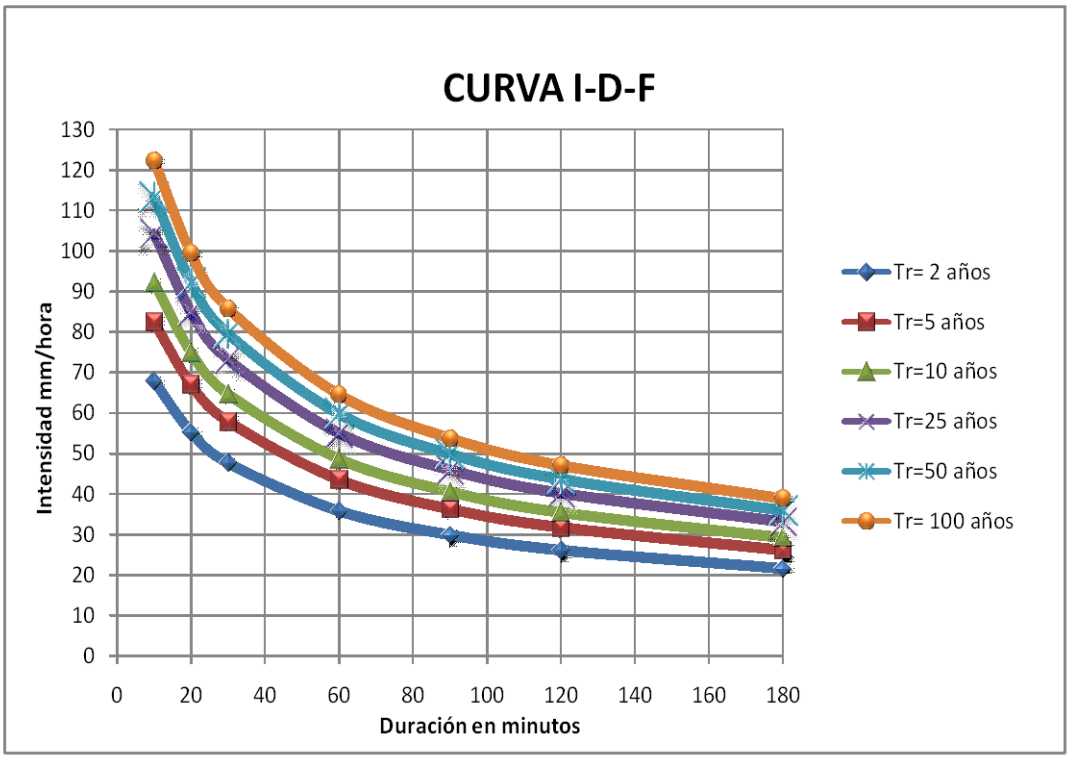


Ilustración 60 Curvas IDF Sintéticas para la Estación CDMB – Método de Bell

7.7.6. LLUVIAS ACUMULADAS PARA EL SECTOR ÁFRICA

Finalmente, y con el ánimo de establecer valores de lluvia diaria crítica para la ocurrencia de movimientos en masa, se elaboraron curvas de frecuencias de lluvias acumuladas para diferentes periodos de tiempo.

Estas curvas para la estación CDMB se observan a continuación:

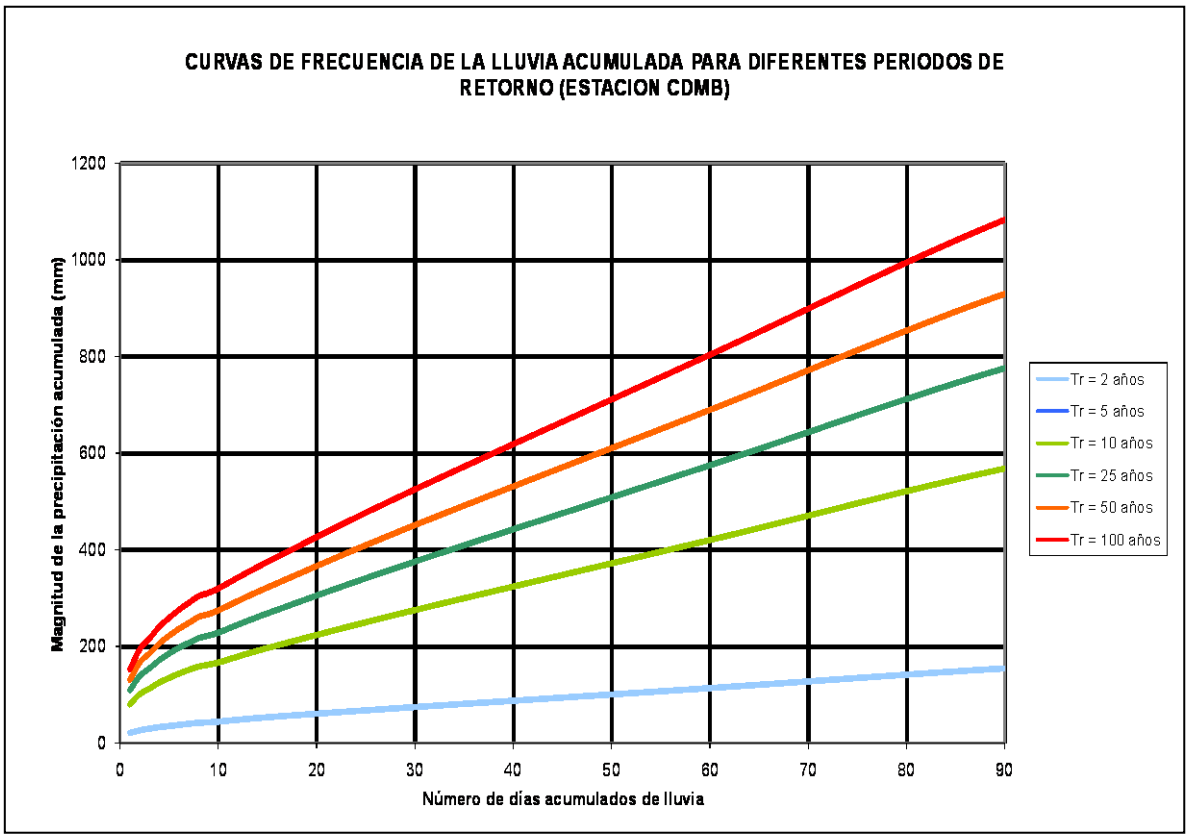


Ilustración 61 Curva frecuencia lluvia acumulada diferentes periodos retorno

Como se observa en la Ilustración 49, un valor de 119.3 mm de precipitación en un día corresponde a un periodo de recurrencia entre 10 y 25 años conforme se indica en los registros estadísticos de lluvia diaria de la estación CDMB.

PERIODO DE RETORNO	VALORES DE PRECIPITACIÓN PARA EL NÚMERO DE DÍAS ACUMULADOS INDICADO (MM)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	30	60	90	120	240	365
Tr = 2 años	21,1	26,6	30,2	33,1	35,8	38,1	40,2	42,2	43,3	44,9	53,8	74,7	113,8	155,1	186,3	319,7	452,4
Tr = 5 años	56,3	71,5	80,2	88,8	95,7	101,8	107,3	112,3	115	118,4	139,8	195,3	298,4	403,5	484,3	827,7	1165,9
Tr = 10 años	79,6	101,2	113,3	125,7	135,4	144,1	151,7	158,8	162,4	167,2	196,7	275,2	420,7	568	681,6	1164	1638,4
Tr = 25 años	109,1	138,7	155,1	172,3	185,6	197,4	207,7	217,5	222,4	228,7	268,6	376,1	575,1	775,9	930,9	1589	2235,4
Tr = 50 años	130,9	166,6	186,2	206,9	222,8	237	249,3	261	266,9	274,4	322	451	689,7	930,1	115,9	1904,3	2678,3
Tr = 100 años	152,6	194,2	217	241,2	259,7	276,3	290,6	304,3	311	319,7	374,9	525,3	803,5	1083,1	1299,5	2217,2	3117,8

Tabla 19. Resultados curva de frecuencia lluvia acumulada Estación CDMB.

7.7.7. CALCULO DE LA ESCORRENTIA

Es necesario anotar que las corrientes naturales han sido interpretadas como los cursos de agua posibles de formarse luego de un aguacero y no corrientes permanentes.

Teniendo en cuenta que dentro de la solución de estabilidad propuesta en el sector deberá darse manejo a la escorrentía producida, es de anotar que el coeficiente de escorrentía en estas zonas es tendiente a uno en la medida en que el urbanismo se consolida. Para estimar los caudales de escorrentía a manejar en las obras, se emplea dentro del análisis hidrológico el Método Racional, dado que se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, naturales o urbanas, y preferiblemente en extensiones menores a las 10 hectáreas como en este caso.

Se representa con la siguiente expresión dimensional:

CALCULO DE LA ESCORRENTIA			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
CAUDAL PICO DE LA ESCORRENTIA QUE SE GENERA A LA SALIDA DE UNA CUENCA O ÁREA VERTIENTE EN M^3/S	M3/S	Q	$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$
ÁREA QUE CONCENTRA LA ESCORRENTÍA	KM^2	A	
INTENSIDAD CONSIDERADA CONSTANTE QUE TIENE EL AGUACERO DE DURACIÓN IGUAL AL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LA CUENCA	MM/H	I	
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA; SU VALOR ESTÁ COMPRENDIDO ENTRE CERO Y UNO Y DEPENDE DE LA MORFOMETRÍA DE LA CUENCA Y DE SU COBERTURA		C	

La asignación de valores apropiados al coeficiente de escorrentía es subjetiva porque, aun cuando existen tablas y recomendaciones generales, la experiencia y criterio de su selección a partir de la experiencia es determinante.

La intensidad del aguacero por su parte es fundamental en los volúmenes resultantes y por ello se realizó el análisis de las lluvias de corta duración y se identificó la estación más próxima a este lugar.

La aplicación del Método Racional induce a sobreestimar los caudales de creciente[4] y por esta razón Silva (1995) no recomienda su uso en cuencas mayores de 1 km^2.

De las imágenes presentadas dentro de este informe, se estima teniendo en cuenta la cobertura actual del terreno, que el coeficiente de escorrentía (conforme a la siguiente tabla), puede estar entre valores de 0.25 y 0.40, como ya se mencionó, dada la ocupación del terreno con viviendas, ya que etas se ubican solo en la parte alta de la ladera, mientras que en las cercanías de la confluencia del drenaje natural se encuentra altamente revegetalizado, y se encuentra en buenas condiciones, es decir no se evidencias problemas de erosión.

Este factor es muy importante en la medida en que refleja con qué porcentaje la lluvia se traduce en caudal y alimenta el drenaje superficial. El criterio en este estudio será conservador dada la presión que existe sobre el suelo para ocupación ilegal.

Así mismo, dada la pequeña extensión de las áreas vertientes en análisis asemejadas a cuencas de drenaje y su pendiente longitudinal, se concluye que los tiempos de concentración son reducidos.

[4] Silva G., Hidrología aplicada. Universidad Nacional de Colombia. 1995

TYPE OF DRAINAGE AREA		RUNOFF COEFFICIENT, C*
BUSINESS:		
	DOWNTOWN AREAS	0,70 - 0,95
	NEIGHBORHOOD AREAS	0,50 - 0,70
RESIDENTIAL:		
	SINGLE - FAMILY AREAS	0,30 - 0,50
	MULTI - UNITS, DETACHED	0,40 - 0,60
	MULTI - UNITS, ATTACHED	0,60 - 0,75
	SUBURBAN	0,25 - 0,40
	APARTMENT DWLLING AREAS	0,50 - 0,70
INDUSTRIAL:		
	LIGHT AREAS	0,50 - 0,80
	HEAVY AREAS	0,60 - 0,90
PARKS, CEMENTERIES		0,10 - 0,25
PLAY GROUNDS		0,20 - 0,40
RAILROAD YARD AREAS		0,20 - 0,40
UNIMPROVED AREAS		0,10 - 0,30
LAWNS:		
	SANDY SOIL, FLAT, 2%	0,05 - 0,10
	SANDY SOIL, AVERAGE, 2% - 7%	0,10 - 0,15
	SANDY SOIL, SLEEP, 7%	0,15 - 0,20
	HEAVY SOIL, FIAT, 2%	0,13 - 0,17
	HEAVY SOIL, AVERAGE, 2% - 7%	0,18 - 0,22
	HEAVY SOIL, SLEEP, 7%	0,25 - 0,35
STREETS:		
	ASPHALTIC	0,70 - 0,95
	CONCRETE	0,80 - 0,95
	BRICK	0,70 - 0,85
DRIVES AND WALKS		0,75 - 0,85
ROOFS		0,75 0,95
HIGUER VALUES ARE USUALLY APPROPRIATE FOR STEEPLY ALOPED AREAS AND LONGER RETURN PERIODS BECAUSE INFOLTRATION AND OTHER LOSSER HAVE A PROPORTIINALLY SMALTER EFFECT ON RUNOFF IN THESE CASES		

Tabla 20. Coeficientes de escorrentía.

No obstante, lo anterior y a fin de demostrar esta condición del terreno, se calculan los tiempos de concentración de trayectorias de escorrentía directa sobre el terreno representativas, como lo es la localizada en la parte sur central del área de estudio detallado.

ECUACIÓN DE KIRPICH (1940)

ECUACIÓN DE KIRPICH (1940)			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	MIN	tc	$t_c = 60\left(\frac{0.06628\,L^{0.77}}{S^{0.385}}\right)$
LONGITUD DEL RIO DESDE AGUAS ARRIBA HSTA LA SALIDA	KM	L	
PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA	M/M	S	

FORMULA DE FEDERAL AVIATION AGERNCY (1970)

FORMULA DE FEDERAL AVIATION AGENCY (1970)			
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**SIGLA**	**EXPRESIÓN**
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	MIN	tc	$t_c = 3.26036\frac{(1.1-C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE MÉTODO RACIONAL. VER TABLA 17		C	
LONGITUD DEL FLUJO SUPERFICIAL	M	L	
PENDIENTE DE LA SUPERFICIE	%	S	

CONSORCIO CONSULTORIA GEOTECNIA	DATOS DE LA MICROCUENCA	UNIDAD	RESULTADOS
	AREA	Km²	0.02
	COTA SUP.	msnm	912.00
	COTA INF.	msnm	838.00
	LOG. CAUCE	km	0.44
	COEF. DE ESCORRENTIA		0.25
	TC KIRPICH	min	4.18
	TC Aviaton Agence	**min**	**22.71**
	TIEMPO DE CONCENTRACION	min	4.20
	PENDIENTE	m/km	168.18
	AREA	Ha	2.00

Tabla 21. Cálculo del tiempo de concentración Tc

De acuerdo a los resultados obtenidos en el tiempo de concentración, se establecen las intensidades máximas de precipitación conforme a las curvas IDF como se muestra en la siguiente tabla:

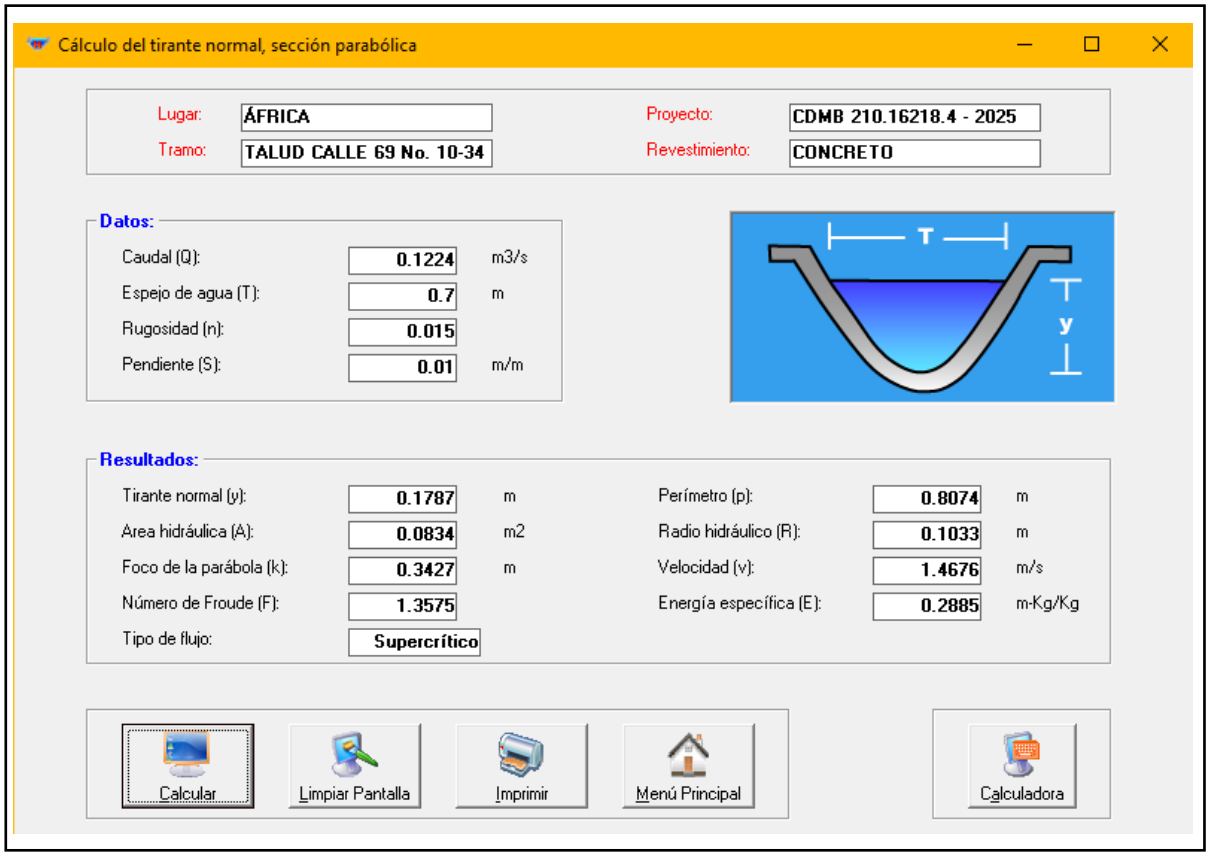
PERIODO DE RETORNO	INTENSIDADES MÁXIMAS ESTACIÓN LA CDMB EN MM/H	
	DURACIÓN 10 MINUTOS	DURACIÓN 20 MINUTOS
Tr = 50 AÑOS	113,40	92,20
Tr = 100 AÑOS	122,40	99,50

Tabla 22. Intensidades máximas para la Estación La CDMB

Con los anteriores valores y aplicando el Método Racional se obtienen los caudales máximos para los diferentes periodos de recurrencia de los aguaceros que producen a su vez los picos de escorrentía.

Es por ello necesario establecer las áreas de drenaje de la ladera de incidencia directa para las estructuras conforme la propuesta de estabilización particular a fin de controlar la degradación de la ladera.

7.7.8. DIMENSIONMIENTO CANALETAS DE CORONACIÓN



DIMENSIONAMIENTO CANALETAS DE CORONACION

CONSORCIO
CONSULTORIA GEOTECNIA

COEFICIENTES DE ESCORRENTIA RECOMENDADOS - RAS 2000	
ZONAS COMERCIALES O INDUSTRIALES	0,60 - 0,95
RESIDENCIAL, CON CASAS ANTIGUAS, PREDOMINIO DE ZONAS DURAS	0,75
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR, CON BLOQUES CONTIGUOS Y ZONAS DURAS ENTRE ESTOS	0,60 - 0,75
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR, CON CASAS CONTIGUAS Y PREDOMINIO DE JARDINES	0,40 - 0,60
RESIDENCIAL, CON CASAS RODEADAS DE JARDINES O MULTIFAMILIARES APRECIABLEMENTE SEPARADAOS	0,45
RESIDENCIAL, CON PREDOMINIO DE ZONAS VERDES Y PARQUES - CEMENTERIOS	0,30
LADERAS SIN VEGETACIÓN	0,60
LADERAS CON VEGETACIÓN	0,30
PARQUES RECREACIONALES	0,20

CALCULO DE LA ESCORRENTIA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SIGLA	EXPRESIÓN
CAUDAL CAPTADO POR LA CANALETA	M3/S	Q	$Q = \frac{C*I*A}{3.6}$
ÁREA DE APORTE A LAS OBRAS DE MANEJO DE AGUA	KM^2	A	
INTENSIDAD DE LLUVIA	MM/H	I	
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA		C	

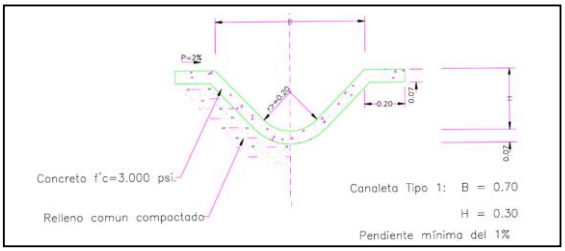
LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES SE HARÁ ENTONCES UTILIZANDO EL MÉTODO RACIONAL Y LA FÓRMULA RACIONAL ESTÁ BASADA EN LA HIPÓTESIS DE KRIMGOLD

DATOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS HIDROLÓGICO

C	0.4	ADIMENSIONAL
I	122.4	MM/H
A	9000	M^2

$$Q = \frac{C*I*A}{3.6}$$

$$\frac{0.4 \times 122 \times 9000}{3.6} \quad 122.4 \ \frac{Lt}{seg} \quad \mathbf{0.1224} \ m3/seg$$



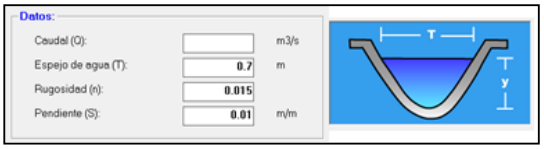


Ilustración 62 Capacidad hidráulica, canaleta proyectada

VARIABLES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS

COFICIENTE DE RUGOSIDAD:

Es un valor determinado de acuerdo con el acabado de las paredes de los canales, canaletas, disipadores o tuberías, por lo cual es dependiente del material utilizado en la construcción, Manning define dicho coeficiente de acuerdo a la siguiente tabla:

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n" DE MANNING[5]

CORRIENTES NATURALES	NUMERO DE MANNING
LIMPIAS, ORILLAS RECTAS, FONDO UNIFORME, ALTURA DE LA LAMINA DE AGUA SUFICIENTE	0,027 - 0,033
LIMPIAS, ORILLAS RECTAS, FONDO UNIFORME, ALTURA DE LA LAMINA DE AGUA SUFICIENTE, ALGO DE VEGETACIÓN	0,033 - 0,004
LIMPIAS, MEANDROS, EMBALSES Y REMOLINOS DE POCA IMPORTANCIA	0,035 - 0,050
LENTAS, CON EMBALSES PROFUNDOS Y CANALES RAMIFICADOS	0,060 - 0,080
LENTAS, CON EMBALSES PROFUNDOS Y CANALES RAMIFICADOS, VEGETACIÓN DENSA	0,100 - 0,20001
RUGOSAS, CORRIENTES EN TERRENO ROCOSO DE MONTAÑA	0,050 - 0,080
ÁREAS DE INUNDACIÓN ADYACENTES AL CANAL ORDINARIO	0,030 - 0,2001
CUNETAS Y CANALES REVESTIDOS	**NUMERO DE MANNING**
HORMIGÓN	0,013 - 0,017
HORMIGÓN REVESTIDO CON GUNITA	0,016 - 0,022
ENCACHADO	0,20 - 0,030
PAREDES DE HORMIGÓN, FONDO DE GRAVA	0,017 - 0,020
PAREDES ENCACHADAS, FONDO DE GRAVA	0,023 - 0,033
REVESTIMIENTO NITUMINOSO	0013 , 0,016
CUNETAS Y CANALES SIN REVESTIR	**NUMERO DE MANNING**
EN TIERRA ORDINARIA, SUPERFICIE UNIFORME LISA	0,020 - 0,025
EN TIERRA ORDINARIA, SUPERFICIE IRREGULAR	0,025 - 0,035
EN TIERRA CON LIGERA VEGETACIÓN	0,035 - 0,045
EN TIERRA CON VEGETACIÓN ESPESA	0,040 - 0,050
EN TIERRA EXCAVADA MECANICAMENTE	0,028 - 0,033
EN ROCA, SUPERFICIE UNIFORME Y LISA	0,030 - 0,035
EN ROCA, SUPERFICIE CON ARISTAS E IRREGULARIDADES	0,035 - 0,045

[5]http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/Residuales_Contenido_en_linea/leccin_2__principios_de_mecnica_de_fluidos_e_hidrulica.html.

Para el caso el lugar de estudio se tomó como coeficiente n de manning el valor de 0.015 que corresponde a cunetas revestidas de hormigón.

Talud (Z):

El valor de la pendiente de talud se asume de 1, de tal forma que el flujo lateral de ingreso al canal se realice a un ángulo de 45°

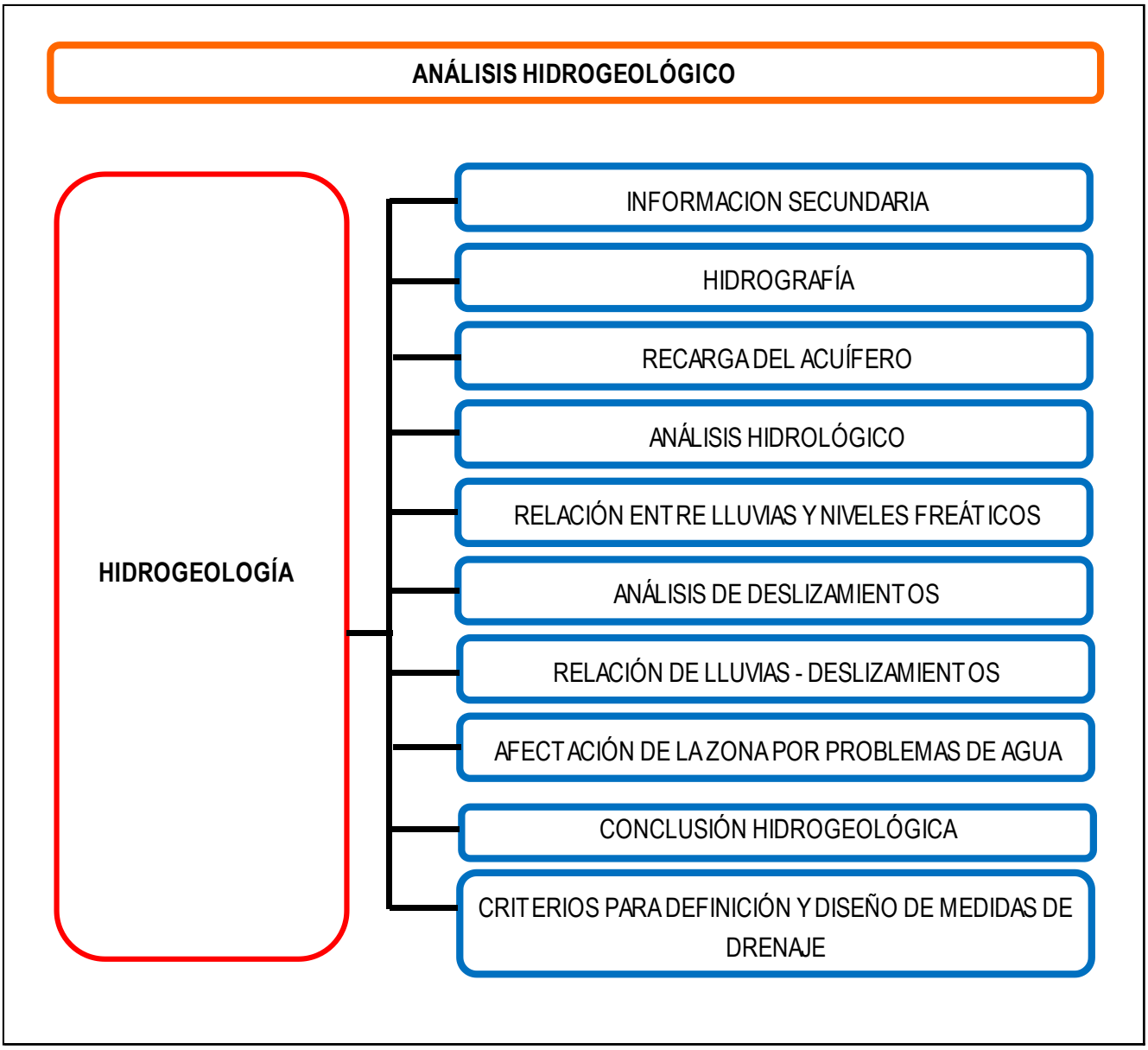
Ancho de Solera (B):

Para este caso se considera de 20 cm de tal forma que sea fácil de construir ya que se acopla a herramientas manuales comunes y a la fácil movilidad del obrero debido a que la excavación formara una base de 34 cm sobre el terreno natural.

Pendiente:

Esta se acopla con base al terreno, como se define la cuneta para captación de zona específica, esta se construirá de acuerdo con lo establecidos por el Manual de Drenaje para carreteras del INVIAS

8. HIDROGEOLOGÍA



8.1. IINFORMACIÓN SECUNDARIA

- **Colombia, Ministerio de Minas y Energía, INGEOMINAS-UIS: MEMORIA EXPLICATIVA DE LA INVESTIGACION GEOLOGICA E HIDROGEOLOGICA EN EL MACIZO DE SANTANDER (2007).** Este estudio se realizó en un área de 134 km2 (ver siguiente figura), cuyo objeto se referencia en estudiar el macizo de Santander como zona de recarga para abastecer a la población de agua potable debido a las limitaciones que existen, en él se evalúa un balance hídrico a largo plazo. Se plantea finalmente un modelo conceptual de recarga y circulación de agua subterránea a través de la zona del Macizo de Santander, teniendo en cuenta la complejidad estructural de toda el área, la distribución litológica y la presencia de importantes espesores de roca meteorizada. Estos tres aspectos se constituyen como protagonistas del proceso de infiltración y flujo del agua en el Macizo de Santander. Para el presente estudio se contará con el uso del modelo de recarga y circulación del flujo para comparar con lo encontrado en cada sector en estudio.

- **INGEOMINAS, Modelo Geológico - Geofísico para el área metropolitana de Bucaramanga (2004).** En este estudio se hace una recopilación de sondeos eléctricos verticales realizados por el INGEOMINAS en 2001 y 2002 mostrando un modelo geo-eléctrico preliminar, que nos sirve como base para observar el comportamiento en las diferentes zonas en estudio.

- **INGEOMINAS, EVALUACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, SANTANDER A ESCALA 1:25000:** En este estudio a partir de análisis de inventarios de puntos de recolección de aguas en diferentes zonas del área metropolitana pudieron encontrar diferentes tipos de acuíferos:

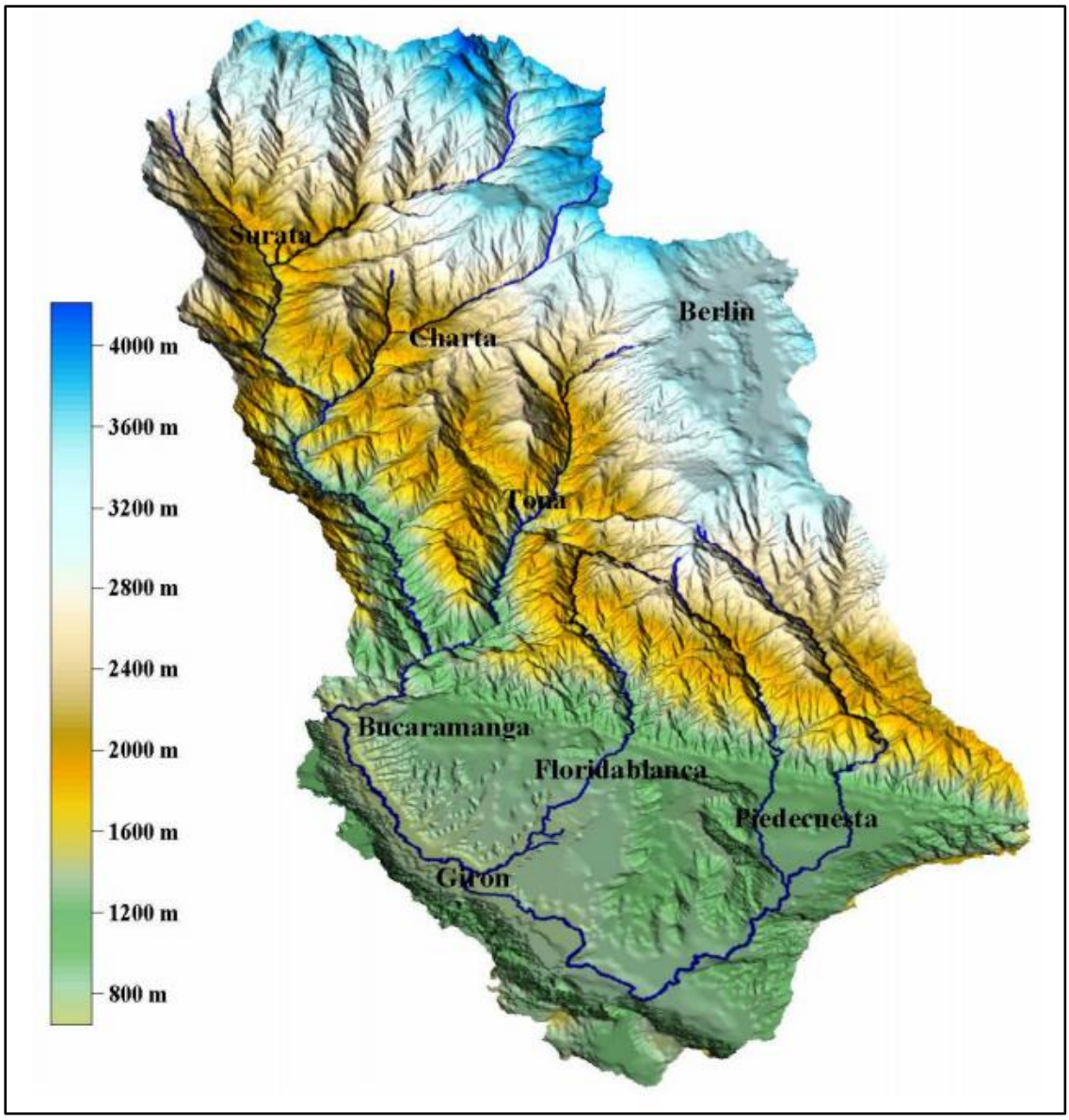


Ilustración 63 Localización cuenca en estudio con un área de 464km^2. Tomado de INGEOMINAS, 2007.

- Acuífero Órganos: Este acuífero fue captado por 13 pozos de los cuales 6 de ellos se tienen lecturas de niveles estáticos del agua subterránea. Los niveles se encuentran entre 3.2 a 37.5 m, encontrándose los niveles más profundos hacia la parte occidental del acuífero, es decir, hacia la escapa occidental de la ciudad de Bucaramanga. Este también fue captado por 6 aljibes de los cuales 5 de ellos se tienen lecturas de niveles estáticos del agua subterránea. Los niveles se encuentran a profundidades que fluctúan entre 0.1 a 19 m y al igual que sucede

con los niveles estáticos medidos en los pozos, los niveles más profundos se encuentran hacia la parte occidental del acuífero.

- Acuífero Gravoso: Se encuentran 12 pozos de los cuales para 7 de ellos se tienen lecturas de niveles estáticos del agua subterránea. Los niveles se encuentran a profundidades que van de 2.65 a 22.2 m; al igual que para el acuífero Órganos los niveles más profundos están hacia la parte occidental del acuífero, es decir hacia la escapa occidental de la ciudad de Bucaramanga.

- Acuífero Terrazas y depósitos aluviales: Captado por 19 aljibes de los cuales 17 de ellos se le puede medir el nivel estático. Los niveles varían entre 0 y 9.2m, predominando los niveles someros.

- Acuífero depósitos coluviales: Los niveles estáticos oscilan entre 1.4 a 13.7 m. en cuatro aljibes se pudo medir el nivel estático y va de 0.9 a 2.2 m.

- Acuífero Macizo de Santander: Se encuentra entre los 1400 a 3370 m, siendo 1600-200 m el intervalo de altura más predominante.

- Acuífero Girón: Captado por 11 pozos de los cuales a 6 de ellos fue posible medirles el nivel estático, el cual fluctúa entre 0.4 y 9.5 m.

- **CDMB - Gómez Sully. RELACIONES ENTRE NIVELES FREATICOS, PRECIPITACIONES Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES-1989:** Este estudio recopila información meteorológica, piezómetro e información de deslizamientos del área metropolitana de Bucaramanga con el fin de observar el comportamiento de los niveles con base en las precipitaciones y su influencia en la escarpa occidental en todo lo que tiene que ver con la ocurrencia de deslizamiento. Para el presente estudio la base y uso de información será de suma importancia ya que evalúa hidrogeológicamente la terraza de Bucaramanga, que el lugar donde se asienta el sector en estudio.

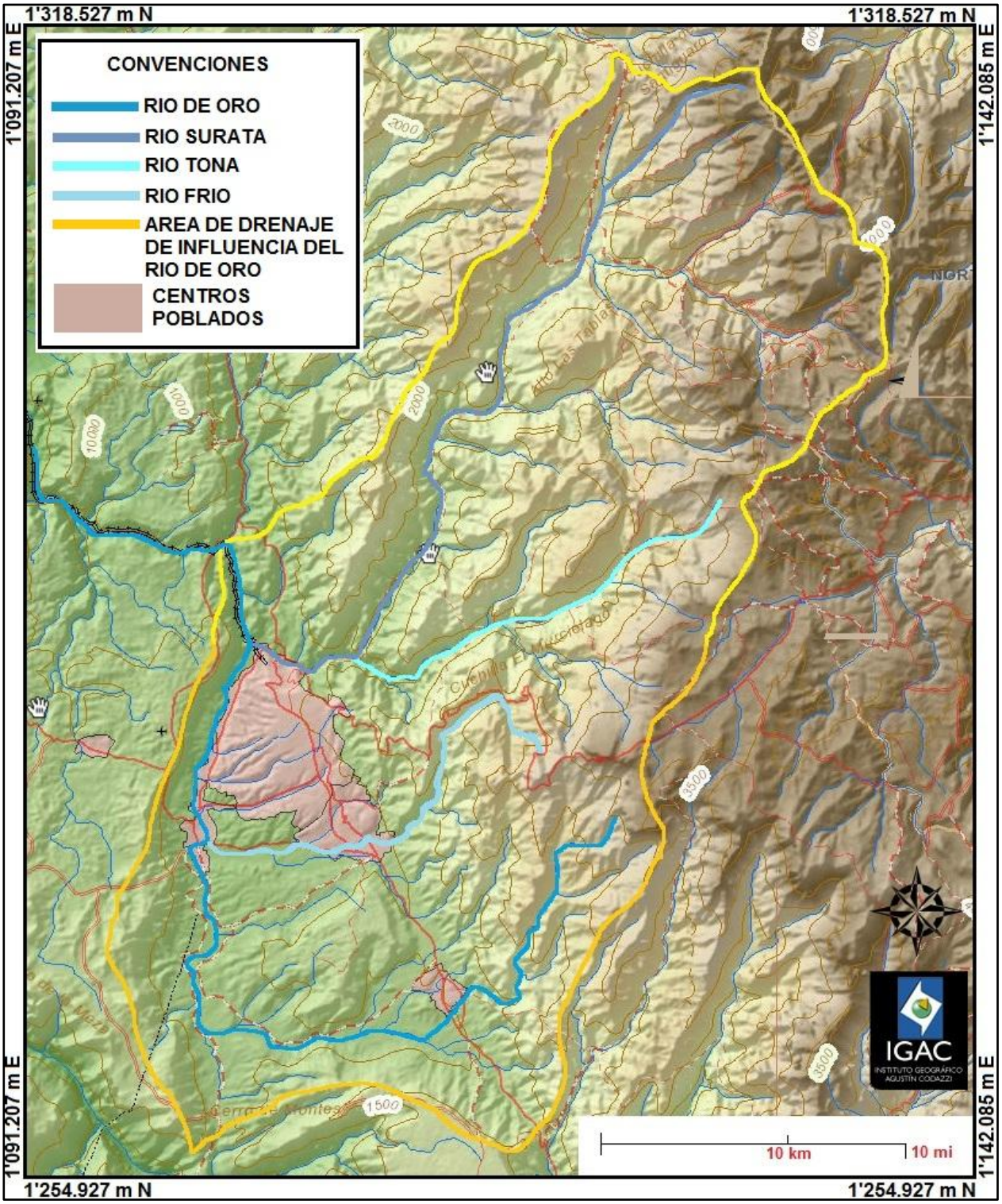


Ilustración 64 Mapa de localización de las principales afluentes de drenaje del área metropolitana de Bucaramanga y su área de influencia (Cuenca superior rio Lebrija. Fuente: IGAC – Autores).

8.2. HIDROGRAFÍA

Los ríos principales del área metropolitana de Bucaramanga son el Rio de oro, Surata, Toná, rio frio, y las quebradas de La flora, Honda, Chiquita, suratoque, La iglesia, Quebrada seca, Cacique, El Horno, san Isidro, Las Navas, La Rosita y Bucaramanga.

El rio de oro es uno de los más importantes que atraviesan el área metropolitana, según el POT de Bucaramanga, este se ubica en la escarpa occidental, nace en el macizo de Santander (Cordillera localizada al oriente de la falla de Bucaramanga – Santander donde quedan el páramo de santurban), desemboca en el los drenajes de Piedecuesta, la quebrada grande, suratoque y el rio loto, en la zona de girón recibe las aguas del rio frio, de la quebrada la iglesia, la quebrada chimita, la rosita que tiene como afluentes a la quebrada del loro y la quebrada seca que tiene a su vez a la quebrada la joya como afluente, estas últimas son los principales drenajes de la meseta de la ciudad de Bucaramanga, en el norte de la ciudad el rio de oro recibe al rio surata en el sector conocido como café Madrid, el cual tiene como afluente al rio toná y a la quebrada Honda, desde este sector a 8.0 Km agua abajo el rio de oro se une con el rio Negro formando el rio Lebrija en el corregimiento bocas del municipio de girón este último desembocando en el rio magdalena.

8.3. RECARGA DEL ACUÍFERO

Esta se realiza como consecuencia de las precipitaciones pluviales sobre el macizo de Santander, aunque no existe porosidad primaria en muchos de los casos ya que en este sector predominan rocas cristalinas debido al entorno geológico el cual está compuesto principalmente por unidades ígneo – metamórficas (Neis de Bucaramanga pEb – Ortogneis de Berlin pDo – Formación silgara pDs – Tonalita del páramo Rico TRt – Cuarzo monzonita de la corcova TRJc - Cuarzo monzonita de Santa Bárbara Jcs – Formación Girón Jg – Formación los Santos Kils – Formación Paja Kip y Formación Tablazo Kit) cuya porosidad y permeabilidad se limita a lo que puede ofrecer la meteorización y/o sistemas de fracturas presentes debido a la tectónica de la zona (porosidad secundaria)[6].

[6] INGEOMINAS – UIS Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander – 2007.

Para el lugar de estudio, el cual se encuentra sobre depósitos del cuaternario como es la formación Bucaramanga Qb, de origen Fluvial, esta cuenta con porosidad primaria, de acuerdo a BERMOUDES Y VASQUEZ; 2004 , los cuales mencionan a los miembros Órganos (Qbo) y miembro gravoso (Qbg) como formaciones de interés Hidrológico, por su grado de porosidad e infiltración, pueden conducir y en un momento dado almacenar agua en espesores pequeños, para toda la zona urbana de Bucaramanga la recarga se genera de dos formas, la primera de manera lateral, la cual capta todo el fluido proveniente del macizo de Santander en el contacto que se especifica por la falla de Bucaramanga y la segunda hace referencia a una recarga distribuida que se da en las zonas libre de construcciones o zonas verdes localizadas en la meseta.

8.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Para la zona de estudio, de acuerdo al análisis de precipitaciones para Bucaramanga, se considera como precipitación promedio 1289 mm por año la estación meteorológica base es la floresta, que registra una intensidad de 158.3 mm/h para una concentración de 10 min y un periodo de retorno de 50 años, así mismo en esta caracterización, se reconoce que la zona de estudio tiene un régimen bimodal, lo cual se analizó en el capítulo que evalúa la hidrología de la zona en estudio. En la siguiente figura se observa un esquema del modelo hidrológico de Bucaramanga.

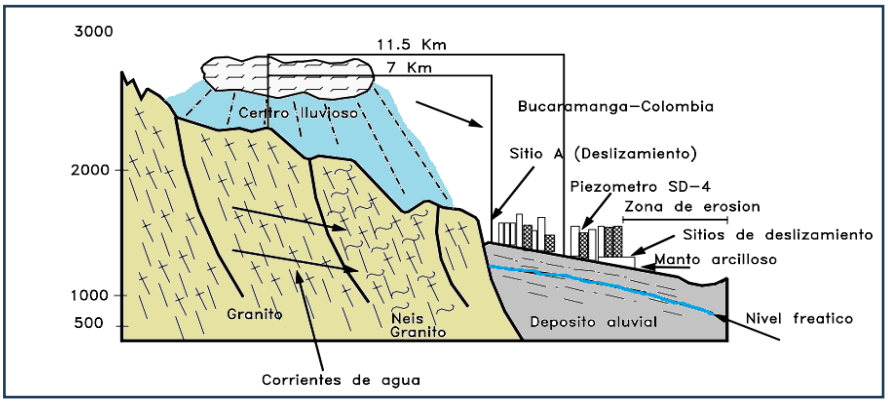


Ilustración 65 Esquema del modelo Hidrológico de Bucaramanga.[7]

[7] Tomado de Suarez Jaime. Libro de deslizamiento en zonas tropicales, capitulo 7: Lluvias, presión de poros y sus efectos.

En la figura anterior se generaliza el flujo de agua que se obtiene durante los procesos de infiltración primaria y secundaria que comienza en el masivo de Santander ingresando de manera lateral al depósito aluvial donde se ubica la zona de estudio y llega a la parte baja en la zona de Girón (Rio de Oro).

De acuerdo a ensayos registrados en el área metropolitana de Bucaramanga y a la formación aluvial descrita en el sector, se obtuvieron medidas de permeabilidad más bajos, 0.00002 m/s, siendo el más típico 0.00010 m/s a grandes profundidades (CDMB - Gómez Sully 1989[8]), además de dar a conocer un coeficiente de almacenamiento el cual es de 0.00611 y una transmisibilidad de 0.0003 m^2/s, determinándose una porosidad de 30% aproximadamente, los valores anteriores son obtenidos de una prueba de bombeo realizado y tomado del estudio de referencia.

Al comparar el ensayo de percolación realizado actualmente en la zona de estudio con los valores típicos mostrado en estudios anteriores, es posible deducir en superficie el alto contenido de infiltración el cual se reduce conforme se aumenta en profundidad, lo mismo ocurre con la porosidad ya que en superficie es superior.

En condiciones generales, cuando existe un evento de lluvia de manera normal o critica, dentro de suelo se genera un frente húmedo, el cual dependerá del grado de saturación, permeabilidad y porosidad, conociendo estas condiciones, se determina su velocidad de acuerdo a lo siguiente:

$$v = \frac{k}{(1 - S) * n}$$

8.5. RELACIÓN ENTRE LLUVIAS Y NIVELES FREÁTICOS

De acuerdo al estudio “Relaciones entre Niveles freáticos, precipitaciones y su influencia en la estabilidad de taludes”, durante el análisis el cual se realiza mediante la medición de precipitaciones

[8] CDMB - Gomez Isidro, Sully. Relaciones entre Niveles freáticos, precipitaciones y su influencia en la estabilidad de taludes

y el nivel freático en diferentes sectores del área metropolitana de Bucaramanga, se observa el incremento de los niveles piezómetros debido a eventos de lluvia, este incremento del nivel freático sucede dos meses después de ocurrida la precipitación para la zona occidental de la meseta y de manera inmediata para la zona oriental, esto se atribuye al espesor de la capa de la formación Bucaramanga, la cual es amplia al occidente y además por la presencia de la falla Bucaramanga que se encuentra al oriente y que genera mayor fracturamiento de las formaciones.

8.6. ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS

De acuerdo a los modelos hidrogeológicos, el agua infiltrada corre de oriente a occidente con un gradiente hidráulico bajo y paralela al terreno, cuando se acerca a la zona de escarpa, el gradiente aumenta y se presentan afloramientos.

Los afloramientos se presentan de dos tipos, el primero ocurre por encima o en el pie del talud, por lo cual allí se presentan mayores velocidades de flujo y fuerzas de filtración, generándose una zona crítica por la cual se debilita la superficie de contacto produciendo caídos de suelo.

El segundo tiene que ver con la obstrucción de la salida del afloramiento por depósitos de deslizamientos recientes (Coluviones). El agua fluye saturando dichas masas, produciendo así un movimiento paulatino, generando perdida de soporte del talud que soportaba el coluvión y generando fallas de corte que desembocan en un fracturamiento del terreno que favorecen en un caso dado el proceso de infiltración agilizando el deslizamiento.

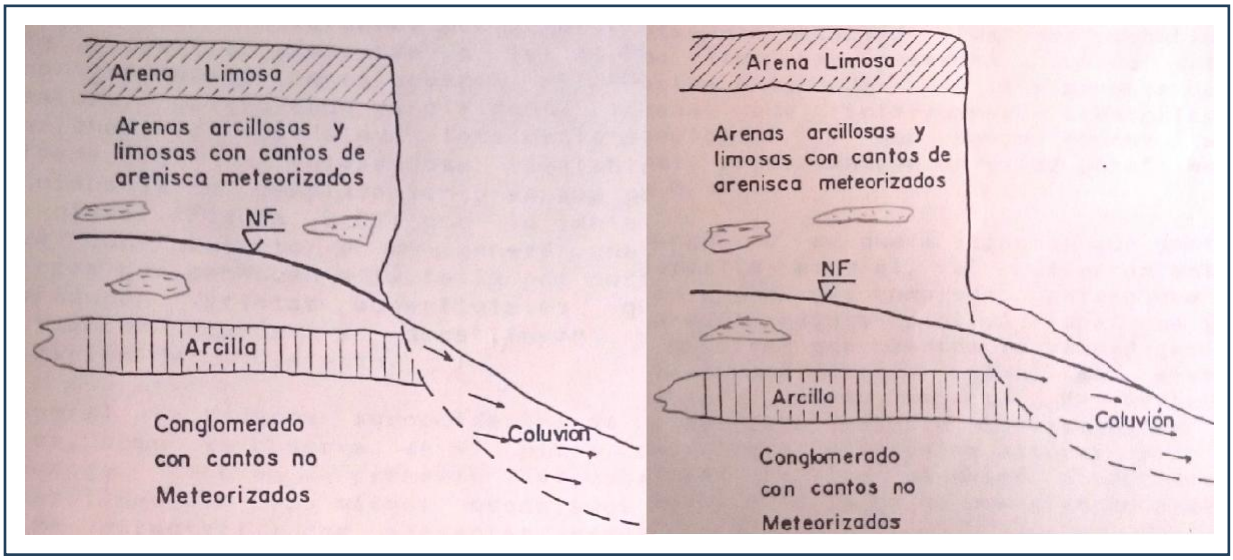


Ilustración 66 Mecanismos de falla (CDMB-Gómez Sully-1989)

Para la zona de estudio no se tiene evidencia la presencia de grandes masa de coluvión, así mismo no se evidencia la existencia de afloramientos, por lo que es poco probable la presencia de fallas causada por el acuífero existente o por saturación total del suelo, pero la falla tipo que se puede presentar si es una falla de corte que genere caídos de suelo, ya que es posible la creación de grietas de tensión generadas por los esfuerzos de cimentación debido a la cercanía de viviendas a la escarpa del sector. De acuerdo a Rankine la profundidad de la grieta a tensión se estima mediante la siguiente formula:

$$Z_{CRIT.} = \frac{2 * C}{\gamma \sqrt{\tan\left(45 - {}^{\varphi}/_{2}\right)^{2}}}$$

8.7. RELACIÓN DE LLUVIAS - DESLIZAMIENTOS

De acuerdo al estudio de la CDMB –Gómez Sully de 1989, se evidencia en el análisis de frecuencia de las lluvias en el área metropolitana de Bucaramanga y la frecuencia de los deslizamientos, se concluyó que el deslizamiento ocurre en épocas de verano y no en las épocas de lluvia, se presenta cuando han trascurrido 2 o 3 meses de la lluvia más representativa del periodo de precipitación, y en su mayoría se asocian a lluvia presentadas en periodos secos.

Para la zona de Bucaramanga (el sector de la meseta) y donde existen depósitos aluviales (Girón, Floridablanca y Piedecuesta) los deslizamiento se presenta en periodos entre abril a junio o en agosto a noviembre, son productos del aumento de acuífero que en algunas ocasiones provoca un debilitamiento de la superficie generando fallas de tensión, y en muchas ocasiones al someterse a una precipitación no considerada, genera el deslizamiento al ocurrir mayor infiltración y saturación de las grietas, provocando desprendimientos de suelos.

8.8. AFECTACIÓN DE LA ZONA POR PROBLEMAS DE AGUA

Durante el recorrido por los taludes descubiertos de la zona de estudio, no se evidencio problemas severos de inestabilidad por afloramientos de agua, se encontró problemas de erosión superficial leve por ausencia de capa vegetal.

8.9. CONCLUSIÓN HIDROGEOLÓGICA

De acuerdo a lo recopilado tanto en campo como en estudios anteriores se reconoce que el área metropolitana de Bucaramanga es de interés Hidrogeológico, reconociendo zonas potenciales de recarga por precipitación y procesos de infiltración primaria y secundaria.

La infiltración primaria se relaciona con los depósitos aluviales que se encuentran en la zona de la meseta reconocida por el servicio geológico como Formación Bucaramanga (Qb), la cual contiene dos miembros potenciales de almacenamiento y conducción de agua como son miembro órganos (Qbo) y miembro gravoso (Qbg).

La infiltración secundaria tiene que ver con el macizo de Santander y la influencia de la falla de Bucaramanga sobre este, ya que las fracturas de la roca y el grado de meteorización por tectonismo contrarrestan la baja porosidad de las formaciones localizada en el lugar.

Se define en el modelo hidrogeológico que el flujo de agua va de oriente a occidente, siendo parte impórtate del flujo base del rio de Oro, así mismo se reconoce que los procesos de infiltración generados durante los periodos de lluvia causan variaciones en los niveles freáticos asociados al acuífero y con una reacción de dos (2) meses después de acontecido el evento, haciendo énfasis a la zona occidental de la meseta ya que es allí donde existe el mayor espesor aluvial.

