

PROCESO DE REVISIÓN ORDINARIA DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL - POT



MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

Elaboración de los estudios técnicos y productos previstos en el marco jurídico vigente dentro del proceso de estudio para la revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio San José de Cúcuta

ETAPA DIAGNÓSTICO

Producto 2.1
Documento de Diagnóstico

I. DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE GENERAL

I-A - Estructura Biofísica - Gestión del Riesgo Urbano

Diciembre 22 de 2017



**UNIÓN TEMPORAL
PLANEANDO CÚCUTA**



ALCALDÍA DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA







ELABORACIÓN ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL

EQUIPO CONSULTORÍA

AGRADECIMIENTOS







CONTENIDO

A. ESTRUCTURA BIOFISICA	18
1 GESTION DEL RIESGO.....	18
1.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO (área urbana y expansión urbana)	19
1.1.1 AMENAZAS POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.....	19
1.1.1.1 Metodología	19
1.1.1.2 MARCO GEOLOGICO GENERAL.....	23
1.1.1.3 GEOLOGÍA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA	30
1.1.1.4 Exploracion geotecnica	112
1.1.1.5 Exploración geotécnica puntual	147
1.1.1.6 GEOMORFOLOGÍA URBANA	156
1.1.1.7 Susceptibilidad y factores detonantes	221
1.1.1.8 Metodologías existentes	221
1.1.1.9 Caracterización y evaluación de la amenaza por movimientos en masa.....	223
1.1.1.10 Análisis estadístico discriminante	234
1.1.1.11 Análisis bivariado (valor de información).....	238
1.1.1.12 Zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa	241
1.1.1.13 Zonificación de la amenaza por movimientos en masa	245
1.1.1.14 Categorización de la amenaza.....	250
1.1.2 Amenaza por inundación.....	254
1.1.2.1 Metodología susceptibilidad a inundaciones.....	254
1.1.2.2 Análisis de la zonificación de la susceptibilidad a inundaciones.....	256
1.1.2.3 Metodología amenaza por inundaciones.....	257





1.1.2.4	Estudios hidrológicos e hidráulicos en el área urbana de Cúcuta.....	258
1.1.2.5	Localización de inundaciones históricas.....	261
1.1.2.6	Análisis y validación de la zonificación a inundaciones.....	262
1.2	CONDICION DE AMENAZA.....	265
1.3	CONDICIÓN DE RIESGO.....	268
1.3.1	Análisis de los elementos expuestos	269
1.3.1.1	Zona del cerro san luis.....	269
1.3.1.2	Zona del rio pamplonita.	271
1.3.1.3	Zona del cerro atalaya.....	271
1.3.1.4	Zona occidental del aeropuerto.....	271
1.3.1.5	Zona del cerro jesús nazareno.	271
1.3.1.6	Zona del barrio doña nidia.	271
1.3.1.7	Zona sur.....	272
1.3.1.8	Suelos expuestos a amenazas	272
1.3.1.9	Riesgo tecnológico	274
1.3.2	Cambio climático en la gestión del riesgo	283
1.3.2.1	Colombia y su compromiso con el cambio climático	284
1.3.2.2	Situación actual del municipio de Cúcuta frente al cambio climático	290





LISTADO DE MAPAS

Mapa 1: Unidades de Geología para Ingeniería en el área urbana del Municipio de Cúcuta.....	35
Mapa 2. Mapa de rasgos estructurales presentes en el área urbana del municipio de San José de Cúcuta...	97
Mapa 3 Mapa de Elementos Geomorfológicos para el área urbana del Municipio de Cúcuta	171
Mapa 4. Inventario de procesos morfodinámicos históricos y activos para el área urbana del Municipio de Cúcuta.....	226
Mapa 5. Variable UGI para el casco urbano de Cúcuta.....	227
Mapa 6. Variable GEOF para el casco urbano del Municipio de Cúcuta	227
Mapa 7. Variable COBERT para el casco urbano del Municipio de Cúcuta	228
Mapa 8. Susceptibilidad a inundaciones del casco urbano del Municipio de Cúcuta	256
Mapa 9. Eventos históricos de inundaciones.....	262
Mapa 10. Amenaza por inundaciones para el casco urbano del Municipio de Cúcuta.....	264
Mapa 11. Mapa de condición de amenaza para el área urbana del municipio de San José de Cúcuta.....	266
Mapa 12. Mapa de áreas en condición de riesgo. Los elementos expuestos a riesgo se concentran en los sectores sur y oeste de la ciudad. En menor proporción se encuentra afectado el norte y es este del área urbana del municipio. Los barrios afectados aparecen mencionados en el mapa.	270
Mapa 13: Mapa de eventos tecnológicos por manejo de hidrocarburos. Según la Autoridad Nacional de Licencias ambientales ANLA. Norte de Santander del 2008 al 2013 presentó de 300 a 499 eventos. .	282





LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Metodología de trabajo para la exploración geológica	19
Gráfica 2 Estaciones urbanas de exploración.....	22
Gráfica 3. Localización tectónica del municipio de San José de Cúcuta.	23
Gráfica 4. Localización geológica del municipio de San José de Cúcuta	24
Gráfica 5. Metodología para la clasificación de las UGI	31
Gráfica 6. Perfil tipo de meteorización para la Formación Carbonera	36
Gráfica 7. Clasificación de la roca según la resistencia	37
Gráfica 8: Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera en la zona de expansión urbana.....	38
Gráfica 9 Perfil tipo de meteorización para los niveles de intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo	39
Gráfica 10 Clasificación de la roca según la resistencia intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo	40
Gráfica 11 Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo en la zona de San Luis. Coordenadas: N: 1.365.339,73, E: 846.689. Ubicación: Barrio Santa Clara del Cerro San Luis. Afloramiento de 4 metros de alto y 20 metros de ancho.....	41
Gráfica 12 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona de San Luis.....	42
Gráfica 13: Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo en el barrio Los Alpes. Coordenadas: N: 7.895695, W: 72.516648, Z: 396 m.s.n.m. Ubicación: Barrio los Alpes	43
Gráfica 14 Perfil Unidades de Geología para Ingeniería Zona Cerro de La Cruz.....	44
Gráfica 15 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo en la zona 6. . Coordenadas: E 838.399, N 1'367.707, Z: 362 m.s.n.m. Ubicación: Subiendo al Cerro Jesús Nazareno, margen izquierdo de la vía Barrio el Progreso.....	45
Gráfica 16 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Cerro del Nazareno.....	46
Gráfica 17 Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo Barrio Santander.. Coordenadas: X: 841.125, Y: 1.362. 418. Ubicación: Barrió Santander	47
Gráfica 18 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona del Barrio de Santander.....	48
Gráfica 19 Roca intermedia de intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo. Coordenadas: E 841.096 m, N 1'361.772 m	49
Gráfica 20 Perfil tipo de meteorización de areniscas friables del Grupo Guayabo.....	50
Gráfica 21. Clasificación de la roca según la resistencia de las areniscas friables del Grupo Guayabo.	51
Gráfica 22: Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo (Riag). Coordenadas: N: 1.365.601, 58, E: 846.822. Ubicación: Barrio Caño Fistulo del Cerro San Luis. El afloramiento tiene una altura de 5 metros y un ancho de 60 metros.....	52
Gráfica 23 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona del Cerro de San Luis.	53
Gráfica 24. Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo. . Coordenadas: N: 7.90380, W: 72.51064, Z: 350 m.s.n.m. Ubicación: Avenida de la X, Barrio los Alpes	54
Gráfica 25 Perfil Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Carora.....	55
Gráfica 26 Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo Barrio Santo Domingo. . Coordenadas: X 842.987, Y: 1.362.577. Ubicación: Centro de Cúcuta en el pórtico, Barrio Santo Domingo.....	56