Debido a la existencia de flujo dentro del suelo, en las zonas de escarpe durante los años se han generado desprendimiento que pueden ser asociados al aumento y variación de los niveles freáticos después de un evento de lluvia, dicha variación no ha superado los dos metros de altura en el aumento

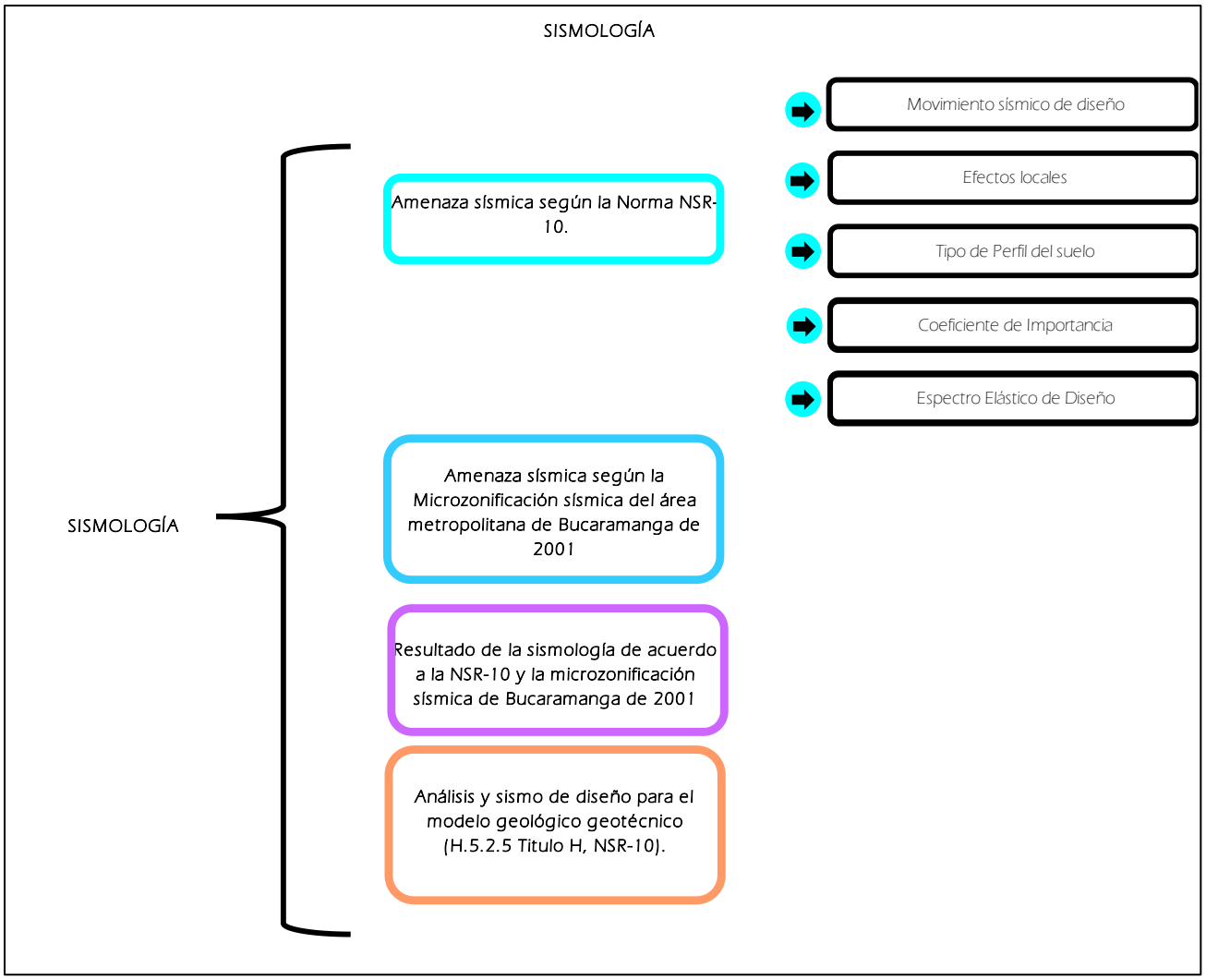
de nivel. Se asocian los deslizamientos a las precipitaciones en la zona principalmente por el afloramiento que se produce del acuífero en zonas de escarpa, dicho afloramiento genera debilitamiento de las propiedades del suelo, es decir produce inestabilidad de la base o intermedio del talud y causa un desprendimiento de la masa del suelo. Si no se produce el desprendimiento, simplemente se generaría un aumento de tensiones del suelo, lo que ocasiona grietas en la superficie, dicho fenómeno ayudara a activar la inestabilidad y producirá falla cortante inmediata cuando exista otro evento de lluvia, pero en general los deslizamientos asociados a los eventos de lluvia en el sector se producen en los meses de verano ya que la reacción del agua subterránea se genera entre dos a tres meses después de generada la precipitación.

Como la influencia sobre el talud es por precipitación, se tomará el tiempo de concentración hallado en el capítulo de análisis hidrológico para determinar ciertas características del frente húmedo el cual es la masa de agua que por efectos de la gravedad ingresa al suelo. El ingreso del frente húmedo al suelo solo se realizar por zonas descubiertas, de acuerdo al análisis de uso o cobertura del suelo, se determinó que más del 50% del área corresponde de zonas arbustivas o arbóreas, entre otras y lo demás corresponde a zona urbana, por lo cual la incidencia de la lluvia solo se presentara en la zona donde existe el escarpe, que es la única superficie no construida y que en ciertos sectores tiene deficiente cobertura vegetal, luego la incidencia de la precipitación se ve reflejada en procesos de erosión superficial o en fenómenos de desprendimiento de masa de suelo, sobre todo en el sector donde el talud es más vertical, ya que allí se generan grietas de tensión producto de las cargas de las viviendas emplazadas en el lugar, las cuales pueden ser infiltradas más rápidamente y producir la falla de corte del bloque de suelo.

8.10. CRITERIOS PARA DEFINICIÓN Y DISEÑO DE MEDIDAS DE DRENAJE

Debido a que en la zona no existen afloramientos de agua, más del 50% del área se encuentra descubierta y es propensa a generar infiltraciones, así mismo la mayor parte de la zona se encuentra como cara del escarpe, se recomienda seguir todos los criterios determinados desde el punto hidráulico ya que las medidas de drenaje que se tengan que proponer más adelante dentro de este estudio serán de control superficial.

9. SISMOLOGÍA



En el desarrollo del presente estudio, se analizaron condiciones especiales del subsuelo con el fin de efectuar modelamientos geotécnicos que contemplen los parámetros sísmicos de diseño, por lo cual se han desarrollado metodologías para la determinación de este comportamiento, por medio de fuerzas estáticas ideales, que representan el comportamiento del máximo pico de un sismo probable de acuerdo a la norma NSR 10.

Como no es viable efectuar estudios de efectos locales a todos los proyectos, debido a su complejidad y necesidad de parámetros dinámicos, que son costosos, el estado colombiano ha adoptado unas normas nacionales, donde se caracterizó, por medio de análisis regionales el comportamiento sísmico

de las zonas, de acuerdo a la estructura y actividad tectónica del área, donde se encuentra determinado municipio.

9.1. Amenaza sísmica según la Norma NSR-10.

Según las normas Colombianas de Diseño y Construcciones Sismo Resistente, NSR-10 el área metropolitana de Bucaramanga se encuentra en la región 5. (Ver Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de Aa.

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Tabla 23 Tabla A.2.3-2 Valor de Aa y de Av para las ciudades capitales de departamento

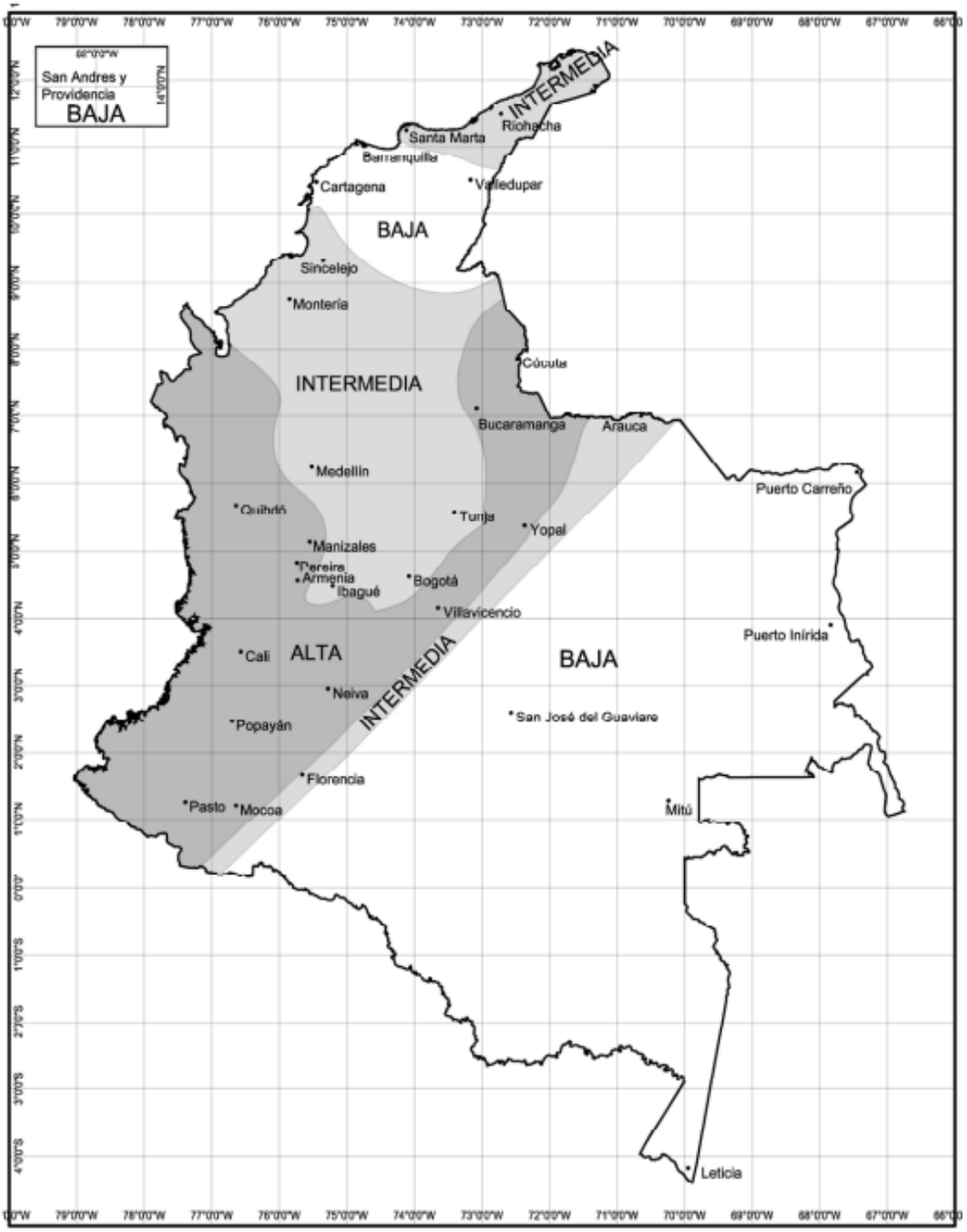


Ilustración 67 A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av

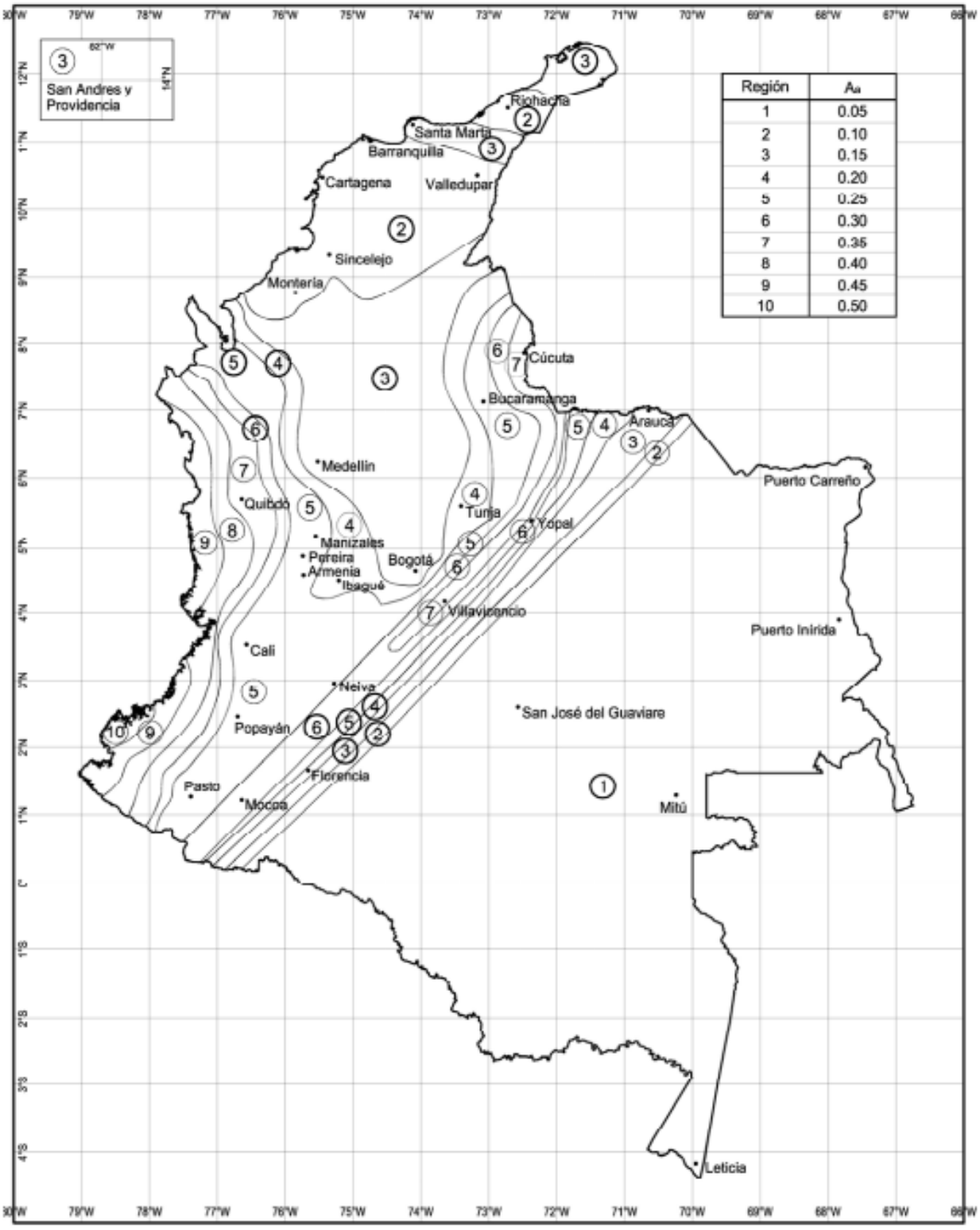


Ilustración 68 A.2.3-2 — Mapa de valores de Aa) (NSR-10)

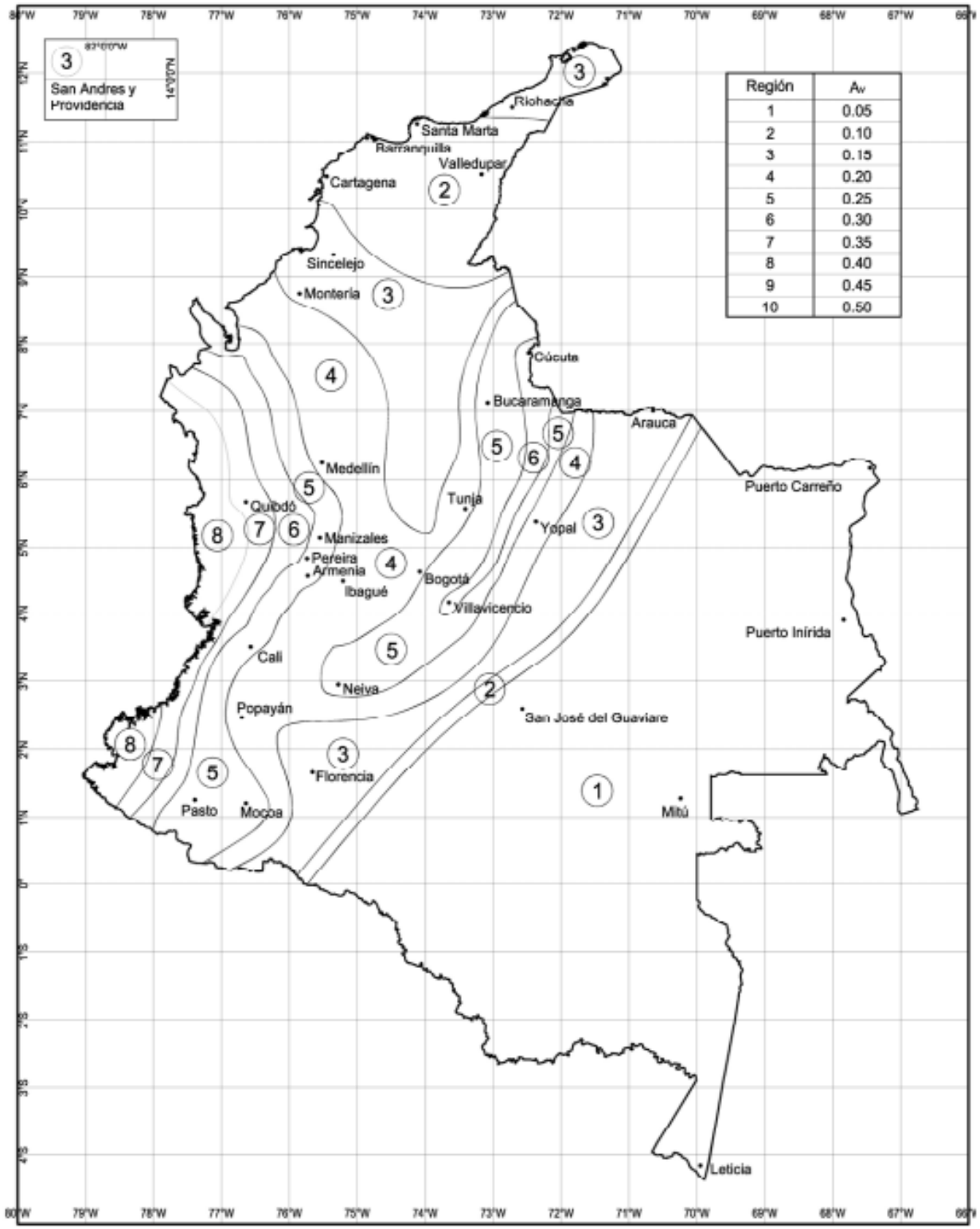


Ilustración 69 A.2.3-3 - Mapa de valores de Av) (NSR-10)

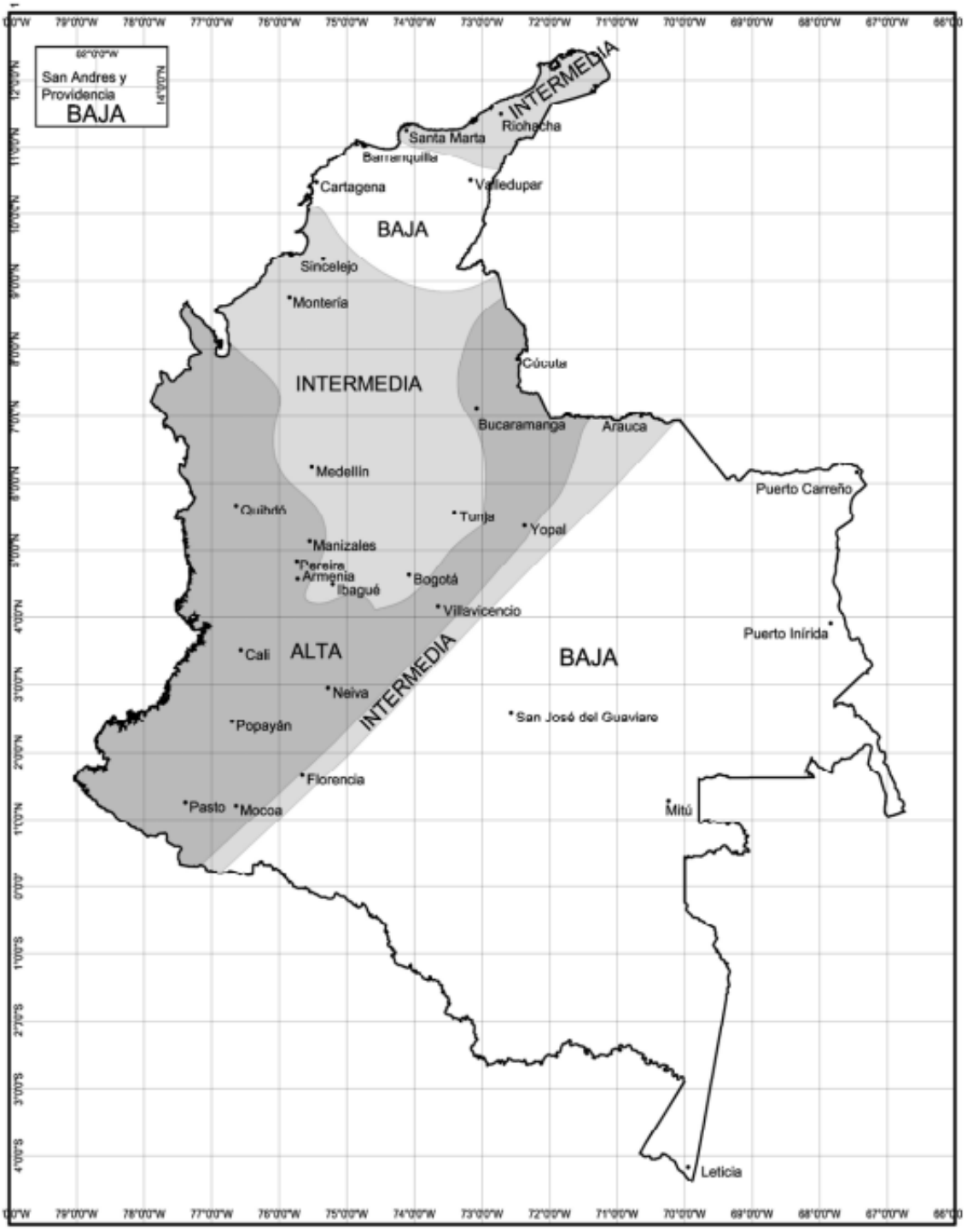


Ilustración 70 A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av (NSR-10)

Según lo anterior, el sector de estudio se define como amenaza sísmica alta. (Ver ilustración A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av). Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2. Av = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2. Ad= coeficiente de umbral de daño.

Con el propósito de modelar estas cargas pseudo estáticas probables, se consultaron los parámetros obtenidos del estudio a nivel nacional, realizado por la norma Sismo Resistente Colombiana NSR 10, para ingresarlos en los modelos de estabilidad geotécnica. Esta norma recomienda tener en cuenta solo la fuerza pseudo estática horizontal, ya que es la que más aporta solicitación en un evento sísmico, las demás direcciones se omiten.

Mayor valor entre Aa y Av	Asociado en mapas de las figuras A,2,3-2 y A,2,3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0,50	10	Alta
0,45	9	Alta
0,40	8	Alta
0,35	7	Alta
0,30	6	Alta
0,25	5	Alta
0,20	4	Intermedia
0,15	3	Intermedia
0,10	2	Baja
0,05	1	Baja

Tabla 24 Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de A

Los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectiva, representada por el parámetro Aa, y de la velocidad pico efectiva, representada por el parámetro Av, para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años. Los valores de estos coeficientes para el Municipio de Bucaramanga, son:

Departamento	Municipio	Cod Municipio	Aa	Av	Z A S	Ae	Ad
Santander	Bucaramanga	68001	0,25	0,25	Alta	0,15	0,09

Tabla 25 Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de A (NSR10)

MUNICIPIO	Bucaramanga
DEPARTAMENTO	Santander
Aa	0,25
Av	0,25

Tabla 26 Nivel de amenaza sísmica para el sector de Estudio según el municipio en el que se ubica Aa y de A (NSR10)

9.1.1. Efectos locales

El perfil de suelo debe ser determinado por el ingeniero geotecnista a partir de unos datos geotécnicos debidamente sustentados.

9.1.2. Tipo de Perfil del suelo.

Se determinan dos factores de amplificación del espectro por efectos de sitio, Fa y Fv; Fa = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional. Fv = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	Vs ≥ 1500 m/s
B	Perfil de roca de rigidez Media	1500 m/s > Vs ≥ 760 m/s
C	Perfil de suelos muy densos o roca blanda	760 m/s > Vs ≥ 360 m/s
		N≥ 50 - Su ≥ 100 Kpa
D	Perfil de suelos rígidos	360 m/s > Vs ≥ 180 m/s
		50> N ≥ 15 - 100 Kpa > Su ≥ 50 Kpa
E	Suelos que cumplan con el criterio de Vs	180 m/s > Vs
	Espesores H mayores a 3m de arcillas bandas	IP>20 - w≥ 40% - 50 Kpa > Su
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: - F1: Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como Suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados. - F2: Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H> 3m de estos materiales). - F3: Arcillas de muy alta plasticidad (H> 7.50m con IP>75). - F4: Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H>36).	

Tabla 27 A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo (NSR10)

De acuerdo a las características geológicas del terreno sobre el área de análisis, este se caracteriza por poseer un perfil de suelo TIPO C (perfil de suelos muy densos o roca blanda). Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse con base en los perfiles de suelo dados en el presente estudio independientemente del tipo de obra proyectada.

Tipo de Perfil	INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS SISMICOS				
	Aa≤ 0,1	Aa=0,2	Aa=0,3	Aa=0,4	Aa≥ 0,5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Véase nota	Véase nota	Véase nota	Véase nota	Véase nota

Tabla 28 A.2.4-3 Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro. suelo (NSR10)

Tipo de Perfil	INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS SISMICOS				
	Av≤ 0,1	Av=0,2	Av=0,3	Av=0,4	Av≥ 0,5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Véase nota	Véase nota	Véase nota	Véase nota	Véase nota

Tabla 29 A.2.4-4 Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios del espectro.suelo (NSR10)

PERFIL DEL SUELO	D
Fa	1,3
Fv	1,9

Tabla 30 Tipo de suelo de acuerdo al título A de la NSR-10, tabla A.2.4-1 y valores de Fa (tabla A.2.4-3) y Fv (tabla A.2.4-4) suelo (NSR10)

9.1.3. Coeficiente de Importancia.

Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1,50
III	1,25
II	1,10
I	1,00

Tabla 31 A.2.5-1Valores del coeficiente de importancia, I (NSR10)

Se define el grupo de tipo de uso de la estructura de mitigación que se plantee con su respectivo grupo y su coeficiente de importancia de la siguiente manera:

GRUPO DE USO	II
IMPORTANCIA	1,1
ZONA DE AMENAZA SISMICA	Alta

Tabla 32 Valores del coeficiente de importancia para el presente estudio (NSR10)

9.1.4. Espectro Elástico de Diseño.

La forma del espectro elástico de aceleraciones, para un coeficiente de amortiguamiento crítico de cinco por ciento (5%), que se debe utilizar en el diseño.

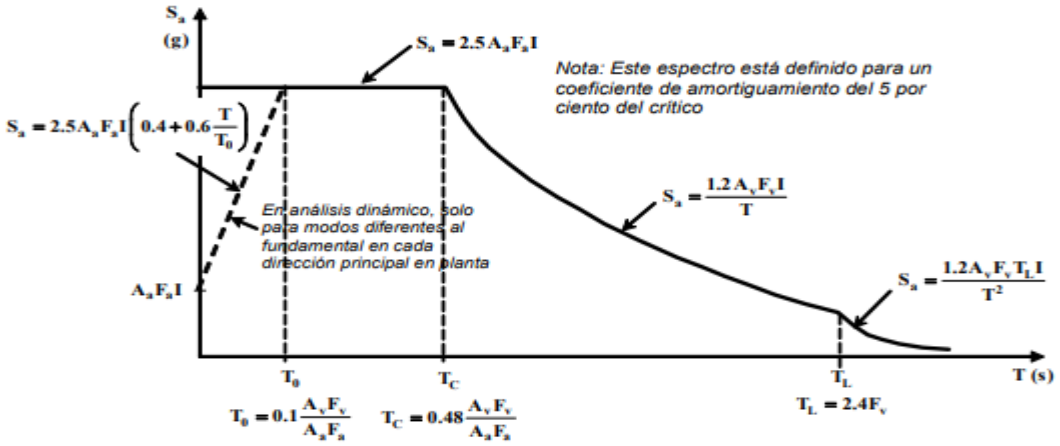


Ilustración 71 A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g (NSR-10)

	T	Sa
To	0,146	0
	0,146	0,894

	T	Sa
Tc	0,702	0
	0,702	0,894

	T	Sa
TL	4,560	0
	4,560	0,138

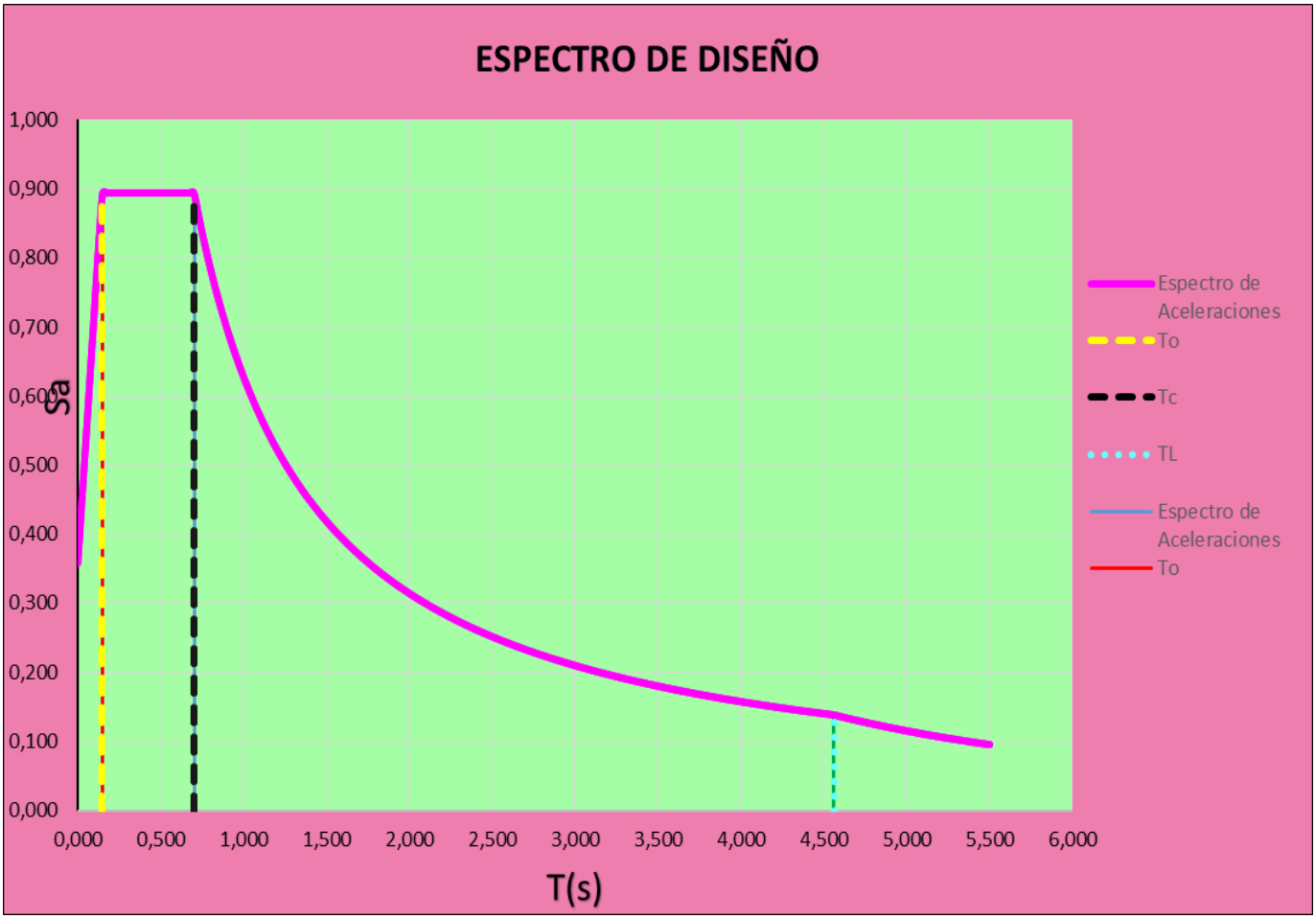


Ilustración 72 Espectro elástico de diseño

9.2. Amenaza sísmica según la zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (Junio de 2001).

En total son tres zonas de respuesta dinámica diferente para las cuales se pueden hacer las siguientes observaciones (Ver mapa de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa):

Zona 1 - Roca: Esta zona comprende los depósitos de roca correspondientes a la formación Girón (1G), cualquier depósito que se pueda considerar como roca pura (R), los depósitos considerados como roca blanda y/o suelos residuales competentes sobre manto rocoso, que comprende las zonas identificadas como 1N, 3 y 7. Teniendo una forma espectral y aceleraciones máximas similares a lo propuesto por la NSR98.

Zona 2 – Suelo Rígido: donde se encuentra la mayor parte de la población del área metropolitana de Bucaramanga, y corresponde a depósitos de suelo rígido y reúne las zonas geotécnicas 2, 4 y 5. Presenta aceleraciones espectrales máximas considerablemente altas. Dicha forma espectral, así como los valores máximos están en concordancia con la propuesta de la norma UBC97 para sitios donde efectos de campo cercano son esperados; tal y como podría ser el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Zona 3 - Llenos: corresponde a los llenos (6), que deben tener consideraciones especiales, dadas las aceleraciones espectrales tan altas obtenidas. Es pertinente mencionar que los datos geotécnicos para caracterizar estas zonas son muy pobres y como tal la incertidumbre de su respuesta dinámica es bastante elevada. Sin embargo, es de anotar que el espectro propuesto aquí ha sido reducido en su amplitud máxima. Es también importante aclarar que pueden existir llenos de menor tamaño que no han sido cartografiados.

Existen 2 zonas adicionales para las cuales no existe un espectro de respuesta debido a que se encuentran en zonas de áreas restringidas para su uso en edificación como son la zona de coluviones y las rondas de los ríos.

Con base en el estudio de microzonificación sísmica del Área Metropolitana de Bucaramanga de 2001, se sectoriza los valores sísmicos en tres zonas fundamentales debido a la cercanía de la falla Bucaramanga – Santa Marta.

	Zona 1 (Roca)	Zona 2 (Suelo Rigido)	Zona 3 (Llenos)
To (s)	0,10	0,05	0,15
Tc (s)	0,50	0,4	0,5
TL (s)	4,00	3,6	4
Am (g)	0,30	0,4	0,65
Sm (g)	0,63	0,9	1,25

Tabla 33 Parámetros de control para la construcción de espectros de diseño propuestos para el Área Metropolitana de Bucaramanga. (Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga)

La tabla anterior indica los datos inmersos en el desarrollo de los espectros de respuesta para las tres zonas de respuesta dinámica (Roca, Suelo Rígido y Llenos); a continuación, se describen las variables necesarias para construir el espectro:

Am: aceleración máxima del terreno en un periodo (T=0s),

Sm: valor máximo de aceleración espectral, el cual corresponde a la parte plana del espectro.

To: periodo que define el inicio de la parte plana del espectro.

Tc: periodo que define el final de la parte plana del espectro.

TL: Periodo posterior en el que las aceleraciones espectrales se vuelven constantes (Am/4).

En el siguiente mapa se establecen las diferentes zonas sismogeotécnicas dentro del estudio de Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga de 2001.

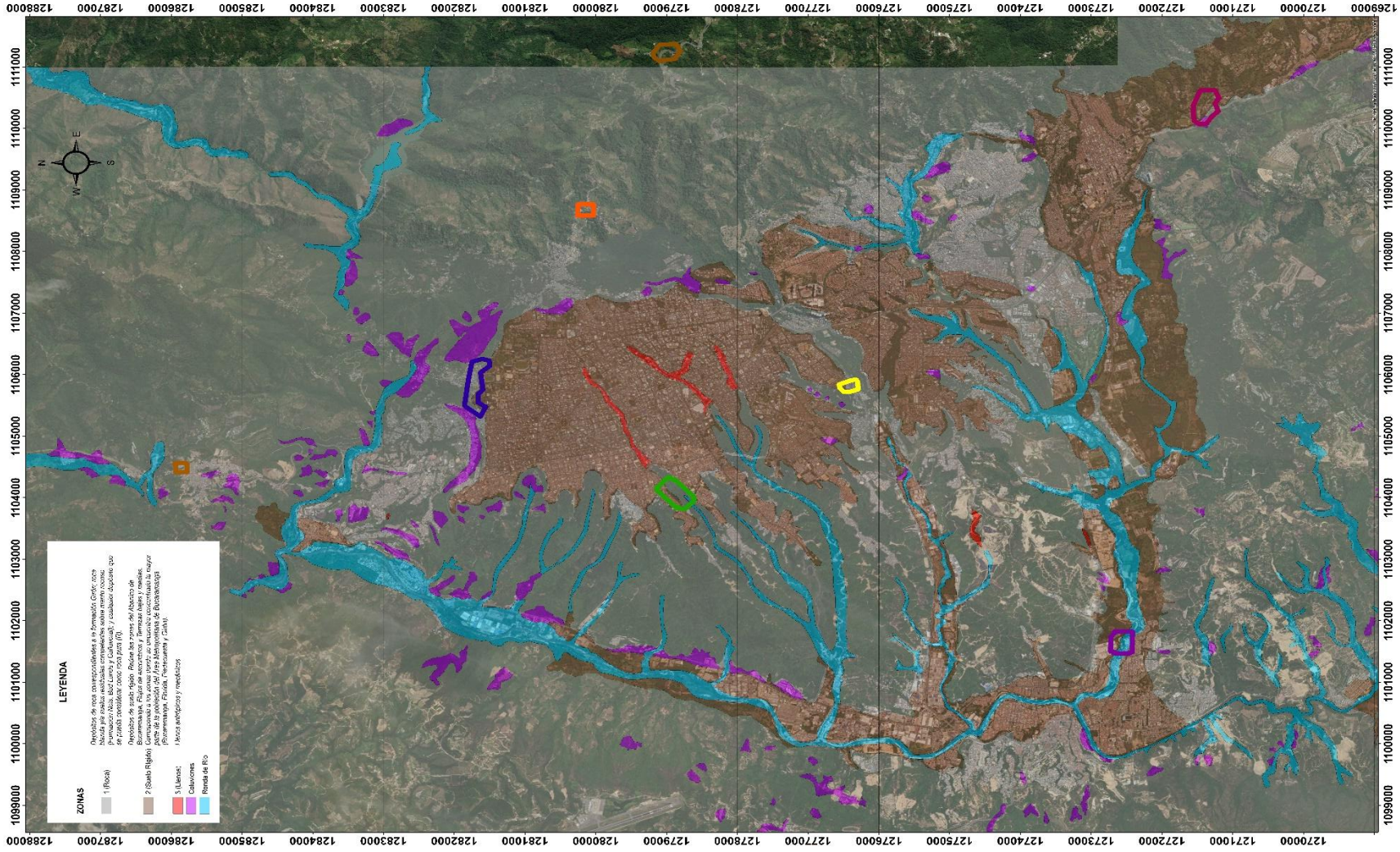


Ilustración 73 Mapa modificado de la Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga de 2001, Subdirección de amenazas Geoambientales (Servicio Geológico Colombiano anterior INGEOMINAS))

En el siguiente mapa se ubica la zona de estudio respecto a las diferentes zonas sismogeotécnicas dentro del estudio de Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga de 2001.

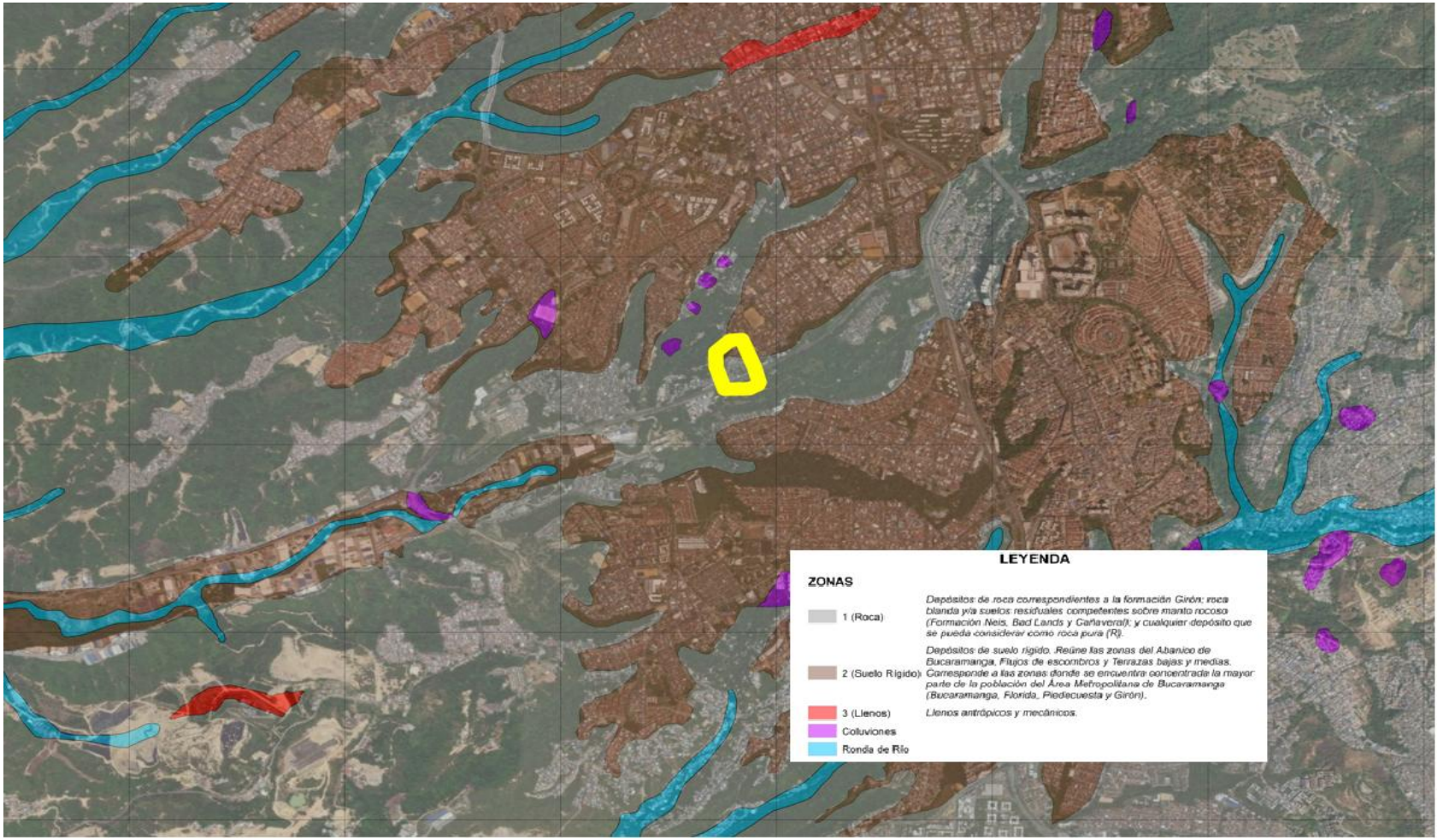


Ilustración 74 Ubicación área de estudio en el Mapa modificado de la Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga (Servicio Geológico Colombiano anterior INGEOMINAS)

9.2.1. Espectros de diseño propuestos para el Área Metropolitana de Bucaramanga.

A continuación, se muestran los espectros y la forma esquemática con la cual fueron desarrollados para las 3 zonas (Roca, Suelo Rígido y Llenos):

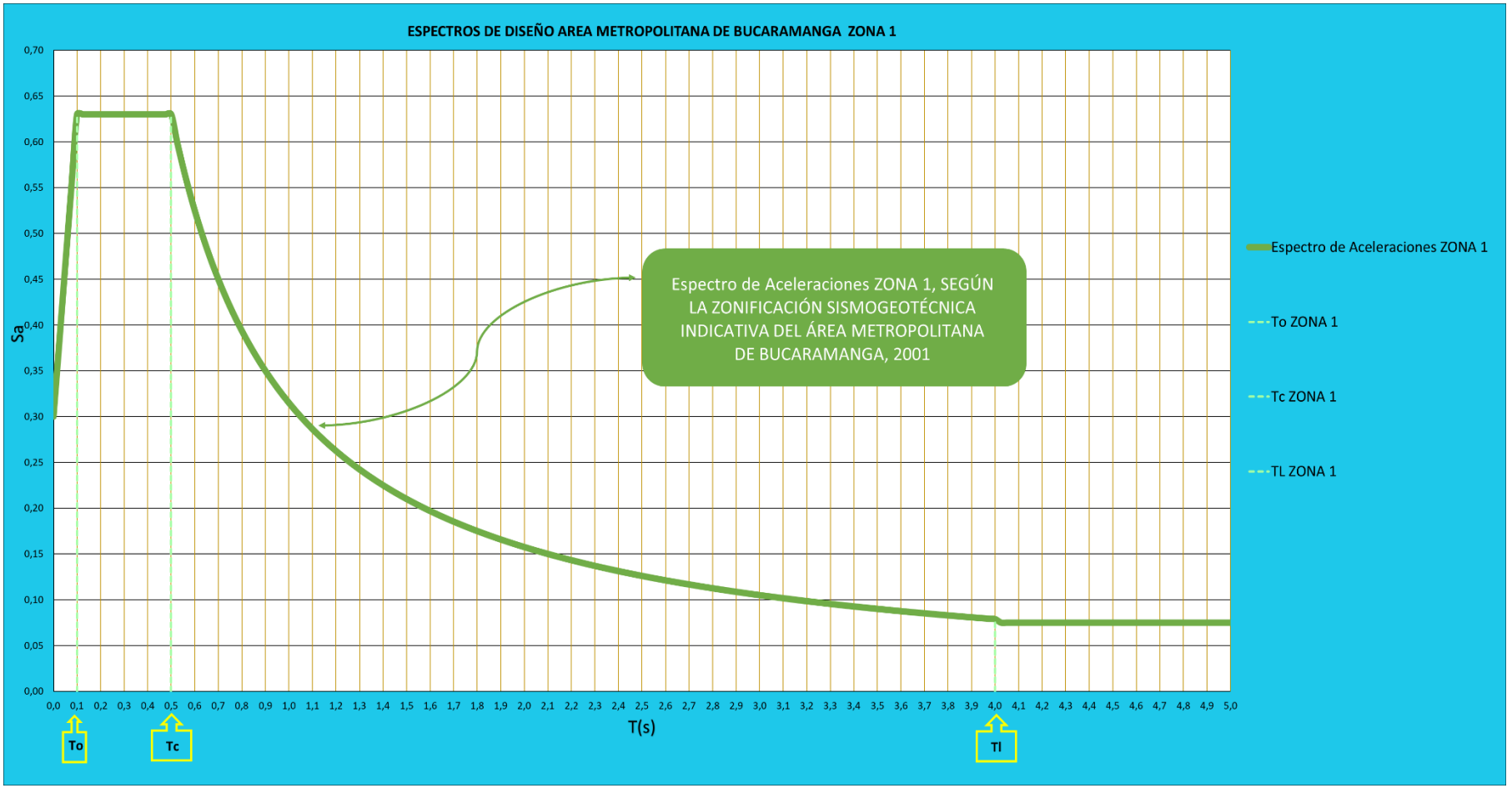


Ilustración 75 Espectro de diseño para la Zona 1 (Roca) en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

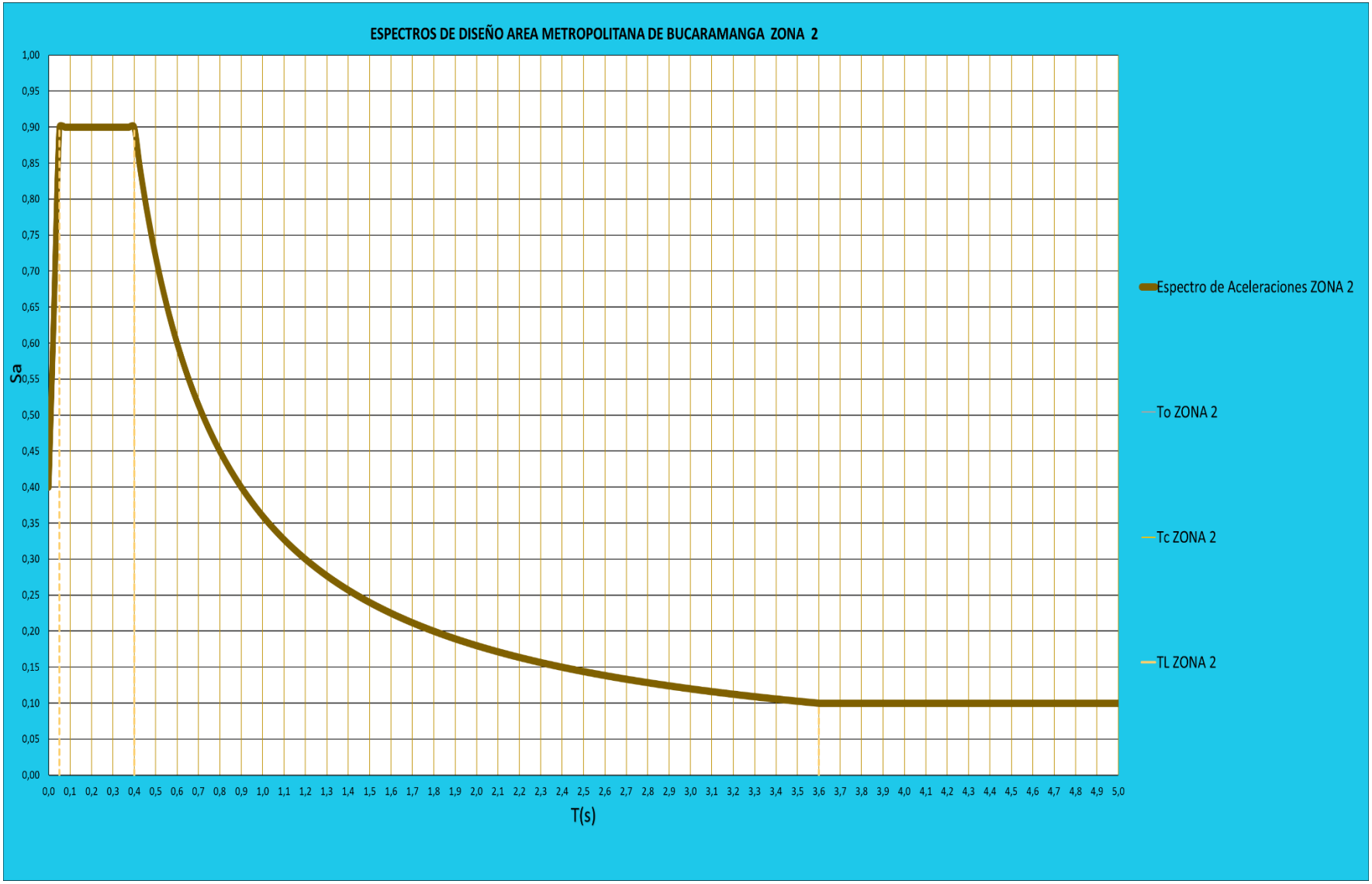


Ilustración 76 Espectro de diseño para la Zona 2 (Suelo Rígido) en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

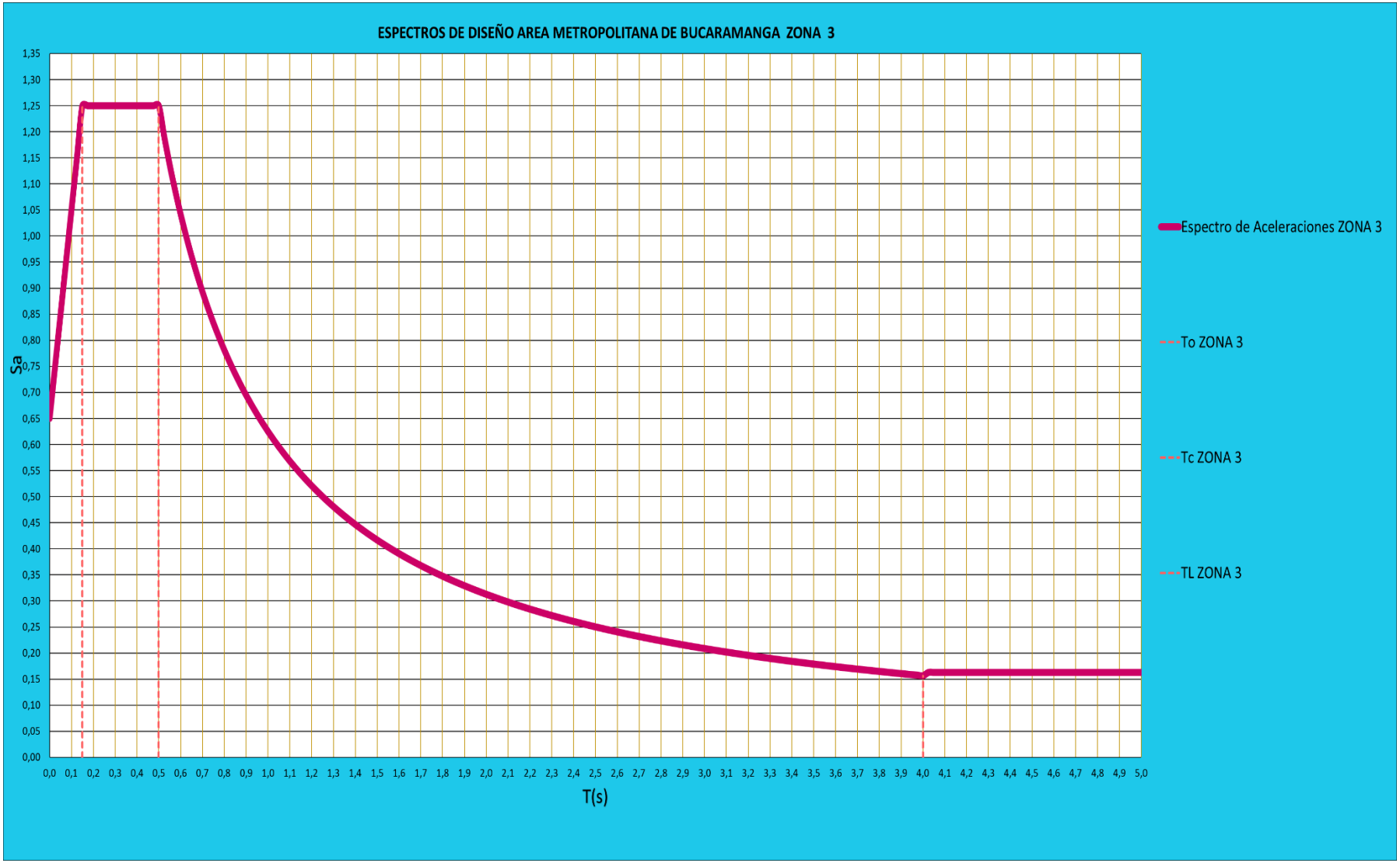


Ilustración 77 Espectro de diseño para la Zona 3 (Llenos) en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

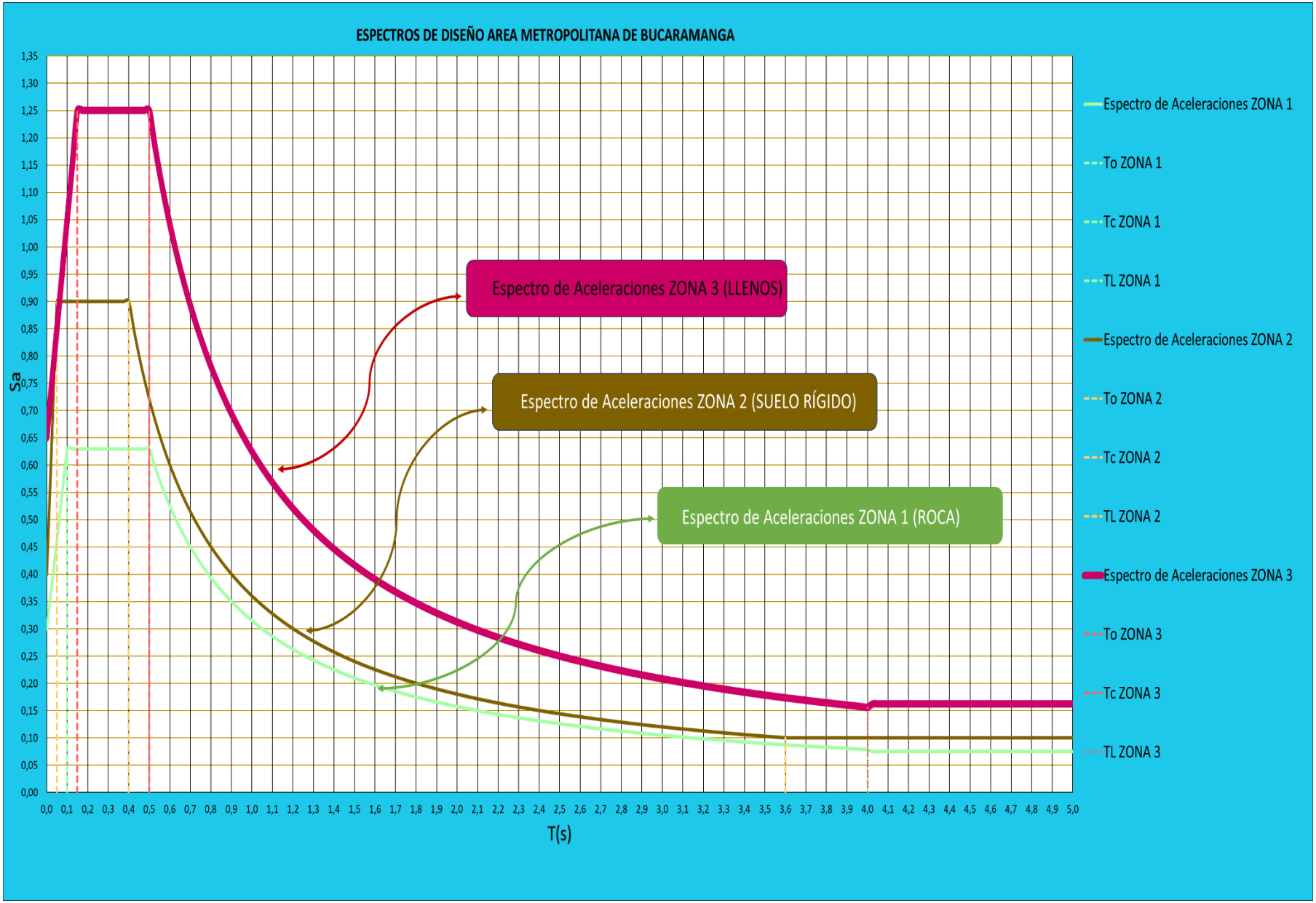


Ilustración 78 Espectro de diseño en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

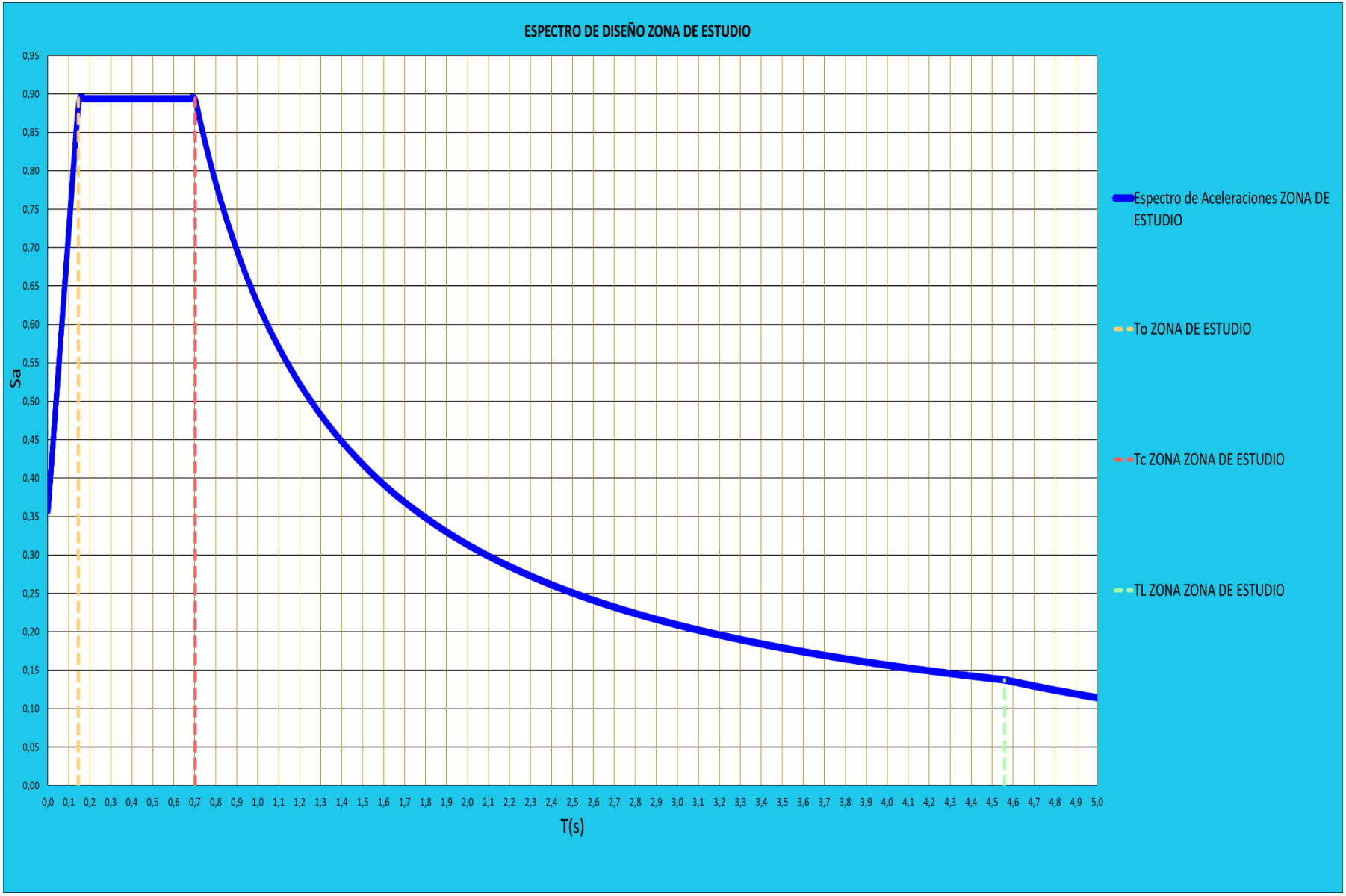


Ilustración 79 Espectro de diseño en zona de Estudio

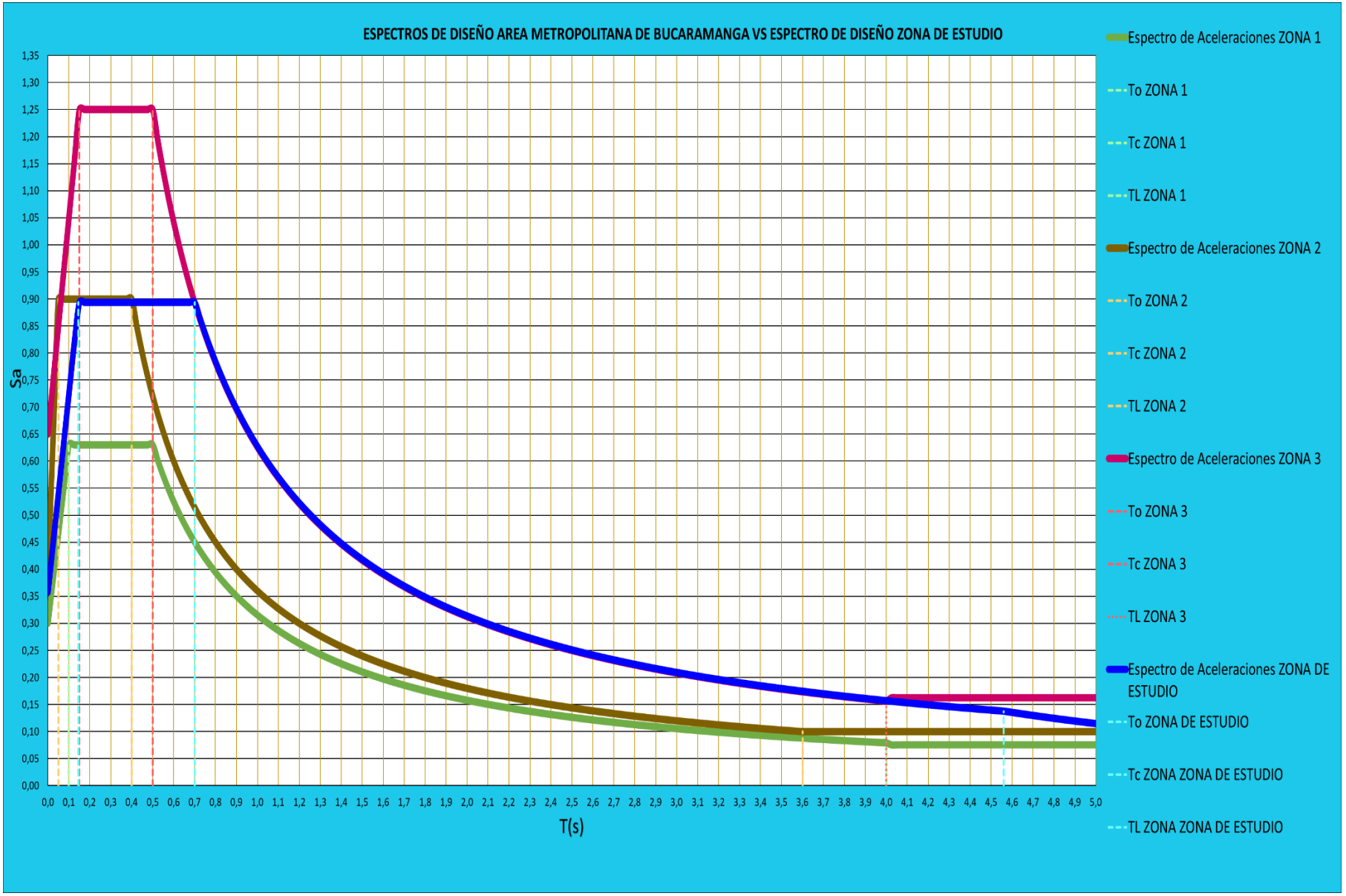


Ilustración 80 Espectro de diseño en el Área Metropolitana de Bucaramanga VS Espectro en zona de Estudio

Esta zonificación presenta un valor para el lugar de estudio de Am igual a 0,358 y según el espectro de diseño del Área metropolitana de Bucaramanga la aceleración máxima del terreno se encuentra entre 0.40g Y 0.30g ya que el sector de estudio se emplaza en el límite de la zonificación (Zona 1 y Zona 2); este último es superior al calculado según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10, por ende se establece el mayor para el diseño y caracterización sísmica en la zona de estudio.

9.3. Resultado de la sismología de acuerdo a la NSR-10 y la microzonificación sísmica de Bucaramanga de 2001.

De la zonificación sísmica se tienen en cuenta los siguientes valores para el sector de estudio:

MUNICIPIO	Bucaramanga
DEPARTAMENTO	Santander
Aa	0,25
Av	0,25
PERFIL DEL SUELO	D
Fa	1,3
Fv	1,9
GRUPO DE USO	II
IMPORTANCIA	1,1
ZONA DE AMENAZA SISMICA	Alta
	Mapa A.2.3-2 y A.2.3-3 (NSR-10)

Tabla 34 Resultados de análisis sismológico

9.4. Análisis y sismo de diseño para el modelo geológico geotécnico (H.5.2.5 Titulo H, NSR-10).

El sismo de diseño para el análisis Pseudoestatico en taludes se analiza de acuerdo a la aceleración sísmica máxima predominante, como se indicó anteriormente; el resultado respecto de la NSR – 10 establece un Amax de 0.4 g; por ende, se escoge este ya que es mayor al calculado (según la Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga) con un Amax de 0.358 g.

Para establecer el sismo de diseño, según la NSR-10 para efectos del análisis y diseño de taludes, se debe emplear la aceleración máxima del terreno, amax obtenida bien sea de un espectro (aceleración del espectro de diseño para periodo cero). En caso de que el sitio objeto de análisis haga parte de un estudio de microzonificación sísmica aprobado, se utilizará la aceleración máxima superficial del terreno establecida en el espectro de diseño respectivo en lugar de lo estipulado en la sección A.2. El coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático de taludes KST tiene valor inferior o igual al de amax y se admiten los siguientes valores mínimos de KST / amax, dependiendo del tipo de material térreo (reforzado o no) y del tipo de análisis.

El Kst se define como el sismo de diseño a ingresar en el modelo geológico geotécnico y análisis pseudo-estático en los modelos de estabilidad ante movimientos en masa.

MATERIAL	Kst/amax	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

Tabla 35 Valores de KST / amax Mínimos para Análisis pseudoestático de Taludes (NSR-10)

Según las tablas de Valores de KST / amax Mínimos para Análisis pseudoestático de Taludes y la de resultados de análisis sismológico, se obtuvieron los siguientes resultados:

Material	Kst/amax	Análisis de Amplificación mínimo	Kst	amax	Kst
Suelos, enrocados y Macizos Rocosos muy Fracturados (RQD < 50%)	0,8	Ninguno	0,8 * amax	0,400	0,3200
Macizos Rocosos (RQD > 50%)	1	Ninguno	1,0 * amax	0,400	0,4000
Todos los materiales Térreos	0,67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar	0,67 * amax	0,400	0,2680
Todos los materiales Térreos	0,5	Amplificación de onda bidimensional	0,5 * amax	0,400	0,2000

Tabla 36 Resultados sismo de diseño para el modelo geológico geotécnico

Según los resultados del análisis sismológico plasmados en el presente capitulo, los modelamientos de estabilidad ante movimientos en masa se deben ejecutar con un sismo de diseño de 0,32.

10. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Para la evaluación cuantitativa de la amenaza se elaboraron tres perfiles de análisis, trazados transversalmente al relieve, con el fin de representar adecuadamente la geometría de los taludes y definir los planos de falla potenciales del sector Africa. Sobre estos perfiles se realizaron análisis de estabilidad incorporando la variabilidad de los parámetros de los materiales y distintos escenarios detonantes. Adicionalmente, el contexto de amenaza sísmica regional actúa como un factor condicionante que puede detonar movimientos de mayor profundidad y volumen bajo eventos sísmicos de períodos de retorno elevados.

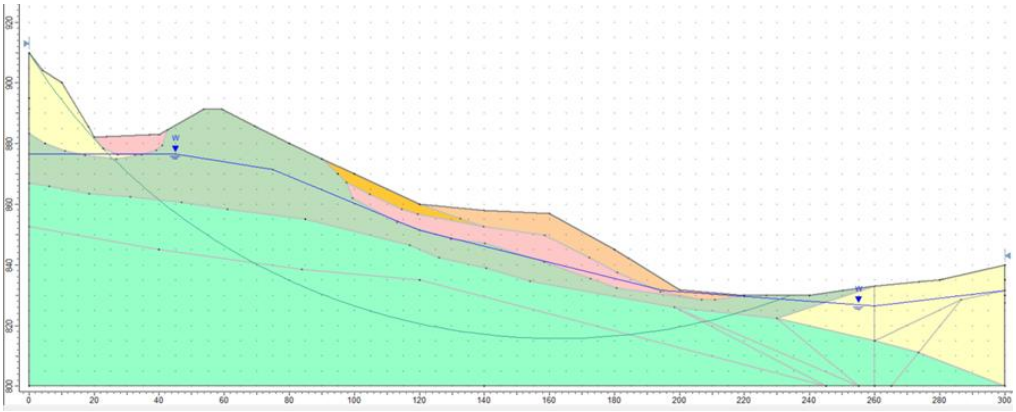


Ilustración 81 Perfil geotécnico 1

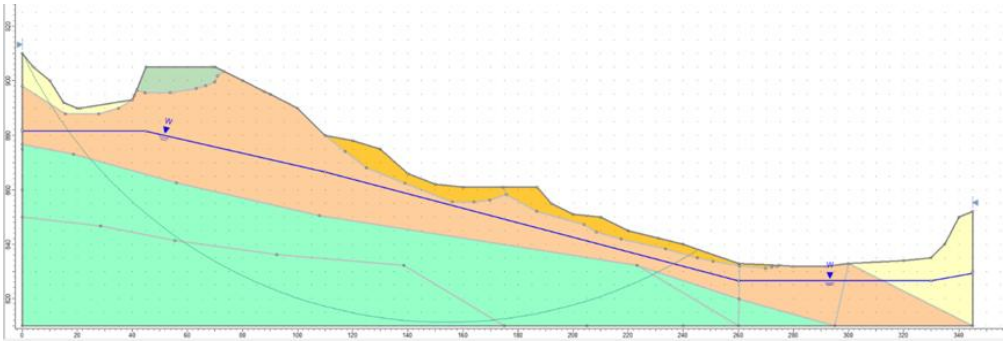


Ilustración 82 Perfil geotécnico 2

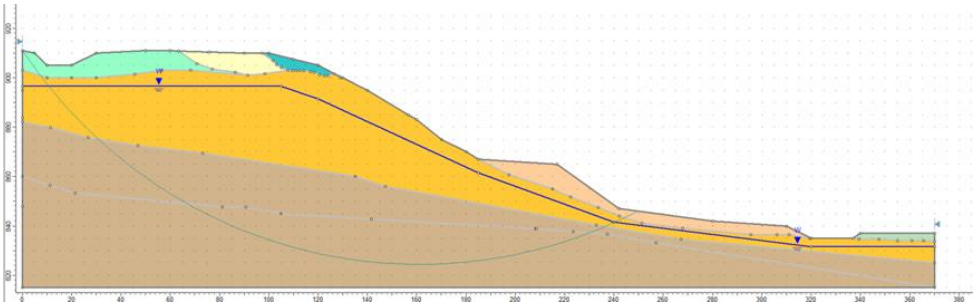


Ilustración 83 Perfil geotécnico 3

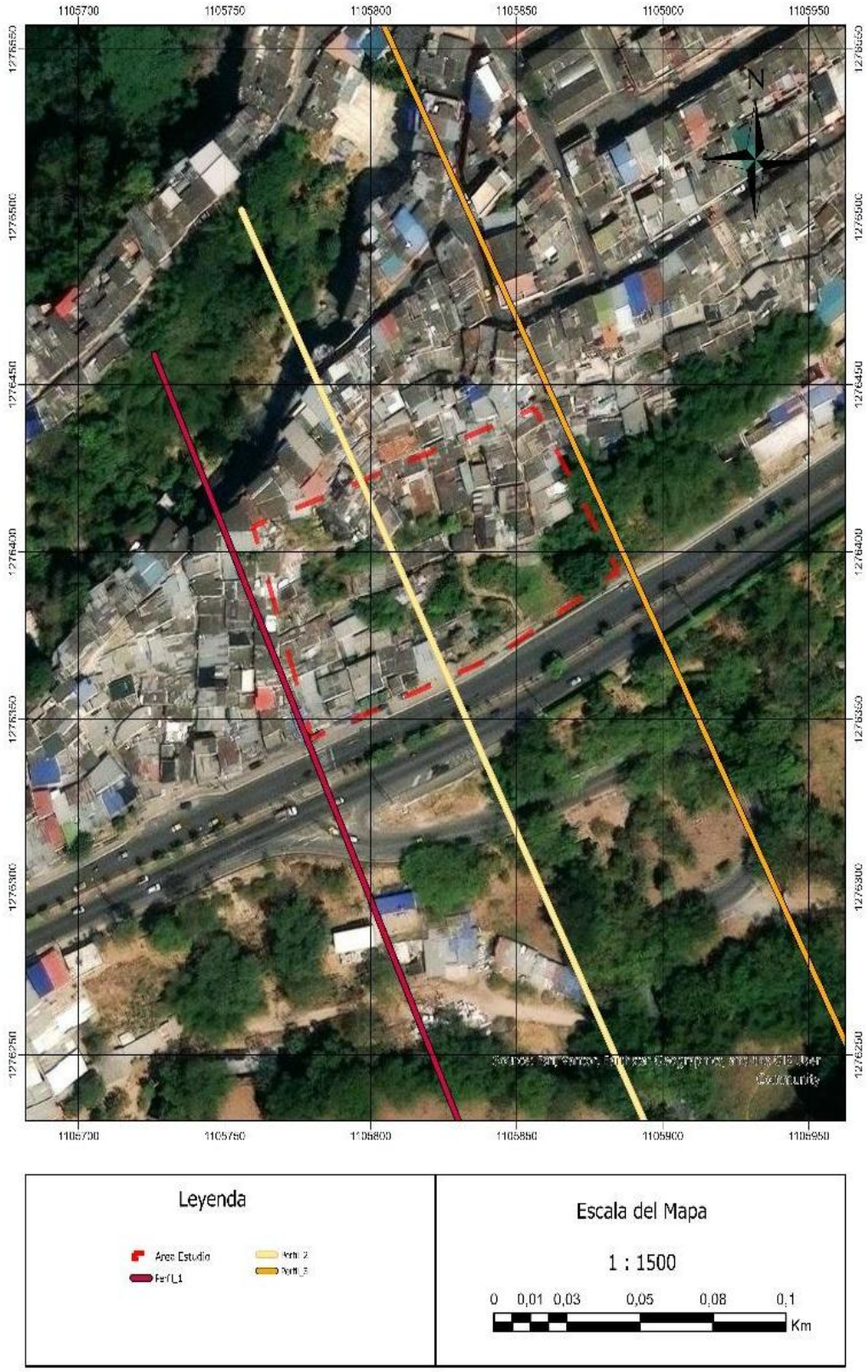


Ilustración 84 Localización de perfiles sector África

Los resultados obtenidos permiten clasificar el área de estudio dentro de la categoría de amenaza alta, debido a la combinación de factores geomorfológicos, geotécnicos y antrópicos que incrementan la susceptibilidad a movimientos en masa.

El relieve del sector se caracteriza por la presencia dominante de pendientes moderadas a abruptas, con rangos frecuentes entre 16° y 35°, y sectores localizados con pendientes muy abruptas y escarpadas, particularmente asociados a cortes antrópicos y bordes de talud próximos a la vía principal.

Estas condiciones geométricas favorecen el desarrollo de superficies potenciales de falla y la concentración de esfuerzos cortantes en los niveles superficiales.

Desde el punto de vista geomorfológico, el sector corresponde a un conjunto de laderas denudacionales activas, con zonas muy disectadas y áreas intervenidas mediante explanaciones para vivienda.

En estas laderas se reconocen procesos persistentes de erosión superficial, retrabajo de material coluvial y desprendimientos recurrentes, los cuales, aunque en muchos casos son de carácter superficial, evidencian una dinámica activa del terreno. La presencia de concavidades y microcanales favorece la concentración de escorrentía, incrementando la inestabilidad durante eventos de lluvia intensa.

En términos geotécnicos, predominan los suelos gravosos del Miembro Órganos y los suelos coluviales antiguos, materiales que, si bien presentan buena permeabilidad, muestran una marcada heterogeneidad interna y una reducción significativa de su resistencia al corte bajo condiciones de saturación.

Los suelos coluviales recientes, aunque de distribución puntual, se localizan en posiciones críticas como pies de talud y concavidades, donde pueden actuar como superficies de deslizamiento superficial y contribuir al retroceso progresivo de la ladera. La interacción entre coluviones antiguos y recientes, sumada a la presencia de cortes no confinados, incrementa la probabilidad de inestabilidad local con potencial de propagación.

La evaluación bajo escenarios detonantes por lluvia intensa indica que la saturación temporal de los niveles superficiales puede generar incrementos relevantes en las presiones de poros, especialmente en sectores con drenaje deficiente y ausencia de sistemas adecuados de manejo de aguas lluvias.

Bajo estos escenarios, los análisis muestran condiciones cercanas al equilibrio límite o inestabilidad incipiente en algunos perfiles, lo que justifica un nivel de amenaza superior.

Adicionalmente, la consideración de la sismicidad regional evidencia que, aunque los movimientos esperados serían predominantemente superficiales, la combinación de vibración sísmica, pendientes pronunciadas y materiales coluviales puede detonar fallas de mayor extensión y volumen.

Las coberturas del suelo, dominadas por tejido urbano continuo y zonas de vegetación secundaria sumadas a la urbanización sobre ladera, la presencia de cortes verticales sin obras de contención y las deficiencias en el manejo de escorrentía superficial generan un efecto acumulativo que incrementa la susceptibilidad del sector.

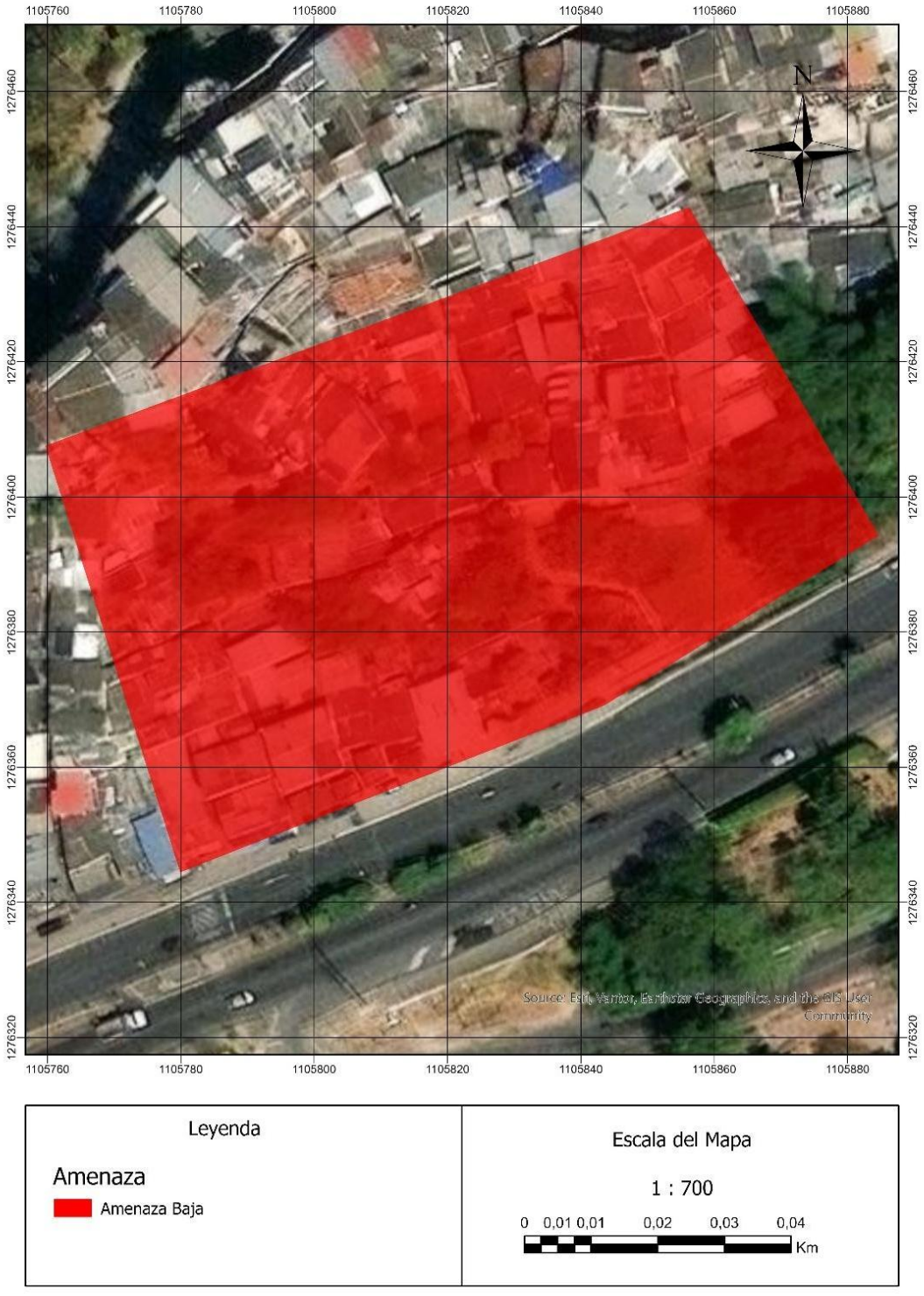


Ilustración 85 Mapa de amenaza por movimientos en masa, sector África

11. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA Y FRAGILIDAD ESTRUCTURAL, PARA LAS VIVIENDAS DEL BARRIO AFRICA, BUCARAMANGA-SANTANDER.

11.1. INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de una estructura está asociada a la predisposición de la estructura a sufrir daños ante una determinada acción que amenaza su integridad, este término puede limitarse a una descripción netamente cualitativa o su alcance puede ser más específico y abarcar la aplicación de metodologías y modelos matemáticos que permita estimar de manera cuantitativa su vulnerabilidad.

Caracterizar la vulnerabilidad de una estructura implica, como parte del proceso, entender el funcionamiento de los diferentes elementos que la conforman y la relación entre los mismos y uno de los resultados más importantes es servir de insumo esencial para estimar pérdidas económicas y alcances de propuestas de reparación de los posibles daños.

Varias metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad estructural se encuentran en las diversas normativas a nivel mundial y constantemente se actualizan según la vanguardia de la investigación. En este documento, se presenta la evaluación cualitativa del cumplimiento de los requisitos mínimos que garantizan la estabilidad estructural, así como la identificación de patologías, daños y/o afectaciones presentes en las edificaciones donde se realizó un levantamiento detallado, esto con el objetivo de realizar recomendaciones que permitan mitigar el riesgo u orientar estudios futuros que intervengan problemáticas detectadas.

Durante el trabajo de campo se identifican zonas del municipio donde se presenta afectación en múltiples viviendas, por esta razón, el equipo de asesores en ingeniería estructural realizó levantamientos arquitectónicos y estructurales detallados no invasivos de viviendas típicas; estas viviendas tipo son edificaciones cuya configuración estructural es representativa de las viviendas en la zona.

Con el objetivo de evaluar el estado estructural de las edificaciones se procede a evaluar las patologías encontradas con base en la Norma Sismo Resistente NSR-10 y la "Guía de Patologías constructivas, estructurales y no estructurales" (FOPAE y AIS) para cada tipología estructural identificada.

Se evaluará la vulnerabilidad estructural de las edificaciones por medio de los datos consignados en los formularios estructurales según la "Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa" propuesta por el Servicio Geológico Colombiano.

11.2. OBJETIVOS

11.2.1. OBJETIVO GENERAL:

Ejecutar la consultoría para realizar estudios que permitan definir la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y fragilidad estructural para el barrio África en el municipio de Bucaramanga en el departamento de Santander, aplicando la metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa" propuesta por el Servicio Geológico Colombiano.

11.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar las características estructurales; uso, material, proceso constructivo, cimentaciones, afectaciones, fisuras, altura, etc… de las edificaciones por medio del formulario en campo.
- Realizar levantamientos detallados de distintas edificaciones por medio de toma de medidas dentro de la misma, para generar un plano estructural básico.
- Identificar la tipología estructural de la edificación con base en la información previamente levantada en campo.
- Determinar las características (patologías) de las edificaciones a partir de los datos recopilados en campo de acuerdo con la definición del modelo de vulnerabilidad.

- Evaluar cualitativamente el comportamiento de la estructura con base en las disposiciones de la guía de patologías constructivas, estructural y no estructurales propuestas por FOPAE y la AIS y la NSR-10.
- Generar por medio de la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano para la evaluación de la vulnerabilidad por movimiento en masa, la vulnerabilidad estructural de las edificaciones que se encuentran en la zona 1, 2, 3 y 4 definidas por la guía.

11.3. ALCANCE

Se generará una evaluación estructural como insumo para el método de análisis de edificaciones existentes presentado en el capítulo A.10 de la NSR-10, para las edificaciones de interés prioritario seleccionadas a partir de la información adquirida en campo.

En el presente informe se consignan las revisiones normativas aplicables al sistema estructural de las edificaciones en consideración, basados en especificaciones y recomendaciones dadas en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y se presenta evidencia de las patologías encontradas en la inspección visual a las edificaciones.

Es importante destacar que el levantamiento realizado consignado en el presente informe obedece principalmente a inspección ocular y no se realizaron labores de auscultamiento por métodos invasivos. Por esta razón, en algunos casos se incluye información suministrada por los propietarios de las viviendas o funcionarios del municipio respecto a procesos constructivos, detallado de elementos estructurales y demás información relevante que permita caracterizar estructuralmente las edificaciones analizadas. Por ejemplo, en los casos en que no es posible identificar de manera visual las características de los elementos que componen la cimentación, se recurre a información verbal y/o consignada en planos o documentos que aporten información.

La evaluación permite comprender la afectación actual de los componentes estructurales y no estructurales y realizar el diagnostico de posibles causas que derivan en las patologías observadas.

Adicionalmente se generará la vulnerabilidad estructural para las edificaciones, por medio de la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano para la evaluación de la vulnerabilidad por movimiento de masa de las edificaciones que se encuentran en la zona 1, 2, 3 y 4 definidas por la guía.

11.4. DEFINICIÓN DE LA ZONA

El presente estudio se aplica en el municipio de Bucaramanga, Santander, específicamente sobre la autopista Bucaramanga-Girón, en el barrio África. Se localiza en el extremo sur de Bucaramanga, justo sobre las laderas que bordean la Autopista Bucaramanga–Girón. Se encuentra entre zonas residenciales consolidadas en pendiente que descienden hacia la vía principal.



Ilustración 86. Ubicación detallada del área de estudio.
Fuente: Autor.

11.5. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El levantamiento general de la información permite conocer la cantidad total de edificaciones, sus características principales y a la vez clasificar e identificar los tipos de estructuras detectadas en la zona de estudio, para ello, es necesario previamente definir los parámetros que brinden información fundamental para la evaluación de la vulnerabilidad.

11.5.1. PARÁMETROS DEL MODELO

En total son (19) los parámetros definidos para cada edificación y su entorno cercano, los cuales se consideran como los de mayor influencia para la vulnerabilidad de las edificaciones.
Los parámetros definidos para el modelo son los siguientes:

1. Uso.
2. Material.
3. Proceso constructivo.
4. Sistema estructural.
5. Calidad del sistema resistente.
6. Configuración en altura.
7. Ubicación de la edificación.
8. Posición de la edificación.
9. Tipo de cimentación.
10. Tipo de suelo.
11. Muro de contención.
12. Sistema de drenaje.
13. Entorno.

- 14. Estado de conservación edificación.
- 15. Diafragma horizontal.
- 16. Configuración en planta.
- 17. Tipo de cubierta.
- 18. Sistema de cubierta.
- 19. Número de niveles.

11.5.2. DISEÑO DEL FORMULARIO

Debido a que la recopilación de los datos se realiza a través de visitas de inspección a las zonas de estudio, se hace necesario diseñar un formulario parametrizado bajo los reglamentos de construcción sismo resistente vigente en Colombia (NSR10), de manera que permita obtener la información detallada de manera clara y concisa para su posterior análisis e interpretación.

La recolección de datos de campo se realiza por parte de un equipo técnico idóneo apoyado en herramientas digitales, la cual permite tipificar de manera ágil y rápida las viviendas encontradas en las zonas de estudio.

Cada uno de los parámetros se compone de diversas alternativas de respuesta, las cuales son correlacionadas por el equipo técnico de acuerdo con las características evidenciadas en campo para cada edificación.

La parametrización propuesta para el formulario se enuncia a continuación:

- **PARÁMETRO 1. USO**
  - 1. Residencial
  - 2. Comercial
  - 3. Ed. Parqueaderos
  - 4. Oficinas

- 5. Industria
- 6. Ed. Comerciales
- 7. Gobierno
- 8. Institucional
- 9. Educación
- 10. Emergencia
- 11. Seguridad
- 12. Salud Privada
- 13. Salud Pública
- 14. Solar
- 15.En construcción
- 16. No Aplica

PARÁMETRO 2. MATERIAL

- 1. Mampostería de ladrillo o bloque
- 2. Tapia o adobe
- 3. Concreto
- 4. Metálica
- 5. Madera
- 6. No Aplica

PARÁMETRO 3. PROCESO CONSTRUCTIVO

- 1. Autoconstrucción
- 2. Proyecto de urbanización

	3. Dirigido por Ingenieros o Arquitectos
	4. No Aplica
PARÁMETRO 4. SISTEMA ESTRUCTURAL	1. Edificación en mampostería confinada en todas las plantas
	2. Edificación en mampostería reforzada en todas las plantas
	3. Edificación en mampostería confinada pero no en todas las plantas
	4. Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento
	5. Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas
	6. Pórticos en concreto reforzado
	7. Muros en concreto reforzado
	8. Sistema combinado en concreto reforzado
	9. Prefabricados en concreto
	10. Pórticos en acero
	11. Muros en tapia pisada
	12. Muros en adobe
	13. Mixto
	14. No Aplica
PARÁMETRO 5. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	1. Mampostería de buena calidad con piezas homogéneas y presencia de buen ligamento
	2. Mampostería de buena calidad con piezas no muy homogéneas y bien ligadas

	3. Mampostería de baja calidad con piezas homogéneas o no muy homogéneas y que se encuentran bien ligadas
	4. Mampostería de buena o baja calidad con piezas no homogéneas o mal ligadas
	5. Edificio con hormigón de buena consistencia
	6. Hormigón de mala calidad, juntas de construcción mal construidas, refuerzo de acero visible, mala calidad de la obra.
	7. Acero, conexiones precalificadas
	8. Acero, conexiones soldadas de mala calidad
	9. No Aplica
PARÁMETRO 6. CONFIGURACIÓN EN ALTURA	1. Edificación con -dMM<10% o edificaciones de un solo piso
	2. 10%<=-dMM<20%
	3. -dMM>20%
	4. dMM>0%
	5. No Aplica
PARÁMETRO 7. UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	1. Edificación ubicada fuera del talud y cumple con los aislamientos establecidos
	2. Edificación localizada arriba de la corona del talud con pendiente del terreno entre 30 y 45° y altura del talud <5m con presencia de muro de contención rígido de igual o mayor altura que el talud y una pendiente general del terreno abajo del pie y arriba de longitud superior a 3 veces la altura del muro.
	3. Edificación ubicada sobre pendientes del terreno menores a 30°
	4. Edificación localizada abajo de pie del talud y altura <5m con muro de contención rígido de igual o mayor altura que el talud y una pendiente general del terreno abajo del pie y arriba de la cabeza del muro no superior a 3%, en una longitud superior a 3 veces la altura del muro.

- 5. Edificación localizada en taludes con pendientes >30° o ubicadas en la zona de aislamiento a taludes
- 6. Edificación construida sobre corte realizado en una ladera con pendiente >30°
- 7. Edificación sobre relleno en ladera
- 8. Ninguna de las anteriores

PARÁMETRO 8. POSICIÓN DE LA CIMENTACIÓN

- 1. La cimentación está ubicada a una misma cota.
- 2. La diferencia máxima de las cotas de cimentación es inferior a 1m.
- 3. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es >1m.
- 4. Ninguna de las anteriores

PARÁMETRO 9. TIPO DE CIMENTACIÓN

- 1. Sistema de pilotes
- 2. Cimentación corrida
- 3. Cimentación sobre losa de cimentación
- 4. Cimentación con Zapatas
- 5. Cimentación en concreto ciclópeo
- 6. No identificada
- 7. No existe

PARÁMETRO 10. TIPO DE SUELO

- 1. Edificación cimentada sobre suelo catalogado tipo C o D
- 2. Edificación que no cumplen requisitos para ser catalogados A o B

	3. Edificación cimentada sobre suelos blandos o rellenos
	4. No existe edificación
PARÁMETRO 11. MURO DE CONTENCIÓN	1. La edificación requiere muro de contención
	2. Muro de contención diseñado para resistir empujes del suelo y agua
	3. Muro está cimentado en roca o suelo firme
	4. Muro cuenta con sistema de drenaje y lloraderos.
	5. Materiales del relleno son limpios y compactos
	6. Ninguna de las Anteriores
PARÁMETRO 12. SISTEMA DE DRENAJE	1. La edificación cuenta con un sistema adecuado de canales para recolección de aguas lluvias
	2. Existe sistema de alcantarillado para aguas lluvias y aguas negras
	3. Existen drenajes superficiales para las aguas de escorrentía y estas descargan a un sistema de alcantarillado
	4. Los tanques de almacenamiento son herméticos y cimentados adecuadamente
	5. Ninguna de las anteriores
PARÁMETRO 13. ENTORNO	1. Presencia de uniones rotas en el alcantarillado
	2. Presencia de escapes en tubos de suministro
	3. Se observan filtraciones de agua en el suelo
	4. Presencia de sistemas de drenaje limpios

	5. Ninguna de las anteriores
PARÁMETRO 14. ESTADO DE CONSERVACIÓN EDIFICACIÓN	1. Muros en buena condición sin fisuras visibles
	2. Muros que presentan fisuras no extendidas producidas por causas diferentes a la acción sísmica o de remoción en masa.
	3. Fisuras con tamaño medio de 2 a 3mm de ancho.
	4. Edificio que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
	5. Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3mm de ancho.
	6. Ninguna de las anteriores
PARÁMETRO 15. DIAFRAGMA HORIZONTAL	1. Ausencia de planos a desnivel
	2. El porcentaje de apertura del diafragma es menor de un 30%
	3. La placa de entrepiso o diafragma se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporciona continuidad y monotolitismo
PARÁMETRO 16. CONFIGURACIÓN EN PLANTA	1. Tipo de irregularidad en planta - Presenta irregularidad de sistema no paralelos
	2. Tipo de irregularidad en planta - Presenta irregularidad desplazamientos de planos de acción
	3. Tipo de irregularidad en altura
	4. Sin irregularidad en planta o en altura
PARÁMETRO 17. TIPO DE CUBIERTA	1. Cubierta estable con viga cumbrera
	2. Cubierta plana

	3. Cubierta estable bien conectada sin viga cumbrera
	4. Ninguna de las anteriores
PARÁMETRO 18. SISTEMA DE CUBIERTA	1. Placa de concreto
	2. Estructura metálica y teja
	3. Estructura en madera y teja
	4. Otro
PARÁMETRO 19. NÚMERO DE NIVELES	1. 1 Nivel
	2. 2 Niveles
	3. 3 Niveles

11.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES PARA ESTUDIO DE VULNERABILIDAD

Una vez realizado el levantamiento de datos en campo se procede a realizar el análisis estadístico de la información para la zona de estudio de acuerdo con los parámetros definidos.

11.6.1. BARRIO AFRICA:

Parámetro 1: Uso.

A.1 USO ESTRUCTURA		
1. Residencial	79	94%
2. Comercial	1	1%
3. Industria	0	0%
4. Ed. Comerciales	0	0%
5. Gobierno	0	0%
6. Institucional	1	1%
7. Educación	0	0%
8. Salud privada	0	0%
9. Salud pública	0	0%
10. Solar	0	0%
11. En construcción	0	0%
12. Lote	3	4%
13. Privado	0	0%
Total encuestas:	**84**	100%

Tabla 37. Cuantificación de registros para el tipo de uso de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.



Ilustración 87. Tipo de uso de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 2. Material.

B.1 MATERIAL		
1. Mampostería de ladrillo o bloque	38	45%
2. Tapia o adobe	0	0%
3. Concreto	43	51%
4. Madera	0	0%
5. No aplica	3	4%
6. Acero	0	0%
7. Otros	0	0%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 38. Cuantificación de registros para el tipo de material de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

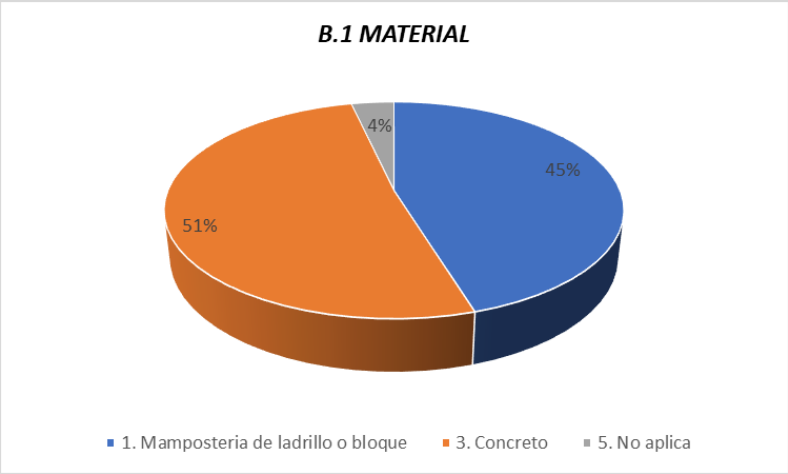


Ilustración 88. Tipo de material de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 3. Proceso constructivo.

B.2 PROCESO CONSTRUCTIVO		
1. Autoconstrucción	81	96%
2. Proyecto de urbanización	0	0%
3. Dirigido por ingenieros o arquitectos	3	4%
4. No aplica	0	0%
5. Otro	0	0%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 39. Cuantificación de registros para el tipo de proceso constructivo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

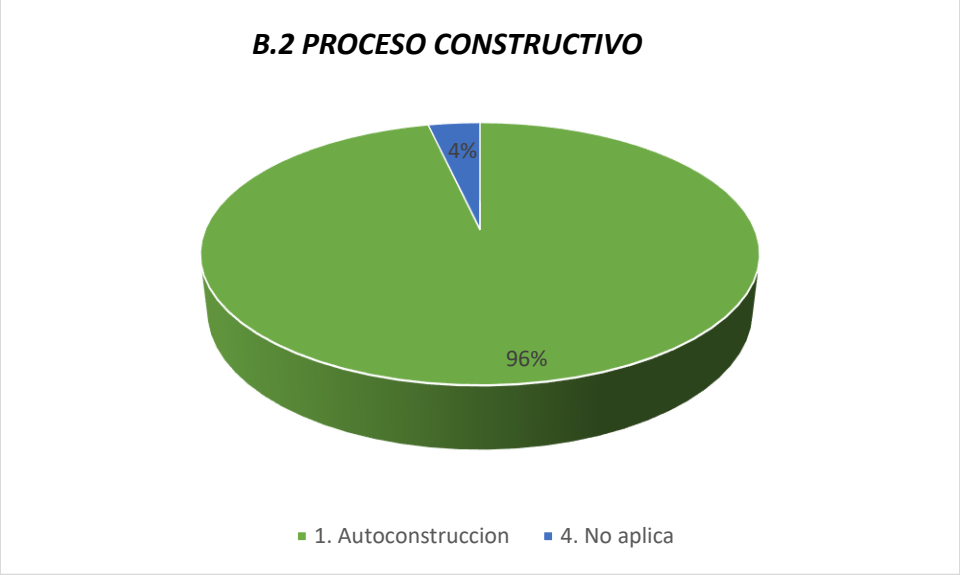


Ilustración 89. Tipo de proceso constructivo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 4. Sistema estructural.

C.1 SISTEMA ESTRUCTURAL		
1. Edificación en mampostería confinada en todas las plantas	0	0%
2. Edificación en mampostería reforzada en todas las plantas	0	0%
3. Edificación en mampostería confinada pero no en todas las plantas	11	13.1%
4. Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento	0	0%
5. Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas	26	31%
6. Pórticos en concreto reforzado	43	51.2%
7. Muros en concreto reforzado	0	0%
8. Sistema combinado en concreto reforzado	0	0%
9. Prefabricados en concreto	0	0%
10. Pórticos en acero	1	1.2%
11. Muros en tapia pisada	0	0%
12. Muros en adobe	0	0%
13. Mixto	0	0%
14. Sistema en madera	3	3.6%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 40. Cuantificación de registros para el tipo de sistema estructural de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

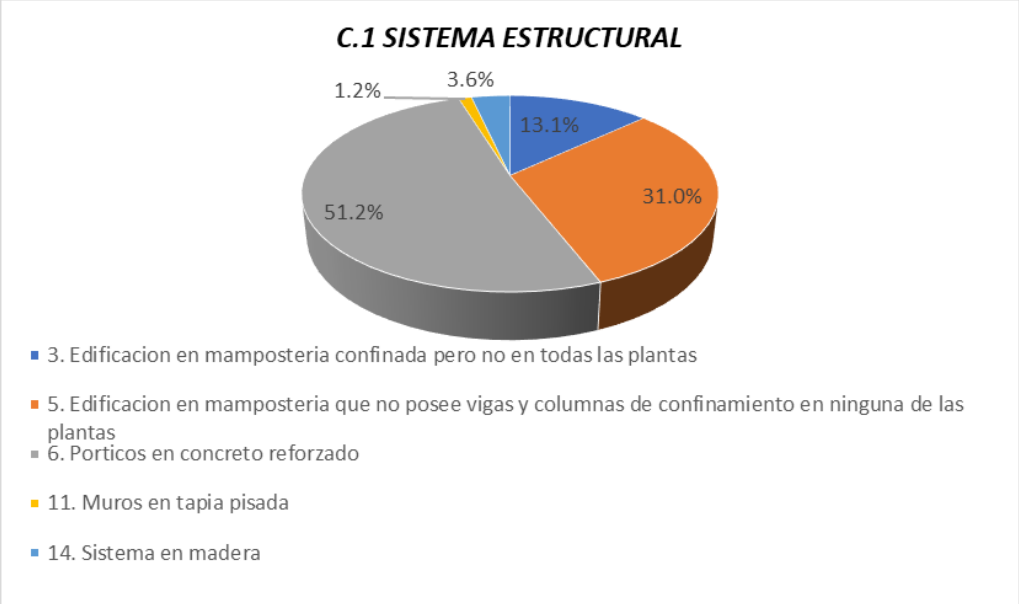


Ilustración 90. Tipo de sistema estructural de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 5. Calidad del sistema resistente.

C. 2 CALIDAD SISTEMA RESISTENTE		
1. Mampostería de buena calidad con piezas homogéneas y presencia de buen ligamento	20	53%
2. Mampostería de buena calidad con piezas no muy homogéneas y bien ligadas	0	0%
3. Mampostería de baja calidad con piezas homogéneas o no muy homogéneas y que se encuentran bien ligadas	0	0%
4. Mampostería de buena o baja calidad con piezas no homogéneas o mal ligadas	38	37%
5. Edificio con hormigón de buena consistencia	2	0%
6. Hormigón de mala calidad - juntas de construcción mal construidas - refuerzo de acero visible -mala calidad de la obra.	21	0%
7. Acero, conexiones precalificadas	0	0%
8. Otro	0	10%
9. No Aplica	3	0%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 41. Cuantificación de registros para calidad del sistema resistente de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

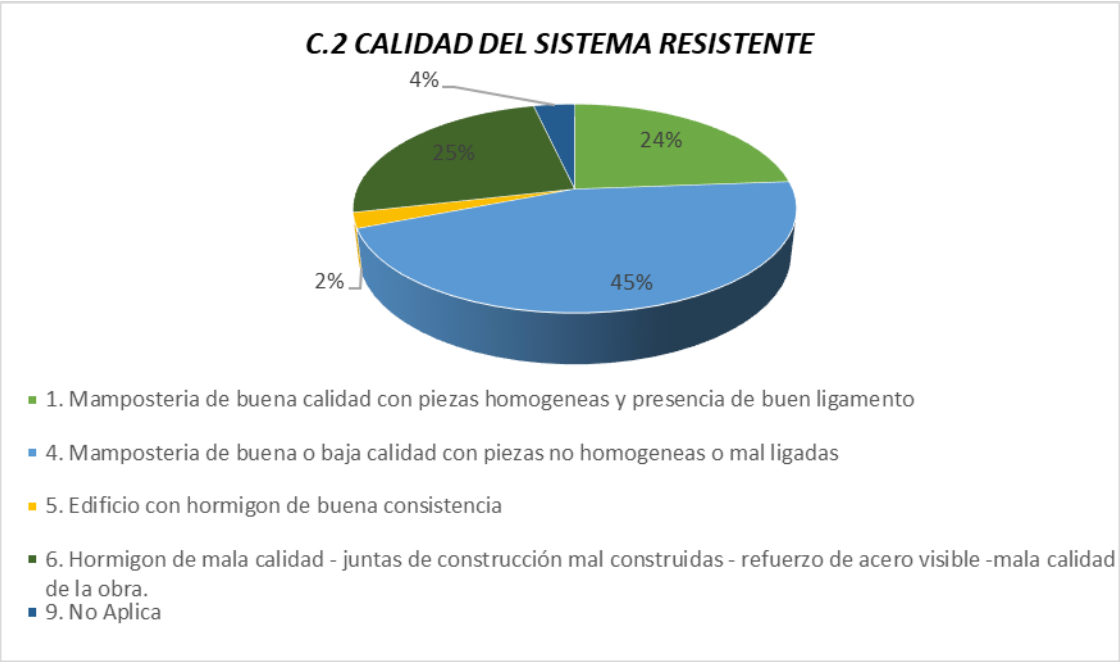


Ilustración 91. Calidad del sistema resistente de las edificaciones para el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 6. Configuración en altura.

C.3 CONFIGURACION EN ALTURA		
1. Edificación con -dM/M<10% o edificaciones de un solo piso	14	17%
2. 10%<=-dM/M<20%	0	0%
3. -dM/M>20%	67	80%
4. No aplica	3	4%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 42. Cuantificación de registros para configuración en altura de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

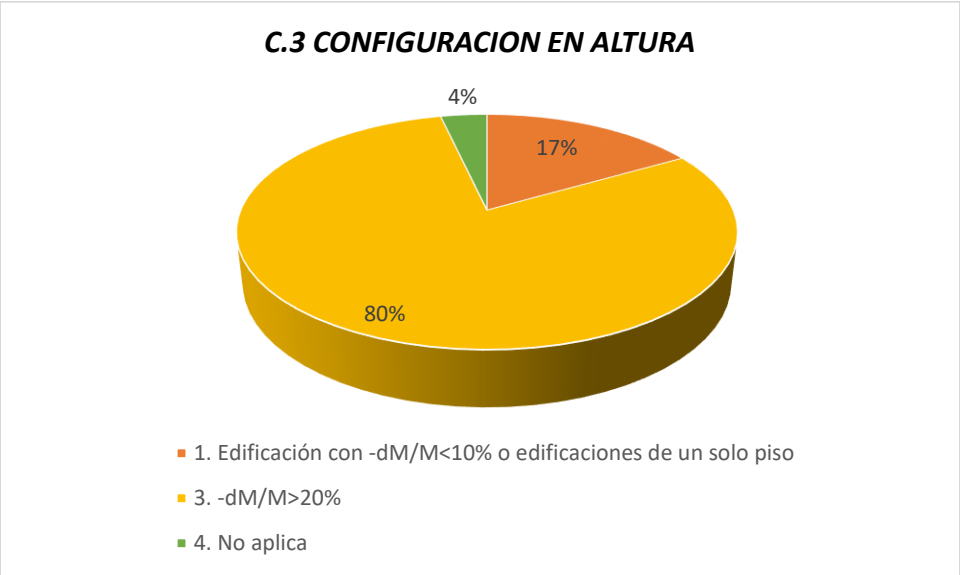


Ilustración 92. Configuración en altura de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 7. Ubicación de la edificación.