Gráfica 27 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrios San Rafael y Santo Domingo	57
Gráfica 28 Perfil tipo de meteorización para lodolitas del Grupo Guayabo	58
Gráfica 29. Clasificación de la roca según la resistencia lodolitas del Grupo Guayabo	59
Gráfica 30 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo en la Zona Barrio Bellavista. . Coordenadas: N: 1.363.090, 202, E: 845.517. Ubicación: Barrio Bellavista del Cerro San Luis.....	60
Gráfica 31 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona Barrio Bellavista	61
Gráfica 32 Roca blanda de lodolitas del Grupo Guayabo para la zona del Cerro de Atalaya. Coordenadas: N: 7.91118, W: -72.50717, Z: 365 m.s.n.m. Ubicación: parte superior del cerro Atalaya. Zona de transición entre la Grupo Guayabo –León.....	63
Gráfica 33 Perfil Unidades de Geología para Ingeniería zona Cerro de Atalaya.....	63
Gráfica 34 Roca blanda donde predominan lodolitas del Grupo Guayabo zona Barrio Belén. . Coordenadas: X: 839.824, Y: 1.362. 103, 198. Ubicación: Barrio Belén.	64
Gráfica 35 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Belén.....	65
Gráfica 36 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo en la zona de expansión urbana, Asentamiento El Talento. Coordenadas: E 837.556 m, N 1.366.794 m. Derecha Coordenadas: E 837.595 m, N 1.366.413: Intercalación de Lodolitas abigarradas y pardo, con capas delgadas de Areniscas color pardo de grano fino, buzando al Sur Oeste con un ángulo de 13°.	66
Gráfica 37 . Perfil tipo de meteorización para rocas muy blandas lodolitas de la Formación León	67
Gráfica 38. Clasificación de la roca según la resistencia para rocas muy blandas lodolitas de la Formación león	68
Gráfica 39 . Roca muy blanda de la Formación León para la zona Barrio Morelli. Coordenadas: N: 1.362.485, E: 845.076. Ubicación: Barrio Morelli.....	69
Gráfica 40 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona Barrio Morelli.....	70
Gráfica 41 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León en la terraza de Atalaya. . Coordenadas: N: 7.90998, W: 72.50700, Z: 385 m.s.n.m. Ubicación: Cancha El Chulo. Lodolitas de la Formación León. 71	71
Gráfica 42 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería en la Terraza de Atalaya	72
Gráfica 43 Roca muy blanda lodolitas de la Formación León Zona Barrio Antonia Santos. Imagen tomada en las coordenadas E 838,953.330 m N 1, 367,300.156 m.	73
Gráfica 44 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Antonia Santos	74
Gráfica 45 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León Barrio Divina Pastora. Coordenadas: X: 839.220, Y: 1.363.292,43. Ubicación: Cancha del Barrio Divina Pastora.	75
Gráfica 46 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Divina Pastora	76
Gráfica 47 Roca muy blanda de lodolitas de León para la zona de expansión urbana. A. Coordenadas: E 841.349 m, N 1.371.478 m. B: E 840.592 m, N 1.371.994 m	76
Gráfica 48. Roca muy blanda de lodolitas de León.. Coordenadas: E 837.633,352 m-N 1.362.065,864 m.....	77
Gráfica 49 . Suelo transportado de terraza baja en el Río Táchira. N: 1.365.008,132. E: 847.488,431 Ubicación: Barrio la Carolina.....	79
Gráfica 50 Zona Rio Pamplonita Puente La Gazapa. Coordenadas, E 845.191 m, N 1'366.703 m.....	80
Gráfica 51 Suelo transportado aluvial de terraza media. Zona Centro. Coordenadas: N: 1.366.557, 032, E: 846.292. Ubicación: Centro de Cúcuta sobre la trinchera de la Av. 0, afloramiento de aproximadamente dos metros y medio (2.5) de altura	81
Gráfica 52 Suelo Transportado de terraza media. Barrio El Resumen.....	82





Gráfica 53 Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas (Stata1) . . Coordenadas: N: 1.366. 557, E: 846.292. Ubicación: Cerro San Luis, sobre la carretera que comunica a Cúcuta con Ureña.	83
Gráfica 54 Suelo transportado de terraza aluvial en el Barrio Carlos Ramírez Paris. Coordenadas: N: 7.89605, W: 72.5277, Z: 346 m.s.n.m. Ubicación: Calle 0A con Av. 7 parte trasera de una casa, Barrio Carlos Ramírez.	84
Gráfica 55. Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con Cantos (Stata2)	85
Gráfica 56 Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con Cantos (Stata2)	85
Gráfica 57 Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con cantos. Zona Urbanización Arrayanes...	86
Gráfica 58 Suelo transportado de cauce aluvial Puente Internacional Francisco de Paula Santander. N: 1.367,605 E: 847,062 Ubicación: Urbanización la Quinta, sobre el puente internacional Francisco de Paula Santander.	87
Gráfica 59 Depósitos de Cauce Aluvial. Rio Pamplonita	88
Gráfica 60 Depósito de ladera ubicado en el Barrio Tucunaré . Coordenadas: N: 7.918718, W: 72.53806, Z: 310 m.s.n.m. Ubicación: Vista desde el Cerro Jesús Nazareno.	89
Gráfica 61 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería. Zona Barrio Tucunaré.....	90
Gráfica 62: Suelo transportado de depósito de ladera en la zona Cerro Jesús Nazareno. Coordenadas: X: 839.056, Y: 1.367.477, Z: 322 m.s.n.m. Ubicación: Parte baja del Cerro Jesús Nazareno.	91
Gráfica 63 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona 6	91
Gráfica 64. Suelo Transportado De Depósito De Ladera en la zona 8. . Coordenadas, E 838.018,867 m-N 1.366.444,643 m	92
Gráfica 65 Suelo transportado aluvial de terraza aluvial alta de limos. (Stla) . Coordenadas: N: 365.691,544, E: 846.646. Ubicación: Cerro San Luis. Afloramiento de aproximadamente 3 metros de alto, compuesto por depósitos de material fino, color pardo, altamente meteorizados.....	93
Gráfica 66 Lleno antrópico al noroeste de la urbanización Los Arrayanes. E 837.053 m, N 1'364.934 m... 94	94
Gráfica 67 Viviendas ubicadas en la parte media y baja de una ladera muy abrupta cubierta por un lleno antrópico compuesto por escombros y basura arrojados por la comunidad en el barrio La Divina Pastora, donde se evidencian bloques de arenisca pertenecientes a las capas que infrayacen al depósito antrópico. (20/09/2017, E 839.698,992 m-N1.362.957, 335 m, WPT 201, orientación S66E).....	95
Gráfica 68 Lleno del antiguo cauce de la quebrada La Cañada con material antrópico. E 839.318 m, N 1'366.041 m, WTP_0000287.	96
Gráfica 69. Imagen panorámica de las Fallas Tasajero, Tasajero Norte y Antonia Santos.. Coordenadas N: 1364480, E: 839440.....	98
Gráfica 70. Panorámica del Cerro de Atalaya, donde se observa la Falla Atalaya. Coordenadas N: 1362494.374, E: 841073.9131.....	99
Gráfica 71. Modelo estructural de la Falla de Cúcuta y Aguascalientes.	99
Gráfica 72. Panorámica hacia Villa del rosario, donde se aprecia el trazo de la Falla Aguascalientes limitando el este del cerro San Luis.. Coordenadas N. 1365523, E: 846835.	100
Gráfica 73. Falla Antonia Santos vista sobre el margen derecho del anillo vial.....	101
Gráfica 74. Panorámica hacia el Barrio Santander, donde se observa el bloque levantado y hundido de la Falla San José. Coordenadas N: 1363285, E: 840358.....	101