C. 4 UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		
1. Edificación ubicada fuera del talud y cumple con los aislamientos establecidos	0	0%
2. Edificación localizada arriba de la corona del talud con Pend. 30-45° Htalud<5m-Con muro de contención	0	0%
3. Edificación ubicada sobre pendientes del terreno menores a 30°	8	10%
4. Edificación localizada abajo de pie del talud y altura <5m con muro de contención rígido de igual o mayor altura que el talud	0	0%
5. Edificación localizada en taludes con pendientes >30° o ubicadas en la zona de aislamiento a taludes	0	0%
6. Edificación construida sobre corte realizado en una ladera con pendiente >30°	73	87%
7. Edificación sobre relleno en ladera	0	0%
8. Ninguna de las anteriores	3	4%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 43. Cuantificación de registros para ubicación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

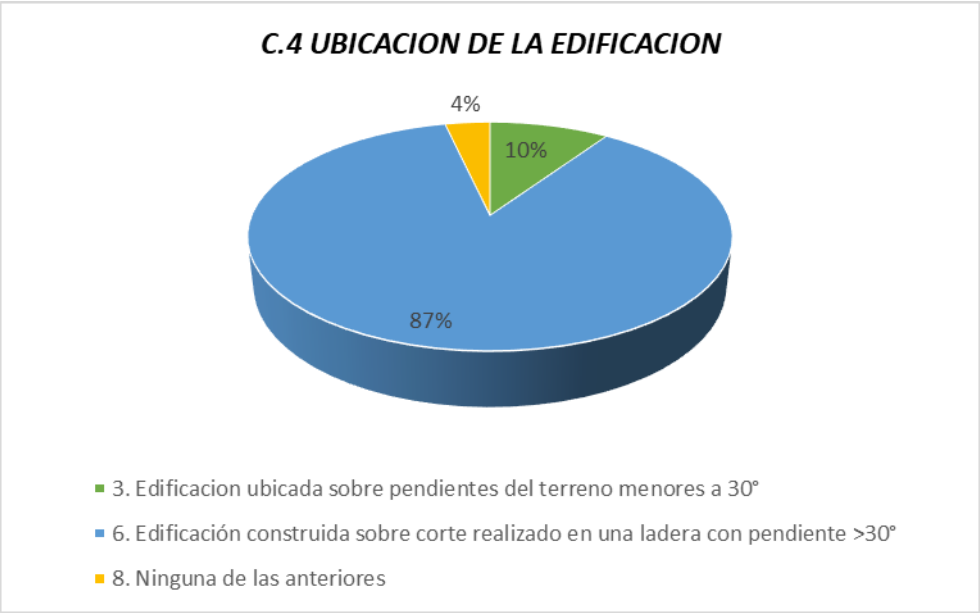


Ilustración 93. Configuración en altura de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 8. Posición de la cimentación.

C.5. POSICION DE LA CIMENTACIÓN		
1. La cimentación está ubicada a una misma cota.	18	21.4%
2. La diferencia máxima de las cotas de cimentación es inferior a 1m.	21	25.0%
3. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es >1m.	42	50.0%
4. Ninguna de las anteriores	0	0.0%
6. No aplica	3	3.6%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 44. Cuantificación de registros para posición de la cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

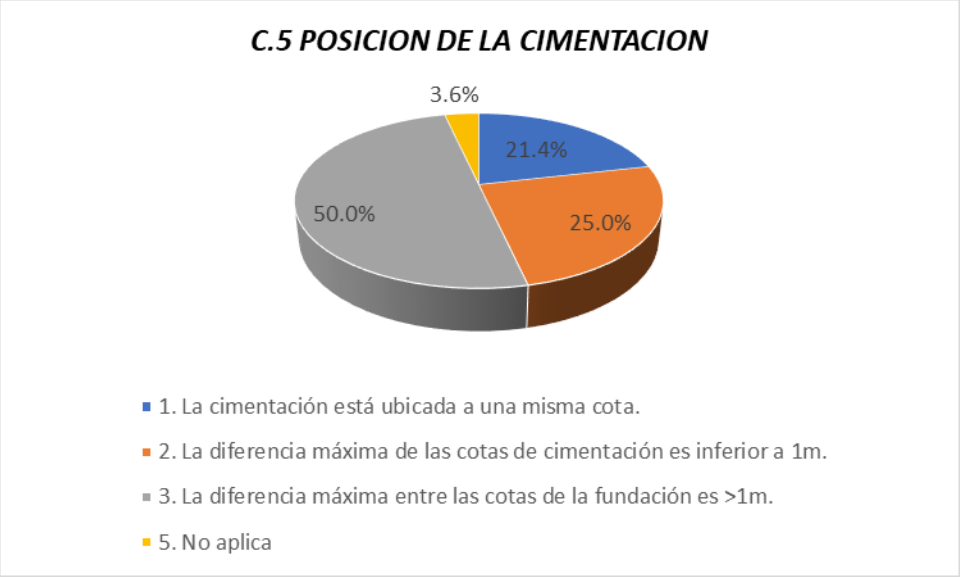


Ilustración 94. Posición de la cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 9. Tipo de cimentación.

C.6 TIPO DE CIMENTACIÓN		
1. Sistema de pilotes	0	0%
2. Cimentación corrida	0	0%
3. Cimentación sobre losa de cimentación	0	0%
4. Cimentación con zapatas	0	0%
5. Cimentación en concreto ciclópeo	0	0%
6. No identificada	81	96%
7. No existe	3	4%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 45. Cuantificación de registros para tipo de cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

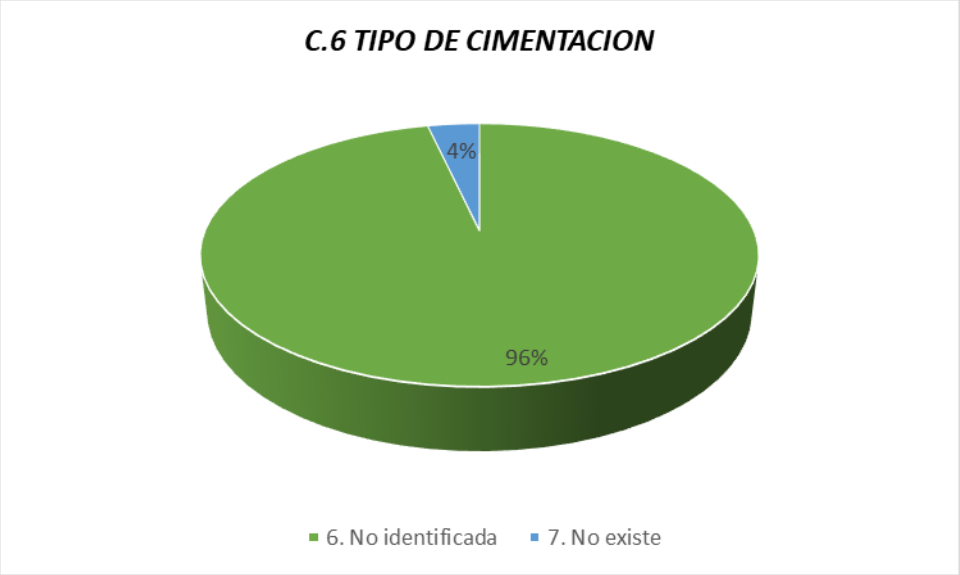


Ilustración 95. Tipo de la cimentación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 10. Tipo de suelo.

C.7 TIPO DE SUELO		
1. Edificación cimentada sobre suelo catalogado tipo C o D	81	96%
2. Edificación que no cumplen requisitos para ser catalogados A o B	0	0%
3. Edificación cimentada sobre suelos blandos o rellenos	0	0%
4. No existe edificación	3	4%
Total encuestas:	**84**	**100%**

Tabla 46. Cuantificación de registros para tipo de suelo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

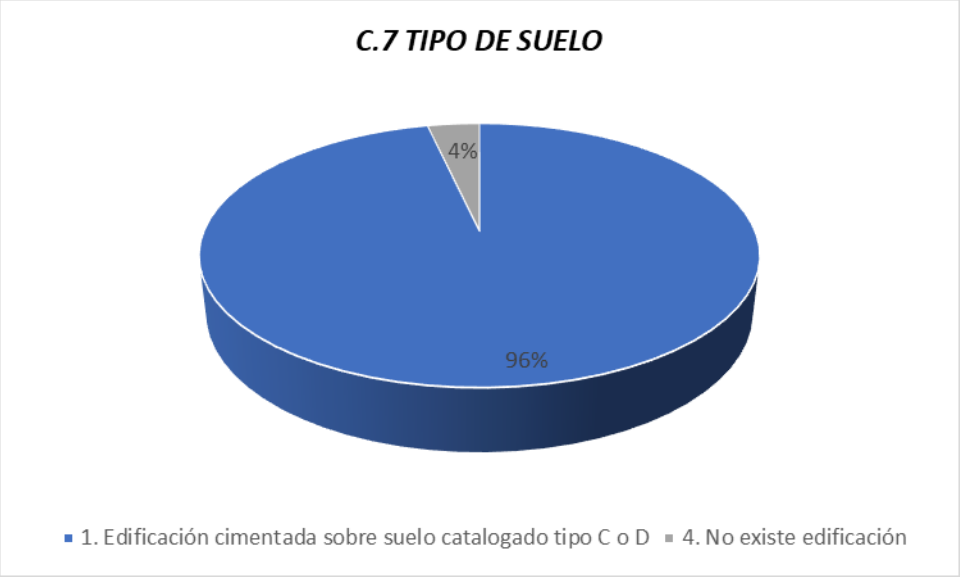


Ilustración 96. Tipo de suelo de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 11. Muro de contención.

C.9. MURO DE CONTENCIÓN		
1. La edificación requiere muro de contención	14	16.67%
2. Muro de contención diseñado para resistir empujes del suelo y agua	0	0.0%
3. Muro está cimentado en roca o suelo firme	0	0.0%
4. Muro cuenta con sistema de drenaje y lloraderos.	0	0.0%
5. Materiales del relleno son limpios y compactos	0	0.0%
6. Ninguna de las Anteriores	70	83.33%
Total encuestas	***84***	***100.0%***

Tabla 47. Cuantificación de registros para muro de contención de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

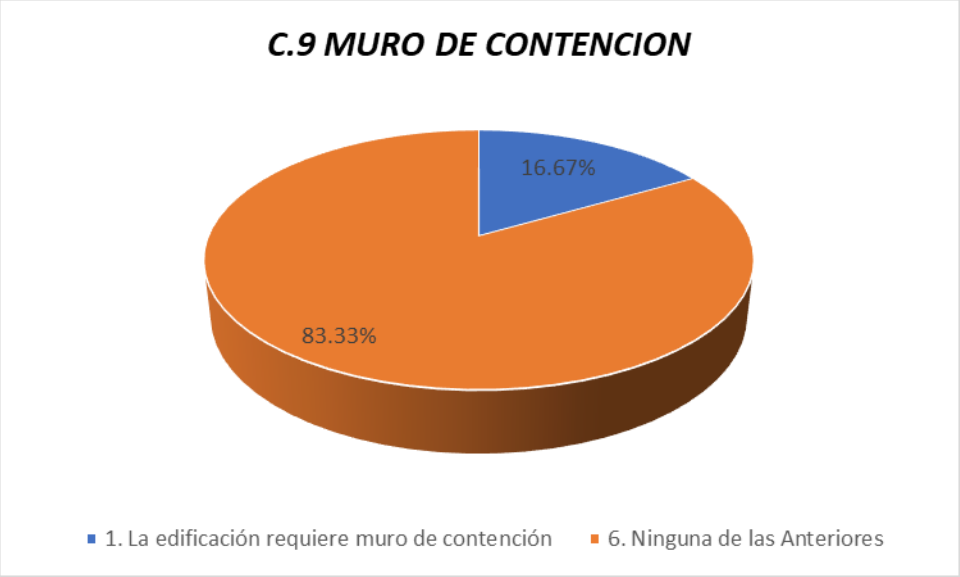


Ilustración 97. Muro de contención de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 12. Sistema de drenaje.

C.10. SISTEMA DE DRENAJE		
1. La edificación cuenta con un sistema adecuado de canales para recolección de aguas lluvias	13	15.0%
2. Existe sistema de alcantarillado para aguas lluvias y aguas negras	8	10.0%
3. Existen drenajes superficiales para las aguas de escorrentía y estas descargan a un sistema de alcantarillado	0	0.0%
4. Los tanques de almacenamiento son herméticos y cimentados adecuadamente	0	0.0%
5. Ninguna de las anteriores	63	75.0%
Total encuestas	***84***	***100.0%***

Tabla 48. Cuantificación de registros para tipo de sistemas de drenaje de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

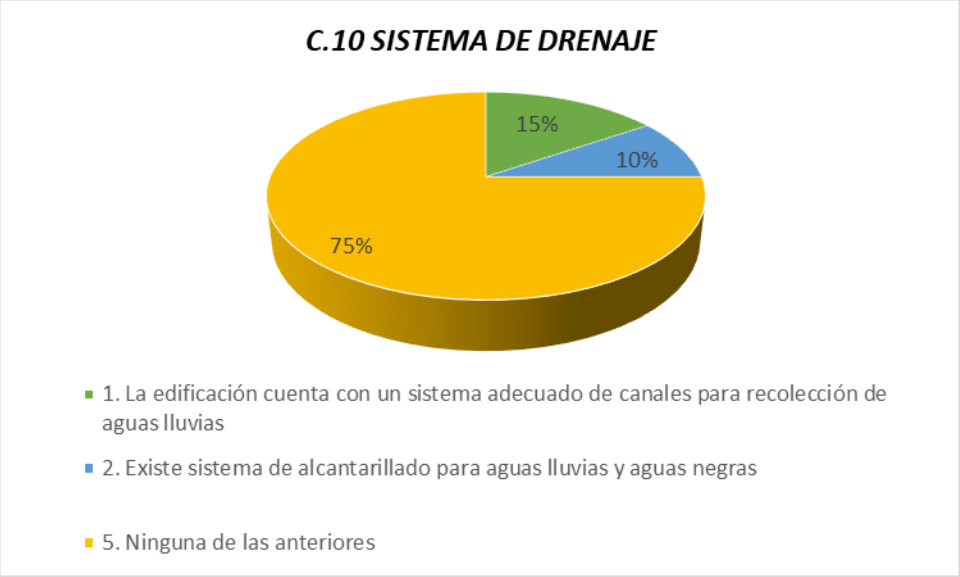


Ilustración 98. Tipo de sistema de drenaje de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.
Fuente: Autor.

Parámetro 13. Entorno.

C.11. ENTORNO		
1. Presencia de uniones rotas en el alcantarillado	0	0.0%
2. Presencia de escapes en tubos de suministro	1	1.2%
3. Se observan filtraciones de agua en el suelo	31	36.9%
4. Presencia de sistemas de drenaje limpios	0	0.0%
5. Ninguna de las anteriores	52	61.9%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 49. Cuantificación de registros para el entorno de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

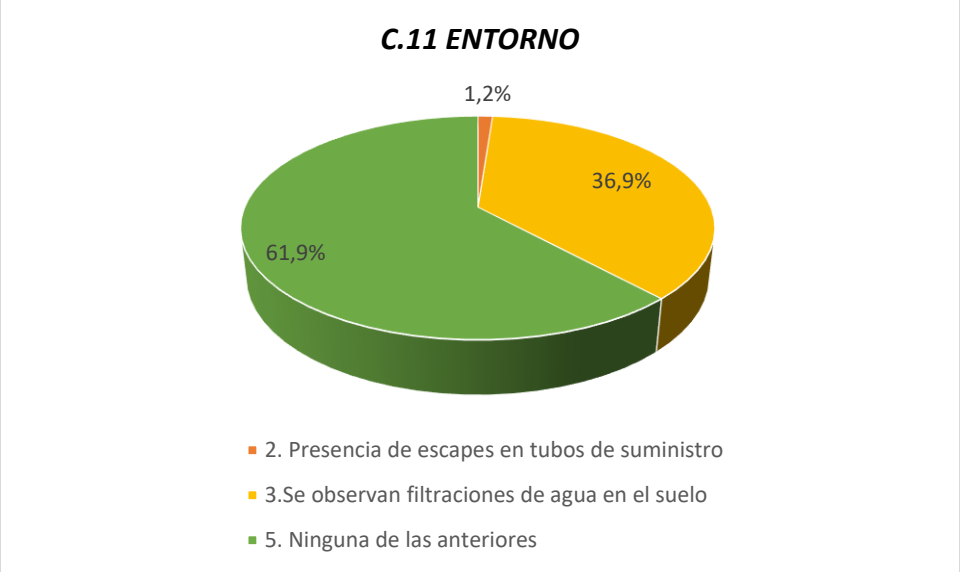


Ilustración 99. Entorno de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 14. Estado de conservación edificación.

C.12. ESTADO DE CONSERVACIÓN EDIFICACIÓN		
1. Muros en buena condición sin fisuras visibles	25	29.8%
2. Muros que presentan fisuras no extendidas producidas por causas diferentes a la acción sísmica o de remoción en masa.	1	1.2%
3. Fisuras con tamaño medio de 2 a 3mm de ancho.	0	0.0%
4. Edificio que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.	49	58.3%
5. Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3mm de ancho.	6	7.1%
6. Ninguna de las anteriores	3	3.6%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 50. Cuantificación de registros para el estado de conservación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

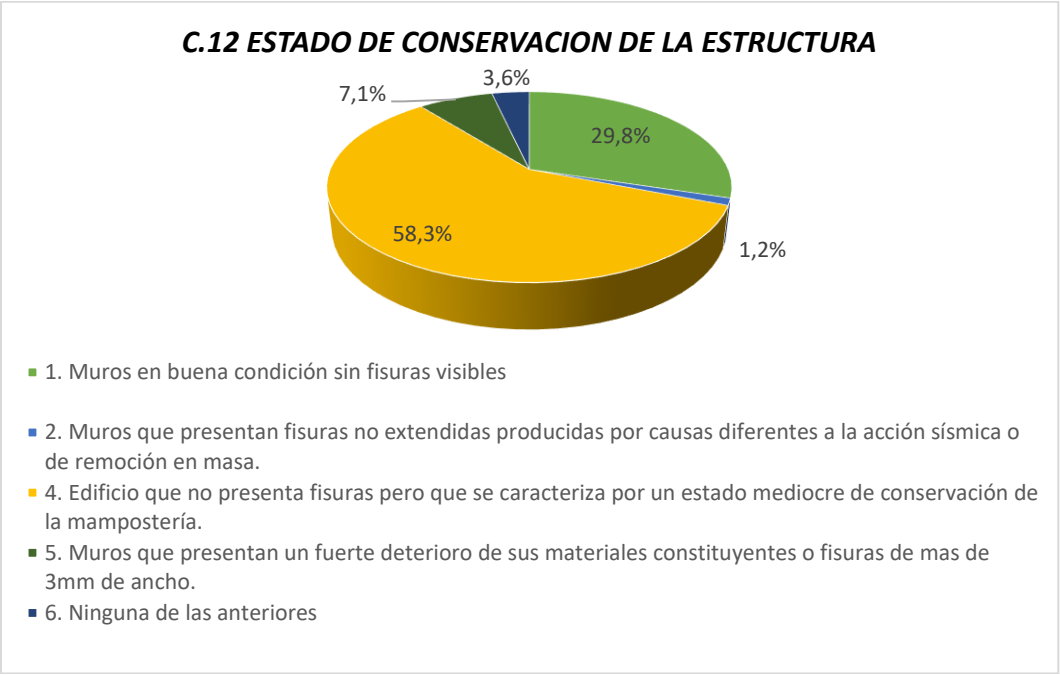


Ilustración 100. Estado de conservación de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 15. Diafragma horizontal.

P.1. DIAFRAGMA HORIZONTAL		
1. Ausencia de planos a desnivel	0	100.0%
2. El porcentaje de apertura del diafragma es menor de un 30%	0	0.0%
3. La placa de entrepiso o diafragma se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporciona continuidad y monolitismo	10	11.9%
4. Ninguna de las anteriores	74	88.1%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 51. Cuantificación de registros para el diafragma horizontal de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

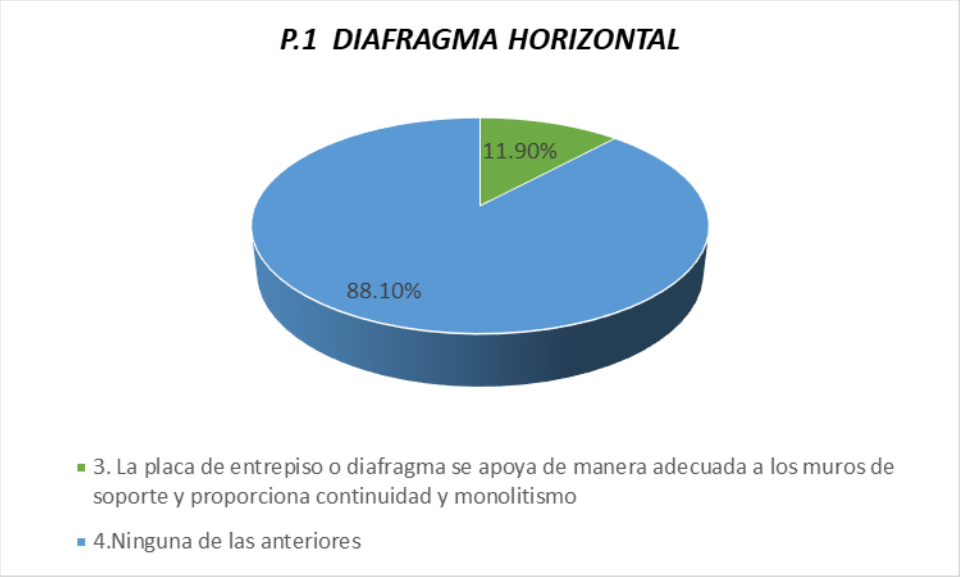


Ilustración 101. Diafragma horizontal de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 16. Configuración en planta.

P.2. CONFIGURACIÓN EN PLANTA		
1. Tipo de irregularidad en planta - Presenta irregularidad de sistema no paralelos	23	27.4%
2. Tipo de irregularidad en planta - Presenta irregularidad desplazamientos de planos de acción	5	6.0%
3. Tipo de irregularidad en altura	0	0.0%
4. Sin irregularidad en planta o en altura	52	61.9%
5. No aplica	4	4.8%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 52. Cuantificación de registros para la configuración en planta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

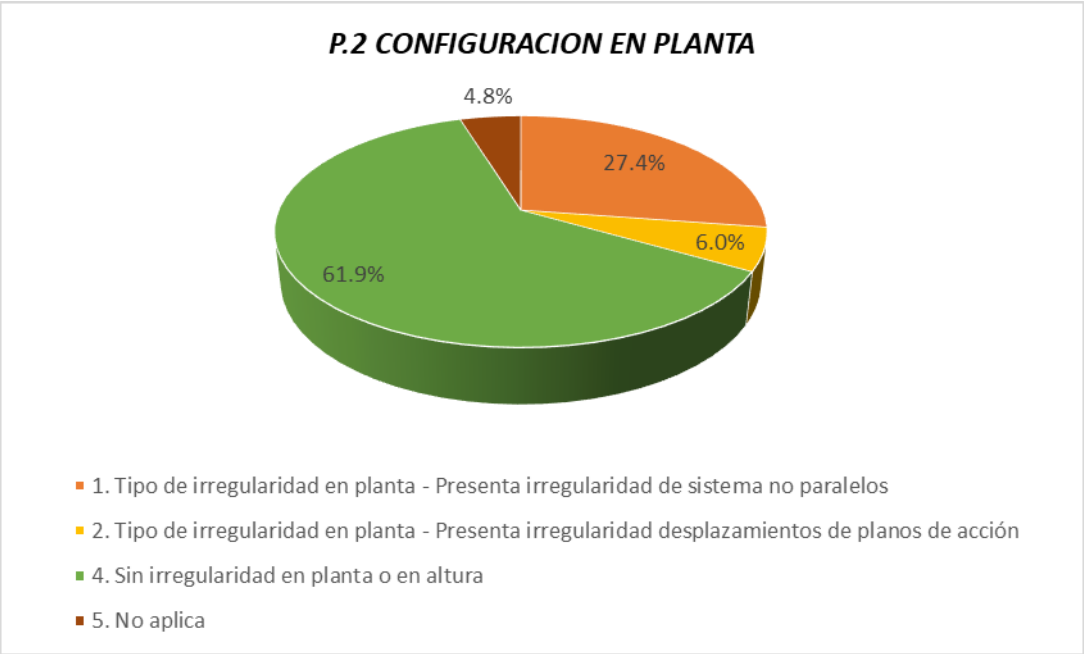


Ilustración 102. Configuración en planta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 17. Tipo de cubierta.

P.3. TIPO DE CUBIERTA		
1. Cubierta estable con viga cumbrera	0	0.0%
2. Cubierta plana	0	0.0%
3. Cubierta estable bien conectada sin viga cumbrera	70	83.4%
4. Ninguna de las anteriores	7	8.3%
5. No aplica	7	8.3%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 53. Cuantificación de registros para el tipo de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

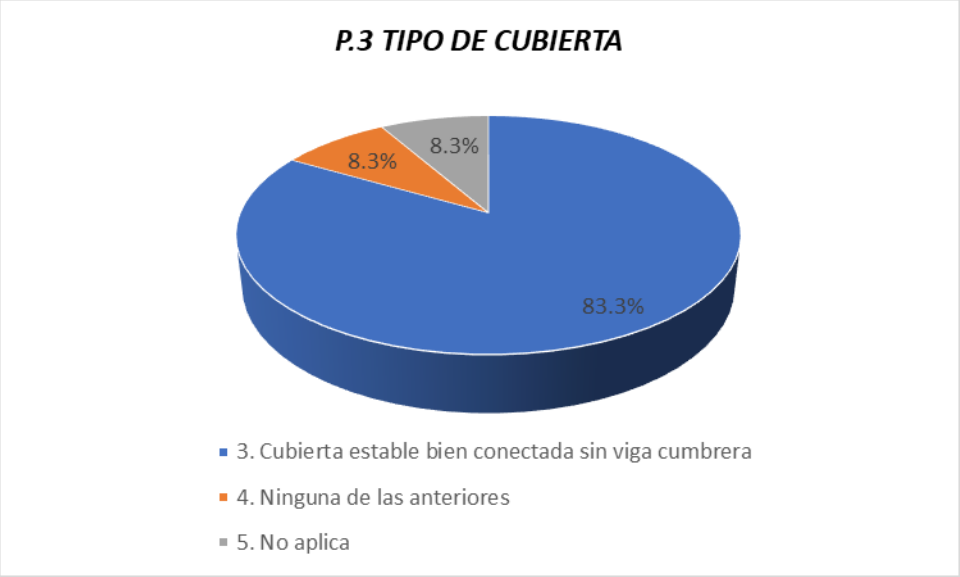


Ilustración 103. Tipo de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 18. Sistema de cubierta.

P.4 SISTEMA DE CUBIERTA		
1. Placa de concreto	0	0.0%
2. Estructura metálica y teja	75	89.3%
3. Estructura en madera y teja	4	4.8%
4. Otro	1	1.2%
5. No aplica	4	4.8%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 54. Cuantificación de registros para el tipo sistema de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

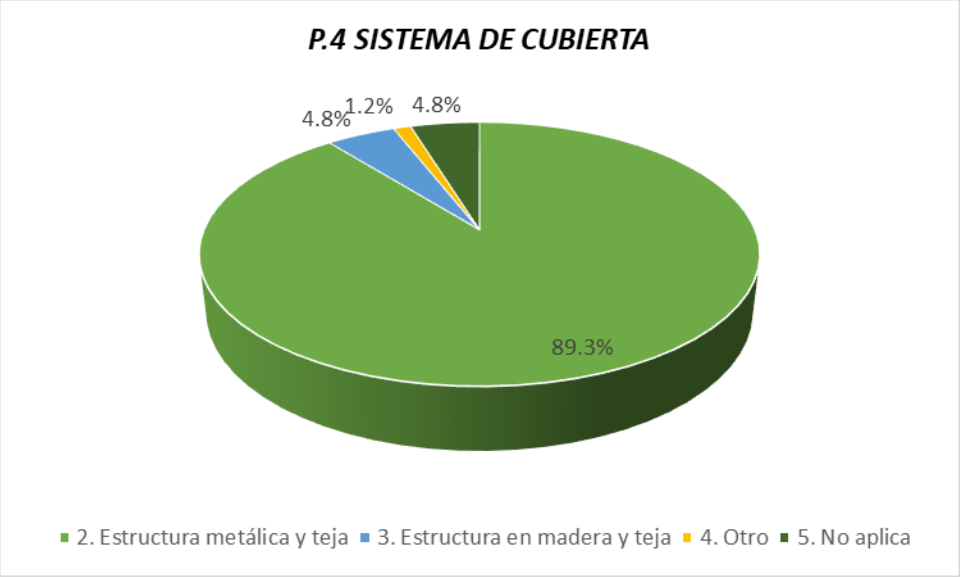


Ilustración 104. Tipo de sistema de cubierta de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

Parámetro 19. Número de niveles.

P.5 NÚMERO DE NIVELES		
1. 0 Nivel	8	9.5%
2. 1 Nivel	22	26.2%
3. 2 Niveles	32	38.1%
4. 3 Niveles	12	14.3%
5. 4 Niveles	7	8.3%
6. 5 Niveles	2	2.4%
7. 6 Niveles	1	1.2%
8. 7 Niveles	0	0.0%
Total encuestas	**84**	**100.0%**

Tabla 55. Cuantificación de registros para el número de niveles de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

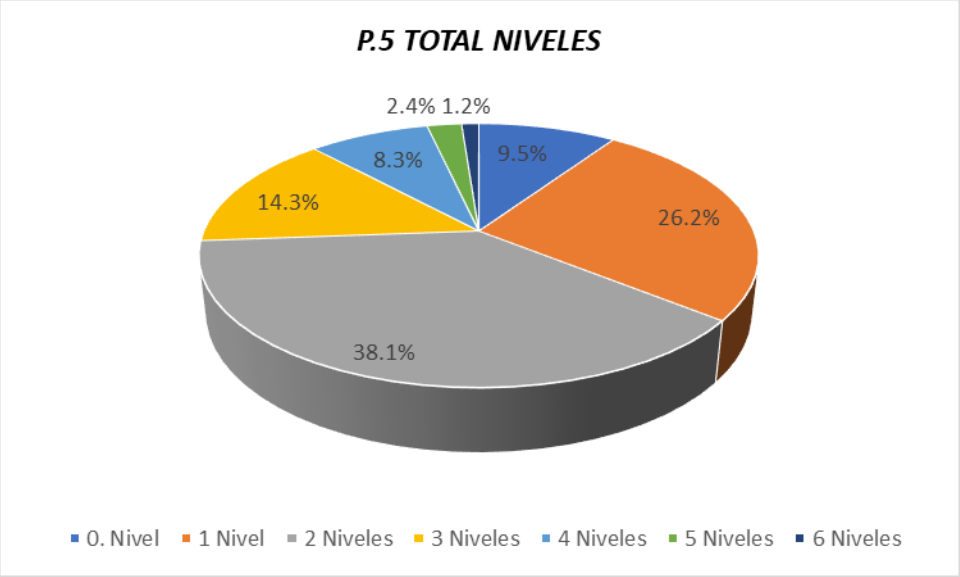


Ilustración 105. Número de niveles de las edificaciones en el Barrio África Bucaramanga.

Fuente: Autor.

11.7. LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL DETALLADO

En el barrio África del municipio de Bucaramanga se llevó a cabo los levantamientos estructurales detallados en el barrio África ubicado en la autopista Bucaramanga-Girón. Las viviendas escogidas para los levantamientos corresponden según los mapas entregados para campo al predio trece, subdivisión A (A-13) y el predio doce, subdivisión B (B-12). El interés especial de realizar una revisión normativa del estado de las estructuras de estas edificaciones radica en evaluar es estado actual de la edificación y el cumplimiento de los requisitos mininos de la NSR-10.

11.7.1. PREDIO A-13 BARRIO AFRICA

El predio cuenta con un área de 50 metros cuadrados en planta, consta de dos niveles construidos con cubierta liviana con descarga en dos direcciones, de uso residencial, su estructura es de sistema pórtico en concreto reforzado, con muros divisorios en mampostería, en las coordenadas aproximadas 7.094414LAT, -73.119882 LONG. Ver siguiente ilustración:



Ilustración 106. Predio A-13, Barrio África, Municipio de Bucaramanga, Santander.

Fuente: Autor.

A continuación, se presenta una descripción detallada de los elementos estructurales y no estructurales que componen el edificio.

El sistema estructural que compone la edificación corresponde a un pórtico en concreto reforzado esencialmente completo, resistente a momento. Se identifican 2 ejes de columnas en el sentido longitudinal de la edificación y 4 ejes de columnas en sentido transversal conformando un sistema con ejes paralelos.

El sistema de entrepiso corresponde a un sistema de placa maciza de espesor de 0.15 m, con vigas embebidas en la placa.

La estructura cuenta con columnas 0.30x0.30m y vigas de 0.30x0.30m en concreto reforzado con muros de mampostería en ladrillo H-10.

11.7.2. PREDIO B-12 BARRIO AFRICA

El predio cuenta con un área de 50 metros cuadrados aproximadamente, cuyo uso es residencial, su estructura es de sistema de pórticos resistentes a momento, con un método de construcción que presenta falencias e incumple con los requisitos y normativas legales establecidas por la NSR-10, con irregularidades que podrían afectar su desempeño ante daños externos. La estructura cuenta con 2 niveles, con muros divisorios en mampostería sin confinamiento, con un volado de aproximadamente 1.20m sostenido por PTR, el cual genera una inseguridad estructural; esta estructura se encuentra ubicada en las coordenadas aproximadas 7.094724 LAT, -73.119673 LONG, ver siguiente ilustración.



Ilustración 107. Predio B-12, Barrio África, Municipio de Bucaramanga, Santander.

Fuente: Autor.

A continuación, se presenta una descripción detallada de los elementos estructurales y no estructurales que componen el edificio.

El sistema estructural que compone la edificación corresponde a pórticos resistentes a momentos. Se identifican 2 ejes de columnas, sin embargo, no se pudo evidenciar la serie de columnas transversales, ni las dimensiones del sistema estructural, la estructura presenta una irregularidad geométrica pronunciada y una irregularidad en planta por ejes no paralelos.

El sistema de cubierta consta de una cubierta metálica a un agua sobre vigas de madera.

11.7.3. CONCEPTO TÉCNICO

El concepto técnico está basado en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, la ley 400 de 1997, la ley 1229 de 2008 y las resoluciones expedidas por la "Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes" del Gobierno Nacional, adscrita al ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial y creada por el artículo 39 de la ley 400 de 1997, la Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales expedida por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, tercera edición, 2011 y las visitas técnica realizadas durante el mes de diciembre al municipio de Bucaramanga, Santander.

11.7.4. PREDIO A-13 BARRIO AFRICA

Según el material y sistema estructural identificado en la edificación, a continuación, se presenta una revisión breve de aspectos mínimos requeridos por parte de la norma sismo resistente NSR-10 para este tipo de edificaciones.

Basado en el capítulo A.3. – Requisitos generales de diseño sismo resistente de la NSR-10 el sistema estructural de resistencia sísmica para edificaciones localizadas en zonas de amenaza sísmica alta, como es el caso de la presente estructura, deberá atender los requisitos exigidos para estructuras tipo pórtico en concreto reforzado con capacidad de disipación especial de energía (DES) para estructuras.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

- La estructura no presenta irregularidad en planta, ni irregularidad en altura.
- La edificación está compuesta por columnas de sección 0.30x0.30m y vigas de 0.30x0.30m.
- El sistema de entrepiso corresponde a un sistema de placa maciza de espesor 0.15m.

SISTEMA ESTRUCTURAL

La NSR-10 en artículo A.3.2.2 específica que toda edificación o cualquier parte de ella debe estar clasificada dentro de uno de los cuatro sistemas estructurales de resistencia sísmica reconocidos, estos sistemas son:

- Sistema de muros de carga
- Sistema combinado
- Sistema de pórtico
- Sistema dual

La existencia de vigas y columnas y la no existencia de muros estructurales clasifican el sistema estructural como un sistema de pórtico, este sistema según la NSR-10 Sec. A.3.2.1.3 se define como: Un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resista todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

ASIMETRÍA ESTRUCTURAL

Para efectos del diseño sísmico, la edificación debe clasificarse como regular o como irregular en planta y en altura o como redundante o con ausencia de redundancia, NSR-10 Sec. A.3.3.1

El edificio no presenta asimetrías tanto en planta como en altura:

- No se presenta irregularidad en altura ($\phi a = 1.0$).
- No se presenta irregularidad en planta ($\phi p = 1.0$).

El factor de redundancia debe tomarse como $\phi r = 1.00$ según la NSR-10 Sec. A.3.3.8.2. no hay perdida de resistencia y no hay perdida de reduciendo en más del 33% la resistencia a cargas horizontales de este piso.

REQUISITOS GENERALES

Los requisitos exigidos para considerar que una estructura de concreto cuenta con capacidad DES se describen a continuación:

C.21.1.4.2. – La resistencia especificada a la compresión del concreto no debe ser menor a 21 MPA (3000 PSI).

- El concreto por inspección visual se ve de buena calidad, asegurando al menos la minina capacidad del concreto, cumpliendo con la resistencia a compresión.

C.21.1.5.2. – Todo el refuerzo corrugado debe resistir fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos de pórtico y debe cumplir con las disposiciones de la NTC 2289.

- Por inspección visual en ciertos puntos, se ve refuerzo corrugado que cumple con el NTC 2289.

VIGAS

Elemento estructural, horizontal o aproximadamente horizontal, cuya dimensión longitudinal es mayor que las otras dos, y su solicitación principal es el momento flector, acompañado o no de cargas axiales, fuerzas cortantes y torsiones NSR-10, C.2.2.

Las vigas presentan refuerzo a flexión en dirección longitudinal, y refuerzo a cortante en dirección transversal en forma de estribos.

El refuerzo longitudinal se encarga de soportar los esfuerzos de tracción generados por un momento flector, y los estribos confinan la sección y le dan ductilidad a la viga, la cual es la que describe la capacidad de disipación de energía del elemento).

El refuerzo longitudinal tiene restricción en su longitud, por lo que es necesario realizar traslapos a lo largo del eje longitudinal de la viga, generando puntos débiles. Los traslapos deben realizarse en los puntos de menor demanda.

El refuerzo longitudinal debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Los traslapos se deben evitar dentro del nudo, y cerca de los extremos de la viga (zona confinada) ya que es posible que ocurra la pérdida del recubrimiento ante movimientos sísmicos.
- En la parte central de la viga es donde se deben realizar los traslapos, ya que la solicitación de resistencia es menor en ese punto, y no se presenta inversión de momento.
- Cuando se presente un traslapo, se deben colocar refuerzo transversal especial para confinar el punto débil.

El refuerzo transversal confina la sección, y da soporte lateral al refuerzo longitudinal, este debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Se deben usar ganchos sísmicos con doblez a 135° y con una extensión de 6db para evitar que los estribos se abran y se pierda el confinamiento y la ductilidad.
- Las zonas cercanas a los nudos se denominan “zona confinada” y deben tener una separación entre estribos menor.

C.21.5. – Elementos sometidos a flexión en pórticos especiales resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía DES deberá satisfacer lo estipulado en C.21.5.1.1 a C.21.5.1.4.

C.21.5.1.1 – La fuerza mayorada de compresión axial en el elemento (Pu) no debe exceder Ag*f’c/10.

C.21.5.1.4 – El ancho del elemento no debe exceder el ancho del elemento de apoyo.

- Los anchos de los elementos son acordes y uniformes.

C.21.5.1.1. - El ancho de los elementos sometidos a flexión no debe ser menor que el más pequeño de 0.3h y 250 mm.

- Las vigas de la edificación presentan dimensiones de 0.30 m de ancho, cumple con lo establecido con la norma.

C.21.5.2.1 – Refuerzo longitudinal: Al menos dos barras deben disponerse en forma continua tanto en la parte superior como en la parte inferior.

C.21.5.2.3. Solo se permite empalmes por traslapo en refuerzo de flexión cuando se proporcionan estribos cerrados de confinamiento o espirales en la longitud de empalme por traslapo. El espaciamiento del refuerzo transversal confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre d/4 y 100 mm. No deben hacerse empalmes por traslapo dentro de los nudos, ni en zonas de confinamiento (distancia igual a dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo y

donde por análisis se indique fluencia por flexión causada por desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

C.21.5.3.- Refuerzo transversal: deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en una distancia igual a dos veces la altura del elemento medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz en ambos extremos del elemento en flexión.

El primer estribo debe estar situado a 50 mm de la cara del apoyo. Y los estribos en la zona de confinamiento deberán estar espaciados a una distancia que no exceda d/4, 8 veces el diámetro de la barra, 24 veces el diámetro del estribo o 300 mm.

C.21.5.3.5 - Cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de d/2 en toda la longitud del elemento.

COLUMNAS

Las columnas son aquellos elementos estructurales cuya solicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de flexión, torsión o cortante, con una relación de longitud a su menor dimensión lateral mayor de 3, NSR-10 Sec. C.2.2. Como parte del sistema de resistencia ante fuerzas sísmicas se clasifican como: columnas con capacidad especial de disipación de energía (DES), columnas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) y columnas de concreto reforzado con capacidad mínima de disipación de energía (DMI).

En el caso de estudio se tendrá en cuanta los lineamientos establecidos en C.21.6 columnas con capacidad especial de disipación de energía (DES), así como los capítulos C.10 Flexión y fuerza axial, C.11 Cortante.

El refuerzo en las columnas se debe disponer en dos capas de refuerzo paralelas a las caras del muro, uno longitudinal que aumenta la resistencia del elemento, proporcionando capacidad de ductilidad en la sección, otro transversal destinado a resistir los esfuerzos cortantes, a impedir el pandeo del refuerzo longitudinal y a producir confinamiento en la sección, ver ilustración 23.

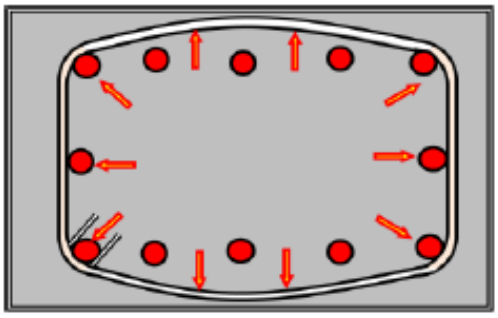


Ilustración 108. Disposición del refuerzo en columnas

Fuente: Autor.

Para un buen comportamiento estructural de las columnas se recomienda utilizar las siguientes especificaciones para el refuerzo:

- Para evitar que los estribos se abran y se pierda el confinamiento del concreto, deben emplearse ganchos sísmicos con un doblez de 135° o más, con una extensión de 6db, pero no menor de 75 mm.
- Por efectos sísmicos, las zonas próximas a los nudos presentan elevadas tensiones que obligan a restringir la separación de los estribos en dicha zona con el fin de garantizar la integridad estructural de la columna.
- Para evitar que los estribos se abran o deformen, como se indica en la ilustración 24, deben colocarse estribos adicionales o ganchos sísmicos para impedir la pérdida del confinamiento.

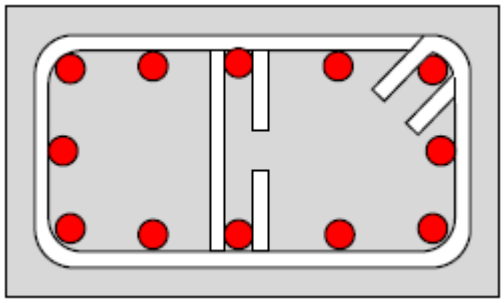


Ilustración 109. Estribos de confinamiento en columnas

Fuente: Autor.

C.21.6.1.1. – Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía DES deberán tener una sección transversal cuya dimensión menor debe ser mínimo de 300 mm y el área de la sección debe ser mínimo de 0.09m2.

- Las columnas de la edificación presentan dimensión mínima de 0.3 m de ancho, por lo tanto, cumple lo establecido con la norma.

C.21.6.3. - Refuerzo longitudinal mínimo deberá ser de 0.01Ag y máximo 0.04 Ag.

C.21.6.4. – Refuerzo transversal: Debe suministrarse refuerzo transversal en las cantidades que se especifican a continuación en una longitud "lo" medida desde la cara del nudo a ambos lados.
C.21.6.4.3. – Separación del refuerzo transversal no debe exceder ¼ de la dimensión mínima del elemento, 6 veces el diámetro de barra de refuerzo longitudinal y la separación especificada en la ecuación C.21-5. De cualquier forma, la separación no debe ser mayor a 150 mm ni menor a 100mm.

11.7.5. PREDIO B-12 BARRIO AFRICA

Según el material y sistema estructural identificado en la edificación, a continuación, se presenta una revisión breve de aspectos mínimos requeridos por parte de la norma sismo resistente NSR-10 para este tipo de edificaciones.

Basado en el capítulo E – Casa de uno y dos pisos, donde se exponen los requisitos para la mampostería confinada utilizada en la edificación.

CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

- La estructura presenta irregularidad en planta, e irregularidad en altura.
- La edificación está compuesta por un sistema pórtico en malas condiciones, sin embargo, por inspección visual, se observa que las dimensiones de los elementos estructurales tipo columnas perimetrales cumplen con las dimensiones mínimas establecidas por la normativa NSR-10.

SISTEMA ESTRUCTURAL

La NSR-10 en artículo A.3.2.2 específica que toda edificación o cualquier parte de ella debe estar clasificada dentro de uno de los cuatro sistemas estructurales de resistencia sísmica reconocidos, estos sistemas son:

- Sistema de muros de carga
- Sistema combinado
- Sistema de pórtico
- Sistema dual

La existencia de vigas y columnas y la no existencia de muros estructurales clasifican el sistema estructural como un sistema de pórtico, este sistema según la NSR-10 Sec. A.3.2.1.3 se define como: Un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resista todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

ASIMETRÍA ESTRUCTURAL

Para efectos del diseño sísmico, la edificación debe clasificarse como regular o como irregular en planta y en altura o como redundante o con ausencia de redundancia, NSR-10 Sec. A.3.3.1
El edificio presenta asimetrías tanto en planta como en altura:

- Se presenta irregularidad en altura ($\phi a = 0.9$).
- Se presenta irregularidad en planta ($\phi p = 0.9$).

El factor de redundancia debe tomarse como $\phi r = 0.90$ según la NSR-10 Sec. A.3.3.8.2. por lo cual hay perdida de resistencia y de igual manera hay perdida de resistencia reduciendo en más del 33% la resistencia a cargas horizontales de este piso.

CIMENTACIÓN

E.2.1.3- Sistema de cimentación - La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas, que aseguren la transmisión de las cargas de la estructura al suelo de forma integral y equilibrada. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural.

El sistema de cimentación no se pudo identificar.

E.2.1.5- Configuración en planta – si uno de los anillos tiene una relación (L/H<2) largo sobre ancho mayor que dos, debe construirse una viga intermedia de cimentación, en este caso sus dimensiones pueden reducirse a 200mm por 200mm.

El sistema de cimentación no se pudo identificar.

E.2.2.1- Estructuración de cimientos – Con base en la Tabla E.2.2-1, la estructura de las vigas de cimentación debe ser mínimamente la siguiente:

- Anchura: 250mm
- Altura: 200mm
- Estribos: No. 2 a 200mm (240 fy y 17 fc)
- Acero de anclaje de muros: No. 3 (412 fy y 17 fc)
- Acero Longitudinal: 4 No. 3 (420 fy y 17 fc)

VIGAS

Elemento estructural, horizontal o aproximadamente horizontal, cuya dimensión longitudinal es mayor que las otras dos, y su solicitación principal es el momento flector, acompañado o no de cargas axiales, fuerzas cortantes y torsiones NSR-10, C.2.2.

Las vigas presentan refuerzo a flexión en dirección longitudinal, y refuerzo a cortante en dirección transversal en forma de estribos.

El refuerzo longitudinal se encarga de soportar los esfuerzos de tracción generados por un momento flector, y los estribos confinan la sección y le dan ductilidad a la viga, la cual es la que describe la capacidad de disipación de energía del elemento).

El refuerzo longitudinal tiene restricción en su longitud, por lo que es necesario realizar traslapos a lo largo del eje longitudinal de la viga, generando puntos débiles. Los traslapos deben realizarse en los puntos de menor demanda.

El refuerzo longitudinal debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Los traslapos se deben evitar dentro del nudo, y cerca de los extremos de la viga (zona confinada) ya que es posible que ocurra la pérdida del recubrimiento ante movimientos sísmicos.
- En la parte central de la viga es donde se deben realizar los traslapos, ya que la solicitación de resistencia es menor en ese punto, y no se presenta inversión de momento.
- Cuando se presente un traslapo, se deben colocar refuerzo transversal especial para confinar el punto débil.

El refuerzo transversal confina la sección, y da soporte lateral al refuerzo longitudinal, este debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Se deben usar ganchos sísmicos con doblez a 135° y con una extensión de 6db para evitar que los estribos se abran y se pierda el confinamiento y la ductilidad.
- Las zonas cercanas a los nudos se denominan “zona confinada” y deben tener una separación entre estribos menor.

C.21.5. – Elementos sometidos a flexión en pórticos especiales resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía DES deberá satisfacer lo estipulado en C.21.5.1.1 a C.21.5.1.4.

C.21.5.1.1 – La fuerza mayorada de compresión axial en el elemento (Pu) no debe exceder Ag*f’c/10.
C.21.5.1.4 – El ancho del elemento no debe exceder el ancho del elemento de apoyo.

- Los anchos de los elementos no son acordes, ni uniformes.

C.21.5.1.1. - El ancho de los elementos sometidos a flexión no debe ser menor que el más pequeño de 0.3h y 250 mm.

- Las vigas de la edificación presentan dimensiones de 0.20 m de ancho, no cumple lo establecido con la norma.

C.21.5.2.1 – Refuerzo longitudinal: Al menos dos barras deben disponerse en forma continua tanto en la parte superior como en la parte inferior.

C.21.5.2.3. Solo se permite empalmes por traslapo en refuerzo de flexión cuando se proporcionan estribos cerrados de confinamiento o espirales en la longitud de empalme por traslapo. El espaciamiento del refuerzo transversal confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre d/4 y 100 mm. No deben hacerse empalmes por traslapo dentro de los nudos, ni en zonas de confinamiento (distancia igual a dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo y donde por análisis se indique fluencia por flexión causada por desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

C.21.5.3.- Refuerzo transversal: deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en una distancia igual a dos veces la altura del elemento medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz en ambos extremos del elemento en flexión.

El primer estribo debe estar situado a 50 mm de la cara del apoyo. Y los estribos en la zona de confinamiento deberán estar espaciados a una distancia que no exceda d/4, 8 veces el diámetro de la barra, 24 veces el diámetro del estribo o 300 mm.

C.21.5.3.5 - Cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de d/2 en toda la longitud del elemento.

COLUMNAS

Las columnas son aquellos elementos estructurales cuya solicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de flexión, torsión o cortante, con una relación de longitud a su menor dimensión lateral mayor de 3, NSR-10 Sec. C.2.2.

El refuerzo en las columnas se debe disponer en dos capas de refuerzo paralelas a las caras del muro, uno longitudinal que aumenta la resistencia del elemento, proporcionando capacidad de ductilidad en la sección, otro transversal destinado a resistir los esfuerzos cortantes, a impedir el pandeo del refuerzo longitudinal y a producir confinamiento en la sección, ver ilustración 25.

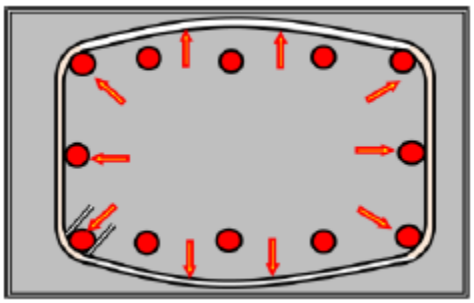


Ilustración 110. Disposición del refuerzo en columnas

Fuente: Autor.

Para un buen comportamiento estructural de las columnas se recomienda utilizar las siguientes especificaciones para el refuerzo:

- Para evitar que los estribos se abran y se pierda el confinamiento del concreto, deben emplearse ganchos sísmicos con un doblez de 135° o más, con una extensión de 6db, pero no menor de 75 mm.
- Para evitar que los estribos se abran o deformen, como se indica en la figura 11 deben colocarse estribos adicionales o ganchos sísmicos para impedir la pérdida del confinamiento.

E.4.3.2 – Columnas de confinamiento – El área transversal de las columnas de amarre no debe ser inferior a 20.000mm2 (200cm2), con espesor igual al del muro que confina (100mm x 200mm mínimo). La vivienda cuenta con columnas de 0,30x0,30m cumpliendo la norma.

E.4.3.4 – Refuerzo mínimo columnas – El mínimo refuerzo de la columna de confinamiento debe ser el siguiente: Refuerzo longitudinal – 4 barras N° 3 (3/8”) o 3 barras N° 4 (1/2). Refuerzo transversal – estribos de barra N° 2 (1/4) cada 200mm.

No se pudo identificar el refuerzo de las columnas.

ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Los muros no estructurales son los elementos de mampostería u otro material que sirva con fines divisorios de espacios, que soportan su propio peso y tienen una capacidad muy limitada para soportar fuerzas laterales, así como para absorber deformaciones significativas. En estos muros, la falla ocurre por agrietamiento y desplazamiento lateral a lo largo de las grietas. Las grietas pequeñas, debidas al leve movimiento de la estructura portante, por lo general, no son críticas, aunque inducen a

desprendimientos del recubrimiento. En general, para un nivel de seguridad de ocupación inmediata, se admite que las grietas no comprometan la capacidad al cortante del muro y que no haya deformaciones fuera del plano.

E.3.4.1 – Los vanos de un muro no deben ser mayores al 35% del área total del muro.

Los vanos observados en la estructura superaban el 35%. No cumple.

E.3.4.3- Se deben reforzar los vanos con vigas y columnas de concreto reforzado alrededor de los mismo y la longitud total en planta de los vanos debe ser menor que la mitad de la longitud total en planta del muro.

No se observaron refuerzos en vanos. No cumple.

E.3.5.1- Para muros estructurales la distancia libre vertical no puede exceder 25 veces el espesor efectivo del muro (2750mm o 2.75m).

La distancia libre vertical (altura) de los muros no supera los 2.75m. Cumple.

E.3.5.2- Para muros estructurales la distancia libre horizontal no puede exceder 35 veces el espesor efectivo del muro (3850mm o 3.85m).

Los muros cumplen la distancia máxima de 3.85m.

E.3.5.3 – Espesor mínimo de muros estructurales confinados – Según tabla E.3.5-1 para una zona de amenaza sísmica alta y una construcción de un solo piso se tiene un espesor nominal de 110mm.

La edificación cuenta con dos niveles.

E.3.6.2 – Los muros confinados deben ubicarse buscando simetría y rigidez torsional de la edificación.

Los muros no se encuentran ubicados de forma simétrica, ni adecuada. No cumple.

E.3.6.3 – Los muros confinados que se dispongan en cada una de las direcciones deben tener longitudes similares.

Las longitudes de los muros en una dirección no superan las de los muros que lo interceptan. Cumple.

E.4.5.1 – Cintas de amarre – Elementos suplementarios a las vigas de amarre, usados en antepechos de ventanas, remate de culatas, parapetos, etc. Se puede usar cualquiera de los siguientes elementos: (a) Elemento de concreto reforzado de altura mayor o igual a 100mm, ancho igual al elemento que remata y reforzado mínimo con dos barras longitudinales N°3 (3/8). El refuerzo transversal debe ser necesario únicamente para mantener la posición de las barras longitudinales. (b) Elemento construido con piezas de mampostería tupo U, reforzado longitudinalmente con mínimo dos barras N° 3 (3/8) o una barra N° 4 (1/2), e inyectando mortero con resistencia a la compresión mayor a 7.5 MPa.

No cuenta con ninguna cinta de amarre o elemento suplementario. No cumple.

11.7.6. PATOLOGÍAS

La estructura A-13 no presentan irregularidades en planta ni en altura, y es posible identificar redundancia en ambas direcciones principales en planta, factores que favorecen el comportamiento estructural de las edificaciones ante cargas horizontales. Sin embargo, en la estructura B-12 se observan irregularidades en planta y en altura, con un sistema estructural de pésima construcción. En los elementos de concreto reforzado, no se presentan refuerzo a la vista que podrían disminuir la durabilidad de la estructura.

La edificación identificada como A-1, en relación con la mampostería se observan fisuras asociadas a los patrones de falla por flexión, aplastamiento de borde y deslizamiento de juntas como se describen en la Guía de patologías constructivas, evidenciando que, durante la vida útil de la estructura, los elementos estructurales y no estructurales han sido afectados de manera significativa por eventos sísmicos fuertes y/o sobrecargas por el uso de la edificación y su ubicación en laderas inestables.

En la zona crítica del área de estudio correspondiente al barrio África, se identificaron viviendas, entre ellas la vivienda A-1 y la vivienda A-36, que presentan derrumbamiento parcial de sus estructuras como consecuencia de eventos de remoción en masa. Estos procesos están asociados a la inestabilidad de la ladera ubicada en la parte posterior de dichas viviendas, la cual ha generado afectaciones directas sobre las edificaciones. Estos antecedentes evidencian la alta vulnerabilidad por remoción en masa existente en el área de estudio.





Ilustración 111. Derrumbamiento parcial de viviendas causada por eventos de remoción en masa.

Fuente: Autor.

Adicionalmente, se debe considerar que aproximadamente el 96 % de las edificaciones ubicadas en el área de estudio fueron construidas mediante procesos de autoconstrucción. En muchas de estas edificaciones se evidencian deficiencias constructivas, tales como errores de diseño, ejecución inadecuada y el incumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por la normativa vigente.

En este contexto, al combinar la condición de inestabilidad del terreno donde se emplazan las edificaciones con la baja calidad del sistema constructivo, se determina que la vulnerabilidad de las edificaciones frente a eventos de remoción en masa es ALTA, con posibilidad de COLAPSO.

De igual manera, la vulnerabilidad de las personas se clasifica como ALTA, con posibilidad de MUERTE o LESIONES GRAVES, lo que representa un escenario de riesgo significativo para la población expuesta.



Ilustración 112. Viviendas con procesos constructivos de **autoconstrucción** ubicadas en la corona y pie de ladera con Vulnerabilidad alta a eventos de remoción en masa.

Fuente: Autor.

Es importante mencionar que las viviendas que presentan colapso parcial o un nivel de riesgo alto frente a eventos de remoción en masa pueden generar un efecto en cadena, el cual podría inducir inestabilidad adicional en los suelos y en las edificaciones aledañas. Este fenómeno incrementa la propagación del daño, ampliando el área afectada y agravando las condiciones de riesgo en el entorno inmediato.

11.8. VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTO EN MASA

Para calcular la vulnerabilidad de cada edificación identificada durante las labores de campo, se utilizó lo establecido por la "Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa" propuesta por el Servicio Geológico Colombiano.

11.8.1. METODOLOGÍA

La presente metodología es propuesta por la "Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa" desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) durante el año 2016. En su capítulo cuatro "Análisis de vulnerabilidad" se describe el procedimiento aplicable fundamentalmente en las zonas ocupadas por edificaciones.

Este documento se encuentra basado en el Decreto 1807 de 2014, del Ministerio de Vivienda, Cuidad y Territorio, donde se establecen las siguientes etapas generales para evaluar la vulnerabilidad:

- Identificación y localización de los elementos expuestos.
- Caracterización de los elementos expuesto: tipología, exposición y resistencia.
- Tipos de daño o efectos esperados como resultados de los escenarios de vulnerabilidad.
- Zonificación de la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se ha de evaluar de forma cuantitativa, al relacionar la intensidad de las masas que se pueden desplazar con la fragilidad de los elementos expuestos, se puede establecer unos niveles de daño para cada edificación, y con base en estos niveles de daño se definen las categorías de vulnerabilidad física.

Para la vulnerabilidad de las personas se define en función de los posibles niveles de afectación en materia de pérdidas probables de vidas o de lesiones corporales, asociadas con los niveles de daño de las edificaciones, previamente evaluados.

IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

Los elementos expuestos incluyen tanto elemento físico (bienes e infraestructura) como servicios ambientales, recursos económicos y sociales y bienes culturales, que por su ubicación pueden resultar afectados por la materialización de una amenaza. Los elementos expuestos se reducen a dos grupos: bienes físicos y personas, como se presenta a continuación:

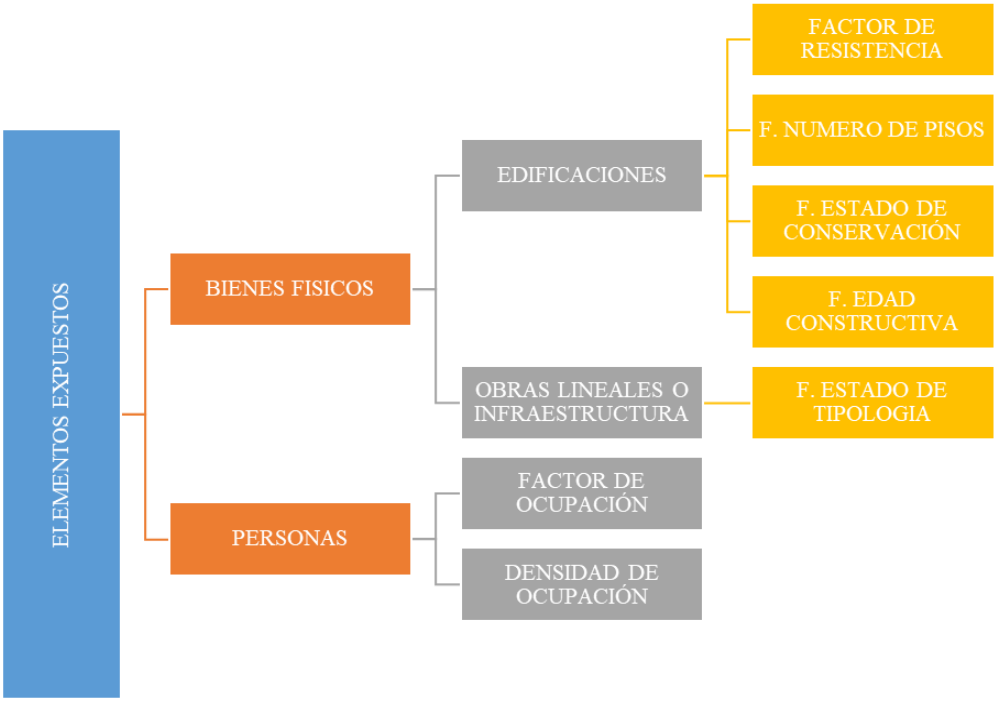


Ilustración 113. Elementos expuestos y subdivisión.

Fuente: Autor.

CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

Parámetros tales como su uso (Residencial de capacidad económica baja, media o alta, Comercial, Institucional, Salud (pública o privada), Educación (pública o privada), Gubernamentales u otro), el número de edificaciones, área construida (m2) y el valor de reposición (millones de COP) permiten identificar los elementos expuestos en materia de infraestructura.

CÓDIGO	TIPO DE EDIFICACIÓN
A	Edificaciones con reforzamiento especial
B	Edificaciones reforzadas
C	Mampostería reforzada
D	Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas
E	Estructuras ligeras
F	Construcciones simples

Tabla 56. Tipologías de edificaciones.

Fuente. SGC.

EXPOSICIÓN

De acuerdo con la metodología propuesta en la guía, la vulnerabilidad física es la respuesta de los elementos expuestos frente a las solicitaciones generadas por la interacción de los movimientos en masa con dichos elementos. Para evaluar la exposición la guía ha definido cuatro zonas o escenarios:

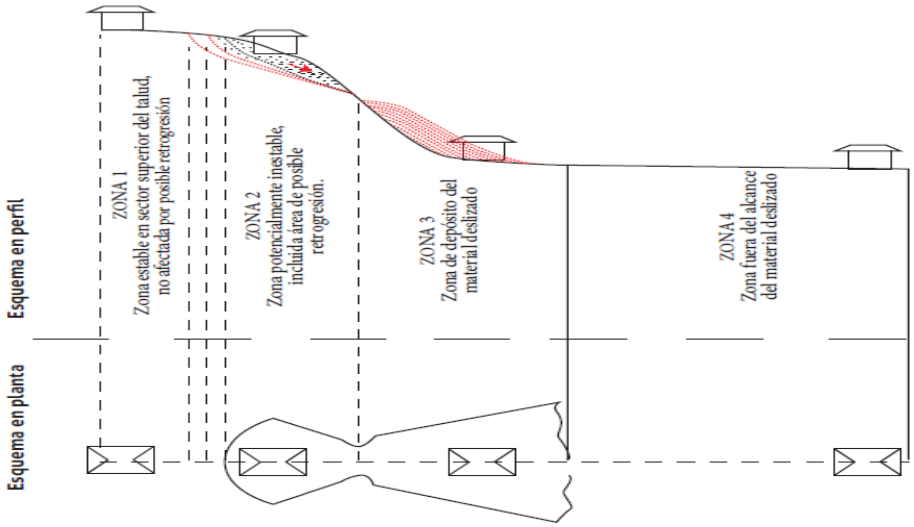


Ilustración 114. Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento.

Fuente: Figura 4-2. Pag. 93. Guía del SGC.

- Zona 1. Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud, sin posibilidad de afectación por retrogresión.
- Zona 2. Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión.
- Zona 3. Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento en masa o en la zona de depósito del material deslizado.

- Zona 4. Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito.

Para el análisis de vulnerabilidad se debe establecer la situación de exposición de los elementos y el parámetro de intensidad o magnitud que hay que utilizar:

ZONA	PARAMETRO DE AMENAZA	
	INTENSIDAD	MAGNITUD
2	Velocidad de movimiento	Posibilidad cinemática del movimiento Profundidad de la superficie de falla
3	Velocidad del movimiento Presión del impacto Energía del impacto	Distancia de viaje Altura de la masa deslizada Profundidad de la superficie de falla

Tabla 57. Parámetros de intensidad o amenaza para evaluación de vulnerabilidad.

Fuente: SGC.

FRAGILIDAD

La guía considera cuatro parámetros para la evaluación de la fragilidad de las edificaciones: tipo de estructura (S_{tip}), su altura (S_{alt}), su conservación (S_{con}) y su edad (S_{ed}). Partiendo de estos se calcula la fragilidad de la estructura (S_e) con la siguiente ecuación:

$$S_e = 1 - (1 - S_{tip})(1 - S_{alt})(1 - S_{con})(1 - S_{ed})$$

Los parámetros utilizados en la anterior ecuación se calculan de la siguiente manera:

- **FACTOR DE FRAGILIDAD POR TIPO DE ESTRUCTURA (S_{tip})**

Para el tipo de estructura se consideran factores de resistencia, a partir de las tipologías;

TIPOLOGÍA		FRAGILIDAD	S_{tip}
F	Construcciones simples	Muy alta	1,00
E	Estructuras ligeras	Alta	0,90
D	Estructuras con confinamiento deficiente	Media	0,70
C	Mampostería reforzada	Baja	0,50
B	Edificaciones reforzadas	Muy baja	0,30
A	Edificaciones con reforzamiento especial	Extremadamente baja	0,10

Tabla 58. Factores de fragilidad por tipología de estructuras.

Fuente: SGC.

- **FACTOR DE FRAGILIDAD POR ALTURA DE LA ESTRUCTURA (S_{alt})**

La fragilidad de la estructura en función de su número de pisos se obtiene por valores de parámetros modificados de acuerdo con la cultura constructiva del país.

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE PISOS	S_{alt}
E,F	≥ 2	0,90
D	≥ 4	0,90
D	2 y 3	0,60
Demás tipologías y alturas		0,05

Tabla 59. Factor de fragilidad por altura de la edificación.

Fuente: SGC.

- **FACTOR DE FRAGILIDAD POR ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (S_{con})**

El estado de conservación se evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y se califica de acuerdo con los siguientes parámetros de fragilidad propuestos:

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 – 0,5	0,05
Deformaciones leves	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5 – 1,0	0,25
Deformaciones medias	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).	1,0 – 5,0	0,5
Deformaciones graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	50, - 10,0	0,75
Deformaciones muy graves	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento.	>10,0	1,00

Tabla 60. Factores de fragilidad por estado de conservación de la edificación.

Fuente: SGC.

- **FACTOR DE FRAGILIDAD POR EDAD DE LA ESTRUCTURA (S_{ed})**

El parámetro de fragilidad relativo a la edad de la edificación se estima a partir de la relación de los años de servicio con respecto a la vida útil de diseño (servicio/vida útil).

RELACIÓN AÑOS DE SERVICIO/ VIDA ÚTIL	S_{ed}
≤0,1	0,05
0,1 – 0,4	0,10
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

Tabla 61. Factor de fragilidad por edad de la estructura.

Fuente: SGC.

El profesional a cargo de la evaluación del riesgo deberá determinar la edad de las edificaciones y su periodo de diseño, en caso de que estas tengan un diseño formal. En caso de no obtener información sobre el periodo de diseño de la edificación, este se podrá calcular con base en sus características, en función del tipo de edificación.

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
A Y B	50 años
C Y D	30 años
E	15 años
F	1 – 2 años

Tabla 62. Vida útil en función del tipo de edificación.

Fuente: SGC.

FRAGILIDAD DE PERSONAS

La guía propone la fragilidad de personas como una función exponencial de la fragilidad de las edificaciones:

$$S_{per} = (s_e)^{3.2}$$

ESCENARIO DE BAJA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MOVIMIENTOS LENTOS)

Para edificaciones ubicadas en la zona 2 de exposición; donde se pueden generar agrietamientos y ladeo en las estructuras sobre la masa deslizada. Los parámetros de intensidad para este escenario de análisis son la velocidad, las deformaciones locales y la profundidad del deslizamiento, relacionadas en la siguiente ecuación:

$$I_{len} = 1 - (1 - I_{l-def})(1 - I_{l-vel})(1 - I_{l-prof})$$

Los umbrales (A_{max}) para diversos tipos de construcciones se dan en función de la distancia entre apoyos o columnas y son tomados de valores máximos de asentamientos diferenciales definidos en la NSR-10.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	A_{max}
Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores.	$\frac{l}{1000}$
Edificaciones con muros de carga en concreto o mampostería.	$\frac{l}{500}$
Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores.	$\frac{l}{300}$
Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles a dañarse con sentamientos menores.	$\frac{l}{160}$

Tabla 63. Umbrales tolerables de deformación.

Fuente: SGC.

Donde el parámetro I_{l-def} se da para la relación de las deformaciones con respecto a los umbrales tolerables según tipología de la edificación.

RELACIÓN DEFORMACIÓN/UMBRAL TOLERABLE	I_{l-def}
<0,2	0,1
0,2 – 0,4	0,2
0,4 – 0,6	0,4
0,6 – 0,8	0,6
0,8 – 1,0	0,8
1,0 – 1,2	0,9
≥1,2	1,0

Tabla 64. Relación deformación/umbral tolerable.

Fuente: SGC.

I_{l-vel} es el parámetro de intensidad por velocidad. Este está dado por la siguiente ecuación:

$$I_{l-vel} = \begin{cases} 0 \; v \; \leq 5x10^{-7} \\ \frac{1}{36}(Logv + 6{,}30)^2 \; 5x10^{-7} < v < 5x10^{-1} \\ 1 \; v \; \geq 5x10^{-1} \end{cases}$$

Con la velocidad, v, en mm/s.

I_{l-prof} es el parámetro de intensidad por profundidad de la masa deslizada. Para edificaciones localizadas sobre deslizamientos activos, el grado de daño depende principalmente de la profundidad relativa de la cimentación de la estructura con respecto a la profundidad de la superficie a falla. La siguiente ecuación está en función de la profundidad de la cimentación *h* (m) y la profundidad de la superficie de falla *d* (m):

$$I_{l-prof} = \begin{cases} (1{,}25d/h)^{1/3} \; d/h \; < 0{,}8 \\ 10{,}8 < d/h \leq 1{,}2 \\ 1{,}44(d/h)^{-2} \; d/h \; > 1{,}2 \end{cases}$$

ESCENARIO DE ALTA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MOVIMIENTOS RÁPIDOS)

La intensidad de los movimientos en masa en este escenario se define en función de su profundidad y de la presión de impacto según la siguiente ecuación:

$$I_{rap} = 1 - (1 - \; I_{f-pre})(1 - I_{f-prof})$$

I_{f-pre} es el parámetro de intensidad debido a la presión y se estima a partir de la relación entre presión de impacto del deslizamiento y le presión limite soportada por la estructura:

RELACIÓN PRESIÓN DE IMPACTO DE DESLIZAMIENTO/PRESIÓN HORIZONTAL LÍMITE DE ESTRUCTURA	I_{f-pre}
<0,1	0,05
0,1 – 0,2	0,20
0,2 – 0,4	0,40
0,4 – 0,7	0,70
0,7 – 1,0	0,90
≥1,0	1,00

Tabla 65. Parámetro de intensidad por presión de impacto.

Fuente: SGC.

La presión límite de la estructura se puede estimar según el tipo de estructura:

TIPOLOGÍA		PRESIÓN LÍMITE DE LA ESTRUCTURA (kpa)
F	Construcciones simples	1
E	Estructuras ligeras	5
D	Estructuras con confinamiento deficiente	8
C	Mampostería reforzada	11
B	Edificaciones reforzadas	18
A	Edificaciones con reforzamiento especial	20

Tabla 66. Presión de falla según tipología de estructura.

Fuente: SGC.

La carga lateral y la presión de los movimientos rápidos son función del cuadrado de la velocidad que desarrolla, se puede aproximar mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2}\rho v^2$$

Donde *P* es la presión de impacto (kpa), ρ es la densidad de la masa movida (kg/m3) y v es la velocidad (m/s).

I_{f-prof} es el parámetro de intensidad por la profundidad del deslizamiento. Se presenta en función de la relación entre la profundidad del deslizamiento y la altura de la edificación.

RELACIÓN PROFUNDIDAD DEL DESLIZAMIENTO/ALTURA EDIFICACIÓN	I_{f-prof}
<0,2	0,10
0,2 – 0,4	0,30
0,4 – 0,6	0,50
0,6 – 1,0	0,70
0,8 – 1,0	0,90
≥1,0	1,00

Tabla 67. Parámetro de intensidad relación profundidad/altura de la estructura.

Fuente: SGC.

CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD

Siguiendo la metodología desarrollada, la vulnerabilidad es función de la fragilidad de las estructuras y de la intensidad del evento amenazante:

$$V = \begin{cases} \frac{1}{2}\left(\frac{I}{1-S}\right)^2 & I \leq 1-S \\ 1-\frac{1}{2}\left(\frac{1-I}{S}\right)^2 & I > 1-S \end{cases}$$

Donde *V* es la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la amenaza, *I* es la intensidad del evento y *S* es la fragilidad del elemento expuesto.

Para estructuras, 1,0 significa la destrucción completa de la estructura; los valores menores que 1,0 representan el grado de daño, y 0 significa que la edificación no presenta ningún daño. En personas, 1 significa la perdida de la vida, y los valores menores que 1 se traducen como la probabilidad de perdida de la vida.

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE LA VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO
ALTA	0,50-1,00	Total-colapso
MEDIA	0,10-0,50	Grave
BAJA	0,02-0,10	Moderado
	0,00-0,02	Leve

Tabla 68. Clasificación de la vulnerabilidad para edificaciones y líneas vitales.

Fuente: SGC.

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN DE DAÑO
COLPASO	Colapso parcial o total de la estructura. Rotura de muros. Destrucción total de acabados y accesorios.

GRAVE	Grietas anchas y profundas. Plastificación local de los elementos estructurales. Posible colapso de elementos no estructurales. Daños en los muros. Daños grave de acabados.
MODERADO	Grietas grandes y profundas. Daños graves en elementos no estructurales. Quiebre de ventanas. Entrada de material a la edificación. Daños en pisos.
LEVE	Grietas pequeñas. Despegues de pequeños pedazos de pañete, despegue de algunos ladrillos.

Tabla 69. Daños esperados para edificaciones.

Fuente: SGC.

La vulnerabilidad para personas en edificaciones se puede definir así:

CLASIFICACIÓN	RANGO DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN
ALTA	0,5-1	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias.
MEDIA	0,2-0,5	Alta posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.
BAJA	0-0,2	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.

Tabla 70. Clasificación de la vulnerabilidad para personas.

Fuente: SGC.

11.8.2. ADAPTACION A LA GUIA DEL SGC

Para las recolecciones de información realizada en campo se realizó el llenado de un formulario el cual se adapta a la guía del SGC para la clasificación de la edificación. A continuación, se muestra el proceso de adaptación de los datos:

TIPO DE EDIFICACIÓN

La guía clasifica las edificaciones en siete (7) tipologías:

A. Edificaciones con reforzamiento especial.

B. Edificaciones reforzadas.

C. Mampostería reforzada.

D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas.

E. Estructuras ligeras.

F. Construcciones simples.

G. Lotes vacíos.

Para la aplicación de la metodología propuesta se clasificaron las tipologías usadas en el formulario estructural de campo según las tipologías usadas por la guía como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tipologia aplicada en el formulario	Tipologia propuesta por la guía
1. Edificación en mampostería confinada en todas las plantas	C. Mampostería reforzada
2. Edificación en mampostería reforzada en todas las plantas	C. Mampostería reforzada
3. Edificación en mampostería confinada pero no en todas las plantas	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas
4. Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas
5. Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas
6. Pórticos en concreto reforzado	B. Edificaciones reforzadas
7. Muros en concreto reforzado	A. Edificaciones con reforzamiento especial
8. Sistema combinado en concreto reforzado	B. Edificaciones reforzadas
9. Prefabricados en concreto	E. Estructuras ligeras
10. Pórticos en acero	A. Edificaciones con reforzamiento especial
11. Muros en tapia pisada	F. Construcciones simples
12. Muros en adobe	F. Construcciones simples
13. Mixto	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas
14. No aplica	F. Construcciones simples

Tabla 71. Adaptación tipo de edificación.

Fuente: Autor.

ZONA O ESCENARIO DE EXPOSICIÓN

Para las 4 zonas propuestas por la guía para la ubicación de la edificación se tuvo que catalogar partiendo de las 8 ubicaciones usadas en el formulario de campo, dado que estas ya contenían la ubicación de la edificación con respecto al talud. Ver Tabla 72.

Ubicación de la edificación en fomulario	Zona según guía
1. Edificación ubicada fuera del talud y cumple con los aislamientos establecidos	ZONA 4
2. Edificación localizada arriba de la corona del talud con pendiente del terreno entre 30 y 45° y altura del talud <5m con presencia de muro de contención rígido de igual o mayor altura que el talud y una pendiente general del terreno abajo del pié y arriba de lgitud superior a 3 veces la altura del muro.	ZONA 2
3. Edificación ubicada sobre pendientes del terreno menores a 30°	ZONA 2
4. Edificación localizada abajo de pie del talud y altura <5m con muro de contención rígido de igual o mayor altura que el talud y una pendiente general del terreno abajo del pié y arriba de la cabeza del muro no superior a 3% en una longitud superior a 3 veces la altura del muro.	ZONA 3
5. Edificación localizada en taludes con pendientes >30° o ubicadas en la zona de aislamiento a taludes	ZONA 2
6. Edificación construida sobre corte realizado en una ladera con pendiente >30°	ZONA 2
7. Edificación sobre relleno en ladera	ZONA 2
8. Ninguna de las anteriores	NINGUNA

Tabla 72. Adaptación de las zonas.

Fuente: Autor.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Partiendo de la información brindada por la Tabla 60, se adaptó con base a la descripción dada y la separación de las grietas, comparando esto con las seis (6) opciones usadas en el formulario y asignando el factor S_{con} correspondiente a cada una. Ver Tabla 73.

C.12. Estado conservación edificación	S_{con}
1. Muros en buena condición sin fisuras visibles	0
2. Muros que presentan fisuras no extendidas producidas por causas diferentes a la acción sísmica o de remoción en masa.	0.25
3. Fisuras con tamaño medio de 2 a 3mm de ancho.	0.5
4. Edificio que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.	0.05
5. Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3mm de ancho.	0.75
6. Ninguna de las anteriores	0

Tabla 73. Adaptación al estado de conservación.

Fuente: Autor.

SERVICIO Y VIDA ÚTIL

Para el tiempo de tiempo de servicio y vida útil se tuvo en cuenta la Tabla 62 de la guía, considerando las particularidades de las edificaciones encontradas en campo para cada tipología como se muestra en la Tabla 74.

Tipologia aplicada en el formulario	Servicio	Vida útil
1. Edificación en mampostería confinada en todas las plantas	20 años	50 años
2. Edificación en mampostería reforzada en todas las plantas	20 años	50 años
3. Edificación en mampostería confinada pero no en todas las plantas	20 años	40 años
4. Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento	20 años	30 años
5. Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas	20 años	30 años
6. Pórticos en concreto reforzado	20 años	70 años
7. Muros en concreto reforzado	20 años	70 años
8. Sistema combinado en concreto reforzado	20 años	70 años
9. Prefabricados en concreto	20 años	70 años
10. Pórticos en acero	20 años	70 años
11. Muros en tapia pisada	100 años	100 años
12. Muros en adobe	100 años	100 años
13. Mixto	30 años	50 años
14. No aplica	2 años	2 años

Tabla 74. Adaptación tiempo de servicio y vida útil.

Fuente: Autor.

11.8.3. PARAMETROS SEGÚN GUIA DEL SGC

A continuación, se muestran los datos de las edificaciones recolectados en campo con la nueva adaptación a los parámetros establecidos por la guía para el barrio África.

- **PARAMETROS DEL SGC PARA EL BARRIO AFRICA**

Para el barrio África del municipio Bucaramanga se tiene un total de 84 edificaciones y lotes con la siguiente clasificación y coeficientes que determinan la fragilidad:

	TIPOLOGÍA	FRAGILIDAD	S_{tip}	N. EDIF
F.	Construcciones simples	Muy Alta	1	4
E.	Estructuras ligeras	Alta	0.9	0
D.	Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	Media	0.7	38
C.	Mampostería reforzada	Baja	0.5	0
B.	Edificaciones reforzadas	Muy Baja	0.3	42
A.	Edificaciones con reforzamiento especial	Extremadamente Baja	0.1	0
Cantidad total de edfificaciones				84

Tabla 75. Factor de tipología en el barrio África.

Fuente: Autor.

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE PISOS	S_{alt}	N° EDIF
E, F	≥2	0,90	1
D	≥ 4	0,90	0
D	2 y 3	0,60	6
Demás tipologías y alturas		0,05	77
Cantidad total de edificaciones.			84

Tabla 76. Factor de altura para el barrio África.

Fuente: Autor.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S_{con}	N° EDIF
Muy bueno	0	0,00	27
Bueno	0 – 0,5	0,05	55
Deformaciones leves	0,5 – 1,0	0,25	1
Deformaciones medias	1,0 – 5,0	0,5	0
Deformaciones graves	50, - 10,0	0,75	0
Deformaciones muy graves	>10,0	1,00	1
Cantidad total de edificaciones.			84

Tabla 77. Factor de conservación en el barrio África.

Fuente: Autor.

RELACIÓN AÑOS DE SERVICIO/ VIDA ÚTIL	S_{ed}	N° EDIF
>0,1	0,05	0
0,1 – 0,4	0,10	42
0,4 – 0,6	0,30	11
0,6 – 0,8	0,50	27
0,8 – 1,0	0,70	5
1,0 – 1,2	0,80	0
>1,2	1,00	0
Cantidad total de edificaciones.		84

Tabla 78. Factor de edad en el barrio África.

Fuente: Autor.

11.8.4. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL (FRAGILIDAD)

Según la guía de la SGC, se necesitan los parámetros de amenaza para las edificaciones que se encuentran ubicadas en la zona 2 y 3 para generar la vulnerabilidad. Con los datos obtenidos en las labores de campo se han obtenido los datos necesarios para identificar el tipo de edificación, la zona o escenario de exposición y demás información que permite determinar la fragilidad de la edificación. Al encontrarse algunas edificaciones en la zona 1 o zona 4, estas no presentan vulnerabilidad por fragilidad estructural, presentan una vulnerabilidad estructural, dado que la vulnerabilidad se ve completamente determinada por la fragilidad de la edificación.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	TOTAL NIV.	Cod.	TIPO DE EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD EDIFICACIÓN	VULNERABILIDAD	CLASIFICACIÓN
Santander	Bucaramanga	2	A1	F. Construcciones simples	1	0.595000	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A2	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.810475	0.139199	MEDIA
Santander	Bucaramanga	3	A3	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A4	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A5	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	3	A7	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA

Santander	Bucaramanga	2	A8	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	3	A9	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A10	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	A11	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A12	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A13	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A14	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A15	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	A16	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A17	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.893125	0.437742	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	A18	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	A19	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A20	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A21	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A22	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A23	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	A24	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A25	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A26	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A27	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA

Santander	Bucaramanga	1	A28	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	A29	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A30	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A31	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	A32	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	4	A33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A34	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A35	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	A36	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	A37	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	A38	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	A39	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	A40	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.943	0.544560	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A41	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	0	A42	F. Construcciones simples	1	0.595000	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B1	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B2	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B3	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA

Santander	Bucaramanga	1	B4	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B5	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	B6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B7	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B8	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.943	0.544560	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B9	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	B10	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B11	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8575	0.246230	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B12	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.943	0.544560	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B13	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B14	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B15	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B16	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B17	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B18	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B19	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B20	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA

Santander	Bucaramanga	0	B21	F. Construcciones simples	1	0.595000	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B22	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	B23	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.943	0.544560	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B24	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.943	0.544560	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B25	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.943	0.544560	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B26	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B27	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B28	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8575	0.246230	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B29	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B30	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B31	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	1	B32	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.8005	0.125627	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	2	B34	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	1	B35	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B36	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	3	B37	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.013959	BAJA
Santander	Bucaramanga	3	B38	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA

Santander	Bucaramanga	3	B39	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA
Santander	Bucaramanga	0	B40	F. Construcciones simples	1	0.595000	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B41	D. Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	0.864625	0.272831	MEDIA
Santander	Bucaramanga	2	B42	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.015467	BAJA

Tabla 79. Fragilidad viviendas para el Barrio África.

Fuente: Autor.

11.8.5. RESULTADOS VULNERABILIDAD FRAGILIDAD

BARRIO ÁFRICA MUNICIPIO DE BUCARAMANGA

Para el Barrio África del municipio de Bucaramanga se llenaron 84 formularios correspondientes a edificaciones, cuya vulnerabilidad está directamente dada por la fragilidad. Teniendo 10 predios con vulnerabilidad alta, 32 con vulnerabilidad media y 42 con vulnerabilidad baja. Estos datos en materia general del Barrio como se muestra en la Tabla 80

2. Barrio África Fragilidad		
Vulnerabilidad	Cantidad	Porcentaje
Alta	10	11.90%
Media	32	38.10%
Baja	42	50.00%
Total	84	100.00%

Tabla 80. Vulnerabilidad estructural para el Barrio África.

Fuente: Autor.





Ilustración 115. Predio 1-A identificado con vulnerabilidad estructural Alta en el Barrio África.

Fuente: Autor.



Ilustración 116. Predio 15-A identificado con vulnerabilidad estructural media en el Barrio África.

Fuente: Autor.



Ilustración 117. Predio A-13 identificado con vulnerabilidad estructural baja en el Barrio África.

Fuente: Autor.

11.8.6. VERIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Para corroborar la certeza de la vulnerabilidad asignada por medio de la metodología propuesta por la guía del SGC, se compara esta vulnerabilidad con la generada por los levantamientos a detalle de los predios específicos del municipio como se muestra a continuación:

VULNERABILIDAD PARA PREDIO A-13.

En el predio A-13 del barrio África del municipio de Bucaramanga según levantamiento estructural detallado se encuentra una edificación cuyos elementos estructurales y no estructurales se encuentran en buenas condiciones y no evidencian ningún tipo de falla o patologías en sus materiales, significando una vulnerabilidad estructural baja.

Por medio de la información consignada en el formulario de campo se tiene que el predio A-13, cuenta con una vulnerabilidad estructural de 0,0139586 dictaminada por su fragilidad estructural de 0,4015, siendo esto clasificado como vulnerabilidad estructural baja.

La vulnerabilidad encontrada por la metodología del SGC es congruente con la identificada en el levantamiento estructural detallado.

VULNERABILIDAD PARA PREDIO B-12

En el predio B-12 del Barrio África del municipio de Bucaramanga según levantamiento estructural detallado se encuentra una edificación cuyos elementos estructurales y no estructurales se encuentran en condiciones desfavorables, no evidencian ningún tipo de falla o patologías en sus materiales, Sin embargo, las irregularidades presentes y la variedad de materiales de uso para su construcción hacen que esta estructura presente una vulnerabilidad estructural alta.

Por medio de la información consignada en el formulario de campo se tiene que el predio B-12, cuenta con una vulnerabilidad estructural de 0,54455951, dictaminada por su fragilidad estructural de 0,943 siendo esto clasificado como vulnerabilidad estructural alta.

La vulnerabilidad encontrada por la metodología del SGC es congruente con la identificada en el levantamiento estructural detallado.

11.8.7. MAPA RESULTADOS VULNERABILIDAD POR FRAGILIDAD ESTRUCTURAL

El mapa de resultados de la evaluación de la vulnerabilidad permite visualizar la distribución de los resultados obtenidos. En la siguiente ilustración, se muestran los resultados de la vulnerabilidad por fragilidad estructural, que se puede presentar en el Barrio África del municipio de Bucaramanga.



Ilustración 118. Mapa vulnerabilidad por fragilidad estructural del Barrio África municipio de Bucaramanga

Fuente: Autor.

11.9. VULNERABILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA

En el Barrio África del municipio de Bucaramanga, se tiene 84 viviendas que presentan amenaza por remoción en masa. Según la metodología del SGC, estas viviendas se encuentran ubicadas en la zona de exposición 2 y 3 ante un deslizamiento, por lo cual se tiene vulnerabilidad ante este evento; a continuación, se presenta la tabla que identifica las viviendas y su índice de vulnerabilidad obtenido.

ENCUESTAS				FRAGILIDAD			VULNERABILIDAD BASE EDIFICACIÓN		VULNERABILIDAD BASE PERSONAS	
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	TOTAL PISOS	Address	TIPO DE EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD PERSONAS	VIVIENDAS	CLASIFICACIÓN	PERSONAS	CLASIFICACION
Santander	Bucaramanga	2	A1	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A10	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A11	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.990701165	ALTA	0.972383786	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A12	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.957713685	ALTA	0.940956314	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A13	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.965998572	ALTA	0.96570987	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A14	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A15	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A16	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A17	D. Estructuras con confinamiento d	0.893125	0.6964969	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A18	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A19	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A2	D. Estructuras con confinamiento d	0.810475	0.510465968	0.992951982	ALTA	0.982233059	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A20	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.992673645	ALTA	0.978241771	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A21	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.992673645	ALTA	0.978241771	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A22	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.992444696	ALTA	0.977561826	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A23	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A24	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.908251159	ALTA	0.843242174	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A25	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.903173188	ALTA	0.849147492	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A26	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.930702812	ALTA	0.884930327	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A27	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.999777057	ALTA	0.999577184	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A28	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A29	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	A3	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.894063911	ALTA	0.860333474	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A30	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A31	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.983836657	ALTA	0.967114259	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A32	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.968383939	ALTA	0.958091316	ALTA
Santander	Bucaramanga	4	A33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.883724933	ALTA	0.852885159	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A34	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A35	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.930527446	ALTA	0.919548748	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A36	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A37	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.970913224	ALTA	0.961444011	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A38	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A39	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A4	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.919768081	ALTA	0.915545505	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A40	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A41	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	0	A42	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A5	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.913022026	ALTA	0.889146877	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.962573882	ALTA	0.958773563	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	A7	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.916415308	ALTA	0.867862287	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A8	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.911551837	ALTA	0.89173951	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	A9	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.904906159	ALTA	0.864057632	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B1	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.971905647	ALTA	0.957552286	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B10	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.876428279	ALTA	0.827799345	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B11	D. Estructuras con confinamiento d	0.8575	0.611433475	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B12	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.996571511	ALTA	0.995561346	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B13	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.993284175	ALTA	0.980054957	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B14	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B15	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B16	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	0.995463521	ALTA	0.987948339	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B17	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B18	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B19	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B2	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B20	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	0	B21	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B22	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.999030721	ALTA	0.98289016	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B23	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.99982429	ALTA	0.999772519	ALTA

Santander	Bucaramanga	2	B24	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.999818622	ALTA	0.999765181	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B25	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.998125759	ALTA	0.997573536	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B26	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.969186206	ALTA	0.96892457	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B27	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.989428203	ALTA	0.978222658	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B28	D. Estructuras con confinamiento d	0.8575	0.611433475	0.976444675	ALTA	0.969784878	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B29	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B3	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B30	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B31	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B32	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.999161704	ALTA	0.985202301	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B34	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.973921581	ALTA	0.960463368	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B35	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B36	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.992434893	ALTA	0.968931968	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B37	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.940794946	ALTA	0.906090443	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B38	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.958505498	ALTA	0.92723249	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B39	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.984385399	ALTA	0.966097419	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B4	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	0	B40	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B41	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B42	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B5	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.960791553	ALTA	0.933288145	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.964195245	ALTA	0.935824592	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B7	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.985859066	ALTA	0.971651165	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B8	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.998346258	ALTA	0.997859002	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B9	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	1.00	ALTA

Tabla 81. Vulnerabilidad por remoción en masa Barrio Africa

Fuente: Autor.

11.9.1. RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE DE EDFICACIONES POR REMOCIÓN EN MASA

BARRIO ÁFRICA

Para el Barrio África se llenaron 84 formularios correspondientes a edificaciones, teniendo 84 predios con vulnerabilidad alta (100%), 0 a vulnerabilidad media y 0 con vulnerabilidad baja. Estos datos en materia general del municipio como se muestra en la siguiente tabla.

2. Barrio África Remoción en masa - Edificaciones		
Vulnerabilidad	Cantidad	Porcentaje
Alta	84	100.00%
Media	0	0.00%
Baja	0	0.00%
Sin Intensidad	0	0.00%
Total	84	100.00%

Tabla 82. Vulnerabilidad estructural – edificaciones. Barrio Africa - Bucaramanga.

Fuente: Autor.

11.9.2. ÍNDICE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS POR REMOCIÓN EN MASA

De acuerdo con la categoría de vulnerabilidad, se determinan el índice de daño de las viviendas, a partir de la siguiente clasificación, a partir de la siguiente clasificación:

CLASIFICACIÓN	RANGO DE VULNERABILIDAD	CATEGORIA
BAJA	0 - 0.02	LEVE
	0.02 - 0.10	MODERADO
MEDIA	0.10 - 0.50	GRAVE
ALTA	0.50 - 1.00	TOTAL-COLAPSO

Tabla 83. Índice de daño viviendas – Remoción en masa.
Fuente: Autor.

ENCUESTAS				FRAGILIDAD			VULNERABILIDAD BASE EDIFICACIÓN		NIVEL DE DAÑO EDIFICACIONES
DEPARTAMENT	MUNICIPIO	TOTAL PISOS	Addres	TIPO DE EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD PERSONAS	VIVIENDAS	CLASIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN'
Santander	Bucaramanga	2	A1	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A10	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A11	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.990701165	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A12	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.957713685	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A13	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.965998572	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A14	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A15	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A16	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A17	D. Estructuras con confinamiento d	0.893125	0.6964969	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A18	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A19	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A2	D. Estructuras con confinamiento d	0.810475	0.510465968	0.992951982	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A20	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.992673645	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A21	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.992673645	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A22	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.992444696	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A23	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A24	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.908251159	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A25	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.903173188	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A26	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.930702812	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A27	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.999777057	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A28	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A29	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	A3	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.894063911	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A30	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A31	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.983836657	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A32	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.968383939	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	4	A33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.883724933	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A34	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A35	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.930527446	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A36	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A37	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.970913224	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A38	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A39	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A4	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.919768081	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A40	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	A41	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO

Santander	Bucaramanga	0	A42	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A5	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.913022026	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.962573882	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	A7	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.916415308	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	A8	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.911551837	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	A9	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.904906159	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	B1	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.971905647	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B10	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.876428279	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B11	D. Estructuras con confinamiento d	0.8575	0.611433475	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B12	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.996571511	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	B13	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.993284175	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B14	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B15	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B16	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	0.995463521	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B17	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B18	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B19	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B2	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B20	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	0	B21	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B22	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.999030721	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B23	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.99982429	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B24	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.999818622	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	B25	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.998125759	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B26	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.969186206	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B27	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.989428203	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B28	D. Estructuras con confinamiento d	0.8575	0.611433475	0.976444675	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B29	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B3	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B30	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B31	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B32	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.999161704	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B34	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.973921581	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B35	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B36	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.992434893	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	B37	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.940794946	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	B38	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.958505498	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	3	B39	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.984385399	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B4	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	0	B40	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B41	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B42	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B5	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.960791553	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.964195245	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B7	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.985859066	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	2	B8	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.998346258	ALTA	TOTAL-COLAPSO
Santander	Bucaramanga	1	B9	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA	TOTAL-COLAPSO

Tabla 84. Nivel de daño viviendas – Remoción en masa.

Fuente: Autor.

11.9.3. MAPA RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE EDIFICACIONES POR REMOCIÓN EN MASA

El mapa de resultados de la evaluación de la vulnerabilidad permite visualizar la distribución de los resultados obtenidos. En la siguiente ilustración, se muestran los resultados de la vulnerabilidad para la amenaza por remoción en masa - edificaciones, que se puede presentar en el barrio África del municipio de Bucaramanga.



Ilustración 119. Mapa vulnerabilidad por remoción de masa – edificaciones. Barrio África municipio de Bucaramanga

Fuente: Autor.

11.9.4. RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE PERSONAS POR REMOCIÓN EN MASA

BARRIO ÁFRICA

Para el Barrio África se llenaron 84 formularios correspondientes a edificaciones, teniendo 84 predios con vulnerabilidad alta (100%), 0 a vulnerabilidad media y 0 con vulnerabilidad baja. Estos datos en materia general del municipio como se muestra en la siguiente tabla:

3. Barrio África Remoción en masa - Personas		
Vulnerabilidad	Cantidad	Porcentaje
Alta	84	100.00%
Media	0	0.00%
Baja	0	0.00%
Sin Intensidad	0	0.00%
Total	84	100.00%

Tabla 85. Vulnerabilidad estructural – Personas. Barrio Africa - Bucaramanga.

Fuente: Autor.

11.9.5. ÍNDICE DE DAÑO POR REMOCIÓN EN MASA – PERSONAS.

De acuerdo con la categoría de vulnerabilidad, se determinan el índice de daño de las viviendas, a partir de la siguiente clasificación, a partir de la siguiente clasificación:

CLASIFICACIÓN	RANGO DE VULNERABILIDAD	CATEGORIA
BAJA	0 - 0.2	LESIONES LEVES
MEDIA	0.20 - 0.50	LESIONES MODERADAS
ALTA	0.50 - 1.00	LESIONES SERIAS Y ALTA POSIBILIDAD DE MUERTE

Tabla 86. Índice de daño Personas – Remoción en masa.

Fuente: Autor.

ENCUESTAS				FRAGILIDAD			VULNERABILIDAD BASE PERSONAS	
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	TOTAL PISOS	Addres	TIPO DE EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD EDIFICACIÓN	FRAGILIDAD PERSONAS	PERSONAS	CLASIFICACION
Santander	Bucaramanga	2	A1	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A10	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A11	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.972383786	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A12	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.940956314	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A13	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.96570987	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A14	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A15	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A16	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A17	D. Estructuras con confinamiento d	0.893125	0.6964969	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A18	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A19	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A2	D. Estructuras con confinamiento d	0.810475	0.510465968	0.982233059	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A20	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.978241771	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A21	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.978241771	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A22	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.977561826	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A23	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A24	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.843242174	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A25	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.849147492	ALTA

Santander	Bucaramanga	1	A26	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.884930327	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A27	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.999577184	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A28	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A29	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	A3	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.860333474	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A30	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A31	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.967114259	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A32	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.958091316	ALTA
Santander	Bucaramanga	4	A33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.852885159	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A34	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A35	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.919548748	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A36	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A37	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.961444011	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A38	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A39	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A4	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.915545505	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A40	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	A41	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	0	A42	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A5	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.889146877	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.958773563	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	A7	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.867862287	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	A8	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.89173951	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	A9	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.864057632	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B1	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.957552286	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B10	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.827799345	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B11	D. Estructuras con confinamiento d	0.8575	0.611433475	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B12	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.995561346	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B13	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.980054957	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B14	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B15	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B16	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	0.987948339	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B17	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B18	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B19	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B2	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B20	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	0	B21	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B22	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.98289016	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B23	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.999772519	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B24	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.999765181	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B25	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.997573536	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B26	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.96892457	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B27	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.978222658	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B28	D. Estructuras con confinamiento d	0.8575	0.611433475	0.969784878	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B29	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B3	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B30	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B31	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B32	D. Estructuras con confinamiento d	0.8005	0.490632458	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B33	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.985202301	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B34	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.960463368	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B35	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B36	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.968931968	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B37	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.906090443	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B38	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.92723249	ALTA
Santander	Bucaramanga	3	B39	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.966097419	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B4	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	0	B40	F. Construcciones simples	1	1	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B41	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B42	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B5	B. Edificaciones reforzadas	0.4015	0.053925448	0.933288145	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B6	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	0.935824592	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B7	D. Estructuras con confinamiento d	0.864625	0.627839917	0.971651165	ALTA
Santander	Bucaramanga	2	B8	D. Estructuras con confinamiento d	0.943	0.828776478	0.997859002	ALTA
Santander	Bucaramanga	1	B9	B. Edificaciones reforzadas	0.431425	0.067872991	1.00	ALTA

11.9.6. MAPA RESULTADOS VULNERABILIDAD BASE PERSONAS POR REMOCIÓN EN MASA

El mapa de resultados de la evaluación de la vulnerabilidad permite visualizar la distribución de los resultados obtenidos. En la siguiente ilustración, se muestran los resultados de la vulnerabilidad para la amenaza por remoción en masa - personas, que se puede presentar en el barrio África del municipio de Bucaramanga.



Ilustración 120. Mapa vulnerabilidad por remoción de masa – Personas. Barrio África municipio de Bucaramanga

Fuente: Autor.

12. ANÁLISIS DE AVALUÓ PARA LA ZONA EMPLAZADA EN SECTOR ÁFRICA



Ilustración 121. Mapa del análisis de avalúos.

12.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

12.1.1. GENERALIDADES:

El barrio África de Bucaramanga, nace de la venta de lotes de una finca que se hallaba en el sector, en la década de los años 70, hace más de cincuenta años, surgiendo de procesos de urbanización popular y autogestión de la época; algunos cuentan con escrituras y otros no, como consecuencia de situaciones de invasión, informalidad en la adquisición del inmueble o por hallarse en zona de riesgo.

12.1.2. CLASE DE AVALÚO:

El presente avalúo tiene la finalidad de establecer el valor de mercado o comercial de los predios localizados en la zona de uso residencial u otro en el barrio África del municipio de Bucaramanga, Santander, Colombia.

12.1.3. DEFINICION DE VALOR DE MERCADO:

El Valor de Mercado de define como: "la cuantía estimada por la que un bien podría intercambiarse en la fecha de valuación, entre un comprador dispuesto a comprar y un vendedor dispuesto a vender, en una transacción libre tras una comercialización adecuada, en la que las partes hayan actuado con la información suficiente, de manera prudente y sin coacción".

12.1.4. PROPOSITO DEL AVALÚO:

Estimar el Valor de Mercado del bien inmueble en el barrio África, se efectúa con fundamento en metodologías y procedimientos valuatorios universalmente aceptados, teniendo en cuenta las condiciones económicas reinantes al momento del avalúo y los factores de comercialización que puedan incidir positiva o negativamente en el resultado final.

12.1.5. USO QUE SE LE DARÁ A LA VALUACIÓN:

Valor Comercial.

12.1.6. TIPO DE INMUEBLE QUE SE AVALUA:

Predios de uno, dos, tres pisos y más, construidos en el barrio África, sector urbano del municipio de Bucaramanga.

12.1.7. DESTINACION ECONOMICA ACTUAL DE LOS INMUEBLES:

Vivienda y / o comercio.

12.1.8. DIRECCION DEL INMUEBLE:

El sector de estudio se ubica en la ciudad de Bucaramanga, específicamente en la comuna 3 de la localidad.

- URBANIZACION: Barrio África
- MUNICIPIO / CIUDAD: Bucaramanga
- DEPARTAMENTO: Santander.

12.1.9. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DE LOS INMUEBLES:

Son diferentes predios localizados en un sector urbanizado de la ciudad de Bucaramanga, comuna 8, denominado sector donde se encuentran viviendas de uno, dos, tres, cuatro, cinco y más pisos, destinados para residencia o comercio (tiendas de barrio y otros servicios), estas se hallan en situación de riesgo, necesitándose el avalúo comercial conforme a futuro pueden ser objeto de reubicación.



Ilustración 122. Ubicación Ortofoto del del barrio África de Bucaramanga

Fuente: El autor

12.1.10. VECINDARIO INMEDIATO:

En el sector objeto del estudio de avalúo, las viviendas ubicadas en el barrio África de Bucaramanga, la mayoría de las construcciones son de uno y dos pisos de estrato 1 y 2 para vivienda residencial, preferentemente y comercial, algunos negocios de tiendas de barrio y otros; pueden encontrarse viviendas de tres pisos y más en menor proporción, construcciones en mampostería, cubiertas en teja de asbesto cemento y similares, sin condiciones antisísmicas, conforme la normatividad existente (ley 400 de 1997) teniendo en cuenta que las construcciones edificadas se hicieron por auto construcción

o con apoyo de oficiales y maestros dedicados a estas labores edificativas en el sector objeto de análisis de avalúo; este conglomerado urbano tiene como vía lindante la autopista que comunica a Bucaramanga con Girón, utilizando este corredor vial para el transporte a diferentes zonas de la ciudad, mediante el servicio público de transporte y otros que transitan por este importante corredor vial, tanto para salir como para llegar al barrio África.

12.1.11. CARACTERISTICAS DE LA ZONA:

Las viviendas del barrio África cuentan con servicios públicos básicos, entre ellos, acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, aseo, gas natural, telefonía e internet; predomina el uso del suelo tipo residencial preferentemente y en menor proporción el comercial (tiendas de barrio y otros); el sector no tiene construcciones de características definidas, cada una cuenta con el toque personal, acorde a los gustos y tradiciones, en su mayoría edificaciones de uno y dos pisos y en menor proporción las de tres pisos y más; existe una vía principal que conecta el barrio África hacia Girón y desde Bucaramanga e internamente dentro del barrio, hacia las viviendas, cuentan con senderos peatonales; la valoración del predio es baja o alta, dependiendo de diversos factores que lo caracterizan y acorde al costo promedio del metro cuadrado a nivel general de la ciudad; para el caso de las viviendas que se encuentran desocupadas y/o abandonadas, el avalúo comercial es menor teniendo en cuenta el deterioro que produce esta condición del inmueble, característica determinante en el valor comercial del predio.

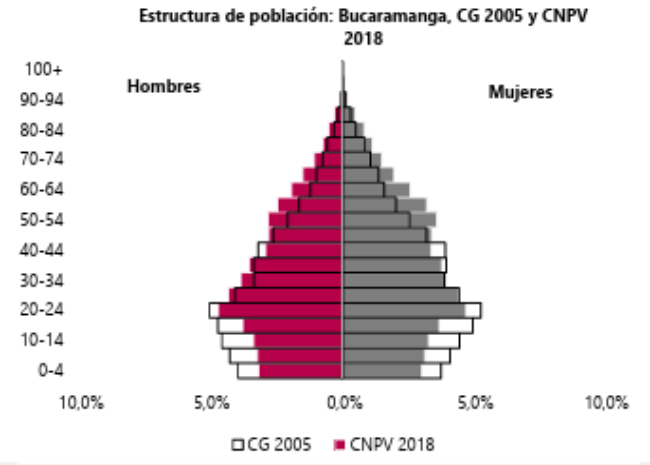


Ilustración 123. Pirámide poblacional de Bucaramanga proyección DANE a 2018

Fuente: Portal DANE para Bucaramanga

El barrio África corresponde a la comuna 8 (sur – occidente) de Bucaramanga; zona residencial clave que alberga aproximadamente 25.000 habitantes, caracterizada por una mezcla de barrios tradicionales y asentamientos, incluyendo zonas como San Gerardo, Los Canelos, Pablo VI, 20 de julio, África, Juan XXIII y la Hoyada; zonas que presentan dificultad para conocer las características poblacionales específicas, demográficas o cifras detalladas por barrios; sin embargo la zona del sector urbano de Bucaramanga, cuenta con una población estimada y proyectada a 2025 de 623.881 habitantes con una mayoría del 52.4 % (326.632) de población femenina frente al 47.6 % de hombres (297.249). (Boletín DANE – proyecciones 2018).

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
HOMBRES	297.249	47.6 %
MUJERES	326.632	52.4%
TOTALES	**623.881**	**100%**

Tabla 87. Población de hombres y mujeres en Bucaramanga

Fuente: Portal DANE para Bucaramanga

La pirámide poblacional presenta índices de envejecimiento, conforme los grupos de edad de los jóvenes (entre 0 y 14 años) es menor, frente a la población adulta y mayor; basada en proyecciones a 2018 con los datos del DANE, esta pirámide tiene una estructura constrictiva o regresiva, con una base estrecha conforme la natalidad disminuye y una cúspide ancha de población mayor. (Estadísticas DANE)

Respecto a la concentración urbana, el 98.8 % de los habitantes del territorio se agrupa en las ciudades, frente al 1.2% que se halla en las zonas rurales.

La expectativa de vida al nacer en Bucaramanga es relativamente alta, alineada con tendencias nacionales donde la esperanza de vida ha superado los 75 años; siendo Bucaramanga una ciudad destacada por excelentes servicios de salud, situación que contribuye a mayor longevidad y calidad de vida de los pobladores, acorde al contexto nacional, donde las mujeres muestran una esperanza

de vida de aproximadamente 80.45 años y los hombres 74,95 años, diferenciándose en aproximadamente 5.5. años más de vida para las mujeres.