Gráfica 75. Afloramiento sobre la vía que conduce al municipio de Villa del Rosario, donde se observan pequeñas fallas inversas asociadas al basculamiento de las capas. Coordenadas N: 7.8723722 E: -72.487711.....	102
Gráfica 76. Modelo teórico de una falla inversa fuera del sinclinal, asociada a la Falla de San Rafael.....	103
Gráfica 77. Panorámica sobre el anillo vial, donde se observa el cambio de buzamientos asociado al Sinclinal de Cúcuta. . Coordenadas: N: 1361329.524, E: 11700828.466	104
Gráfica 78. Pliegue asociado a los niveles de intercalaciones de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo. Coordenadas: N: 1362418.988, E: 841126.0079 y Z: 369.67	105
Gráfica 79. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 2.	105
Gráfica 80. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas N-S en la zona 2.....	106
Gráfica 81. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas WSW-ENE en la zona 2	106
Gráfica 82. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 4	107
Gráfica 83. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NW-SE en la zona 4.....	107
Gráfica 84. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 4.....	108
Gráfica 85. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 6.	108
Gráfica 86. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 6.....	109
Gráfica 87. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 6.....	109
Gráfica 88. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 7	110
Gráfica 89. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NW-SE en la zona 7.....	110
Gráfica 90. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 7.....	111
Gráfica 91. Corte Geológico A-A', transversal a las estructuras longitudinales.	111
Gráfica 92. Corte Geológico B-B', transversal a las Fallas La Quinta y San José.....	112
Gráfica 93. Zonas de amenaza Sísmica.....	113
Gráfica 94. Mapa de Valores Aa (aceleración horizontal pico efectiva).....	114
Gráfica 95. Mapa de valores Av. (velocidad horizontal pico efectiva).....	114
Gráfica 96. Espectro de diseño.....	117
Gráfica 97. Espectro de diseño calculado para la zona de estudio	118
Gráfica 98: REPRESENTACIÓN DE UNA ADQUISICIÓN DE REFRACCIÓN SÍSMICA. Se observan las ondas generadas a partir de la fuente de energía (Golpe de martillo).....	119
Gráfica 99: METODOLOGÍA PARA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO MEDIANTE EL MÉTODO DE REFRACCIÓN.....	120
Gráfica 100: SISMÓGRAFO 16S24-U	121
Gráfica 101: LOCALIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA REALIZADAS.	122
Gráfica 102: FOTOGRAFÍA DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN.	124
Gráfica 103: MODELO DE VELOCIDAD DE LA LÍNEA 1	124
Gráfica 104: ERROR ARROJADO - MODELO DE VELOCIDADES.....	125
Gráfica 105: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 1.....	125
Gráfica 106: MODELO DE VELOCIDADES LÍNEA 3	126
Gráfica 107: ERROR ARROJADO - MODELO DE VELOCIDADES	126
Gráfica 108: MODELO DE VELOCIDADES PARA LA LÍNEA 4	127
Gráfica 109: Error arrojado - modelo de velocidades.....	128
Gráfica 110: Modelo de velocidades para la línea 5	129
Gráfica 111: MODELO DE VELOCIDADES.....	130



Gráfica 112: ERROR ARROJADO - MODELO DE VELOCIDADES	130
Gráfica 113: MODELO DE VELOCIDADES.....	131
Gráfica 114: Error arrojado – Modelo Velocidades.....	132
Gráfica 115: CLASES TEXTURALES VS DENSIDAD APARENTE	134
Gráfica 116: Plano de localización del área de estudio.....	137
Gráfica 117: Imagen aérea de la zona de estudio.....	138
Gráfica 118: Adquisición de las líneas C1 y C2 en el área los Cerezos, Cúcuta.....	138
Gráfica 119: Localización líneas dentro del proyecto Los Cerezos, Cúcuta.....	139
Gráfica 120: Resultados del picado de rayos de los primeros arribos – Modelo Tomografía para la línea C1, Cúcuta.....	140
Gráfica 121: Resultados del picado de rayos de los primeros arribos – Modelo Tomografía para la línea C2, Cúcuta.....	140
Gráfica 122: Arcillas meteorizadas. Presenta intercalaciones de shale.....	141
Gráfica 123: Perfil NSR10 para las líneas sísmicas analizadas.....	145
Gráfica 124.. Metodología de la exploración geotécnica.....	147
Gráfica 125. Plano exploración geotécnica.....	149
Gráfica 126. Registro fotográfico Sondeo 1.....	150
Gráfica 127. Grafica Resumen N (golpes/pie) – ensayo SPT percusión.....	150
Gráfica 128. Registro fotográfico Apique 5. Ensayo corte directo.....	151
Gráfica 129. Mapa de unidades geológicas ingenieriles con los sondeos y apiques realizados.....	153
Gráfica 130. Gráfica resumen resultados Ensayo Corte Directo.....	155
Gráfica 131. Esquema de jerarquización geomorfológica.....	157
Gráfica 132. Atributos de la geomorfología usada en este estudio.....	158
Gráfica 133. Plano de unidades morfométricas.....	159
Gráfica 134. Pendientes ligeramente planas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	161
Gráfica 135. Pendientes ligeramente inclinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	162
Gráfica 136. Pendientes moderadamente inclinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	163
Gráfica 137. Pendientes inclinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	164
Gráfica 138. Pendientes empinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	165
Gráfica 139. Pendientes muy empinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	166
Gráfica 140. Pendientes escarpadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	166
Gráfica 141. Pendientes fuertemente escarpadas del casco urbano del municipio de Cúcuta.....	167
Gráfica 142: Subdivisión por zonas del área urbana del municipio de Cúcuta.....	170
Gráfica 143. Canal Artificial (Aca) correspondiente al Canal Bogotá. . Izq. Fotografía tomada al Canal Bogotá en cercanías al centro comercial UNICENTRO. Der. Imagen de un canal artificial que entrega sus aguas al Canal Bogotá.....	172
Gráfica 144. Corte vertical de Ladera (Acvl) en las zonas de expansión. . Izq. Fotografía tomada al corte realizado al extremo de la prolongación de la Avenida Cero que comunica con el municipio de Villa del Rosario. Der. Fotografía tomada al corte realizado sobre una vía de acceso a las torres de Los Arrayanes.....	172