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
HOMBRES	11.900	47.6 %
MUJERES	13.100	52.4%
TOTALES	**25.000**	**100%**

Tabla 88. Población de hombres y mujeres existente en la comuna 8 de Bucaramanga

Fuente: Portal DANE para la comuna 8 de Bucaramanga

Acorde a las proyecciones estadísticas del boletín DANE para 2018, la tabla indica el porcentaje de habitantes tanto hombres, como mujeres, para los sectores urbanos que conforman la comuna 8 de la localidad, alrededor de 25.000 personas con preponderancia del 52.4% para las mujeres, quienes mueren menos que los hombres, por las situaciones generales de riesgo que tienen ellos frente a causas externas y comportamentales, no naturales, entre ellas, conflictos, peleas, oficios de riesgo, consumo y expendio en ocasiones de sustancias psicoactivas que generan homicidios, accidentes de tránsito, suicidios, menor autocuidado, consumo de bebidas alcohólicas y barreras culturales para buscar ayuda médica o mental, entre otras causas, hacen que las mujeres sean mayoría dentro de las comunidades del territorio.

12.1.12. VÍAS DE ACCESO:

- VÍAS PRINCIPALES:

La principal vía de ingreso al barrio África de Bucaramanga, es la autopista que conduce al municipio de Girón, vía arteria con doble carril, con separador, doble sentido, pavimentada, en buen estado de conservación y mantenimiento, dentro del área metropolitana de Bucaramanga.

- VÍAS SECUNDARIAS:

La vía secundaria es la que ingresa al barrio África, la cual se encuentra pavimentada, es estrecha, en regular estado, utilizada en doble sentido, para el ingreso y salida de los vehículos de este conglomerado urbano.

- INFRAESTRUCTURA URBANÍSTICA DE LA ZONA:

La vía de acceso al barrio África cuenta con redes de servicio público de acueducto, alcantarillado, gas, telefonía e internet y electricidad.

La infraestructura de las viviendas presenta mayormente autoconstrucción, senderos peatonales tipo escalinata, acorde al terreno mayormente inclinado; en ocasiones la Alcaldía de Bucaramanga realiza intervenciones de limpieza y remoción de escombros en el sector, para mitigar el riesgo en el área urbana en estudio; estos conglomerados urbanos, en ocasiones se ven afectados en gran medida por situaciones de riesgo, con derrumbes por el deterioro de muros de contención, principalmente en épocas de lluvias, enfrentando retos entre todos los residentes del sector.

12.1.13. SERVICIOS PUBLICOS DE LA ZONA:

En el sector se encuentran los siguientes servicios básicos instalados:

Red de Acueducto:	Buen Estado, prestado por la empresa de acueducto local (EMAB)
Red eléctrica:	En buen estado, prestado por la ESSA
Red telefónica:	Telefonía Celular, servicio prestado por diferentes operadores
Red de alcantarillado Sanitario:	Buen Estado el existente, prestado por la empresa local (EMPAS E.S.P.)
Red de Gas Domiciliario:	En buen Estado, prestado por la empresa VANTI – GAS NATURAL

12.1.14. TRANSPORTE PÚBLICO:

En el barrio África cuenta con servicio de transporte público de bus desde y hacia Bucaramanga, por la autopista que conduce y viene del municipio de Girón hacia Bucaramanga, al igual que el servicio de taxis y motos, este último utilizado en gran proporción por la comunidad del sector como transporte local, rápido e informal.

12.1.15. ESTRATIFICACION SOCIOECONOMICA DE LA ZONA:

Tipificación para la vivienda como media y media baja; estrato uno y dos para vivienda y sin estrato para el sector comercial e industrial.

12.1.16. FECHA DE LA VISITA: diciembre de 2025

12.1.17. DOCUMENTOS SUMINISTRADOS PARA EL AVALÚO DE LAS VIVIENDAS:

Establecidos los predios a trasladar conforme las condiciones de riesgo que presentan, los estudios a la fecha elaborados y los recursos requeridos para la negociación predial, los propietarios de los inmuebles deben presentar el Certificado de Libertad y Tradición y el documento de uso del Suelo (acorde al POT Vigente).

12.1.18. ASPECTO JURIDICO:

Una vez el propietario del inmueble cuente con las escrituras si las tiene, se procede a desarrollar un avalúo acorde a las particularidades en temas de ubicación, cercanía a la vía de acceso, camino peatonal, andenes, fachada, condiciones antisísmicas, materiales de construcción, servicios con que cuenta, si está en uso, desocupada y/o abandonada, con escrituras y otros ítems a establecer para determinar el avalúo comercial del predio.

12.2. NORMATIVIDAD URBANÍSTICA

12.2.1. NORMATIVIDAD VIGENTE ACTUALMENTE PARA EL PREDIO:

Según el POT vigente para el Municipio de Bucaramanga - Santander, el sector en donde están ubicados los bienes inmuebles objeto de estos avalúos comerciales, la actividad predominante es Zona de Actividad Residencial.

Actividad: Existe Zona de Actividad Comercial y Residencial

Equipos Complementarios: Mejorar la infraestructura de servicios (Vía de ingreso al barrio África)

12.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO:

- TIPO DE SUELO: Urbano
- UBICACIÓN: Barrio África
- FORMA GEOMÉTRICA: Irregular

El barrio África presenta una configuración compacta y adaptada a la topografía quebrada típica de este sector, con límites que no tienen continuidad como patrones lineales, sino que se amoldan al terrero y al crecimiento urbano que ha presentado, aferente a la vía de acceso de este sector urbano del municipio de Bucaramanga, sobre la autopista que conduce al municipio de Girón.

12.3.1. LINDEROS Y DIMENSIONES:

El Predio o predios objeto de estas acciones, alrededor de 84 inmuebles, está determinado por un asentamiento en un terreno con una topografía abrupta, característica del relieve montañoso y pendientes fuertes, típicas del borde occidental de esta localidad urbana.

12.4. CARACTERÍSTICAS FISICAS DE LAS CONSTRUCCIONES:

Construcciones de un nivel, dos, tres y más niveles, en material, carpintería en madera y/o metálica, teja de asbesto cemento, zinc y teja de barro, piso mixto en cerámica, baldosa, cemento, madera o tierra.

12.4.1. SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS:

Todos los pedios cuentan con servicios públicos de agua, alcantarillado, energía, aseo, telefonía celular e internet y de transporte público, llegando muy cerca de sus viviendas.

12.4.2. SERVICIOS COMUNALES:

El barrio África cuenta con la Junta de Acción Comunal y todos los cargos que conlleva esta organización, entre ellos, presidente, vicepresidente, secretario, vocal, tesorero y los comités de convivencia, salud, deporte, educación y vías, para atender todas las acciones que requieran gestionar

ante las autoridades competentes en cada uno de los casos a presentarse a nivel comunitario.

La comunidad del barrio África no cuenta con instituciones educativas ni de servicios de salud en el sector, teniendo que desplazarse en la mayoría de los casos a recibir atención en salud, hogares de bienestar, estudios primarios y secundarios al barrio Pablo VI, lindante con este conglomerado residencial.

12.5. HIPOTESIS Y CONDICIONES RESTRICTIVAS

12.5.1. PROBLEMAS DE ESTABILIDAD DEL SUELO:

Acorde a los estudios desarrollados en la presente consultoría, las viviendas del barrio África se construyeron en una zona de riesgo, con problemáticas de deslizamiento, de remoción en masa, que, en momentos de grandes lluvias presentes en la zona, afectan la estabilidad de los inmuebles construidos en este conglomerado habitacional.

12.5.2. IMPACTO AMBIENTAL Y CONDICIONES DE SALUBRIDAD:

Las afectaciones al respecto, conforme los servicios de aseo por situaciones de vía de acceso estrecha, en ocasiones no pueden ingresar al conglomerado habitacional a recoger las basuras, de manera indiscriminada la comunidad, en temas ambientales y de desechos orgánicos y demás, utiliza cualquier espacio para depositar estos elementos, ocasionando la polución de zancudos, roedores y perros callejeros en búsqueda de alimentos para su subsistencia, con la afectación en temas de salud que ello implica; la comunidad no atiende los horarios de recolección de los residuos y arroja los mismos en sitios no autorizados.

Bucaramanga enfrenta hoy por hoy una grave problemática ambiental, donde se encuentran alrededor de 150 puntos críticos de basuras en las 17 comunas de la localidad, espacios convertidos en botaderos ilegales por mala disposición de residuos, especialmente ubicados en andenes, separadores y zonas verdes; igualmente personas inescrupulosas pagan a zorreros para abandonar escombros y basuras en cualquier parte; al respecto, la empresa municipal de aseo local trabaja en la

limpieza de estas áreas, la recuperación de ellas y eliminar puntos críticos, conforme la disposición final está autorizada realizarse en el Carrasco, donde el área metropolitana cuenta con el relleno sanitario. (EMAB)

12.5.3. SERVIDUMBRES, CESIONES Y AFECTACIONES VIALES:

Los predios del barrio África no están afectados por servidumbres ni afectaciones viales, conforme cuenta con una vía de acceso y caminos peatonales para el desplazamiento de los residentes hacia las viviendas de esta comunidad urbana.

12.5.4. SEGURIDAD:

Conforme las situaciones de inseguridad de todo el municipio y su área metropolitana, se presenta un evento particular en los jóvenes que ni estudian ni trabajan y/o son consumidores y/o expendedores de droga, con altas tasas de homicidios (6.84%), especialmente de menores de treinta años, conforme las estadísticas de medicina legal lo exponen; en temas de desempleo del 7.8% para el año 2025, se ha permitido formalizar la vinculación al mercado laboral, ante cifras persistentes hoy por hoy de informalidad para el municipio de Bucaramanga y el área metropolitana del 49% (IMEBU).

Respecto al seguro al desempleo, las cajas de compensación familiar cuentan con salud, pensión y capacitación a las personas que con ocasión de problemáticas presentadas al interior de la familia o de las empresas para las cuales trabajaban, perdieron su empleo, brindándoles la oportunidad de contar un seguro mientras pueden conseguir un nuevo trabajo.

Bucaramanga trabaja en la disminución de los índices de criminalidad, con el objetivo de ser modelo de seguridad a seguir, sin embargo, esta labor ardua y compleja requiere de tiempo y limpieza de individuos especializados en realizar estas tareas, denominados carteles, organizaciones criminales que establecen acuerdos de autoprotección, colaboración y reparto de territorios para llevar a cabo sus actividades criminales, principalmente relacionadas con el narcotráfico.

12.5.5. PROBLEMATICAS SOCIOECONOMICAS:

Conforme el barrio África forma parte de la comuna 8 del municipio de Bucaramanga, se caracteriza por ser una comunidad participativa, unida, con iniciativa para las actividades y desarrollo comunitario en diferentes épocas del año, como conmemoración del día de la mujer, día de la madre, amor y amistad, día de los niños, navidad, celebración de las novenas navideñas con participación de los niños con las familias, quienes alrededor del pesebre elaborado con material de reciclaje en muchos casos, pintando y decorando el barrio para la época navideña, participando activamente en estas festividades de fin de año.

Inherentes a los problemas de seguridad, drogadicción, o cualquier otro aspecto que incida negativamente en la comercialización del predio, el barrio África y toda Bucaramanga enfrente retos socioeconómicos caracterizados por la informalidad laboral del 45.4% conforme las estadísticas del IMEBU, tasas de desempleo juvenil del 17.6% y pobreza en diversos aspectos que afectan a las comunidades locales; la inseguridad, el microtráfico y la alta presencia de habitantes de calle (1.249 personas) incrementan la ubicación de viviendas en zonas de riesgo, con problemáticas estructurales críticas que implican arriesgar la vida con construcciones en estas áreas no aptas para la edificación de vivienda.

En temas de salud mental, adicciones, hacinamiento carcelario y atención a los habitantes de calle, incrementan particularmente las estadísticas de salud pública, conforme se requiere la resocialización de poblaciones en búsqueda de mejorar el tejido social de los residentes del territorio y corregir día a día aspectos deteriorados y críticos de la sociedad de la cual todos son parte importante para la nación.

Generalmente las reclamaciones ante las autoridades de riesgo de la comunidad del barrio África se reporta por la necesidad de atención a la estabilización y contención de muros, debido a deslizamientos ocurridos especialmente en la temporada de lluvias, en búsqueda de solucionar los inconvenientes al respecto presentados, con las entidades competentes para atender estas situaciones de riesgo.

En temas de geografía y riesgos, al estar ubicado el barrio África en zona de pendiente, los residentes enfrentan retos estructurales frecuentes por el deterioro de muros de contención, movimientos en masa y deslizamientos durante la temporada de lluvias.

Las viviendas del barrio África, predominantemente pertenecen al estrato 1 y 2 tipo autoconstrucción, sin condiciones antisísmicas generalmente, con un valor del metro cuadrado inferior al valor promedio existente en la ciudad; la adquisición de vivienda para las poblaciones con menos ingresos obliga a las familias a invadir y construir en zonas de riesgo de desastres, la prevalencia de asentamientos precarios se presenta de forma asidua por quienes no cuentan con un techo ni con recursos para el pago de arriendos o de avivatos que se lucran de las necesidades de estas familias vulnerables del territorio; igualmente, esta situación se ha visto acrecentada, por el incremento de población migrante, disparando la informalidad en calles, parques y diversos sectores del municipio.

Entre los retos a nivel social, como en la mayoría de las zonas neurálgicas del territorio, es importante el fortalecimiento del tejido social en temas de seguridad y convivencia, prevención del consumo de sustancias psicoactivas y mayor participación a nivel de adultos y jóvenes en actividades artísticas, culturales y deportivas, que vinculen al grupo familiar al entorno y la sensibilización hacia la vinculación al mercado formal de la economía para mayor seguridad de los recursos invertidos, ingresos y ganancias a generar mediante el trabajo desarrollado.

12.6. ASPECTO ECONOMICO

12.6.1. ACTIVIDAD EDIFICADORA DEL SECTOR CORRESPONDIENTE AL BARRIO ÁFRICA:

En el momento de las visitas técnico oculares, se observan proyectos de vivienda en ejecución, ventas de lotes y proyectos de vivienda, instando a los habitantes de la localidad a invertir en la compra de lotes, apartamentos y todo tipo de inmuebles en proceso constructivo y/ ya edificados.

En temas de contexto económico local, el barrio África no cuenta con una industria específica, en general se benefician de las actividades comerciales en general, inherentes al comercio, confección, marroquinería, donde la alcaldía local participa para mejorar la calidad de vida de estos sectores neurálgicos y vulnerables del territorio, con alta densidad poblacional y en muchos casos con necesidades de mejora en temas de vivienda y entorno, especialmente lo inherente al riesgo con obras de contención y apoyo social en general para estas comunidades vulnerables, con índices de pobreza que impactan en la calidad de vida de sus residentes.

La economía en el sector con predominio del micro comercio local y empleo informal, con familias que tienen acceso a los programas estatales, entre ellos, familias en acción, Colombia Mayor o Ingreso solidario, accesos focalizados a través del SISBEN; quienes cuentan con empleos se hallan vinculados a la confección y marroquinería, preferentemente.

12.6.2. MERCADO PRINCIPAL (OFERTA Y DEMANDA):

En el barrio África, conforme las viviendas ya están construidas, se encuentran en zona vulnerable y de riesgo, la oferta y demanda de estos inmuebles escasea, y los residentes de los predios permanecen en sus viviendas, así conozcan la situación de amenaza y riesgo con que cuenta el sector.

- ESTUDIO DE MERCADO COMPARATIVO:

Los precios de las viviendas pueden catalogarse como accesibles al mercado en general, conforme es posible encontrar casas económicas, acorde a la ubicación, teniendo en cuenta si se hallan cerca de vías centrales o principales para acceder al barrio, el estado y servicios con que cuenta el inmueble, oscilando el valor del predio; pueden existir casas de mayor valor, acorde a las áreas de la vivienda y su salida o ingreso a barrios aledaños y vías principales del municipio de Bucaramanga; las áreas de las viviendas pueden oscilar entre los 50 metros cuadrados, hasta más de 100 metros cuadrados, que incluyen la sala, comedor, cocina, patio y de dos a cinco habitaciones dentro del inmueble; para el caso de las viviendas abandonadas y desocupadas, la situación de avalúo disminuye, conforme la situación particular de deterioro a la cual se exponen con esta condición.

Conforme la ubicación del barrio África, se puede catalogar y caracterizar como zona residencial, con acceso a una vía principal y arteria hacia Girón y Bucaramanga, con tiendas de barrio al alcance de las comunidades que residen en estos conglomerados urbanos.

12.6.3. ASPECTOS VALORIZANTES:

Por la construcción de las viviendas

Por los servicios públicos con que cuentan los predios

Por su ubicación respecto a las vías principales aferentes

Por la facilidad de acceso.

Por los usos permitidos según el POT del Municipio.

12.6.4. ASPECTOS DESVALORIZANTES:

Por la rentabilidad de los predios.

Por la ubicación en zona de riesgo de desastres

Por la inseguridad de la zona

Por la falta de servicios de salud, educativos y financieros

12.7. USO ACTUAL Y USO POTENCIAL (MAYOR Y MEJOR USO)

El uso de los predios, mayoritariamente es Residencial, con algunas viviendas que prestan los servicios alternos de tiendas de barrio.

12.8. FACTORES ANALIZADOS PARA EL AVALÚO

Los aspectos que son determinantes para establecer el valor del inmueble son:

- Topografía del terreno, conforme se encuentra en zona de riesgo de desastres.
- Presencia de problemas de estabilidad del suelo.

- Presencia de problemas sociales inherentes a drogadicción, inseguridad, microtráfico y menudeo de sustancias psicoactivas.
- Problemas ambientales y de salubridad en el sector
- Prestación de servicios públicos en el sector (aseo, alcantarillado, agua, energía, telefonía y otros)
- Factor de comercialización marcado por la oferta y la demanda.
- Presencia de entidades de servicios de salud, hogares de bienestar y escuelas para educación primaria y de bachillerato.
- Vías de acceso al sector y las viviendas
- Material de construcción de las viviendas
- Acabados para la construcción de las viviendas
- Condiciones antisísmicas en la construcción de los inmuebles
- Vivienda en uso, abandonada o desocupada
- Ubicación del inmueble, piso 1, 2 o 3
- Cuenta con escrituras el predio
- Predio ubicado en sitio preponderante (esquinero, cercano a la vía principal o a la entrada del barrio)
- Área construida y general del inmueble
- Valoración catastro municipal

Aunque no se presenta en el barrio África una cifra única para el valor de las residencias ubicadas, la vivienda urbana se estima entre el rango de $600.000 y 1.100.000 el valor del metro cuadrado construido, esta cifra está sujeta estrictamente al estado de la infraestructura, acabados, legalidad del título de propiedad, accesibilidad al sector, ya sea peatonal o vehicular, cercanía a las vías principales y

comerciales del sector y situación de riesgo; es importante anotar que el promedio del valor metro cuadrado construido para el municipio de Bucaramanga, se encuentra entre 2.900.000 y 3.500.000, dependiendo igualmente de los ítems anteriormente expuestos para este conglomerado habitacional y la inminente situación de riesgo en que se encuentra.

12.9. TECNICAS DE VALUACIÓN

El Valor de Mercado se estima mediante la aplicación de métodos y procedimientos que reflejan la naturaleza del bien y las circunstancias bajo las cuales ese inmueble probablemente se comercializaría en el mercado abierto. Los métodos más comunes para estimar el Valor de Mercado incluyen, enfoque de comparación de ventas, el enfoque de costo y el enfoque de capitalización de Rentas, incluyendo el análisis de flujo de efectivo descontado; a continuación, se definen cada una de las técnicas mencionadas.

12.9.1. Enfoque de comparación de ventas:

El enfoque por comparación de ventas permite determinar el valor de la propiedad que se valora según comparación con otras propiedades similares que estén transándose o hayan sido recientemente consentidas en el mercado inmobiliario.

Este enfoque comparativo considera las ventas de bienes similares o sustitutivos, así como datos obtenidos del mercado, y establece un estimado de valor utilizando procesos que incluyen la comparación. En general, un bien que se valora (el bien objeto de valuación) se compara con las ventas de bienes similares que se han comercializado en el mercado abierto; también pueden considerarse anuncios y ofertas.

Para que el método comparativo tenga aplicación científica se requiere la HOMOGENIZACIÓN y la aplicación de varios factores complementarios.

Conforme las viviendas en el sector se pueden encontrar completas o incompletas en temas constructivos, pequeñas o básicas y grandes o con mayores dimensiones y servicios.

Teniendo en cuenta que el valor del predio lo determinan los ítems de legalidad del título, aquellas que cuentan con escritura pública, situación que permite un mayor valor, frente a las que no lo tienen y son dueños por posesión o mejoras; también es importante conocer la ubicación y riesgo del inmueble, conforme la topografía del barrio, el cual cuenta con casas ubicadas en sitios con muros de contención estables o cercanos a las vías principales, situación que incrementa el costo o las que se encuentran en laderas con mayor riesgo geológico; el potencial de renta también es importante, teniendo en cuenta que algunas viviendas están diseñadas con apartamentos independientes por piso, incrementando el valor comercial, al ser vistas cono una inversión de renta.

12.9.2. Enfoque del costo:

Este enfoque comparativo considera la posibilidad de que, como sustituto de la compra de un bien, uno podría construir otro bien que sea una réplica del original o uno que proporcione una utilidad equivalente, donde puede generarse el activo para vivir y para rentar y contar con ingresos de subsistencia a través de esta compra realizada.

- El Costo de Reposición Depreciado (DRC):

Es el costo actual de reproducir o reponer un activo deduciendo el deterioro físico y toda forma relevante de obsolescencia y optimización

12.9.3. Enfoque de Capitalización de Rentas:

Este enfoque comparativo considera los datos de ingresos y gastos relacionados con los bienes valorados y estima el valor a través de un proceso de capitalización

12.10. METODOLOGIA VALUATORIA EMPLEADA PARA EL AVALÚO

Comparativo de ventas que permite determinar el valor de la propiedad que se avalúa, según comparación con otras propiedades similares que estén transándose o hayan sido recientemente transadas en el mercado inmobiliario.

12.10.1. JUSTIFICACION DE LA METODOLOGIA EMPLEADA:

El método de estudio de mercado por sustracción de construcciones, homologa las muestras por uso (residencial o comercial), se utiliza este método porque se considera más seguro para determinar el valor predial, conforme se tienen en cuenta todos los aspectos e ítems a considerar y que pueden incidir en el valor del inmueble.

12.11. REVISION TECNICA

- La adecuación aparente y relevancia de la información utilizada y de las investigaciones realizadas.
- La adecuación de los métodos y técnicas empleadas.
- Si los análisis, opiniones y conclusiones resultan apropiados y razonables.
- Si el resultado global presentado cumple con los principios de valuación generalmente aceptados.
- Determinar si el informe cumple o no con las exigencias normativas y el encargo de valuación.

12.12. AVALÚO DE REPOSICION – VALOR PARA SEGURO:

El avalúo de reposición del Inmueble es inherente a cada predio particularmente estudiado y valuado conforme los ítems establecidos para estimación del valor predial.

12.13. MEDICION A VALOR RAZONABLE (NIIF 13):

El valor razonable es una medición basada en el mercado, no una medición específica de la entidad.

El Valor Razonable se usa frecuentemente en informes sobre valores tanto de mercado, como no basados en el mercado para la elaboración de estados financieros. Si puede establecerse el Valor de Mercado de un activo, entonces este valor será igual al Valor Razonable.

12.13.1. DEFINICION DE VALOR RAZONABLE:

El Valor Razonable, como concepto contable, se define en las NIIF y en otras normas contables, como la cantidad por la que puede intercambiarse un activo o saldarse un pasivo, entre un comprador y un vendedor interesados y debidamente informados, en una transacción libre.

La base del Valor Razonable es el Valor de Mercado. Cuando no existe evidencia de unValor de Mercado, la medición del Valor Razonable de un activo especializado puede hacerse usando un enfoque de renta o de costo de reposición depreciado

Para medir el valor razonable se usan técnicas de valuación consistentes en, Enfoque de Mercado, Enfoque de Ingresos y Enfoque del Costo.

12.13.2. JERARQUIAS PARA DETERMINAR EL VALOR RAZONABLE:

El valor razonable prioriza su medición en tres niveles jerárquicos:

NIVEL 1: Se refiere a los precios transados en el mercado para bienes idénticos, los cuales puedan ser evaluados en la fecha de medición

NIVEL 2: Se refiere a los precios de oferta de inmuebles similares que son observables, ya sea

directa o indirectamente

NIVEL 3: Corresponde a datos no observables en el mercado

12.13.3. ENFOQUES DE VALUACION UTILIZADOS:

Comparativo de ventas que permite determinar el valor de la propiedad que se avalúa según comparación con otras propiedades similares que estén transándose o hayan sido recientemente transadas en el mercado inmobiliario.

NIVEL 1: Se refiere a los precios transados en el mercado para bienes idénticos, los cuales puedan ser evaluados en la fecha de medición.

12.14. VALOR RAZONABLE

Acorde a la situación particular de cada uno de los predios objeto de reubicación establecidos en este estudio de consultoría, el avalúo razonable está sujeto al análisis de cada uno de los ítems establecidos para conocer el valor predial del inmueble de forma particular para cada caso en el sector de Bucaramanga.

12.15. CONSIDERACIONES FINALES PARA EL INFORME DE AVALÚO

En el presente informe se registran las instrucciones del encargo de valuación, la base y finalidades de la valuación, y los resultados del análisis que llevaron a una opinión sobre el valor o valores a establecer para los predios en situación de riesgo y posible objeto de reubicación.
Los hechos presentados son correctos, los análisis quedan restringidos únicamente por las hipótesis a que se hace referencia.

El Valuador se ha ceñido a los requisitos éticos y profesionales del Código de Conducta de las IVS al llevar a cabo el encargo.

El Valor de Mercado que se asigna es el que corresponde a una operación de contado, entendiendo como tal la que se refiere al valor actual del bien, cubierto en el momento mismo de efectuar la operación, sin consideración alguna, referente a la situación financiera del contratante. No se han tenido en cuenta en la elaboración del presente informe, posibles contingencias o afectaciones de orden jurídico tales como: Titulación, Modos de Adquisición de Dominio, Contratos de Tenencia, Demandas Pendientes y en general cualquier asunto de carácter legal específico para cada uno de los predios en el barrio África.

El valor asignado se entiende como valor presente del inmueble de acuerdo a las características actuales del mercado (oferta y demanda).

TIPO DE INMUEBLE	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PREDIO	VALOR COMERCIAL PROMEDIO
A (abandonada)	Para cada caso específico a valuar, analizar y estudiar los ítems expuestos para avalúo de predios: ✓ Topografía del terreno, conforme se encuentra en zona de riesgo de desastres. ✓ Presencia de problemas de estabilidad del suelo ✓ Presencia de problemas sociales inherentes a drogadicción, inseguridad, microtráfico y menudeo de sustancias psicoactivas. ✓ Problemas ambientales y de salubridad en el sector ✓ Prestación de servicios públicos en el barrio (aseo, alcantarillado, agua, energía, telefonía y otros) ✓ Factor de comercialización marcado por	Entre 30´000.000 y 40´000.000
B (desocupada)		Entre 40´000.000 y 50´000.000
C tercer piso y más (en mal estado y menor o igual a 80 metros cuadrados de área construida y otros)		Entre 55´000.000 y 90´000.000
D segundo piso (en mal estado y menor o igual a 80 metros cuadrados de área construida y otros)		Entre 60´000.000 y 95´000.000
E primer piso (en mal estado y menor o igual a 80 metros cuadrados de área construida y otros)		Entre 65´000.000 y 100´000.000

TIPO DE INMUEBLE	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PREDIO	VALOR COMERCIAL PROMEDIO
F tercer piso y más (en buen estado y menor o igual a 80 metros cuadrados de área construida y otros)	la oferta y la demanda. ✓ Presencia de entidades de servicios de salud, hogares de bienestar y escuelas para educación primaria y de bachillerato. ✓ Vías de acceso al barrio y las viviendas ✓ Material de construcción de las viviendas ✓ Acabados para la construcción de las viviendas ✓ Condiciones antisísmicas en la construcción de los inmuebles ✓ Vivienda en uso, abandonada o desocupada ✓ Ubicación del inmueble, piso 1, 2 o 3 ✓ Cuenta con escrituras el predio ✓ Valoración catastro municipal ✓ Predio ubicado en sitio preponderante (esquinero, cercano a la vía principal o a la entrada del barrio) ✓ Área construida y general del inmueble	Entre 70´000.000 y 105´000.000
G segundo piso (en buen estado y menor o igual a 80 metros cuadrados de área construida y otros)		Entre 75´000.000 y 110´000.000
H primer piso (en buen estado y menor o igual a 80 metros cuadrados de área construida y otros)		Entre 80´000.000 y 115´000.000
I Segundo piso (en mal estado y amplias áreas construidas)		Entre 90´000.000 y 120´000.000
J primer piso (en mal estado y amplias áreas construidas)		Entre 90´000.000 y 125´000.000
K segundo piso (en buen estado y amplias áreas construidas)		Entre 125´000.000 y 150´000.000
L primer piso (en buen estado y amplias áreas construidas)		Entre 130´000.000 y 160´000.000
M Edificios para producir rentabilidad, en mal estado		Entre 150´000.000 y 180´000.000
N Edificios para producir rentabilidad en buen estado		Entre 180´000.000 y 250´000.000

Tabla 89. Valuación de los predios existentes en el barrio África de Bucaramanga

12.16. DECLARACION DE CUMPLIMIENTO

- Las descripciones de hechos presentadas en el informe son correctas hasta donde el Valuador alcanza a conocer.

- Los análisis y resultados solamente se ven restringidos por las hipótesis y condiciones restrictivas que se describen en el informe
- El Valuador no tiene intereses en el bien objeto de avalúo.
- La valuación se lleva a cabo conforme un código de ética y normas de conducta.
- El Valuador ha cumplido los requisitos de formación de su profesión
- El Valuador tiene experiencia en el mercado local y la tipología de bienes que se están valorando
- El Valuador realiza una visita personal al inmueble y nadie, con excepción de las personas especificadas en el informe, proporcionan asistencia profesional en la preparación del mismo.

12.17. LISTADOS Y REGISTRO FOTOGRAFICO DE LOS PREDIOS HALLADOS EN EL SECTOR DE ESTUDIO:

ID	ID VIVIENDA	ÀREA	COORDENADA_X	COORDENADA_Y
1	B1	70,1	1105806,275	1276406,241
2	B2	48,21	1105804,016	1276412,544
3	B3	33,48	1105799,466	1276406,704
4	B4	41,58	1105798,344	1276414,171
5	B5	45,02	1105795,743	1276415,986
6	B6	31,34	1105793,851	1276422,115
7	B7	52,02	1105790,338	1276415,847
8	B8	51,72	1105783,995	1276418,184
9	B9	61,94	1105777,914	1276414,288
10	B10	56,42	1105770,118	1276412,385
11	B11	49,1	1105800,730	1276428,120
12	B12	49,46	1105804,679	1276421,936
13	B13	36,73	1105817,549	1276412,304
14	B14	93,12	1105815,716	1276417,120
15	B15	27,84	1105813,897	1276421,585
16	B16	72,97	1105812,646	1276425,453
17	B17	71,67	1105826,106	1276430,498
18	B18	41,45	1105827,605	1276426,255
19	B19	65,2	1105828,307	1276421,235
20	B20	64,93	1105830,726	1276415,228
21	B21	40,35	1105832,430	1276409,870
22	B22	56,16	1105833,275	1276403,391
23	B23	82,18	1105842,103	1276405,967
24	B24	99,39	1105851,709	1276407,557
25	B25	102,63	1105864,319	1276412,071
26	B26	68,51	1105850,988	1276415,769
27	B27	104,65	1105862,983	1276419,426
28	B28	67,53	1105841,797	1276414,435
29	B29	74,33	1105860,666	1276426,185
30	B30	64,3	1105848,400	1276422,951
31	B31	81,57	1105857,887	1276432,327
32	B32	49,84	1105846,630	1276428,207

ID	ID VIVIENDA	ÀREA	COORDENADA_X	COORDENADA_Y
33	B33	102,01	1105854,623	1276439,237
34	B34	31,24	1105845,191	1276432,262
35	B35	52,52	1105843,346	1276436,811
36	B36	39,79	1105841,282	1276442,446
37	B37	37,08	1105836,095	1276447,362
38	B38	36,96	1105835,235	1276442,265
39	B39	47,76	1105836,123	1276434,538
40	B40	35,67	1105838,137	1276428,709
41	B41	39,75	1105839,862	1276422,767
42	B42	30,79	1105834,812	1276422,315

ID	ID VIVIENDA	ÀREA	COORDENADA_X	COORDENADA_Y
1	A1	41	1105798,438	1276390,790
2	A2	258,48	1105834,215	1276375,747
3	A3	96,73	1105821,211	1276367,938
4	A4	100,51	1105812,305	1276371,005
5	A5	24,71	1105810,420	1276360,224
6	A6	80,45	1105805,999	1276370,107
7	A7	106,89	1105800,081	1276362,368
8	A8	72,92	1105791,765	1276353,248
9	A9	67,87	1105789,322	1276360,063
10	A10	96,66	1105797,040	1276371,705
11	A11	35,43	1105787,630	1276364,930
12	A12	64,94	1105785,089	1276369,831
13	A13	50,24	1105794,520	1276377,972
14	A14	73,85	1105782,362	1276375,820
15	A15	41,2	1105791,694	1276381,604
16	A16	46,76	1105774,427	1276372,940
17	A17	94,38	1105777,518	1276385,653
18	A18	37,98	1105766,031	1276378,565
19	A19	26,38	1105775,194	1276392,329
20	A20	42,85	1105775,254	1276396,708
21	A21	59,79	1105768,629	1276397,307
22	A22	37,57	1105760,563	1276394,636

ID	ID VIVIENDA	ÀREA	COORDENADA_X	COORDENADA_Y
23	A23	44,57	1105754,319	1276396,160
24	A24	81,91	1105758,567	1276402,703
25	A25	85,67	1105755,675	1276408,733
26	A26	80,92	1105764,658	1276409,647
27	A27	43,13	1105766,267	1276389,563
28	A28	43,57	1105765,954	1276383,768
29	A29	39,1	1105766,286	1276373,760
30	A30	24,8	1105766,241	1276369,966
31	A31	30,71	1105783,595	1276349,416
32	A32	166,54	1105779,133	1276360,711
33	A33	48,39	1105777,432	1276349,753
34	A34	82,67	1105767,284	1276363,921
35	A35	83,27	1105769,138	1276356,780
36	A36	44,82	1105803,952	1276392,680
37	A37	50,98	1105809,583	1276394,064
38	A38	48,1	1105816,130	1276398,693
39	A39	41,07	1105822,816	1276401,457
40	A40	137,95	1105818,637	1276388,765
41	A41	18,5	1105831,514	1276391,576
42	A42	137,31	1105805,369	1276382,187





































13. RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

13.1. CÁLCULO DEL RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA

Debido a que el riesgo se encuentra relacionado con la probabilidad de que sucedan eventos que causen efectos adversos y consecuencias negativas en contexto material, social y ambiental, es necesario un cálculo cuantitativo para realizar un análisis objetivo y comparable.

Resulta indispensable entonces, determinar tanto el riesgo específico de un proceso, como el riesgo total procedente de la suma de todos los procesos posibles. La fórmula del riesgo específico se puede denotar como:

$$Rs = P(Hi) * V * E$$

Siendo:

Rs es riesgo específico o grado de pérdidas esperadas debido a una amenaza de magnitud o intensidad (Hi).

P(Hi) es amenaza o probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa, con una magnitud o intensidad específica **(Hi)** en un tiempo dado y en un área específica.

V es vulnerabilidad del elemento expuesto o la proporción de **E** probablemente afectada en forma negativa por el evento de magnitud **(Hi)** expresada en una escala entre 0 y 1.

E es el valor total o costo de los elementos físicos expuestos o amenazados por el movimiento en masa; para el caso de personas, **E** = máximo número de personas expuestas (que ocupan las edificaciones).

Considerando la suma de los riesgos específicos para todo tipo de eventos y magnitudes, se puede describir el riesgo total como:

$$R = \sum Rs \text{ (eventos } 1,\ldots\ldots,n)$$

13.1.1. PÉRDIDAS ECONÓMICAS DIRECTAS O INDIRECTAS

Dado que en la evaluación del riesgo se consideran criterios de juicio y decisión, es necesario evaluar los impactos que a corto, mediano o largo plazo puedan generar los movimientos en masa sobre los elementos expuestos.

Los movimientos en masa pueden producir efectos directos o a corto plazo, ocasionado por el evento inmediato sobre los elementos expuestos e indirectos, que se derivan de los efectos directos y se materializan a mediano o largo plazo.

Según **Lee & Jones (2004)**, las pérdidas económicas directas e indirectas asociadas con tales efectos son aquellas que se pueden estimar en términos económicos o monetarios, debido a que es posible establecer un valor comercial de los elementos. Considerando los impactos directos, indirectos y a corto, mediano o largo plazo, se presenta la siguiente tabla de impacto en los movimientos en masa sobre los elementos expuestos:

IMPACTOS	ELEMENTOS	
	BIENES FÍSICOS	PERSONAS
Directos o a corto plazo	Daños en componentes • Construcciones • Infraestructura • Instalaciones y equipos • Contenidos	• Víctimas • Heridos, traumas • Personas sin hogar • Personas sin trabajo
Indirectos o a largo plazo	• Interrupción de servicios • Efectos en la producción • Servicios • Consecuenciales • Efectos en sistemas • Contaminación	• Pérdida de resiliencia • Empobrecimiento • Calidad de vida • Desarrollo humano • Enfermedades

Tabla 90. Impacto de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos

Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.

13.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA

Una vez se ha culminado la etapa de análisis de riesgo, es posible establecer criterios generales para la evaluación de los eventos presentados, definiendo las categorías de riesgo junto con los tipos de intervención y alcances en su reducción. Las pérdidas en bienes se pueden calcular como el costo aproximado de daños, definido este como el porcentaje de daño del valor comercial del elemento, incluyendo el terreno y la estructura intacta.

El costo aproximado es un estimado del costo directo de daño en el cual se pueden considerar, entre otros, el costo de reintegro de la parte afectada (terreno más estructura), trabajos de estabilización requeridos para llevar el riesgo a un nivel tolerable de acuerdo con la amenaza potencial, honorarios de profesionales, diseño de medidas y costos indirectos, tales como honorarios y alojamiento temporal. En la siguiente tabla se presenta el criterio para la valoración 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	Daños moderados en alguna parte de la estructura o parte significativa que requiere grandes trabajos de recuperación. Se puede

20	causar por lo menos consecuencias menores a propiedades adyacentes.
	Daños limitados en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad.
20 0	Daños menores (para eventos de alta probabilidad, esta categoría se puede subdividir a un límite entre valores de 0 y 1 %).

Tabla 91. Estimación del costo aproximado de daño

Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016

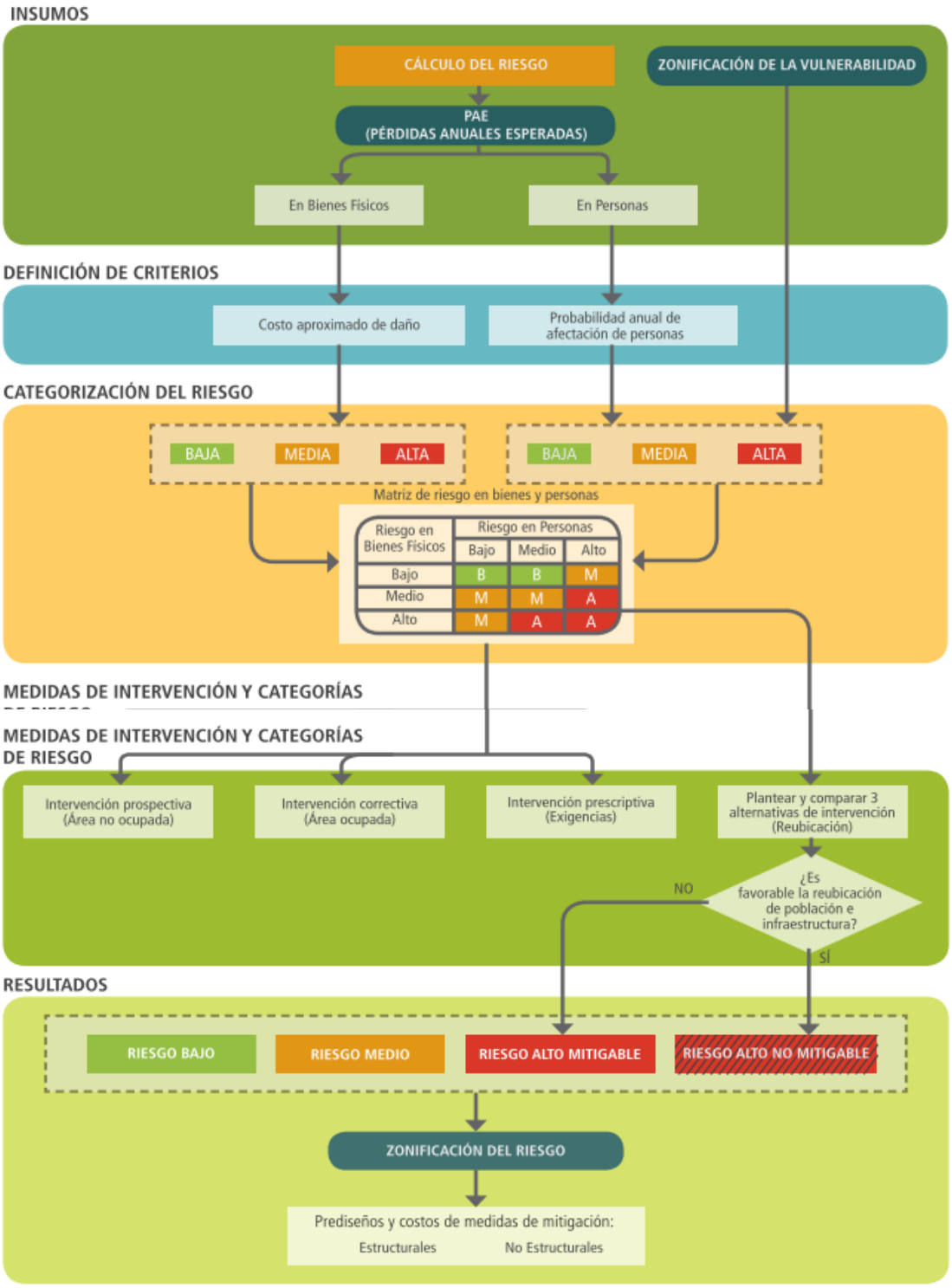


Ilustración 124. Esquema metodológico para la evaluación de riesgo.

Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.

Para personas, los criterios de afectación se pueden definir en función de la probabilidad anual de afectación y la categoría de vulnerabilidad indicativa de muertes o lesiones, ver siguiente tabla:

PROBABILIDAD ANUAL DE AFECTACIÓN DE PERSONAS	DESCRIPCIÓN
>10-4	Alta
10-4 –10-5	Media
<10-5	Baja

Tabla 92. Criterios de afectación de personas

Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.

13.2.1. CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

Una vez establecidos los criterios para determinar los costos aproximados de daño y el grado de afectación de personas, se procede a categorizar el riesgo y a definir posibles medidas de intervención y reducción del riesgo. En este caso, se propone categorizar el riesgo de bienes físicos y personas por separado. Para bienes físicos, se plantea la siguiente tabla:

COSTO APROXIMADO DE DAÑO	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
200 – 60%	**ALTO**	Riesgo inaceptable. Es necesaria la ejecución de investigaciones detalladas, planeación e implementación de medidas para reducir el riesgo. Las medidas de intervención estructural pueden ser dispendiosas y poco prácticas; además, pueden ser más costosas que el valor mismo de la propiedad
		Puede tolerarse en ciertas circunstancias (de acuerdo con la regulación estatal), pero requiere

60 – 20%	**MEDIO**	investigación y planeación detallada para evitar que aumente. Las medidas para reducir el riesgo son viables económicamente.
20 – 0%	**BAJO**	Usualmente aceptable para los tomadores de decisiones. Se requiere mantenimiento normal de taludes y laderas.

Tabla 93. Categorización del riesgo de bienes físicos

Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.

Para personas se plantea la siguiente tabla, basada en la anterior y las categorías de vulnerabilidad presentadas en el presente estudio:

PROBABILIDAD ANUAL DE AFECTACIÓN DE PERSONAS	**TIPO DE AFECTACIÓN**		
	MUERTES O LESIONES SERIAS	**LESIONES MODERADAS Y BAJA PROBABILIDAD DE MUERTE**	**LESIONES LEVES O INEXISTENTES**
ALTA	**ALTO**	**ALTO**	**BAJO**
MEDIA	**ALTO**	**MEDIO**	**BAJO**
BAJA	**MEDIA**	**BAJO**	**BAJO**

Tabla 94. Categorización del riesgo

Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.

Las categorías de riesgo de bienes físicos y personas se deben combinar para establecer el riesgo total (siguiente tabla).



Ilustración 125. Mapa Riesgo físico sector barrio Africa municipio de Bucaramanga
Fuente: Autor



Ilustración 126. Mapa Riesgo para personas sector barrio Africa municipio de Bucaramanga
Fuente: Autor

RIESGO EN BIENES FÍSICOS	RIESGO EN PERSONAS		
	ALTO	MEDIO	BAJO
ALTO	A	A	A
MEDIO	A	M	M
BAJO	A	B	B

Tabla 95. Categorías de riesgo de bienes físicos y personas
Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.

A continuación, se plantea la descripción de las categorías de riesgo total:

CATEGORÍA		DESCRIPCIÓN
A	ALTO	Alta probabilidad de víctimas fatales y lesiones serias en la población. La implementación de medidas de intervención es prácticamente inviable desde el punto de vista técnico. Se hace una evaluación económica detallada para establecer la posibilidad de mitigación y disminución del nivel de riesgo. Las pérdidas por materialización de la amenaza superan en todos los casos los valores económicos de los bienes.
M	MEDIO	Lesiones moderadas muy frecuentes, con alguna probabilidad de víctimas fatales. Se requiere evitar que el nivel de riesgo aumente, pero las medidas de intervención son en todo caso viables técnica y económicamente.
B	BAJO	Probabilidad de víctimas fatales prácticamente nula. Es un riesgo aceptable y requiere tan solo medidas de prevención.

Tabla 96 .Descripción de las categorías de riesgo total
Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, 2016.



Ilustración 127. Mapa riesgo total sector barrio Africa municipio de Bucaramanga
Fuente: Autor

14. MEDIDAS GEOTÉCNICAS DE MITIGACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL FOCO EROSIVO IDENTIFICADO

Es necesaria la ejecución de obras de estabilización y contención en los focos erosivos “expuestos” dentro de la zona de estudio, con el fin de mitigar los escenarios de remoción en masa, para reducir la vulnerabilidad y riesgo por colapso estructural y minimizar los impactos sobre las viviendas y la población en su área de influencia.

El talud objeto del presente análisis se clasifica dentro de una categoría de amenaza alta por movimientos en masa, definidos como el desplazamiento descendente de masas de suelo, roca y/o escombros, ya sea de manera vertical o hacia el pie del talud, como resultado de la acción gravitacional.

Los movimientos en masa, comúnmente denominados deslizamientos, derrumbes y deformaciones del terreno, generan rasgos geomorfológicos y morfométricos característicos que pueden manifestarse tanto en la masa desplazada como en el terreno adyacente no afectado, los cuales son indicadores relevantes para la evaluación de la estabilidad del talud.

De acuerdo con el análisis de estabilidad realizado, el talud presenta un factor de seguridad inferior a la unidad, evidenciando que las fuerzas resistentes son menores que las fuerzas actuantes. En este contexto, ante la ocurrencia de cargas pseudoestáticas asociadas a un evento sísmico y/o condiciones de saturación del macizo, acompañadas de un incremento en la presión de poros, se incrementa significativamente la probabilidad de falla, con la consecuente generación de un movimiento en masa.

La presión de poros (Ru) se define como un parámetro adimensional que representa la relación entre la presión del agua intersticial y la tensión efectiva, permitiendo estimar el efecto del agua sobre la reducción de la resistencia al corte del material.

Si bien el talud se encuentra actualmente en una condición de equilibrio aparente, cualquier modificación en las condiciones de carga (pseudoestáticas y/o incremento de Ru), así como el desarrollo de procesos erosivos o la infiltración de aguas superficiales, podrían alterar el estado tensional de la masa de suelo y actuar como factores detonantes de un proceso de inestabilidad.

De acuerdo a lo anterior y dado que el talud estudiado requiere ser intervenido para minimizar la amenaza geotécnica y garantizar que la masa de suelo no se vea afectada; se requieren medidas correctivas para mitigar la amenaza ante movimientos en masa con el objetivo de mejorar sus condiciones de estabilidad y disminuir directamente el riesgo en su área de influencia.

A continuación, se especifican las obras necesarias para mitigar la amenaza y se detalla cada componente:

Las medidas correctivas estarán incluidas dentro de una alta gama de obras de ingeniería:

- Construcción de anclajes activos de 30 toneladas
- Cada anclaje debe contar con un apoyo o zapata.
- La cara del talud intervenido debe ser recubierta con concreto lanzado, al cual previamente le será instalada una malla de protección.
- Una vez sean instalados los anclajes, se procede con su respectivo tensionamiento con la carga especificada en el presente estudio.
- Se deben construir obras de control de drenajes superficiales debido a que corresponde al principal factor de disminución de la resistencia del talud y es necesario anular dichas presiones y efectos perjudiciales.

PANTALLA ANCLADA:

El principal propósito de un sistema anclado es el de proporcionarle a la masa de suelo, una estabilidad interna, de tal forma que sea resistente a superficies de falla que varían en profundidad. Por esta razón, se plantea la construcción de una pantalla anclada en el sector crítico ubicado en el talud analizado en el presente estudio.

Este tipo de obra constituye un medio esencial para garantizar la estabilidad de sectores críticos con pendientes significativas, logrando utilizar soporte mediante anclajes que introducen estados de tensiones, esfuerzos y deformaciones adicionales a la masa de suelo, mejorando la estabilidad general ya que una vez instalados se pretensan hasta alcanzar una carga admisible, con lo cual se comprime el terreno entre la zona del anclaje y el apoyo superficial de la pantalla.

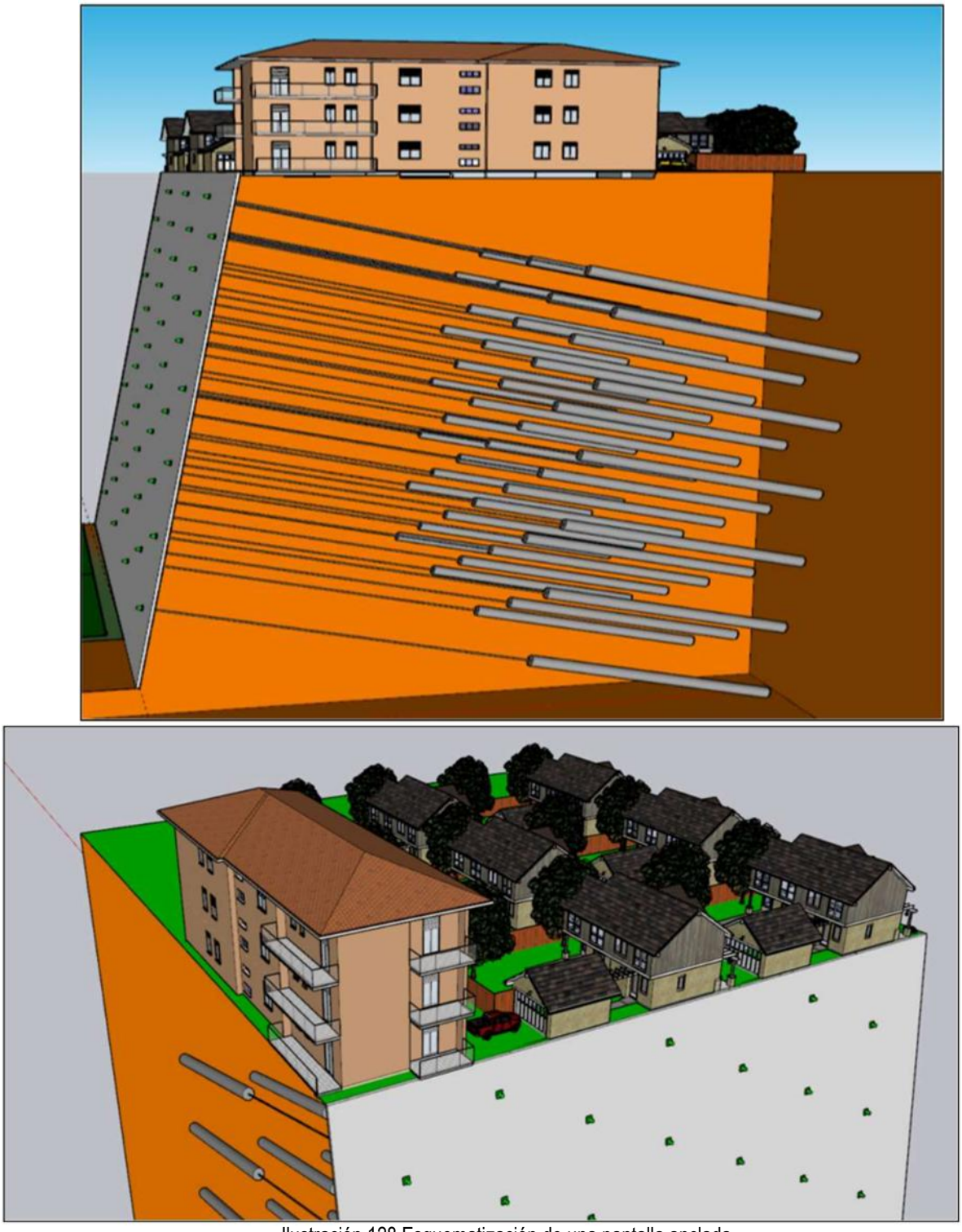


Ilustración 128 Esquematización de una pantalla anclada

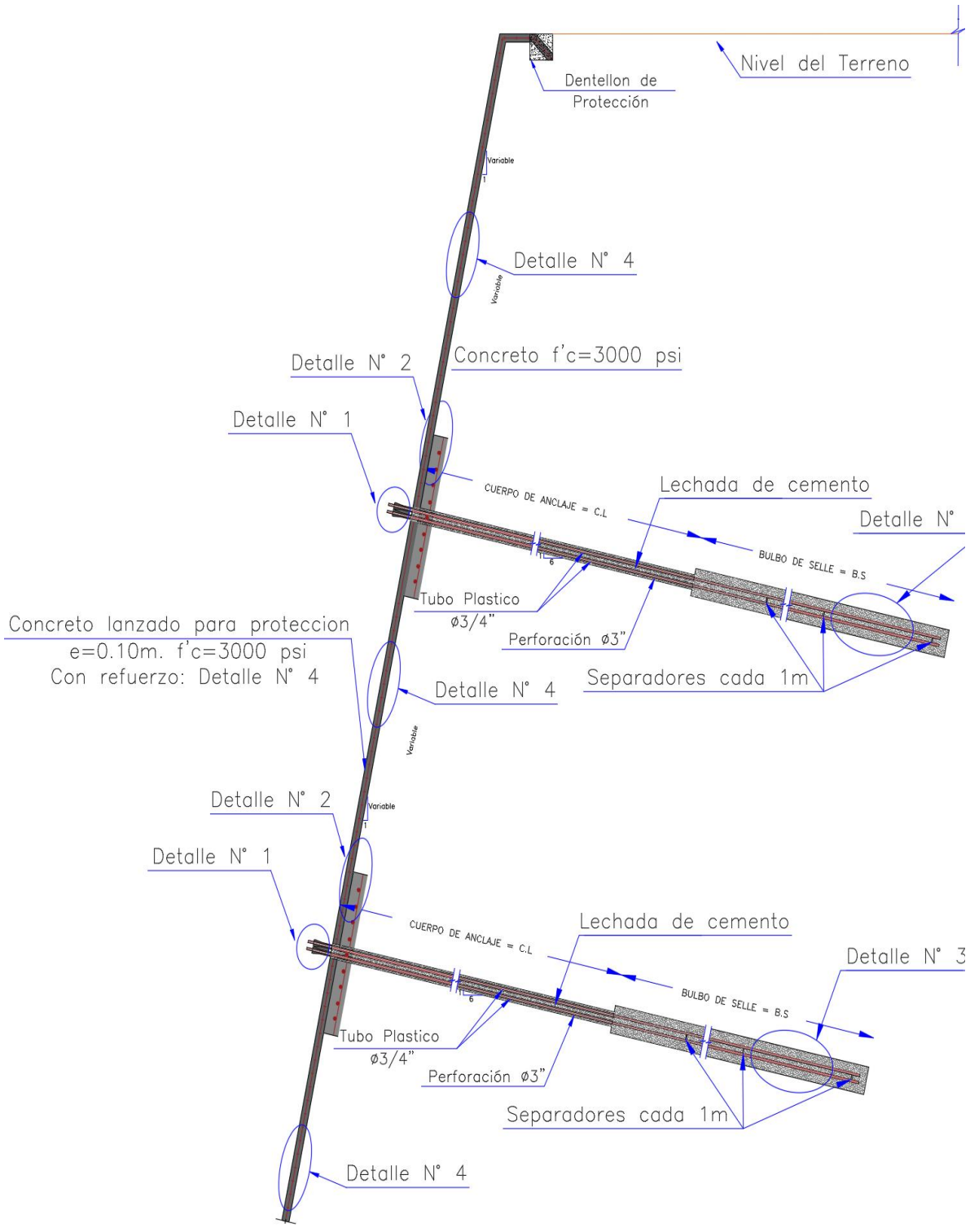


Ilustración 129 Esquema de una pantalla anclada (corte transversal)

La determinación de la carga máxima que se le debe colocar a los anclajes, depende de las cargas producidas por el suelo, el agua y las cargas externas. Los anclajes, cumplen la función de transmitir las cargas aplicadas a un estrato de suelo que no se encuentre dentro de la zona activa falla, de tal forma que se le brinde la estabilidad necesaria al sistema.

La resistencia necesaria de cada uno de los anclajes se calcula según las condiciones particulares de cada sector a intervenir, para este sector son necesarios anclajes con resistencia de 300KN, sin embargo, es necesario que, en cada caso en particular se realicen pruebas de carga con el fin de determinar la resistencia máxima de los anclajes, los cuales deberán quedar embebidos en un material denso, verificando de esta manera que las cargas de trabajo sean acordes a las utilizadas en los análisis geotécnicos.

La estructura consiste básicamente de una placa de concreto con un espesor determinado, a la cual van adheridos al anclaje, con separaciones variables en dirección horizontal y una inclinación perpendicular a la cara del talud intervenido; la diferencia de longitudes, depende de la superficie de falla que se presente, ya que en las partes altas del talud, se pueden necesitar anclajes un poco más cortos, ya que la superficie se presenta cercana a la superficie, mientras que en la parte media del talud, donde las superficies de falla presentan profundidades mayores, es necesario, utilizar anclajes más largos.

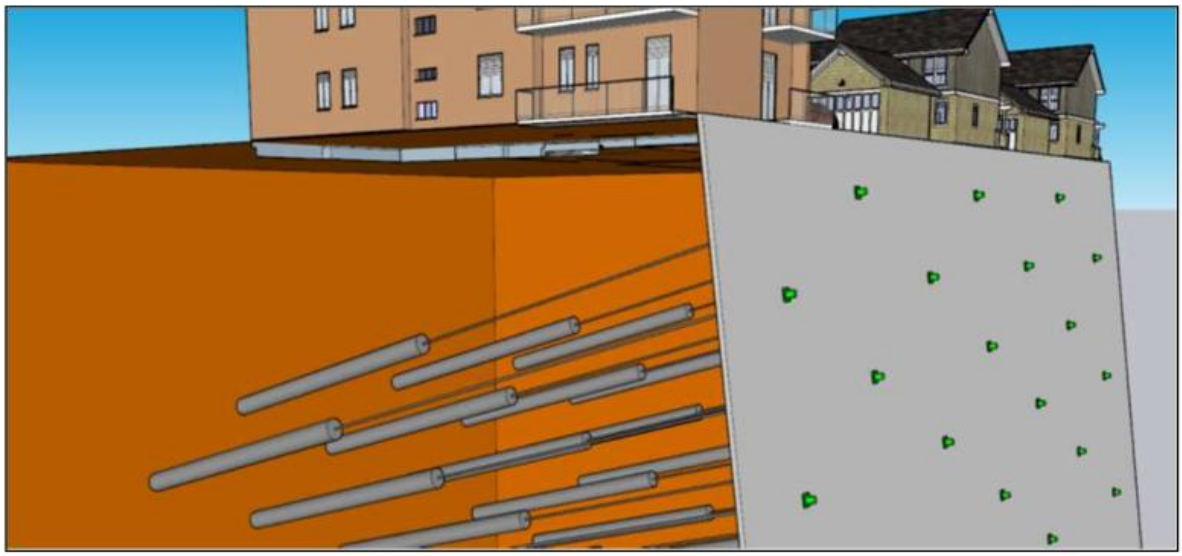


Ilustración 130 Esquema de una pantalla anclada.

Terminología:

Perfil de suelo: Son los diferentes estratos de suelo existente debajo del sitio del proyecto.

Presión activa: Es la presión lateral ejercida por el suelo detrás de la estructura cuando esta se mueve suficientemente hacia fuera para alcanzar un valor mínimo.

Presión admisible del terreno: Presión máxima admisible por un terreno de cimentación que proporciona la seguridad necesaria para evitar la ruptura de la masa de terreno o el movimiento de los cimientos.

Presión pasiva: Es la presión lateral ejercida sobre la pared cuando la estructura se mueve suficientemente hacia el suelo hasta que la presión alcanza un valor máximo.

Superficie de falla: Superficie o zona delgada a lo largo de la cual un lado se ha desplazado con respecto al otro, en una dirección paralela a la superficie o zona.

Nivel freático: Altura que alcanza la capa acuífera subterránea más superficial.

Factor de seguridad: Es la relación que existe entre la suma de las fuerzas resistentes y la suma de las fuerzas que estimulan el deslizamiento.

Deslizamiento: Movimientos hacia afuera o cuesta abajo de materiales que forman laderas (rocas naturales y tierra). Son desencadenados por lluvias torrenciales, la erosión de los suelos y temblores de tierra.

Anclaje: Medio que se emplea para sujetar elementos estructurales al bloque de cimentación en la que se apoya.

Lechada de cemento: Se define como una pasta muy fluida de cemento, agua, y eventualmente adiciones, utilizada principalmente para inyecciones de terrenos, cimientos, túneles, etc.

Bulbo: El bulbo es la longitud de varilla del anclaje que es cementada para transmitir la carga de tensión al suelo.

Concreto reforzado: Material constituido por concreto que tiene un refuerzo consistente en barras de acero corrugado, estribos transversales o mallas electrosoldada, colocadas principalmente en las zonas de tracción.

Pantalla anclada: Se define una pantalla como un tipo de estructura de contención flexible de tierras utilizada para estabilizar taludes.

Estructura de Contención: Estructura diseñada para contener los empujes de tierras que pueden afectar a una determinada obra. Puede ser una única obra con un único proyecto (como es el caso de la construcción de un muro de contención con el fin de obtener parcelas de superficie horizontal), o puede ser parte de un proyecto más grande, (como, por ejemplo, un muro para contener el empuje de tierras próximo a una carretera, o pantallas para la construcción de los sótanos de un edificio).

Clasificación de las estructuras de contención: viene determinada por dos grandes familias:

a) Estructuras de contención rígidas: aquellas cuyos movimientos son de sólido rígido sin presentar movimientos en el interior de la estructura o si existen son prácticamente despreciables.

b) Estructuras de contención flexibles: aquellas en las que se producen movimientos de sólido rígido y de flexión.

Clasificación de los Anclajes: Los anclajes se pueden clasificar ya sea por su forma de trabajar o por el tiempo de servicio para el cual estén diseñados; según su forma de trabajar se pueden distinguir tres tipos de anclajes:

a) Anclajes Pasivos: Son aquellos que entran en acción por sí solo, al parecer la fuerza exterior y gracias a la cabeza del mismo se opone al movimiento del terreno o la estructura. Este tipo de anclaje

debe ser muy rígido si se quiere limitar la magnitud del movimiento, llegando en casos extremos, a ejecutar verdaderos pilotes a tracción. Su orientación debe establecerse en función del movimiento relativo que pueda esperarse entre la cabeza y la zona de anclaje para evitar la aparición de esfuerzos anormales.

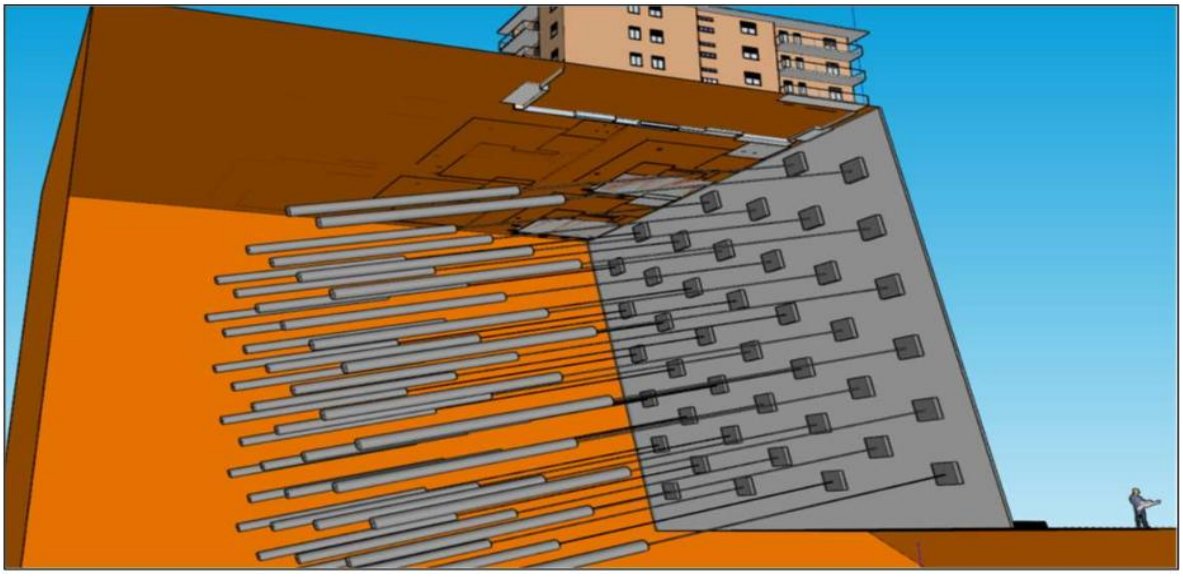
b) Anclaje Activo: Es aquel que una vez instalado se pretensa la armadura hasta llegar a su carga admisible, comprimiendo el terreno comprendido entre la zona de anclaje y la estructura o placa de apoyo de la cabeza. Cuando actúa la carga exterior, se produce la descompresión del terreno pero apenas se mueve la cabeza del anclaje en tanto no se rebase el esfuerzo de pretensado, por lo que no varía sensiblemente la tensión en el tirante.

c) Anclajes Mixtos: Es un intermedio entre las dos situaciones anteriores, la armadura se pretensa con una carga inferior a la admisible, quedando una parte de su capacidad resistente en reserva para hacer frente a posibles movimientos aleatorios del terreno.

Según su tiempo de servicio los anclajes se pueden clasificar en

a) Anclajes Provisionales: Tienen el carácter de medios auxiliares y proporcionan las condiciones de estabilidad a la estructura durante el tiempo necesario para disponer de otros elementos resistentes que los sustituyan.

b) Los anclajes Permanentes: Estos se dimensionan evidentemente, con mayores coeficientes de seguridad, pero, fundamentalmente deben estar proyectados y ejecutados para hacer frente a los peligros de la corrosión.



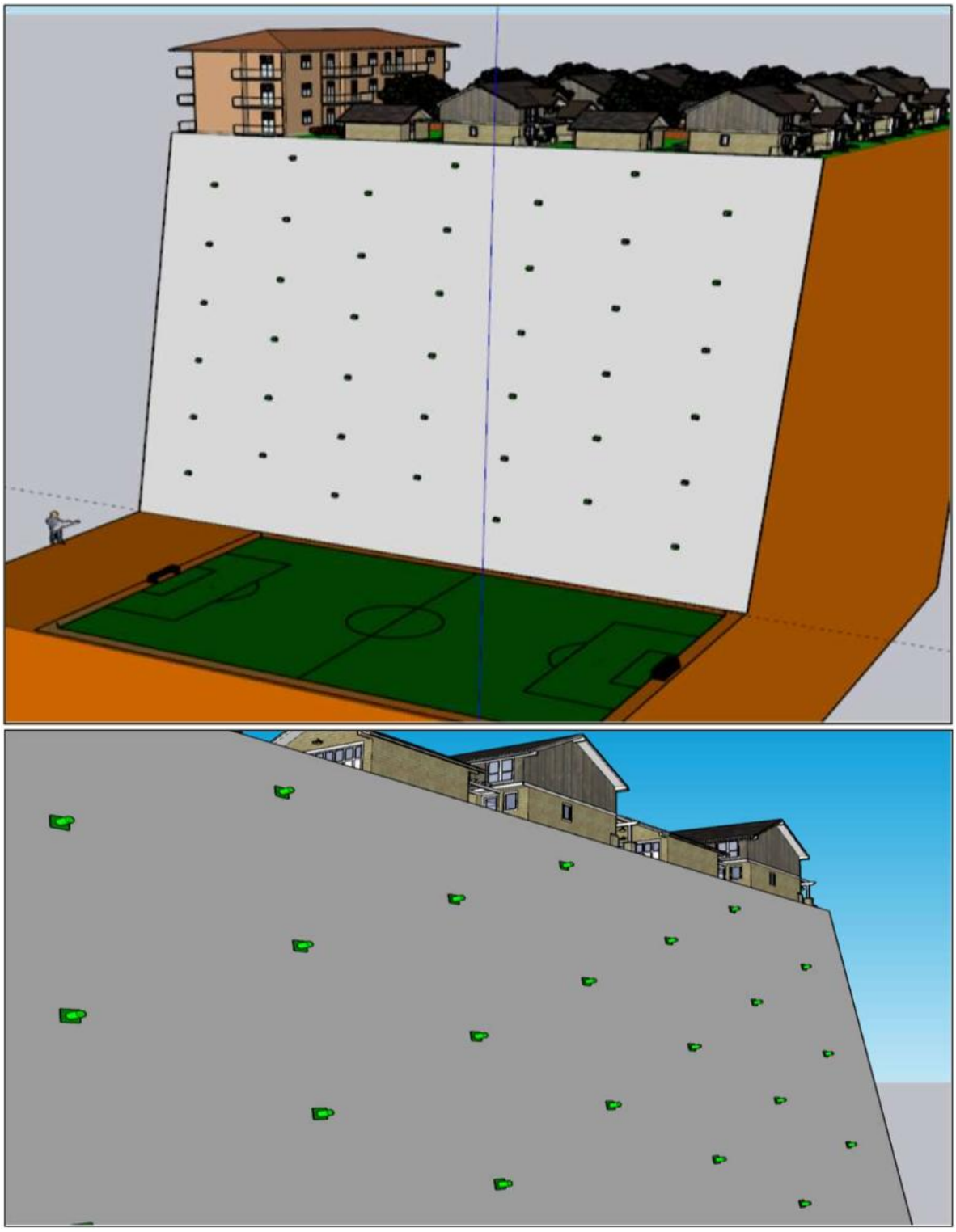


Ilustración 131 Esquema de una pantalla anclada (vista frontal y lateral)

Los anclajes diseñados cumplen la función de transmitir las cargas aplicadas a un estrato de suelo que no se encuentre dentro de la zona activa de falla, de tal forma que se le brinde la estabilidad necesaria al sistema.

El procedimiento de diseño de los anclajes, básicamente cubre los siguientes pasos:

- Caracterización del suelo presente en la zona
- Determinación de las cargas producidas por el suelo sobre las pantallas.
- Cálculos de los esfuerzos generados sobre el muro debido a las presiones del suelo y las presiones laterales.
- Inclusión de anclajes en el sistema.
- Evaluación de las cargas necesarias para brindarle la estabilidad al sistema.
- Modelamiento geotécnico para corroborar los factores de seguridad.
- El proceso brevemente explicado, se convertirá en un sistema iterativo respecto a la inclusión de los anclajes, ya que la ubicación, cantidad, diámetro, entre otros, de dichos anclajes influirá directamente en la determinación de las cargas permisibles para cada anclaje.

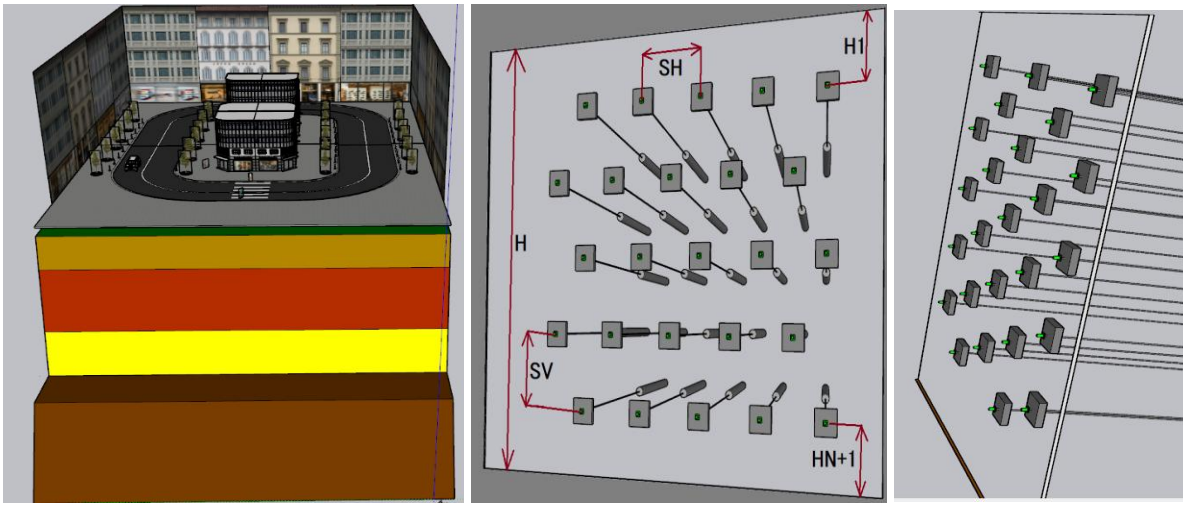


Ilustración 132 Esquema a) Definición de estratos y sus propiedades, b) Predimensionamiento, c) Vista lateral de los anclajes)

Un anclaje pretensado es un elemento estructural instalado en suelo o roca, utilizado para transmitir cargas de tensión al terreno.

El elemento estructural es complementado por un bulbo de concreto, un tendón de acero, platina de acero, cabeza del anclaje; estos y otros componentes hacen parte del sistema de anclaje. A continuación, se realiza una descripción de las diferentes partes del anclaje:

- Zona de bulbo

Es la parte del anclaje solidaria al terreno en profundidad, encargada de transferir los esfuerzos al mismo y se encuentra ubicada detrás de la línea de falla del terreno.

- Zona libre

Es la parte del anclaje en la que la armadura se encuentra aislada del terreno que la rodea y se encuentra por delante de la línea de falla del terreno.

- Cabeza y placa de apoyo

Es la unión de la armadura con la estructura de apoyo y sobre ella se ejerce la acción exterior.

- Torón

Cable o cables que transmiten la tensión del punto de apoyo (muro o pantalla) hasta el suelo o roca. Se utiliza torón de 1/2 " diámetro. Al hacer el pedido de los cables debe tenerse en cuenta que se requiere una longitud adicional (puntos) de por lo menos 1 metro, para poder efectuar el tensionamiento.

- Separadores

Elemento metálico o de caucho que permiten mantener alineados los torones y separan la tubería de PVC del cable, permitiendo el flujo de lechada alrededor de éstos.

- Sello Impermeable

El anclaje está compuesto por una zona de bulbo y una longitud libre, el sello impermeable aísla las dos zonas. El sello se hace con lechada o con producto SIKA o similar.

- Protección del cabezal del anclaje

Es un protector en acero o plástico que se utiliza para proteger el cabezal del anclaje y partes de acero de la corrosión y daños físicos.

- Encamisado de protección

Corresponde a una tubería de PVC o acero, que sirve para proteger la base de la platina y la zona de transición entre el cabezal del anclaje y la longitud libre del tendón.

- Componente retardante de corrosión

Estos componentes protegen las partes de acero del anclaje y la longitud libre del tendón. Este compuesto no debe presentar problemas de endurecimientos con el tiempo que los haga frágiles. Dentro de estos componentes se incluyen las grasas y las ceras.

- Lechada

La lechada protege el acero pretensado en la zona libre y en la zona del bulbo, y puede ser cemento o resina en poliéster. La lechada también es utilizada para rellenar las cubiertas.

- Seaths

Son tubos de plástico liso o corrugado, utilizadas para proteger el acero pretensado en longitud libre del anclaje.

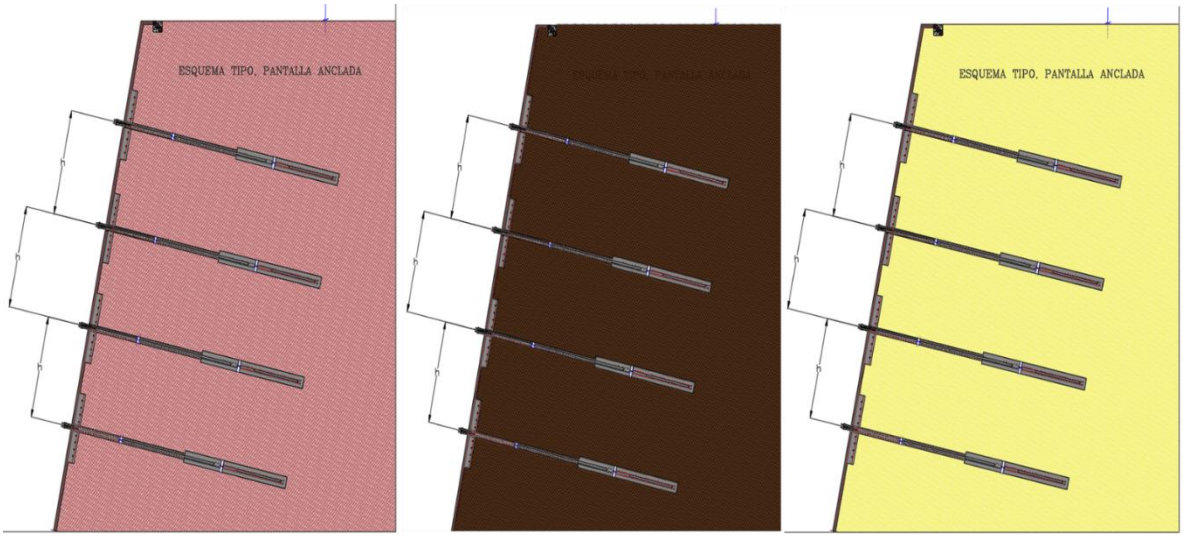


Ilustración 133 Esquema de una pantalla anclada (emplazada en el talud)

- Zapata:

Es la estructura de apoyo y sobre la cual se distribuye la acción exterior, su geometría normalmente es cuadrada y de espesor constante. La zapata se construye en concreto de f'c=3000 psi con malla de refuerzo en acero de Ø3/4", fy=60.000 psi.

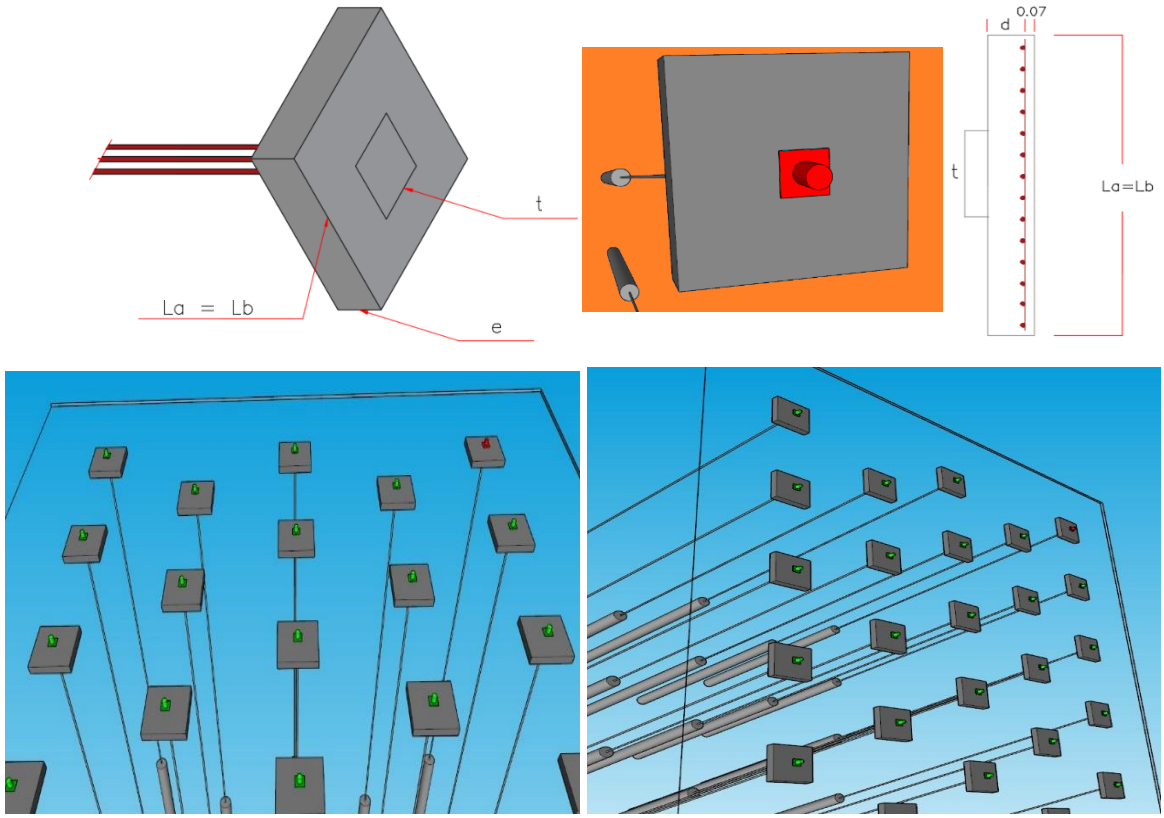


Ilustración 134 Esquema de una pantalla anclada (emplazada en el talud)

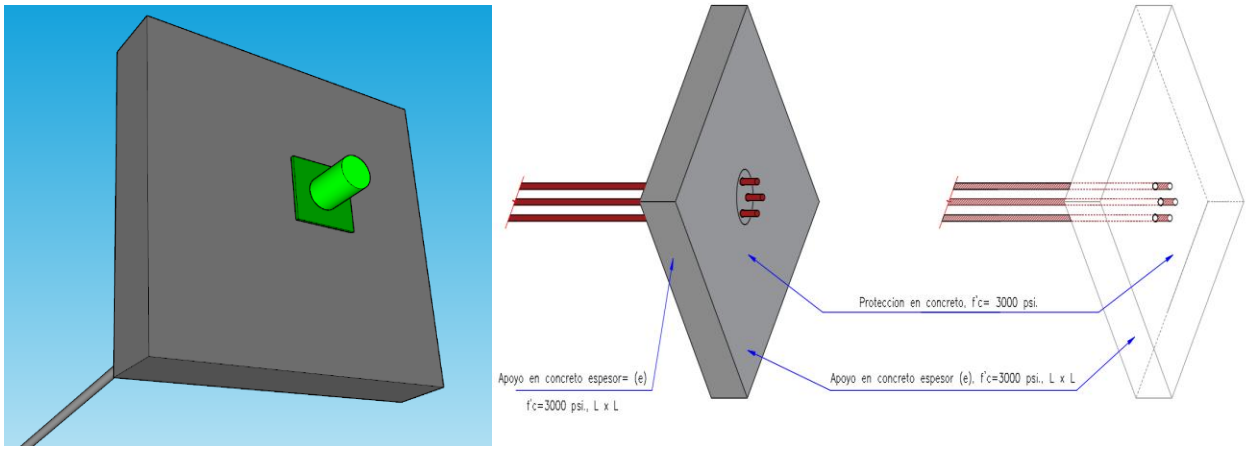


Ilustración 135 Esquema de una zapata.

- Anclaje:

Elemento estructural utilizado para efectuar cargas de tensión y esfuerzos a la masa del suelo posterior a su instalación. La resistencia para cada uno de los anclajes es de 300 KN.

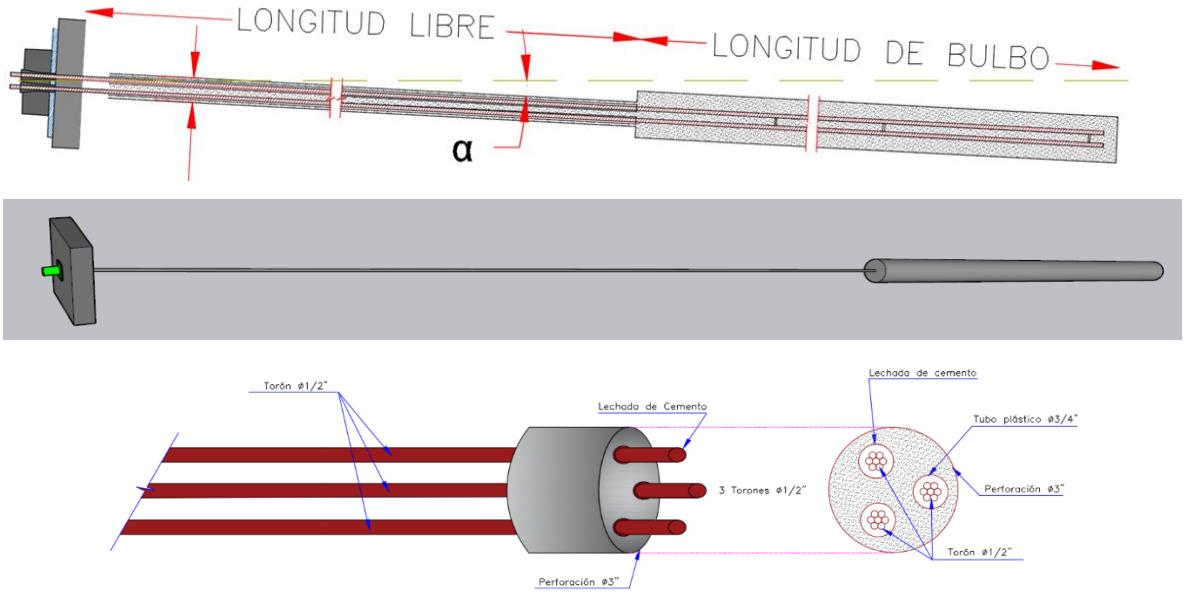
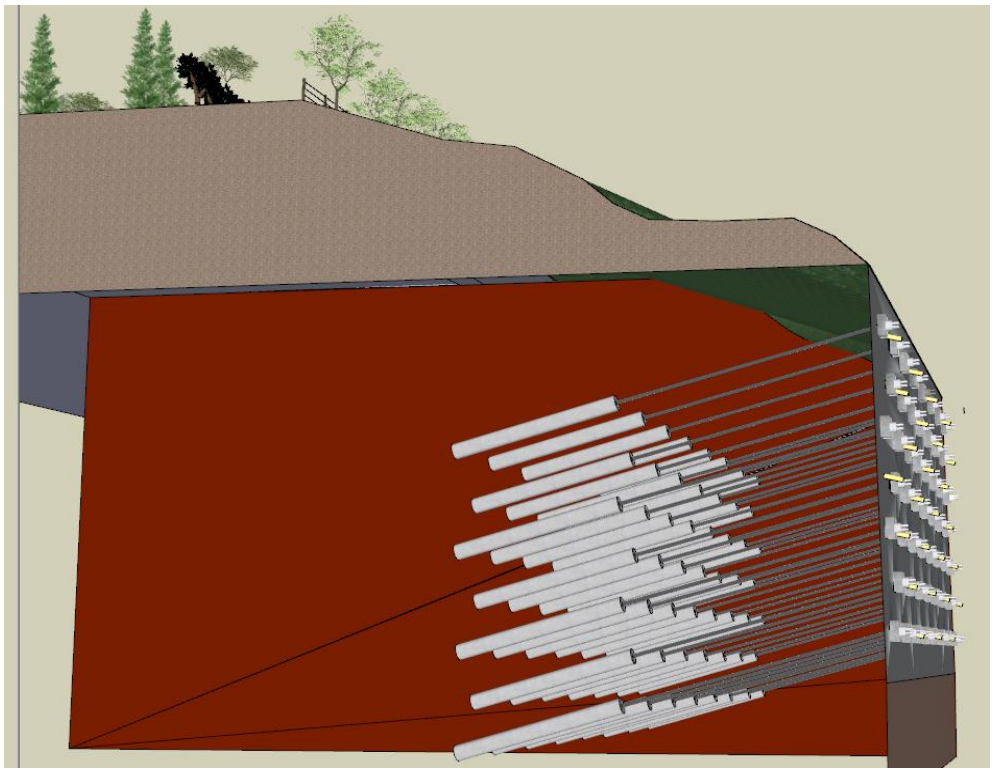
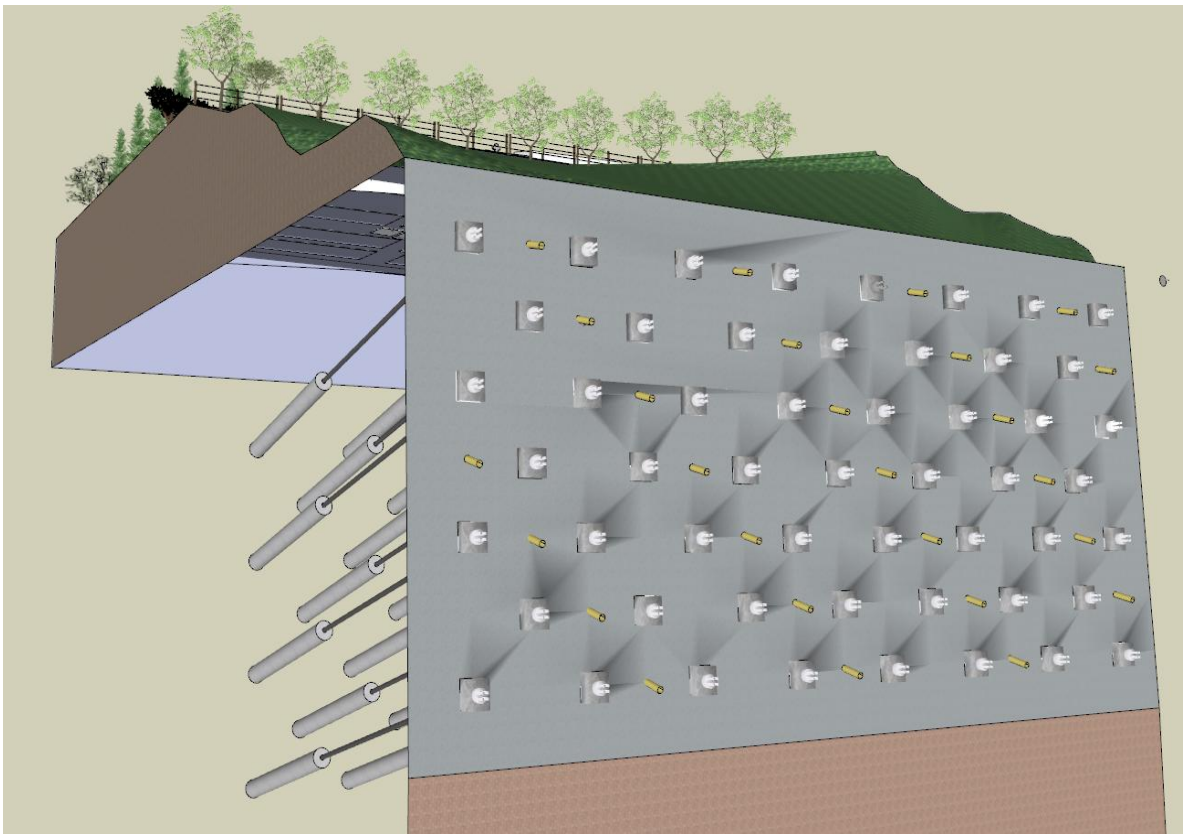


Ilustración 136 Detalles, anclaje.





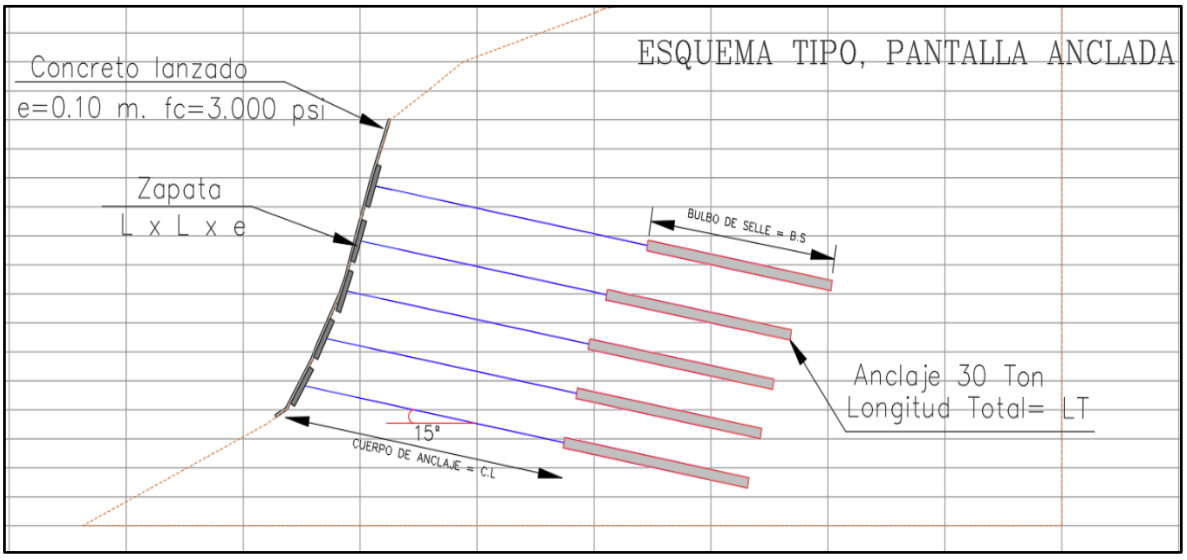
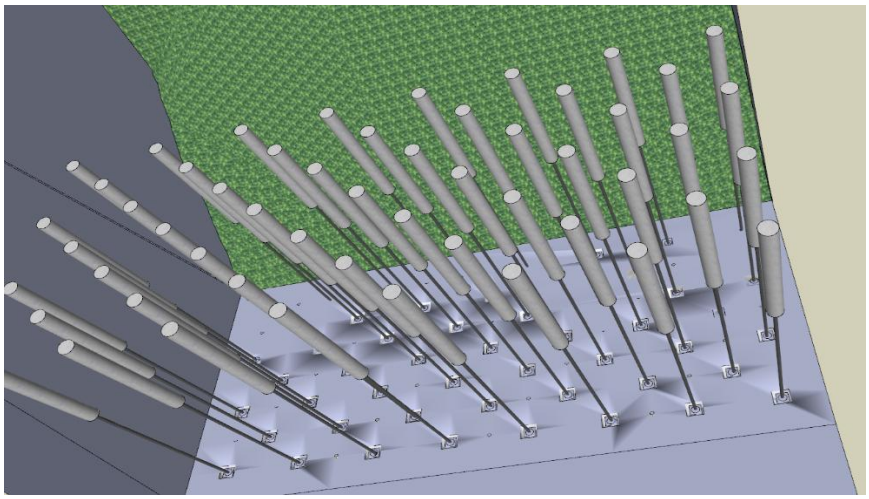
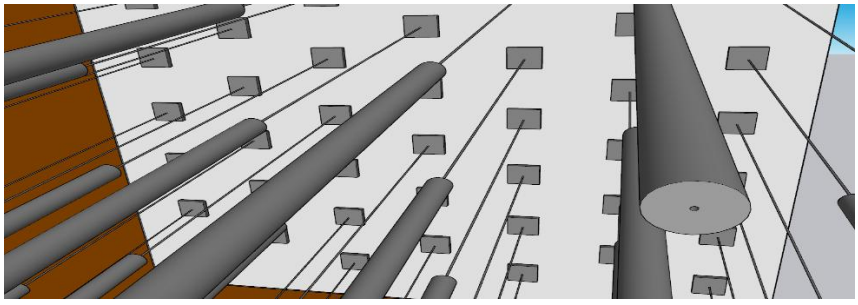


Ilustración 137 Corte transversal, pantalla anclada

- Bulbo:

El bulbo es el encargado de transmitir esfuerzos en el sistema, debe ubicarse por detrás de la superficie de falla del terreno.





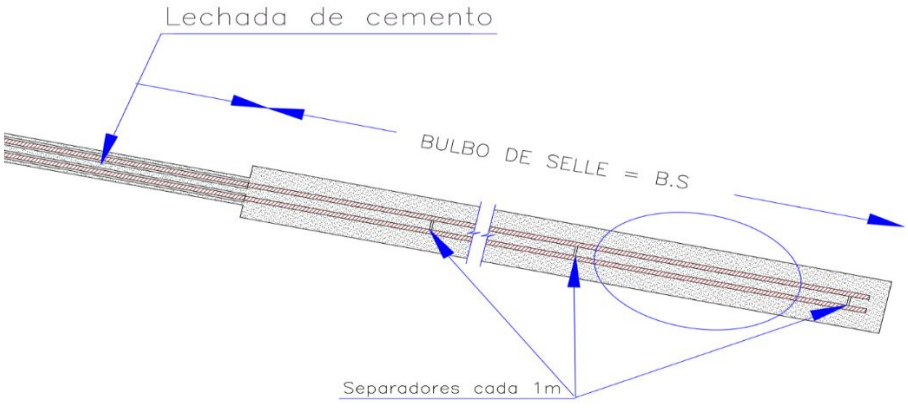
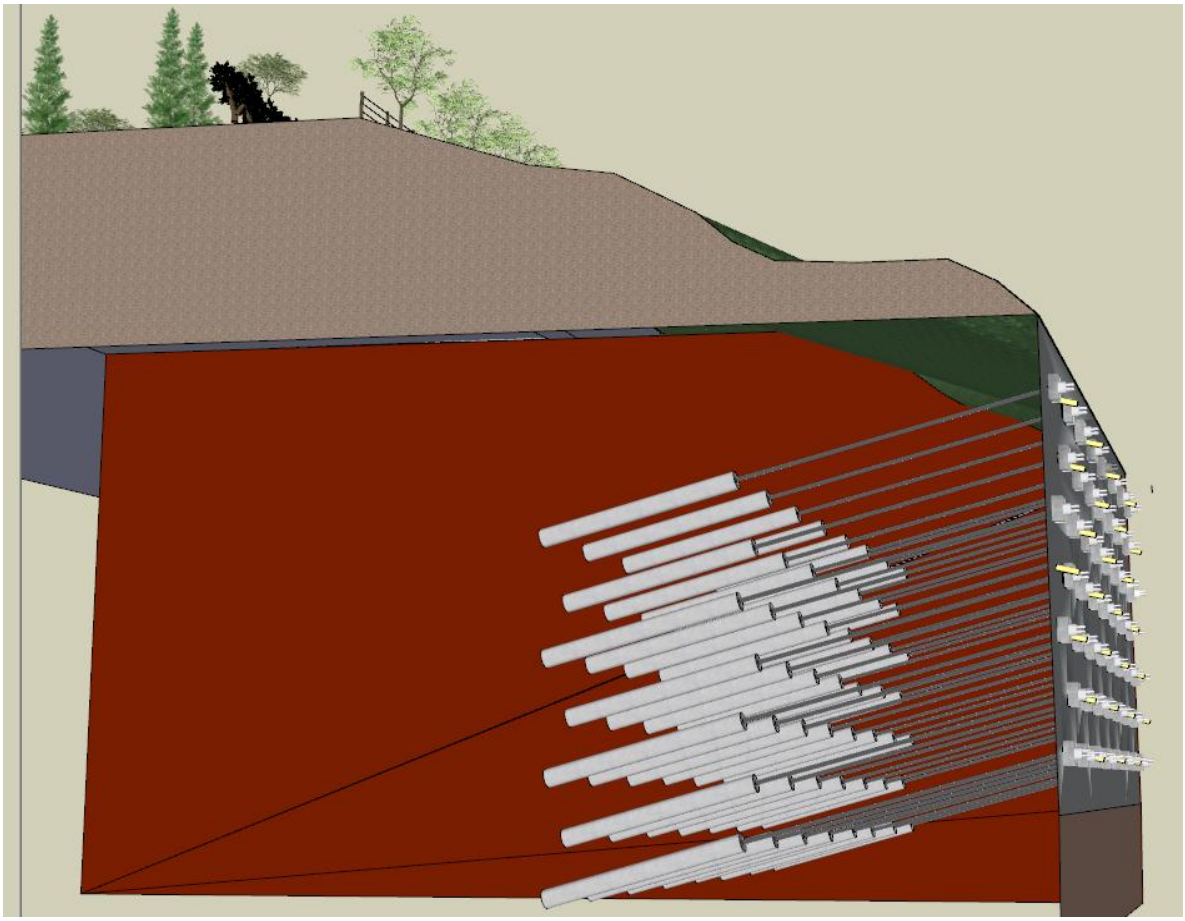


Ilustración 138 Detalles, Bulbo y lechada

La resistencia de la zona de anclaje se establece por la adherencia entre la lechada con el acero y la adherencia del bulbo del anclaje con el terreno que lo rodea.

- Lechada de cemento:

Generalmente compuesto a base de relaciones de cemento-agua, en algunos casos mortero de cemento, cuyo objetivo es el de proteger el acero en la zona libre y en la zona del bulbo.



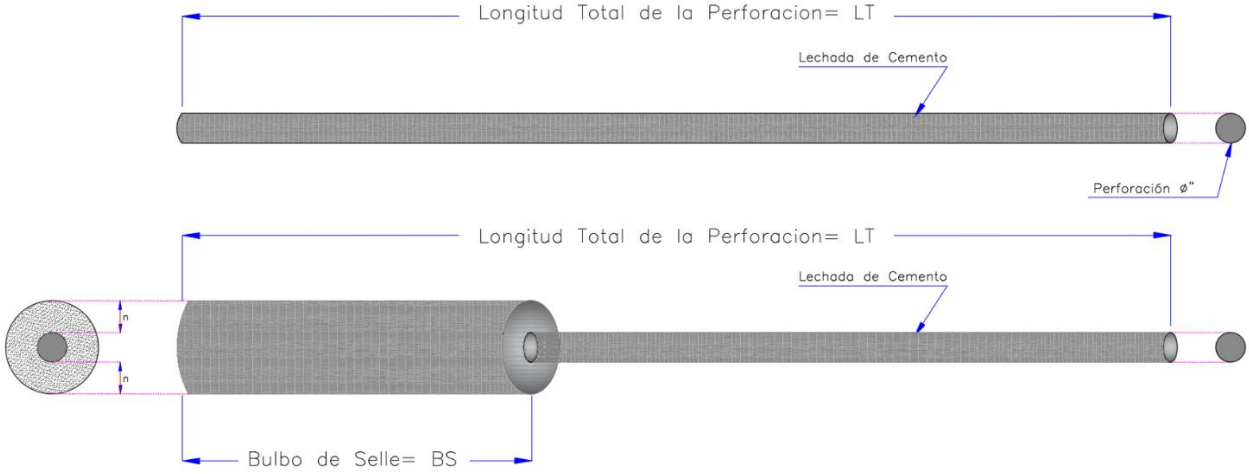


Ilustración 139 Detalles, Bulbo de selle y lechada de cemento

- Torón:

Es un tensor, barra o cordón de acero, el cual transmite la tensión desde el punto de apoyo hasta el suelo.

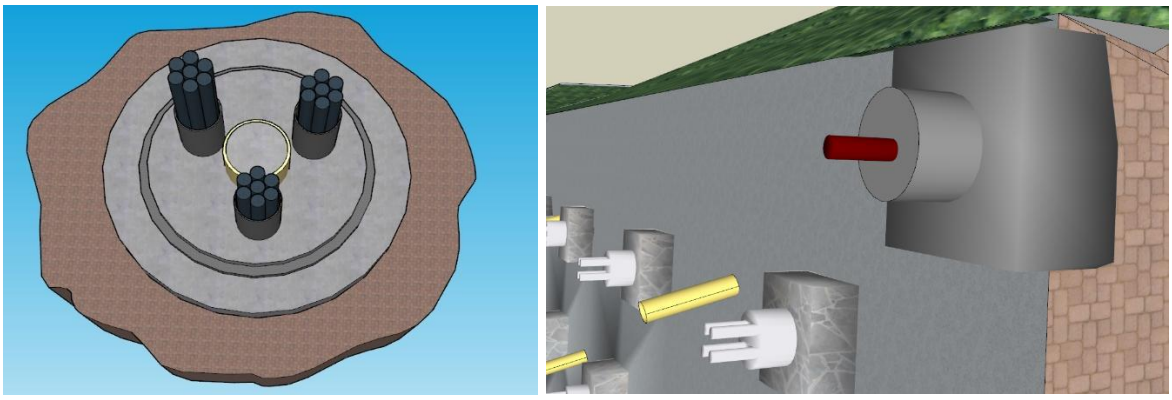


Ilustración 140 Detalles, Torones

- Malla de refuerzo:

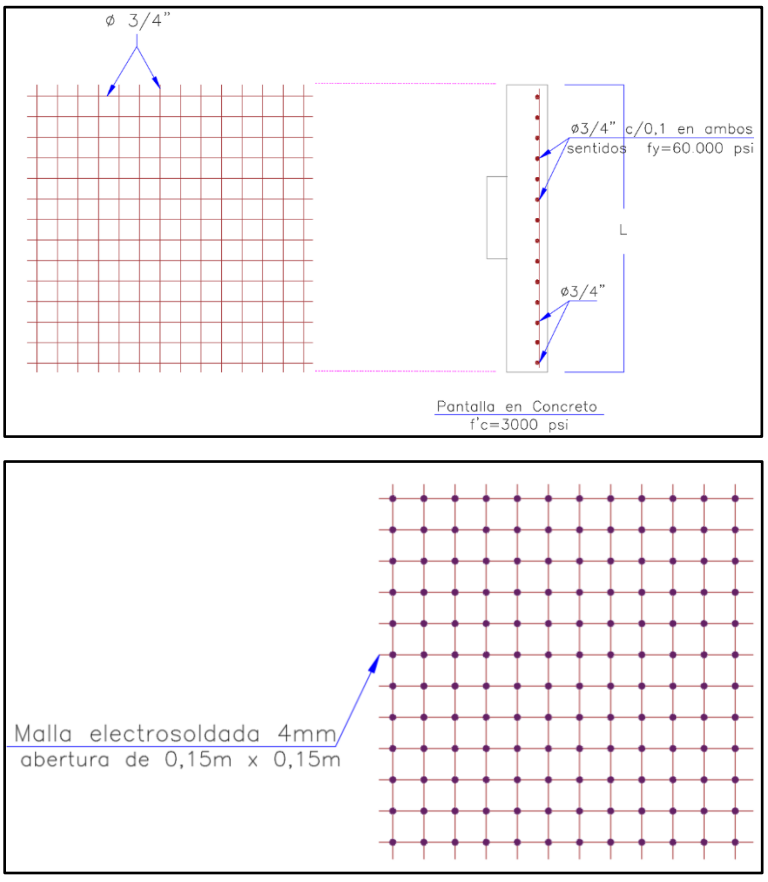


Ilustración 141 Malla de refuerzo

OBRAS HIDRAULICAS:

Manejo de Aguas Superficiales

Para el control de aguas superficiales se plantean canaletas perimetrales a la obra principal (Pantalla Anclada), estos detalles se encuentran en el anexo “Planos”.

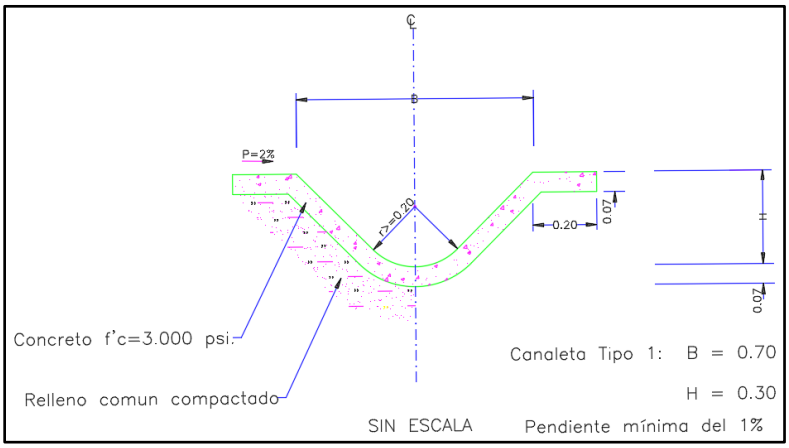


Ilustración 142 Detalle de canaleta.

En resumen, las obras Geotécnicas propuestas para mitigar la amenaza ante movimientos en masa en el foco erosivo analizado son:

- Desmonte y Limpieza
- Retiro de Basuras y escombros del talud
- Perfilado a mano descolgado de talud
- Excavación en material granular
- Excavación en roca
- Excavación a mano con acarreo libre descolgado para zapata
- Distribución y conformación de material de corte insitu,
- Ejecución de perforaciones horizontales para anclajes activos
- Instalación de anclajes, Jacket de respaldo para revestimiento de perforación horizontal en anclajes.
- Instalación de acero para zapatas
- Instalación de malla electrosoldada,
- Llenado de inyección con lechada cementicia para anclajes

- Colocación de concreto para zapatas
- Concreto lanzado
- Instalación de platina, popora y cuña para anclajes
- Tensionamiento de los anclajes previamente instalados,
- Construcción de canaletas perimetrales,
- Instalación del sistema de abatimiento para líneas hidráulicas de infiltración interna y protección del trasdós de la estructura estabilizadora

Es necesario hacer énfasis en la verificación insitu en el momento de ejecución de la obra respecto al posicionamiento de las filas superiores de los anclajes; lo anterior obedece a la presencia en profundidad de anclajes construidos, los cuales hacen parte de una pantalla anclada ejecutada en el talud posterior (sector de Pablo VI).