Gráfica 145. Laderas explanadas (Ale) de la zona de expansión. Izq. Fotografía a una ladera explanada en cercanías a las Torres de Arrayanes. Der. Fotografía de corte realizado a la ladera, para adaptar el terreno para la construcción de viviendas.....	173
Gráfica 146. Laderas explanadas con llenos antropogénicos (Alella). . Imagen tomada a un predio sobre el barrio el progreso al margen derecho de la vía que conduce al Anillo Vial.....	174
Gráfica 147. Obras de Ingeniería (Aoi).. Imagen tomada a la Autopista La Atalaya la cual corta el cerro Atalaya	174
Gráfica 148. Barra lateral (Fbla) en el cauce del río Pamplonita	175
Gráfica 149. Barra longitudinal en el cauce del río Pamplonita.	176
Gráfica 150. Barra Puntual (Fbp) asociada al cauce del río Pamplonita	176
Gráfica 151. Cauce o lecho actual del río (Fca) y demás elementos fluviales asociados en la zona de expansión.....	177
Gráfica 152. Nivel de terraza bajo (Fntb) en la Quebrada La Cañada.....	178
Gráfica 153. Terraza de acumulación (Fta) y geoformas asociadas al cauce del río Pamplonita en la zona de expansión.....	179
Gráfica 154. Superficie plana de la Terraza de acumulación.	179
Gráfica 155. Escarpe de terraza de acumulación (Ftae).	180
Gráfica 156. Escarpe de terraza y demás elementos asociados.....	181
Gráfica 157. Esquema ilustrativo de los diferentes elementos de origen fluvial de la zona de expansión.	181
Gráfica 158. Terrazas de acumulación antigua localizadas en las Quebrada la Cañada (superior) y barrio Carlos Ramírez Paris (inferior).....	182
Gráfica 159. Terraza sobreelevada (Dts), hondonadas (Dh) y depósitos de ladera (Ddl) en la parte Norte del Cerro San Luis-San Mateo.....	183
Gráfica 160. Cimas (Dc) en la zona de expansión. Imagen tomada sobre el cerro Jesús Nazareno (Las Tres Cruces) hacia el Oeste de Cúcuta.	184
Gráfica 161. Depósitos de ladera (Ddl).....	185
Gráfica 162. Depósito de ladera hacia la zona de expansión Sur.	186
Gráfica 163. Geoformas denudacionales asociadas a movimientos en masa, localizadas en la zona comprendida entre el Cerro Tasajero y el Cerro Jesús Nazareno (Barrio Tucunaré). . Coordenadas: E: 838399 N: 593380 Z: 341m.	186
Gráfica 164. Depósitos de ladera bajo el cerro Jesús Nazareno. Coordenadas: E: 839776 N:1367626 Z:354m.	187
Gráfica 165. Depósitos de lavado (Ddla) en la zona de expansión	187
Gráfica 166. Escarpe de corona principal de movimiento en masa (Decmm).	188
Gráfica 167. Hondonadas (Dh). Coordenadas 904055 N, 72.529638 W, h=309m.....	189
Gráfica 168. Lomas denudadas (Dld), Fotografía tomada desde el Barrio Fátima Alto.....	190
Gráfica 169. Lomo denudado de longitud corta (Dldebc).	190
Gráfica 170. Lomeríos disectados (Dldi).....	191
Gráfica 171. Escarpes denudacionales (Ded) y laderas erosivas (Dle), localizados hacia el Norte del flanco Este del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7. 909998N, 72.507W, H=384m.	192
Gráfica 172. Laderas moderadas (Dlm).....	193
Gráfica 173. Laderas inclinadas (Dli).....	193



Gráfica 174. Laderas Onduladas (Dlo).....	194
Gráfica 175. Laderas subhorizontales (Dlsh).....	195
Gráfica 176. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo).....	196
Gráfica 177. Cimas estructurales (Scie) en el Cerro Atalaya.....	197
Gráfica 178. Ladera estructural de espinazo (Sele) y ladera en contrapendiente de espinazo(Selc), localizadas en el Barrio Santander al Sur del área urbana de Cúcuta.	198
Gráfica 179. Ladera estructural (Sle), geoformas circundantes de origen denudacional como laderas moderadas (Dlm), montículos y ondulaciones (Dmo).....	199
Gráfica 180. Lomo de falla (Sif) en el sector San Mateo.	199
Gráfica 181. Escarpe de Línea de falla (Sife) en el flanco Oeste del Cerro San Luis-San Mateo. Coordenadas: 7.90998N, 72,507W, h=384m.....	200
Gráfica 182. Lomo estructural bajo de longitud corta (Sloebc) en zona del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7.91934N,72.50508W, h=313m.....	201
Gráfica 183. Lomo de presión bajo, asociado al paso de la Falla Tasajero en la zona ubicada al Oeste del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7.910217 N, 72.507212 W, h=384m.....	201
Gráfica 184. Ladera en contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc) en el flanco Este del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7.91865 N, 72.54292 W, h=362m.....	202
Gráfica 185. Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal en el flanco NE del Cerro Jesús Nazareno. . Coordenadas: 7.917967N, 72.530427W, h=358m.....	203
Gráfica 186. Ladera estructural de sierra anticlinal en el flanco Este del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7.92119 N, 72.51706 W.....	203
Gráfica 187. Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale) y Ladera estructural de sierra anticlinal denudada (Ssaled) en el Cerro Jesús Nazareno. Coordenadas: 7.91865N, 72.54292W, h=362m.....	204
Gráfica 188. Diagrama metodológico para la caracterización de los movimientos en masa del municipio de San José de Cúcuta.....	206
Gráfica 189. Distribución de los tipos de movimientos en masa inventariados en el área urbana del municipio de San José de Cúcuta.....	209
Gráfica 190. Mapa de movimientos en masa en el municipio de San José de Cúcuta.	210
Gráfica 191. Deslizamientos traslacionales en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.	210
Gráfica 192. Deslizamientos rotacionales en los barrios Doña Nidia y Niña Ceci (a, c), barrio Tucunará (b). 212	
Gráfica 193. Procesos de caídas de rocas en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) Niveles de intercalaciones del Grupo Guayabo zona 2 b) Areniscas del Grupo Guayabo zona 7 y c) Intercalaciones del Grupo Guayabo en la zona 7.	213
Gráfica 194. Procesos de caídas de detritos en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.	214
Gráfica 195. Flujo de detritos en el sector del barrio San Mateo en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.....	215
Gráfica 196. Reptaciones observadas en el barrio La Conquista.....	216
Gráfica 197. Movimientos complejos del barrio El Salado en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.....	216
Gráfica 198. Erosión laminar en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) Lodolitas de la Formación León b) Lodolitas de la Formación León c) Niveles arenolodosos del Grupo Guayabo.....	218