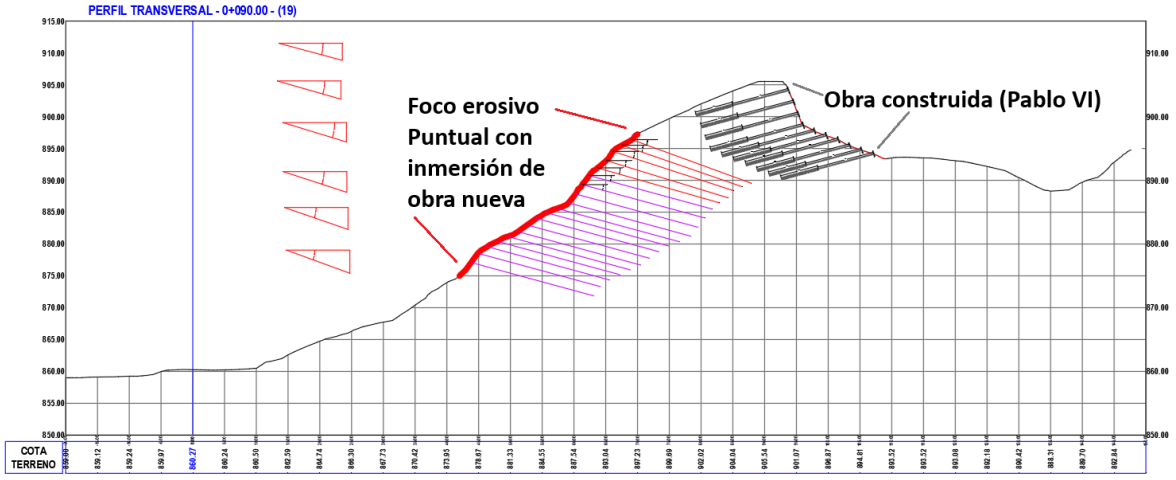


Ilustración 143 Sección transversal (ubicación de obra construida anteriormente vs la proyección de la pantalla anclada del foco erosivo)

La experticia del ejecutor de la obra una vez se esté perforando la línea de anclajes superior es muy importante para reconocer la interacción del suelo con la presencia de posibles bulbos de la pantalla posterior; sin embargo, debe realizarse en primera instancia una topografía a detalle de la totalidad del talud y la ubicación espacial de los anclajes para constatar en secciones perpendiculares las dos obras (antigua y por construir) respecto al cruce de los mismos y así poder garantizar las separaciones mínimas y la desviación de los anclajes respecto a su dirección horizontal (valores permisibles) y su ángulo de inclinación.

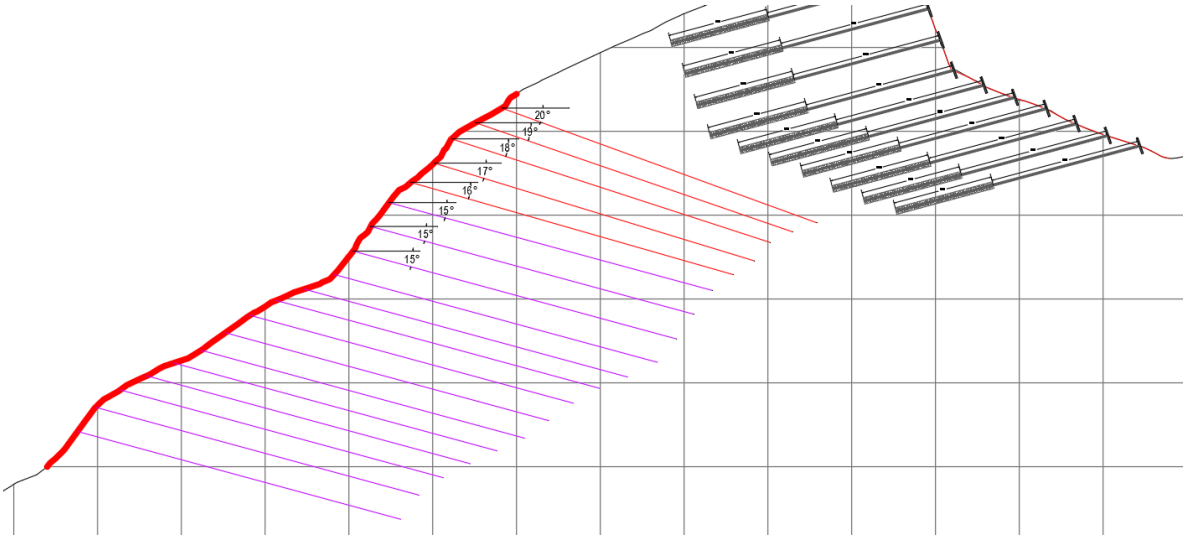


Ilustración 144 Sección transversal (ubicación de anclajes construidos anteriormente vs la proyección de la los mismos respecto al del foco erosivo)

Se recomienda que la primera fila de anclajes (fila superior) sea construida con un angulo respecto a la horizontal ≥ 20º y se realice una transición de las filas 2, 3, 4 y 5 hasta llegar a los 15º y así continuar hasta el pie de la pantalla anclada, como se muestra a continuación:

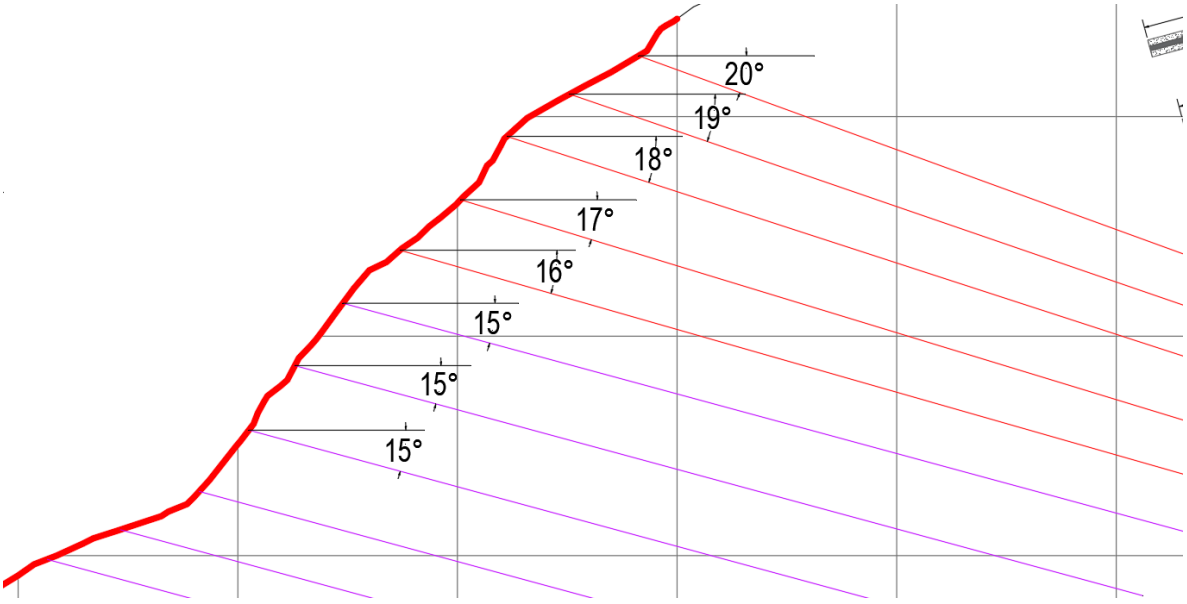


Ilustración 145 Sección transversal (transición de filas de anclajes respecto al ángulo de inclinación)

Los planos de obra respecto al foco erosivo analizado geotécnicamente, especificaciones técnicas, presupuesto y análisis de precios unitarios se encuentran en los anexos del presente proyecto.

15. CONCLUSIONES

El sector África presenta un relieve fragmentado, con laderas que muestran un grado claro de disección y superficies que cambian rápidamente en pendiente y forma. La morfometría muestra un paisaje donde las variaciones topográficas influyen directamente en la circulación superficial del agua y en la redistribución del material suelto. Este comportamiento se refleja en pequeñas concavidades que actúan como puntos de captación, dando lugar a una morfometría heterogénea.

Las UGI identificadas en este sector responden a un escenario donde los suelos residuales derivados del basamento coexisten con material coluvial. El suelo residual conserva una estructura más estable, a diferencia de los coluviales donde se observan ligeras discontinuidades y espesores irregulares. Estas características, sumadas a la geometría del terreno, explican la presencia de zonas donde la estabilidad disminuye, especialmente en laderas abruptas.

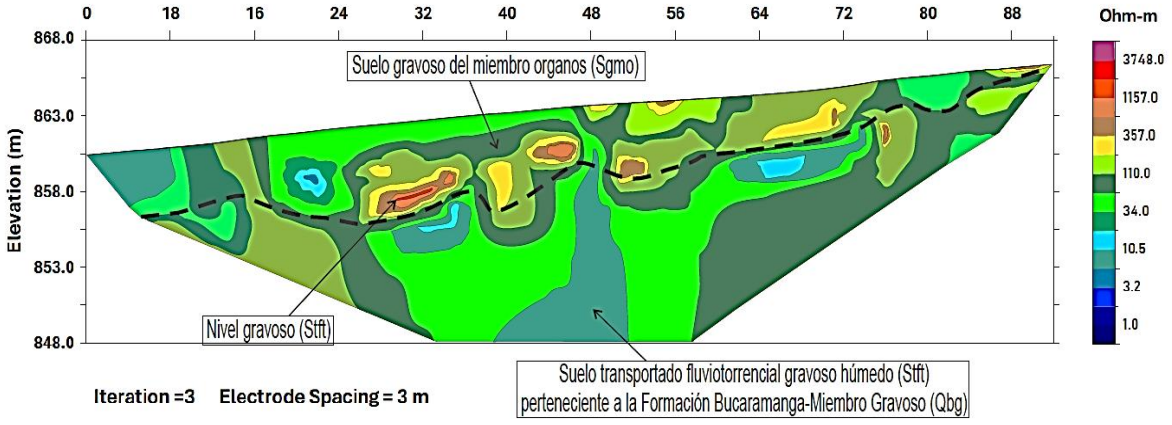
En cuanto a la dinámica actual del relieve, la morfodinámica del sector muestra procesos activos producto de la acción del agua que se concentra en sectores específicos donde el terreno facilita la convergencia del flujo de agua, generando erosión superficial y pequeños desprendimientos de material fino, que no se manifiestan de manera uniforme en toda el área. La morfodinámica del sector está marcada más por los cambios en el relieve que por movimientos en masa considerables.

En relación con la cobertura del suelo en África la vegetación no se distribuye de manera continua y deja expuestos varios sectores donde el material queda más vulnerable a la escorrentía superficial. Las áreas degradadas han favorecido la concentración de agua y la formación de pequeños canales. Esta combinación entre cobertura discontinua, materiales heterogéneos y un relieve fuertemente disectado ha determinado los sectores que presentan rasgos de erosión superficial.

De acuerdo con las observaciones de campo y la interpretación del ensayo geofísico se obtuvieron los valores de onda de corte Vp a través de la tomografía de refracción sísmica los cuales se correlacionan en la siguiente tabla:

CAPA	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR (metros)	POSIBLE CORRELACIÓN GEOLOGICA DEL SITIO DE ESTUDIO
A	475 - 480	1 - 4	Depósito cuaternario con cierto grado de consolidación
B	480 - 495	Superior a 10	Depósito con mayor grado de consolidación

En la imagen de tomografía geoelectrica que se muestra a continuación se identifica que la región superficial corresponde a una capa de geometría irregular y distribución continua, de espesor variable, entre 1 m a 5 m, con registro en el valor de resistividades entre 10.5Ω*m y 110Ω*m. Esta primera capa se relaciona probablemente con el Suelo areno-limoso. Infrayacente, se identifica una capa de espesor variable entre 11 m y 14 m (el total es desconocido) con resistividades entres 34Ω*m y 110Ω*m, interpretado como Suelo gravoso del miembro órganos, así mismo, capas de geometría irregular alargadas, discontinuas, con resistividades entre 357*m y 1157 Ω*m, definidas como niveles gravosos que conforman el Suelo transportado fluviotorrencial gravoso (Stft) perteneciente a la Formación Bucaramanga-Miembro Gravoso (Qbg)



Para el análisis sísmico en la estabilidad de taludes, se estima un sismo de diseño de acuerdo a lo descrito en el titulo h en el ítem H.5.2. el cual corresponde a valores de Kst (Sismo de diseño a ingresar en el modelo geológico geotécnico y análisis pseudo-estático en los modelos de estabilidad ante movimientos en masa). Por ende, se realizaron los modelamientos con un valor de 0,32

Los resultados obtenidos en los modelos de estabilidad permiten clasificar el área de estudio dentro de la categoría de amenaza alta, debido a la combinación de factores geomorfológicos, geotécnicos y antrópicos que incrementan la susceptibilidad a movimientos en masa.

El relieve del sector se caracteriza por la presencia dominante de pendientes moderadas a abruptas, con rangos frecuentes entre 16° y 35°, y sectores localizados con pendientes muy abruptas y escarpadas, particularmente asociados a cortes antrópicos y bordes de talud próximos a la vía principal. Estas condiciones geométricas favorecen el desarrollo de superficies potenciales de falla y la concentración de esfuerzos cortantes en los niveles superficiales.

Desde el punto de vista geomorfológico, el sector corresponde a un conjunto de laderas denudacionales activas, con zonas muy disectadas y áreas intervenidas mediante explanaciones para vivienda. En estas laderas se reconocen procesos persistentes de erosión superficial, retrabajo de material coluvial y desprendimientos recurrentes, los cuales, aunque en muchos casos son de carácter superficial, evidencian una dinámica activa del terreno. La presencia de concavidades y microcanales favorece la concentración de escorrentía, incrementando la inestabilidad durante eventos de lluvia intensa.

En términos geotécnicos, predominan los suelos gravosos del Miembro Órganos y los suelos coluviales antiguos, materiales que, si bien presentan buena permeabilidad, muestran una marcada heterogeneidad interna y una reducción significativa de su resistencia al corte bajo condiciones de saturación. Los suelos coluviales recientes, aunque de distribución puntual, se localizan en posiciones críticas como pies de talud y concavidades, donde pueden actuar como superficies de deslizamiento superficial y contribuir al retroceso progresivo de la ladera. La interacción entre coluviones antiguos y recientes, sumada a la presencia de cortes no confinados, incrementa la probabilidad de inestabilidad local con potencial de propagación.

La evaluación bajo escenarios detonantes por lluvia intensa indica que la saturación temporal de los niveles superficiales puede generar incrementos relevantes en las presiones de poros, especialmente en sectores con drenaje deficiente y ausencia de sistemas adecuados de manejo de aguas lluvias.

Bajo estos escenarios, los análisis muestran condiciones cercanas al equilibrio límite o inestabilidad incipiente en algunos perfiles, lo que justifica un nivel de amenaza superior. Adicionalmente, la consideración de la sismicidad regional evidencia que, aunque los movimientos esperados serían predominantemente superficiales, la combinación de vibración sísmica, pendientes pronunciadas y materiales coluviales puede detonar fallas de mayor extensión y volumen.

Las coberturas del suelo, dominadas por tejido urbano continuo y zonas de vegetación secundaria sumadas a la urbanización sobre ladera, la presencia de cortes verticales sin obras de contención y las deficiencias en el manejo de escorrentía superficial generan un efecto acumulativo que incrementa la susceptibilidad del sector.

Según el numeral *7.4. Aislamientos mínimos en taludes* de la Resolución 1294 de 2009 (Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB); indica que: *El aislamiento es el área en la cual no se permite localizar edificaciones, vías peatonales o vehiculares, andenes obras de urbanismo o estructuras más cercanas al borde y/o pie de los taludes aledaños al proyecto. Esta zona de aislamiento deberá quedar por fuera del paramento del desarrollo arquitectónico y no se permite la construcción de ningún tipo de estructuras diferentes a las requeridas para garantizar la estabilidad del talud. El aislamiento se debe mantener independientemente de que se construyan o no muros de contención.*

Según lo anterior, para el caso de las viviendas emplazadas en el sector del barrio Africa, resulta obligatorio considerar los criterios de aislamiento establecidos para edificaciones situadas por encima de la corona de taludes o laderas, en función de la pendiente del terreno, que en este sector corresponde a rangos entre 30° y 45° y superiores a 45°, como se indica a continuación.

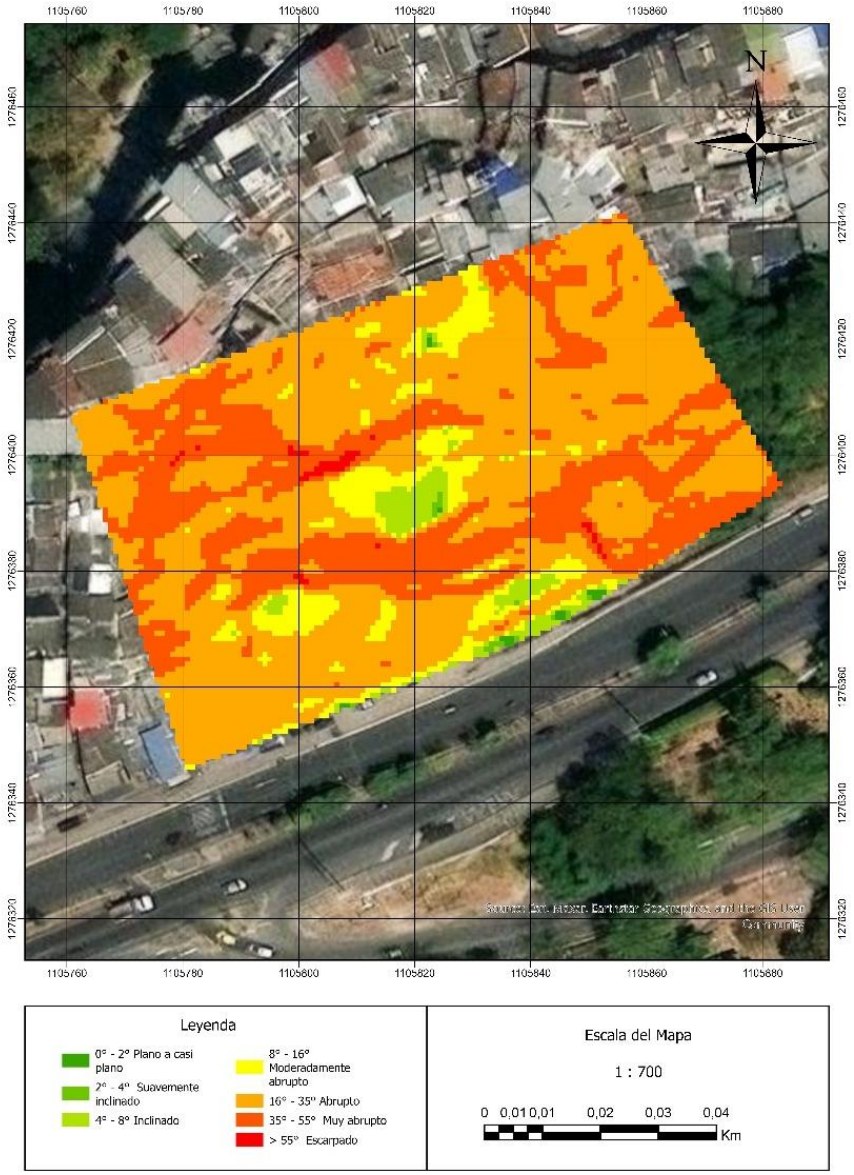


Ilustración 146 Mapa de Pendientes, sector África

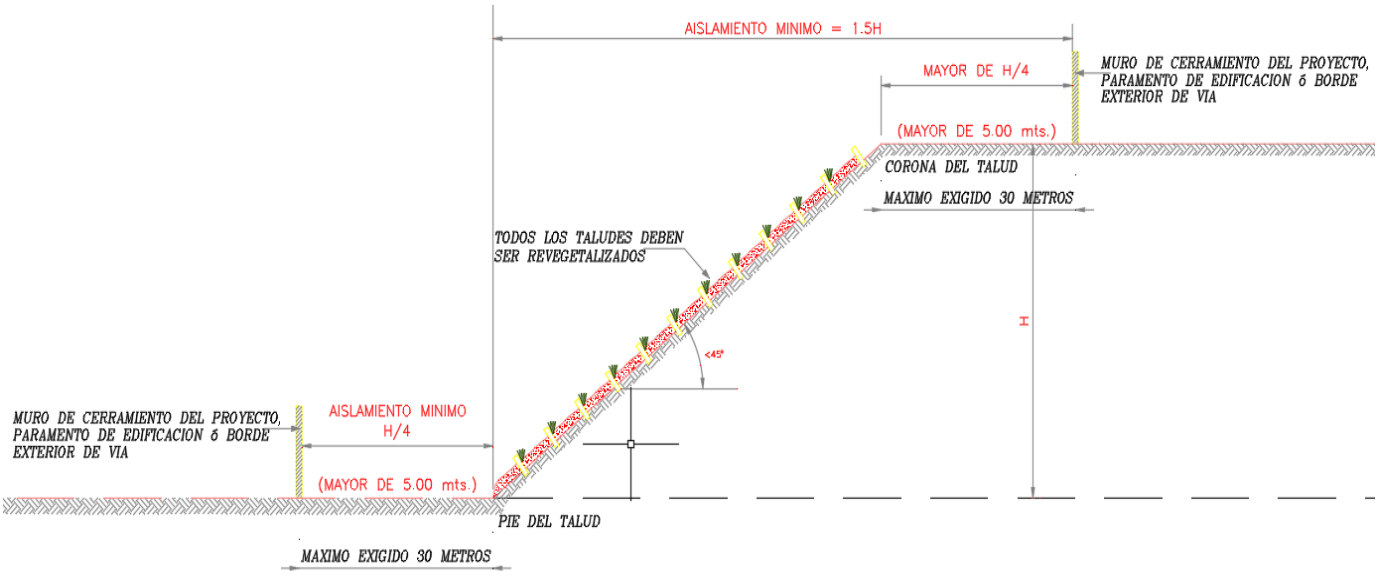
A continuación, se presentan las distancias mínimas de aislamiento en función de la pendiente, conforme a lo establecido en la Resolución 1294 de 2009 de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB):

Pendiente del terreno entre 30° y 45°:

- Aislamiento mínimo medido desde la corona del talud = H/4.
- En todos los casos el aislamiento de la corona del talud debe ser superior a 5 metros.

- El aislamiento en edificaciones localizadas arriba de la corona de un talud o ladera, no se exigirá en taludes de altura total inferior a 5 metros, si se construye un muro de contención en estructura rígida (concreto simple, ciclópeo o reforzado, o pantalla atirantada) con una altura igual o superior a la altura total del talud y la pendiente general del terreno abajo del pié y arriba de la cabeza del muro no es superior a 3%, en una longitud superior a 3 veces la altura del muro. A continuación, se muestra el esquema con las condiciones mencionadas previamente:

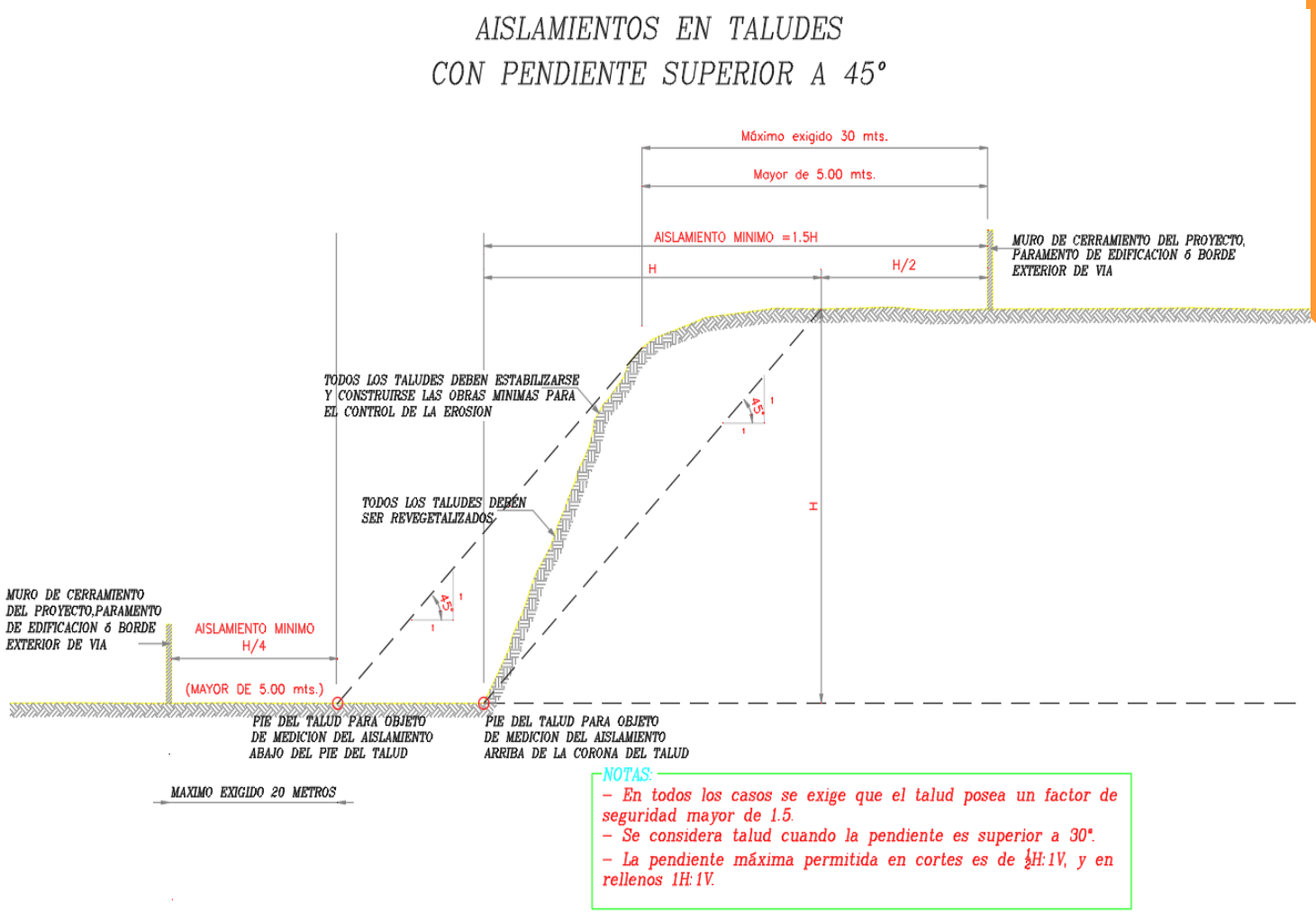
AISLAMIENTOS EN TALUDES
CON PENDIENTE INFERIOR A 45°



Pendiente del terreno mayor a 45°:

- Aislamiento mínimo medido desde el pié del talud = 1.5 H
- Donde: H = Altura del talud
- En todos los casos el aislamiento de la corona del talud debe ser superior a 5 metros.
- El aislamiento máximo exigido medido desde la corona del talud será de 30 metros a menos que los estudios de

- estabilidad de taludes exijan aislamientos mayores para garantizar los factores de seguridad superiores a 1.5.



Con base en lo expuesto anteriormente, es evidente que las viviendas no cumplen con las distancias mínimas de aislamiento establecidas para edificaciones ubicadas sobre la corona de los taludes mencionados anteriormente.

El análisis geotécnico desarrollado en el presente estudio, confirma amenaza alta por movimientos en masa tanto en condiciones estáticas como dinámicas.

Respecto a la vulnerabilidad de las viviendas, en el presente Estudio se muestra el análisis cualitativo del estado de las edificaciones o la presencia de patologías que pueden afectar la estabilidad de estas, que fueron objeto de una inspección visual dada su importancia para el barrio África del municipio de Bucaramanga - Santander.

Para el análisis realizado la tendencia registra un 94% para uso residencial, 1% para uso comercial y un 5% para diferentes usos diferentes a los anteriormente mencionados; el material principalmente empleado en la construcción de viviendas fue el concreto con un 43% y solo un 38% de mampostería de ladrillo o bloque, cuyo proceso constructivo predominante es la autoconstrucción con un 96% seguido de proyectos dirigidos por profesionales de la construcción con un 4% que se caracterizan por presentar mejores especificaciones técnicas.

Respecto a la ubicación de la edificación se identifica que el 87% de las edificaciones se encuentran construidas sobre cortes realizados a una ladera con pendientes mayores al 30°. Las estructuras se cimentan sobre suelos catalogados tipo C sin evidencia de deformaciones excesivas. Respecto a la altura de las edificaciones, el 26.2% corresponden a estructuras de un (1) nivel, 38.1% de estructuras de dos (2) niveles, 14.3% de estructuras de tres (3) y un 12% de las edificaciones constan con otros números de niveles.

Todas las estructuras tienen en común que fueron construidas antes de la vigencia del presente reglamento de construcción sismo resistente NSR-10 por tanto, varios de los requisitos estructurales no garantizan el desempeño sísmico deseado.

En los casos donde se encontró mampostería sin ningún tipo de confinamiento, a pesar del buen estado aparente de la edificación, estos muros al soportar grandes deformaciones se pueden generar fallas por aplastamiento o cortante, por esto la NSR-10 especifica los elementos de confinamiento pertinentes que permiten mayor capacidad de soporte tanto en cargas y desplazamientos para los muros de mampostería.

En referencia, a la vulnerabilidad estructural de edificaciones levantadas en los diferentes puntos, se observa que, en el barrio África en el municipio de Bucaramanga, se tiene 10 vivienda que presentan amenaza por fragilidad estructural alta, 32 con amenaza media y las 42 viviendas restantes presentan amenaza baja. Según la metodología del SGC, estas viviendas se encuentran ubicadas en la zona de exposición 2 ante un deslizamiento.

Para el barrio África se diligenciaron 84 formularios correspondientes a edificaciones, lo que permitió evaluar un total de 84 predios. Como resultado del análisis, se determinó que el 100 % de los predios presenta una condición de vulnerabilidad ALTA, sin registrarse edificaciones con vulnerabilidad media o baja. Con base en estos resultados, se concluye que la totalidad del área de estudio puede clasificarse como una zona crítica, con alto riesgo de ocurrencia de eventos de remoción en masa.

En la zona crítica del área de estudio correspondiente al barrio África, se identificaron viviendas, entre ellas la vivienda A-1 y la vivienda A-36, que presentan derrumbamiento parcial de sus estructuras como consecuencia de eventos de remoción en masa. Estos procesos están asociados a la inestabilidad de la ladera ubicada en la parte posterior de dichas viviendas, la cual ha generado afectaciones directas sobre las edificaciones. Estos antecedentes evidencian la alta vulnerabilidad por remoción en masa existente en el área de estudio

Adicionalmente, se debe considerar que aproximadamente el 96 % de las edificaciones ubicadas en el área de estudio fueron construidas mediante procesos de autoconstrucción. En muchas de estas edificaciones se evidencian deficiencias constructivas, tales como errores de diseño, ejecución inadecuada y el incumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por la normativa vigente. En este contexto, al combinar la condición de inestabilidad del terreno donde se emplazan las edificaciones con la baja calidad del sistema constructivo, se determina que la vulnerabilidad de las edificaciones frente a eventos de remoción en masa es ALTA, con posibilidad de COLAPSO.

Es importante mencionar que las viviendas que presentan colapso parcial o un nivel de riesgo alto frente a eventos de remoción en masa pueden generar un efecto en cadena, el cual podría inducir inestabilidad adicional en los suelos y en las edificaciones aledañas. Este fenómeno incrementa la

propagación del daño, ampliando el área afectada y agravando las condiciones de riesgo en el entorno inmediato

El alto riesgo de ocurrencia de eventos de remoción en masa afecta de manera directa la calidad de vida de los habitantes del área de estudio, quienes se encuentran expuestos de forma permanente a una condición de vulnerabilidad alta. Esta situación representa una amenaza significativa para la integridad física de la población, pudiendo ocasionar lesiones graves e incluso la pérdida de vidas humanas.

Como consecuencia del emplazamiento de las viviendas sobre la cara del talud, sin el cumplimiento de los aislamientos establecidos por la normativa vigente (Resolución 1294 de 2009-CDMB), se ha generado un escenario de confinamiento generalizado que limita cualquier posibilidad de intervención técnica directa global. Adicionalmente, se identifican sectores de la ladera que no presentan intervención antrópica puntual; sin embargo, la ocupación irregular del área condiciona de manera significativa el comportamiento geotécnico del talud y restringe las alternativas de mitigación.

Tal como se ha señalado previamente, tanto la vulnerabilidad de las viviendas existentes como el nivel de amenaza asociado a fenómenos de movimientos en masa son altas. En este contexto, para lograr una reducción efectiva del riesgo derivado de dichos fenómenos, resulta técnicamente necesario intervenir el talud con el fin de generar superficies estables. Dichas intervenciones deben estar respaldadas por modelamientos geotécnicos que evidencien factores de seguridad acordes con los parámetros exigidos por la normativa local (Resolución 1294 de 2009-CDMB) y las buenas prácticas de la ingeniería geotécnica. No obstante, la inexistencia de áreas disponibles para la ejecución de obras de mitigación, producto de la ocupación actual del terreno, hace inviable la implementación de este tipo de soluciones en las condiciones actuales.

En este contexto, se concluye que la única alternativa técnica viable consiste en la generación de una franja de seguridad paralela a la corona del talud, completamente libre de edificaciones, con exposición de material no meteorizado y con condiciones geotécnicas adecuadas para la implantación de una obra de estabilización de carácter general para el sector. La implementación de esta medida requiere,

de manera obligatoria, la supresión de las viviendas localizadas dentro de dicha franja, lo cual implica su desocupación inmediata, desmantelamiento y posterior retiro, sin que sea técnicamente admisible su permanencia o regularización.

Si bien esta medida conlleva impactos sociales relevantes, se establece que la protección de la vida, la integridad física de los habitantes y el interés general prevalecen sobre cualquier consideración particular. En consecuencia, la adopción de medidas de desocupación obligatoria resulta necesaria, proporcional y técnicamente justificada, en cumplimiento del deber de las autoridades de prevenir la materialización de desastres y reducir el riesgo existente.

Por lo anterior, se recomienda poner en conocimiento del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo la presente evaluación técnica, con el fin de que se adopten las decisiones administrativas correspondientes y se incorporen las acciones necesarias dentro de los planes y programas de inversión de las entidades competentes, orientadas a la ejecución de la desocupación y a la posterior intervención estructural del talud.

Finalmente, una vez ejecutada la intervención estructural propuesta y con base en la actualización de la información topográfica del sector, los insumos obtenidos en el presente estudio como lo son las investigaciones geofísicas, perforaciones, ensayos de laboratorio, análisis geológicos y geomorfológicos, caracterización de coberturas de suelo, estudios sísmicos, análisis hidrológicos, entre otro; proporcionarán las herramientas técnicas necesarias para realizar una modelamiento integral del talud y así diseñar una obra definitiva que permita mitigar de manera efectiva la amenaza geotécnica existente. Es necesario aclarar que en la parte posterior del sector de estudio existe una obra de mitigación construida la cual debe ser tenida en cuenta con el fin de evitar el encuentro en profundidad de la masa de suelo respecto a anclajes activos.

Es deber de las autoridades competentes ejercer un control urbano permanente y efectivo, a fin de prevenir y evitar que las personas continúen realizando construcciones en zonas clasificadas como de alto riesgo en el barrio Africa, salvaguardando así la integridad de la población y el ordenamiento territorial.

Resulta necesario efectuar visitas periódicas de inspección en el área, con el propósito de identificar oportunamente cualquier intervención, modificación o alteración del talud que pueda incrementar las condiciones de riesgo existentes.

Lo anterior resulta de especial gravedad y urgencia, toda vez que las condiciones de riesgo se incrementan de manera acelerada y sostenida en el tiempo como consecuencia directa de intervenciones antrópicas ilegales y no planificadas, adelantadas por urbanizadores sin licencia y por personas que presuntamente ostentan derechos sobre los predios, quienes ejecutan obras y modificaciones del terreno sin autorización alguna y en abierta contravención de la normatividad urbanística, ambiental y de gestión del riesgo vigente, situación que se ve agravada por la ausencia, insuficiencia o ineficacia de acciones oportunas de control urbano, vigilancia y sanción por parte de las autoridades competentes, generando una amenaza creciente para la seguridad de las personas, los bienes y el entorno. Es necesario mencionar las autoridades competentes en materia de vigilancia y control urbano para que les sea remitido el presente estudio y tomen las medidas necesarias para evitar el deterioro de la masa de suelo y frenar las construcciones ilegales en el sector:

- Inspecciones de Policía o Inspectores Urbanísticos:

Son las autoridades directamente responsables del ejercicio del control urbano en el ámbito municipal. Les corresponde verificar que las obras de urbanización y construcción cuenten con la respectiva licencia urbanística y se ajusten a la normatividad vigente, así como ordenar la suspensión inmediata de las obras irregulares, disponer el sellamiento de las mismas, imponer las sanciones pecuniarias y adoptar las demás medidas correctivas a que haya lugar, de conformidad con la Ley 1801 de 2016 y las normas urbanísticas aplicables.

- Secretaría de Planeación Municipal o Distrital:

Ejerce funciones de vigilancia y seguimiento al cumplimiento del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), las normas urbanísticas y los usos del suelo. Asimismo, emite conceptos técnicos y remite a las inspecciones de policía los casos en los que se evidencien construcciones ilegales o contrarias a la normatividad urbanística.

- Curadurías Urbanas (cuando existan):

Si bien no ejercen funciones de inspección, vigilancia o control, cumplen un rol técnico relevante en la medida en que expiden las licencias urbanísticas y certifican la inexistencia de las mismas, información que constituye insumo fundamental para el adelantamiento de las actuaciones administrativas de control urbano.

- Alcalde Municipal:

En su condición de máxima autoridad de policía en el municipio, tiene la responsabilidad constitucional y legal de garantizar el ejercicio efectivo del control urbano, pudiendo impartir directrices, coordinar actuaciones y adoptar las medidas necesarias para asegurar el cumplimiento de la normatividad urbanística y de policía.

- Autoridades en zonas de amenaza o riesgo:

Cuando las construcciones ilegales se desarrollan en zonas clasificadas como de amenaza o riesgo, también son responsables el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres y las dependencias encargadas de la gestión del riesgo, en los términos establecidos en la Ley 1523 de 2012.

En atención a lo expuesto, se establece que la ejecución de cualquier actuación urbanística en los predios señalados estará condicionada a la realización previa de estudios geotécnicos especializados que permitan caracterizar el terreno, identificar amenazas y evaluar la estabilidad del mismo. Asimismo, será requisito indispensable la implementación de obras de estabilización y manejo del terreno dirigidas a la reducción del riesgo y a la conservación o mejora de las condiciones de estabilidad antes de cualquier intervención. Todas las actuaciones deberán contar con la autorización expresa de la curaduría urbana competente, la cual certificará el estricto cumplimiento de la normatividad urbanística, ambiental y de gestión del riesgo vigente.

A nivel general, se evidencia que en la construcción de las viviendas del sector no se consideraron ni aplicaron los criterios técnicos fundamentales exigidos para obras seguras y conformes con la normatividad vigente. En particular, se identificó el incumplimiento del Reglamento Colombiano de

Construcción Sismo Resistente – NSR-10, especialmente en lo relacionado con los diseños y aspectos estructurales de las edificaciones. Adicionalmente, la normativa geotécnica local establece que los sectores clasificados como geológicamente relativamente inestables requieren, de manera previa al desarrollo de cualquier obra, la ejecución de estudios e intervenciones orientadas a garantizar la estabilidad del terreno, o la imposición de condicionantes específicos para su manejo adecuado, con el objetivo de conservar o mejorar las condiciones naturales de estabilidad del mismo. En el presente caso, se constata que no se realizó ningún estudio geotécnico previo, evidenciando un incumplimiento grave de los estándares técnicos y normativos aplicables.

En atención a lo anterior, se concluye que no se cumplió de manera integral con los lineamientos establecidos tanto en la normativa urbanística local como en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, el cual establece los requisitos mínimos en materia de diseño estructural, selección de materiales, procesos constructivos, supervisión técnica, medidas de protección contra incendios y otros, orientados a garantizar un comportamiento adecuado de las edificaciones frente a eventos sísmicos, proteger la vida humana y reducir posibles daños.

Adicionalmente, desde el enfoque geotécnico, se evidencia que las construcciones se realizaron sin la ejecución previa de estudios de suelos, caracterización geotécnica ni evaluación de estabilidad de taludes o asentamientos, incumpliendo los criterios mínimos exigidos para intervenir predios clasificados como geológicamente inestables o con condiciones de riesgo. La ausencia de estos estudios y de las obras de estabilización correspondientes compromete la seguridad estructural de las edificaciones y aumenta la vulnerabilidad de los ocupantes. Dicho cumplimiento geotécnico es obligatorio en concordancia con la Ley 400 de 1997 y la normatividad aplicable en materia de gestión del riesgo y urbanismo.

Los estudios previos realizados por la CDMB y otras entidades competentes han evidenciado que ciertas áreas dentro del territorio bajo su influencia presentan condiciones geológicas, geotécnicas y morfológicas que no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. En consecuencia, cualquier edificación u obra de infraestructura localizada en estas zonas estaría expuesta a un alto riesgo de afectación severa derivada de procesos de inestabilidad del terreno,

constituyendo una amenaza para la vida, la integridad física de los habitantes y la seguridad de los bienes públicos y privados.

Adicionalmente, los responsables de la ejecución de los proyectos deberán diseñar, implementar y mantener obras y medidas de mitigación frente a las amenazas identificadas, garantizando que todas las intervenciones cumplan con los criterios de seguridad estructural, estabilidad geotécnica del terreno y protección ambiental. Estas actuaciones deberán ajustarse estrictamente a los estándares establecidos en la normativa colombiana vigente, incluyendo la NSR-10, las normas locales de gestión del riesgo y urbanismo, y contar obligatoriamente con los permisos de intervención emitidos por la curaduría urbana competente.

De lo anterior se deriva la obligación de dar estricto cumplimiento a la Resolución 1294 de 2009, para futuros proyectos de desarrollo en el sector. Dicha resolución adopta el Manual de Normas Técnicas para el Control de Erosión y establece los lineamientos para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos en el área de jurisdicción de la CDMB, asegurando así la correcta planificación, mitigación de riesgos y conservación del territorio.

En consecuencia, y considerando de manera conjunta las conclusiones previamente expuestas, se considera necesaria de igual forma la ejecución de obras de estabilización y contención en los focos erosivos “expuestos” dentro de la zona de estudio, con el fin de mitigar los escenarios de remoción en masa, para reducir la vulnerabilidad y riesgo por colapso estructural y minimizar los impactos sobre las viviendas y la población en su área de influencia.

Se identificó un foco que puede ser intervenido con una obra geotécnica, la cual se describe en el capítulo 14 denominado “MEDIDAS GEOTÉCNICAS DE MITIGACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL FOCO EROSIVO IDENTIFICADO” en el presente estudio, a continuación se indican las medidas para eliminar la amenaza y garantizar la estabilidad “puntual” que en el caso de que se llegasen a presentar condiciones de lluvias fuertes acompañadas de un evento sísmico el talud intervenido permanezca estable debido a que en la ecuación de estabilidad las fuerzas resistentes sean superiores a las fuerzas actuantes en el mismo.

Se advierte que la obra planteada para el foco erosivo identificado en el presente estudio se diseñó sobre las condiciones actuales en cada uno de los sectores (Topografía, cortes, rellenos e intervención antrópica).

Las obras Geotécnicas propuestas para mitigar la amenaza ante movimientos en masa en el sector estudiado son:

- Desmonte y Limpieza
- Retiro de Basuras y escombros del talud
- Perfilado a mano descolgado de talud
- Excavación en material granular
- Excavación en roca
- Excavación a mano con acarreo libre descolgado para zapata
- Distribución y conformación de material de corte insitu,
- Ejecución de perforaciones horizontales para anclajes activos
- Instalación de anclajes, Jacket de respaldo para revestimiento de perforación horizontal en anclajes.
- Instalación de acero para zapatas
- Instalación de malla electrosoldada,
- Llenado de inyección con lechada cementicia para anclajes
- Colocación de concreto para zapatas
- Concreto lanzado
- Instalación de platina, popora y cuña para anclajes
- Tensionamiento de los anclajes previamente instalados
- Construcción de canaletas perimetrales
- Instalación del sistema de abatimiento para líneas hidráulicas de infiltración interna y protección del trasdós de la estructura estabilizadora

Se recomienda implementar un sistema adecuado de manejo y conducción de las aguas superficiales provenientes tanto de las vías del sector como de las cubiertas de las viviendas, mediante la construcción de canales colectores de aguas lluvias debidamente diseñados. Dichos sistemas deberán permitir la evacuación controlada de los caudales generados durante eventos de precipitación, con el fin de evitar procesos de infiltración, saturación y dispersión de la matriz de los materiales blandos presentes en el talud, los cuales pueden afectar de manera directa su estabilidad y favorecer la ocurrencia de movimientos en masa.

Adicionalmente, se considera fundamental adelantar procesos de información y sensibilización dirigidos a la comunidad en general, orientados a resaltar la importancia de no arrojar residuos sólidos, escombros ni materiales de desecho sobre los escarpes y áreas de ladera. La acumulación de basuras en estos sectores propicia la retención de humedad, obstruye los drenajes naturales y artificiales, y contribuye al deterioro de las condiciones geotécnicas del terreno, incrementando así el nivel de inestabilidad.

De igual manera, se hace énfasis en la necesidad de dar estricto cumplimiento a la normativa vigente relacionada con el manejo del riesgo, el ordenamiento territorial y la ocupación del suelo. En este marco, se deberán formular, actualizar y socializar planes de acción y respuesta ante emergencias, particularmente frente a la eventual ocurrencia de sismos, los cuales deberán contemplar procedimientos claros, rutas de evacuación, responsabilidades institucionales y mecanismos de comunicación, con el objetivo de reducir la exposición de la población y fortalecer la capacidad de respuesta ante escenarios de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Barbat , Y. Vargas , L. Pujades y J. Hurtado , «Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras en base en la degradación de rigidez,» ELSEVIER, Barcelona, 2015.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIRÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR-10. Bogóta, AIS, 2010.

A. T. Council, «ATC-40 Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings,» California, 1996.

BLOOM, A. Geomorphology: A systematic analysis of Late Cenozoic landforms. Waveland Pr Inc, Third edition, 482 p. 2004.

BONACHEA, JAIME Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos, PhD, tesis. 2006.

BOWLES, Joseph E. Foundation Analysis and Design. Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company. Singapore, 1988.

BUENO y SOLARTE, Geología, geotecnia y comportamiento erosivo de las áreas de reserva forestal de Bucaramanga. Proyecto de grado (inédito). UIS, Escuela de Geología. Bucaramanga, Santander. Vol. 1, 140 Págs. 1994.

CARREÑO, M.L., CARDONA, O.D., Y BARBAT, A.H. Metodología para evaluación del desempeño de la gestión del riesgo. Monografías de Ingeniería Sísmica. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE, Barcelona. 2004

CASTRO, E., VALENCIA, A., OJEDA, J., MUÑOZ, F. Y FONCESA, S. Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, Guía metodológica, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia. 2001

CEDIEL, F. El Grupo Girón una molasa mesozoica de la Cordillera Oriental: Servicio Geológico Nacional (Colombia), Bol, Geológico, v. XVI, p. 5-96. 1968.

CHOW, V., T., MAYS, L., W., MAIDMENT, D., R., “Hidrología Aplicada”, McGraw-Hill, Santafé de Bogotá. 1994.

Decreto 1523 de 24 de abril 2012 por el cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

DE PORTA, J., La terraza de Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander (Colombia), Bol de Geología, N°3, p. 3-13. 1959.

DELGADO VARGAS, Manuel. Ingeniería de Fundaciones. Primera Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1996.

Departamento Nacional de Estadística (DANE), Censo general 2018, disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018

DIEDERIX, H., TORRES, E., HERNÁNDEZ, C. Y BOTERO, P. Modelo de evolución morfotectónica cuaternaria basado en evidencias estructurales, neotectónicas, y paleosismológicas de los principales sistemas de falla en la región de Bucaramanga. INGEOMINAS, 84 p. 2008

ETAYO,. ET AL., Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Publicaciones geológicas especiales INGEOMINAS, (14-I): 235 p. 1983.

FELL, R. Landslide risk assessment and acceptable risk. Canadian Geotechnical Journal 31, 261–272. 1994

GLADE, T.,. Vulnerability assessment in landslide risk analysis. Die Erde 134, 121- 138. 2003

GOMEZ, I. MALDONADO, E. CHIO, G. "Simulación de funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de hormigón armado en sistema pórtico". 2008.

GONZALEZ DE VALLEJO, Luis et al. Ingeniería Geológica. Madrid. PEARSON Prentice Hall, 744 p. 2002

Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. 2015.

HERMELÍN, M. Bases de Geología Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1987.

INGEOMINAS, Microzonificación Sísmica del Área Metropolitana de Bucaramanga. Fase I. Bucaramanga. (Hoy Servicio Geológico Colombiano). 1997.

INGEOMINAS. Geología del departamento de Santander. (Hoy Servicio Geológico Colombiano) 1999.

INGEOMINAS. Zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga. (Hoy Servicio Geológico Colombiano) 2001.

INGEOMINAS. Mapa geológico de Colombia. Escala 1:1'000.000. Bogotá. (Hoy Servicio Geológico Colombiano). 2007.

INGEOMINAS. Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. (Hoy Servicio Geológico Colombiano). 2009.

JIMÉNEZ, G., SPERANZA, F., FACCENA, C., BAYONA, G. Y MORA, A. Magnetic stratigraphy of the Bucaramanga alluvial Fan: Evidence for a < 3mm/yr slip rate for the Bucaramanga-Santa Marta Fault, Colombia. Journal of South American Sciences, In Press. 2014.

JUAREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de suelos Tomo II. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. Editorial Limusa. México, 1991.

JULIVERT, M. Morfoestructura de la Zona de la Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia S.A.). p. 9-41. 1958.

LANGENHEIM, R. L., JR. Preliminary report on the stratigraphy of Giron formation in Santander and Boyacá: Inst. Geol. Nal. (Colombia), Informe 1011, 20 p. 1954.

LEONE, F., ASTE, J.P., LEROI, E., Vulnerability assessment of elements exposed to mass-moving: working toward a better risk perception. In: Senneset, K. (Ed.), Landslides. Balkema, Rotterdam, pp. 263– 269. 1996

L. G. Pujades, Y. F. Vargas Alzate , A. H. Barbat y J. R. Gonzáles Drigo , «Parametric model for capacity curves,» Springer , 2014.

K. Poljanšek y P. Fajfar, «A NEW DAMAGE MODEL FOR THE SEISMIC DAMAGE ASSESSMENT OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURES,» de The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 2008.

MACCAFERRI, Página web principal. Canalización. http://www.maccaferri-arg.com.ar/soluciones/soluciones-hidraulicas/canalizacion-retangular-y-trapezodial/16198-2.html. 2014.

MESCHEDE, M. Y FRISCH, W. A plate-tectonic model for the Mesozoicand Early Cenozoic history of the Caribbean plate. Tectonophysic 296, p. 269-291. 1998.

Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. p. 92.

Ministerio de Minas y Energía, Servicio Geológico Colombiano SGC, Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa,182 páginas. 2015

Monsalve, G.,"Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C. 1999.

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR-10. 2010.

NORMAS GEOTECNICA para el control y para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos en el área de jurisdicción de la CDMB, Litografía Editar Impresores 2009.

NTC 3692 – MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL NÚMERO DE REBOTE DEL CONCRETO ENDURECIDO

NTC 5551 – DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

NORMA ACI 228.2R - SCANNER PRUEBA DE DETECCIÓN DE REFUERZOS Y RECUBRIMIENTOS EN CONCRETO.

PECK, Ralph, HANSON, Walter E. THORNBURN, Thomas H. Ingeniería de cimentaciones. Talleres de imprenta técnica de Azafrán. México, Enero de 1982.

PMA: GCA. Formato para el inventario de Movimientos en Masa, Versión 1.1. Proyecto Multinacional Andino. 2005.

R. Aguilar, «Daño sísmico global en edificios con muros de cortante,» Monografías de ingeniería sísmica, 1997.

RISK-UE, «An advanced approach to earthquake risk scenarios, with applications to different European cities,» 2001-2004.

ROYERO J. & CLAVIJO J. Mapa geológico generalizado. Departamento de Santander. Escala 1:400.000 Memoria explicativa. Instituto de Investigación e información geo científica, 2001.

Servicio Geológico Colombiano (SGC), Documento Metodológico De la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100.000. Versión No 2. 2013.

Servicio Geológico Colombiano (SGC), Guía metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa. Bogóta, SGC, 2017

Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), Coberturas de la tierra. Concepto. https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=471&conID=1447. 2014.

SUÁREZ, JAIME. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Publicaciones UIS. 1998.

SUAREZ, JAIME. Deslizamientos, Análisis geotécnico, Volumen 1. División de Publicaciones UIS, Bucaramanga, 588 pag. 2009.

SUAREZ, JAIME Deslizamientos, Técnicas de remediación, Volumen 2. División de Publicaciones UIS, Bucaramanga, 417 pag. 2009.

T. Yin, H.-f. Lam y H.-p. Zhu, «Statistical detection of structural damage based on model reduction,» Shanghai University and Springer-Verlag, 2009.

Verstappen, H. & Van Zuidan, R. 1975. ITC System of Geomorphological Survey. ITC, Amsterdan, 52 p.

TERZAGHI, Karl; PECK Ralph B. Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica. Segunda edición. Cuarta reimpresión. Editorial El Ateneo S.A. España, 1980.

U. S. ARMY CORPS ENGINEERS. "Hydrologic Modeling System HEC-HMS" Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, Massachuusetts. 2000.

VARGAS, R., M. DÍAZ-GRANADOS. "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia," XIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Cali. 1998

Vulnerabilidad (2004), Oficina de las Naciones Unidas para la prevención y atención de desastres, Disponible en: http://www.unisdr.org/2004/campaign/booklet-spa/page8-spa.pdf.

WARD, D. Y GOLDSMITH, R. Geología de los cuadrangulos H-12: Bucaramanga y H-13: Pamplona, Departamento de Santander. Memoria explicativa. Boletín geológico, Vol. XXI, N°1-3, p. 1-131. 1973.

WARD, D.E. et al. Mapa Geológico de la Plancha 109 Rionegro. INGEOMINAS, 1977. Versión Digital 2010.

Y. F. Vargas Alzate, «Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño.,» Barcelona, 2013.

Y. F. Vargas, L. G. Pujades, A. H. Barbat y J. E. Hurtado, «Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado,» Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería ELSEVIER, pp. 63-78, 2013.

Y. M. R. Ángeles, «Comparación entre el análisis determinista y probabilista del riesgo sísmico de estructuras,» Barcelona, 2013.

Y.-J. P. a. A. H.-S. Ang, «Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete,» ASCE, 1985.

ZAFIRI, Z., HAVSOK, J. Y HANYGA. An insight into the Bucaramanga nest. Tectonophysics 443, p. 93-105. 2007