Gráfica 199. Erosión en surcos en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) sobre la Formación León, b) lodolitas del Grupo Guayabo.	219
Gráfica 200. Erosión en Cárcavas en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) Niveles de Intercalaciones del Grupo Guayabo b) Lodolitas de la Formación León y terrazas aluviales.	220
Gráfica 201. Metodologías empleadas para el análisis de susceptibilidad y amenaza	222
Gráfica 202: Análisis Metodológico de la generación de un mapa de susceptibilidad y de amenazas.....	224
Gráfica 203. Metodología para la evaluación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa.....	225
Gráfica 204 Variable DISTFAL	229
Gráfica 205. Variable DISTPLI.....	229
Gráfica 206: Esquema didáctico para expresar como la forma de la ladera influye en la aceleración o desaceleración del flujo. Las pendientes convexas como en A tienden a acelerar el flujo y por consiguiente los procesos de remoción en masa.	231
Gráfica 207. A). Variable FILL B). Variable PENDS C). Variable PLA D). Variable PROFILE.....	231
Gráfica 208. A) Variable RUGOS B) Variable INSOL C) Variable CURVAR D) Variable SLOPE	232
Gráfica 209. Variable ORIENT.....	233
Gráfica 210. Histogramas de distribución de las variables CURVAR, UGI (GEO), PENDS, PERFIL (PROFILE), PLAN, UGI	235
Gráfica 211.. Histogramas de distribución de las variables DISPLIE, COBER, FILL y DISTFAL	235
Gráfica 212. Histogramas de distribución de las variables INSOL, PEND, RUGOS, ORIENT	236
Gráfica 213. Cálculo de pesos. A la izquierda un mapa del factor más influyente (F) en la ocurrencia de movimientos en masa, y a la derecha el diagrama de Ven en el cual se muestra la relación espacial entre los factores causantes y los movimientos en masa	239
Gráfica 214. Distribución espacial de pesos (W_i) para la variable PEND: Se observan de color rojo los pesos positivos más altos para esta variable, los cuales coinciden con la ubicación de los principales polígonos de movimientos en masa para el Municipio	242
Gráfica 215. Metodología análisis de pesos de evidencia	243
Gráfica 216. Clasificación por el método desviación estándar para susceptibilidad a movimientos en masa	243
Gráfica 217: Susceptibilidad a movimientos en masa para el área urbana del municipio de Cúcuta. Se puede apreciar como las altas pendientes y altas rugosidades influyen en la susceptibilidad de los terrenos. La unidad geológica ingenieril de Suelos Transportados de depósitos de ladera también ha influido de forma importante en los resultados estadísticos.	244
Gráfica 218: Ocurrencia de sismos en el municipio de Cúcuta desde el año 1993 a 2017	246
Gráfica 219: Eventos de remoción en masa registrados en medios nacionales. Estos procesos morfodinámicos se han activado durante fuertes temporadas invernales con precipitaciones de 24 horas mayores a 100 mm.	248
Gráfica 220: Afectación de los fenómenos de remoción en masa discriminados por comunas en el área urbana del Municipio de Cúcuta.....	253
Gráfica 221. Metodología para la evaluación de amenazas por inundación.....	257
Gráfica 222: Estudio de inundabilidad sobre el río Pamplonita entre el Puente Gaitán Durán y el Puente García Herreros.	258
Gráfica 223: Calculo de cotas de inundación para un periodo de retorno de 100 años en el estudio sobre Recuperación de la Margen Derecha del Río Pamplonita del Sector Villa Camila.	259



Gráfica 224: Localización de corrientes fluviales con estudios hidrológicos en el occidente del municipio de Cúcuta. A: Quebrada Seca presentó mayores amenazas de inundabilidad en los asentamientos José Bernal y Crispín Duran. B: La quebrada La Cañada presenta mayores problemas de socavación de sus márgenes.	261
Gráfica 225. Metodología para la delimitación de las áreas en condición de riesgo del área urbana del municipio de San José de Cúcuta.....	269
Gráfica 226. Viviendas localizadas en zonas de amenaza alta al sureste del barrio Doña Nidia.	271
Gráfica 227: Flujograma presentando los condicionamientos al desarrollo de los suelos expuestos a amenazas.	272
Gráfica 228: Eventos que se pueden presentar por riesgo tecnológico.	275
Gráfica 229: Ancho de zona de servidumbre tomado de los Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. Aprobado 2015.....	278
Gráfica 230: Posición de países respecto al protocolo de Kioto.....	284
Gráfica 231: Países con mayor pérdida de áreas forestales.	288
Gráfica 232: Emisiones de CO2 acumuladas, 1990 y 2102 en Colombia.....	289
Gráfica 233: Amenaza por cambio climático en el departamento Norte de Santander.....	290
Gráfica 234: Vulnerabilidad por cambio climático en Norte de Santander.....	291
Gráfica 235: Mapa de riesgo por cambio climático en Norte de Santander.....	292





LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Unidades geológicas para la ingeniería según su origen.....	31
Tabla 2. Unidades geológicas ingenieriles para la zona de estudio	33
Tabla 3. Parámetros Pseudo estáticos para el municipio	115
Tabla 4. N promedio general y perfil de suelo	115
Tabla 5. Clasificación de los perfiles de suelo	116
Tabla 6. Clasificación de los perfiles de suelo C-D-E	116
Tabla 7. Valores de coeficiente Fa	116
Tabla 8. Valores de coeficiente Fv.....	117
Tabla 9. Valores Coef. De Importancia	117
Tabla 10. Resumen de parámetros Pseudo-estáticos para el municipio	118
Tabla 11: UBICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA REALIZADAS.....	123
Tabla 12 Velocidades y espesores de la Línea de refracción sísmica 3.....	127
Tabla 13: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 4.	128
Tabla 14: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 5.	129
Tabla 15: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 6.	131
Tabla 16: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 7.	132
Tabla 17: PROPIEDADES DINÁMICAS DEL SUELO.	133
Tabla 18: CALCULO DEL MÓDULO ELÁSTICO E*	134
Tabla 19: CALCULO DEL MÓDULO DE CORTE MÁXIMO GMÁX.....	135
Tabla 20: TABLA RESUMEN DEL MÓDULO CORTANTE Y LAS VELOCIDAD DE CORTE.....	136
Tabla 21: Ubicación de los disparos dentro de cada línea.	139
Tabla 22: Propiedades dinámicas del suelo	142
TABLA 23. CALCULO DEL MÓDULO ELÁSTICO E*	142
TABLA 24. CALCULO DEL MÓDULO DE CORTE MÁXIMO GMÁX.	143
Tabla 25: Velocidades de onda P y Unidades de Geología para Ingeniería asociadas.....	143
Tabla 26. Ensayos de campo	148
Tabla 27 Ensayos de laboratorio	149
Tabla 28. Coordenadas exploración geotécnica.....	149
Tabla 29. Resumen Registro N (SPT) – Sondeos a percusión.....	151
Tabla 30. Resumen clasificación granulométrica.....	152
Tabla 31. Resumen Ensayo Corte Directo	154
Tabla 32. Potencial de Expansión	155
Tabla 33. Unidades morfométricas	160
Tabla 34. Elementos morfogenéticos para el área urbana del municipio de Cúcuta	168
Tabla 35. Clasificación de los movimientos en masa según Varnes (1978).....	205
Tabla 36. Inventario de los movimientos en masa cartografiados en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.....	206
Tabla 37. Comparación de las clasificaciones para los tipos de erosión de Van Zuidam e IDEAM.	217
Tabla 38. Escalas de trabajo para POT.....	221
Tabla 39. Resultados de los análisis estadísticos descriptivos.....	234





Tabla 40. Resultados del análisis de Kolmogorov – Smirnov (KS).....	237
Tabla 41. Resultados de las pruebas OneWay y ANOVA	237
Tabla 42. Calificación de la variable UGI.....	239
Tabla 43. Calificación de la variable GEOMORF.....	240
Tabla 44: Valores de precipitación máxima de 24 horas para el periodo 1980-2015	249
Tabla 45: Calculo de valores de precipitación máxima probable para diferentes periodos de retorno y diferentes horarios, aplicando la metodología de Gumble.	249
Tabla 46: Análisis de probabilidades de que precipitaciones de 24 horas mayores a 100 mm se produzcan en los próximos 5 años. De la tabla se deduce que existe un 80% de probabilidad de que se produzca. . 250	
Tabla 47: Calculo de la amenaza por fenómenos de remoción en masa interpretada con el factor detonante lluvia. La probabilidad de que eventos de lluvias con precipitaciones máximas de 24 horas sean mayores a 100 mm, es considerada alta dentro de los próximos 5 años y estos pueden activar procesos morfodinámicos en terrenos susceptibles.	251
Tabla 48. Categorización de la amenaza por movimientos en masa (Características del material y de la zona)	251
Tabla 49. Calificación de la susceptibilidad de los elementos geomorfológicos para el área urbana del Municipio de Cúcuta.....	254
Tabla 50: Láminas de agua calculadas en el río Pamplonita para diferentes periodos de retorno. El caudal de 505.9 m3/s corresponde a la TR: 100 años	260
Tabla 51. Categorización de la amenaza por inundaciones.	263
Tabla 52. Condicionantes de amenaza por movimientos en masa para el área urbana del municipio de San José de Cúcuta.	267
Tabla 53. Programas en Gestión de Riesgo para el Municipio de San José de Cúcuta.....	273
Tabla 54: Usos para el suelo en las franjas de derecho de vía de obras	277
Tabla 55: Ancho de las zonas de servidumbre para líneas de transmisión presentado según los Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. 2015. * La distancia del ancho de servidumbre para redes de 7.62, 13.2 y 34.5 kV es sugerida por CENS para redes rurales, a fin de preservar la seguridad, el aislamiento y facilitar el mantenimiento de la línea. ...	278
Tabla 56: 57 Valores límites de exposición a campos Electromagnéticos, umbrales establecidos por la ICNIRP. Tomado de los Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. Aprobado 2015.	279
Tabla 58: Especificaciones técnicas del Gaseoducto Sardinata-Cúcuta	280
Tabla 59: Tabla municipal de contribuciones y valores por dimensión	293
Tabla 60: Tabla de contribuciones y valores por dimensión para el Municipio de Cúcuta.....	293
Tabla 61: Acciones para adaptación al cambio climático.	294



A. ESTRUCTURA BIOFISICA

1 GESTION DEL RIESGO

La Gestión del Riesgo de Desastres es el instrumento que define los objetivos, programas, acciones, responsables y presupuestos, mediante los cuales se ejecutan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres. La normativa legal en la que se enmarca el diagnóstico de la gestión de riesgo es la siguiente:

- Ley 46 de 1988, Sistema nacional para la prevención y atención de desastres.
- Ley 388 de 1997
- Ley 019 de 2012, art. 189, decreto anti trámites
- Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres
- DECRETO 1807 DE 2014, "Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones."

La Ley 46 de 1988, mediante la creación del "Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD)" y el Decreto 919 de 1989, donde se establece que "Todas las entidades tendrán en cuenta en sus planes de desarrollo, el componente de prevención de desastres", ratifican la importancia de la prevención del riesgo en la planeación del territorio. La Ley 1523 del 2012, en el artículo 39 menciona que "los planes de ordenamiento territorial deberán integrar el análisis del riesgo en el diagnóstico biofísico, económico y socio ambiental y considerar el riesgo de desastres, como un condicionante para el uso y la ocupación del territorio, procurando de esta forma evitar la configuración de nuevas condiciones de riesgo", y en el artículo 40 establece que los Municipios "deberán incorporar en sus respectivos planes de desarrollo y de ordenamiento territorial las consideraciones sobre desarrollo seguro y sostenible derivadas de la gestión del riesgo, y por consiguiente, los programas y proyectos prioritarios para estos fines, de conformidad con los principios de la presente ley".

En este mismo orden de ideas, en la medida que cada municipio elabore su plan de ordenamiento, con un buen componente de gestión del riesgo, podrá conocer mejor las dinámicas del territorio y determinar, entre otros, zonas con mayor susceptibilidad y amenaza a los diversos eventos amenazantes; y esto a su vez permite sensibilizar a la comunidad, asignar los recursos adecuados para prevenir, mitigar responder y recuperarse, en caso de la materialización de un evento amenazante.

De conforme a lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 dentro del cual está incluida la normativa del decreto 1807 de 2014 "...para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes, se deben elaborar estudios básicos en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural". La importancia de este decreto radica en sus exigencias en cuanto a insumos, escalas y metodologías para llevar a cabo estudios de gestión del riesgo acordes a los avances tecnológicos en la materia.





1.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO (área urbana y expansión urbana)

Un programa de gestión del riesgo de desastres debe basarse en el conocimiento real de las condiciones locales del riesgo sectorial, que permita entender las posibles implicaciones de la escenificación de un desastre, y sea soporte para estructurar los demás procesos de la gestión, es decir, la reducción del riesgo y el manejo de los desastres.

Para poder hacer gestión del riesgo es inevitable identificar el riesgo, lo que significa comprender cómo se percibe desde el punto de vista de la sociedad, cómo se representa (modelos, mapas, índices, etc.) y finalmente cómo se "mide" o dimensiona.

Identificar y estimar el riesgo de los elementos expuestos y analizar su origen y evolución a lo largo del tiempo, constituyen una herramienta de diagnóstico que facilita clasificar los problemas y deficiencias de desarrollo, permite priorizar el tipo de medidas y acciones de carácter político, económico, social y ambiental, para neutralizar o reducir dicho riesgo mediante acciones de intervención y planificación, y lograr así un desarrollo equilibrado.

1.1.1 AMENAZAS POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

1.1.1.1 Metodología

La metodología empleada para el estudio realizado al casco urbano y las zonas de expansión del municipio de San José de Cúcuta es la Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por movimientos en masa e inundación a escala detallada propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2015).

La Gráfica 1 visualiza las diferentes etapas que se consideraron indispensables para realizar la exploración geológica, las cuales son: 1) Fase de Aprestamiento; 2) Fase de Reconocimiento de Campo; 3) Fase de Caracterización; 4) Fase de Oficina.

Gráfica 1. Metodología de trabajo para la exploración geológica



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.1.1 Fase de aprestamiento

En esta etapa se recolectó la información referente a la zona de estudio tales como: documentos de estudios, imágenes satelitales, cartografía básica y temática, planos, entre otros. La información previa consultada se muestra a continuación:

- **Cartografía base:** oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:2000 para el área urbana y escala 1:25.000 para el área rural
- **Cartografía geológica:** El Servicio Geológico de Colombia presenta una actualización cartográfica geológica del 2009 al 2016 a escala 1:100.000. que en su mayoría corresponde a las planchas: 87- (Sardinata), 88 (Cúcuta) y en menor área las planchas: 98 (Durania), 99 (Villa Del Rosario), 77 (Campo Dos) y 78 (Puerto Santander) en cuyos informes se muestra una extensa recopilación bibliográfica partiendo desde Notestein et al. (1944), quienes documentaron las unidades litológicas a través de la concesión Barco, hasta el trabajo actual donde se actualiza la cartografía geológica en las planchas anteriormente mencionadas a escala 1:100.000 y dan una síntesis generalizada de la geología del municipio de Cúcuta con mapas de estaciones, algunos muestreos para petrología y algunas con petrografía, paleontología y geoquímica, así como levantamiento de columnas estratigráficas de las formaciones que afloran y que, para el municipio de Cúcuta en su mayoría corresponden a rocas sedimentarias que datan desde el Mesozoico al Cenozoico con extensos depósitos Cuaternarios.
- **Cartografía geomorfológica:** El Servicio Geológico de Colombia publicó en el año 2007 cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 de las planchas: 88, 98 y 99 de autoría del Geomorfólogo Henry Carvajal. Este insumo es vital y confiable para alimentar el modelo de zonificación de amenazas. El equipo técnico de Gestión del Riesgo realizó las respectivas verificaciones de campo para cartografiar los elementos geomorfológicos a escala 1:5.000 para el área urbana.
- **Informes Geológicos de la región:** Estudio Hidrogeológico de Cúcuta (realizado por convenio entre los gobiernos de Colombia y Holanda en 1980 a través de INGEOMINAS), El Deslizamiento del Barrio Tucunaré (Informe técnico de INGEOMINAS) Informe Técnico Sobre Fenómenos de Remoción en Masa que Afectan la Estación de Bombeo Nidia, Acueducto Municipal de Cúcuta (Informe técnico de INGEOMINAS), Tomografía Sísmica 3D del sector de Cúcuta (Artículo publicado en el Boletín de Geología de la UIS en el año 2010.)
- **Trabajos de grado:** Tesis de maestría de la Universidad Nacional de Colombia del Geólogo JORGE ADRIAN OVIEDO REYES titulada GEOMORFOLOGÍA TECTÓNICA DEL SISTEMA DE FALLAS DEL ZULIA EN EL FLANCO OCCIDENTAL DEL SINCLINAL DEL ZULIA, NORTE DE SANTANDER – COLOMBIA SGC (2016), tesis de pregrado de la Universidad Industrial de Santander de VALENTINA BETANCOURT SUAREZ, titulada MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS A LAS UNIDADES GEOLOGICAS DE LA PLANCHA 87-SARDINATA, SGC (2016) REGIONAL BUCARAMANGA, tesis de pregrado de la Universidad Industrial de Santander de EDGAR GIOVANNY GARCÍA NAVAS, titulada ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS DEFORMACIONES DEL PALEÓGENO Y NEÓGENO AL OCCIDENTE DE CÚCUTA, SGC (2014), (plancha 88- Cúcuta), Tesis de pregrado de la UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD” (2013), de MAYRA ALEJANDRA GÁFARO DUARTE titulada, ZONAS DE





AMENAZAS POR DESLIZAMIENTOS, A PARTIR DE MODELAMIENTO DE DATOS ESPACIALES PARA EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA, tesis de pregrado de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER “UIS” (2014), de MAYRA ISABEL VARGAS CÁCERES titulada, ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO PARA LA FORMACIÓN BARCO EN LOS ALREDEDORES DE SARDINATA, NORTE DE SANTANDER, tesis de pregrado de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER “UIS” (2014) de NELSON RICARDO LOPEZ HERRERA, denominada, ESTILO ESTRUCTURAL ASOCIADO AL SISTEMA DE FALLAS LAS MERCEDES EN EL SECTOR DE LOURDES Y GRAMALOTE, NORTE DE SANTANDER, Tesis de pregrado de geología de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, (2011) de SHAMIR EBRATT CARR, titulada GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR ZULIA AYACUCHO, Tesis de pregrado de la UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SEDE OCAÑA (2010) de FANNY ASTRID LONDOÑO BAYONA, titulada, EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN LAS CIUDADELAS DE LA LIBERTAD Y ATALAYA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA.

- **Estudios de riesgos:** estudios geológicos para tramites de legalización de asentamientos subnormales (Brisas de los Andes, Brisas del Sinaí, Crispín Duran, El Oasis, Jerónimo Uribe, La Primavera, Las Delicias, Manuela Beltrán, Mujeres del Futuro, Nueva Esperanza, Sabana Verde, Scalabrini, Valles del Rodeo, Juana Rangel, Paz y Futuro y algunos elaborados por Centrales Eléctricas del Norte de Santander (CENS-EPM) para los asentamientos: La Conquista, Crispín Duran Parte Baja, Villa Paz, Guadalupe, José Bernal, El Paraíso. Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres. Plan Departamental de Gestión de Riesgos de Desastres. Informes de áreas con procesos de remoción en masa efectuadas por pasantes a cargo de CORPONOR. Planes de ordenamiento y manejo de cuencas de los ríos Pamplonita (2014) y Zulia (2010).
- **Planes Parciales:** Alameda del Este, El Progreso, Gimnasio del Bosque, La Loma I, Santa Barbara, Puente Cúcuta.
- **Plataformas Online:** en el SIMMA del SGC (simma.sgc.gov.co) se encuentra el mapa de amenazas por remoción en masa de Colombia. Para Cúcuta existe un pequeño inventario de procesos de remoción en masa. La información no está actualizada, pero es confiable pues está sometida a un riguroso control de calidad del SGC para registrar la información, además, se consultaron plataformas que suministran imágenes de satélite como Google Earth, Alos Palsar, Copernico, EOS y USGS.

La anterior información fue analizada, evaluada y verificada para ser tomada como base en el presente estudio.

1.1.1.1.2 Fase de reconocimiento y exploración de campo

La exploración de campo fue realizada por el equipo de geología. Además, se procedió a reconocer el área de estudio y posteriormente caracterizar el componente geológico de la zona, definiendo estaciones de control geológico y geomorfológico como se observa en la Gráfica 2 y en el anexo 7 de este informe. Así mismo, se contó con una valiosa herramienta que permite apreciar las fotografías tomadas en cada estación en el software Google Earth (anexo 6). Las libretas de campo fueron digitalizadas y se encuentran en el anexo **libretas de campo**.

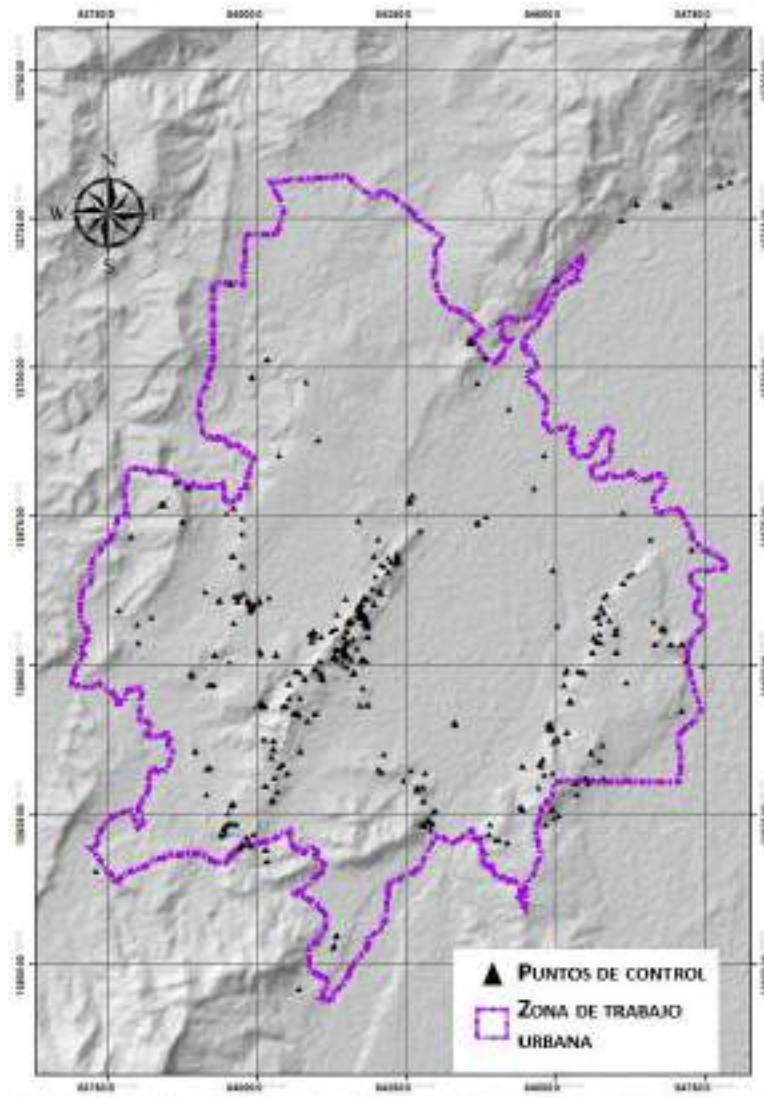




1.1.1.1.3 Fase de caracterización geológica

Con la finalidad de evaluar las condiciones geológicas de la zona de estudio, se realizó un estudio basado en estudios previos del área de interés, análisis de mapas, exploración de campo y asistencia de consultoría con especialistas. Las actividades desarrolladas en esta fase fueron:

Gráfica 2 Estaciones urbanas de exploración



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

- Análisis de la Información preliminar: Posterior a la recopilación de la información preexistente de la zona de estudio, es seleccionada aquella que se considere relevante para la inspección geológica.



- Inspección geológica: En esta etapa se ejecutó la exploración de campo con el objeto de recolectar información in situ para la caracterización geológica, apoyándose en herramientas como la anotación de observaciones en la libreta de campo, diligenciamientos de formatos, registro fotográfico y recolección de muestras para caracterizar las Unidades Litológicas, Unidades Geológicas para Ingeniería - UGI, geología estructural local y geomorfología.

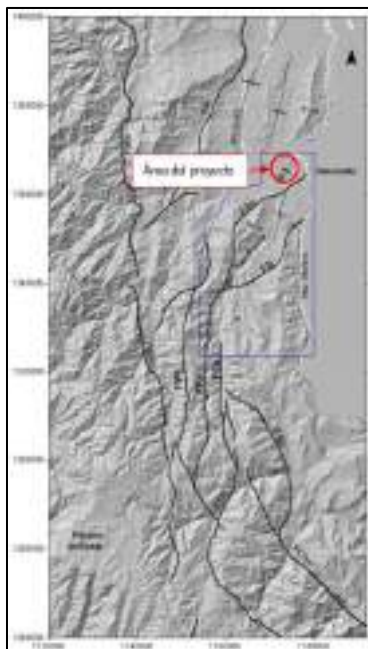
1.1.1.1.4 Fase de oficina

Con la información recolectada y verificada en campo, se desarrolla la edición de planos e interpretación de los datos recolectados, se redactó el presente informe, que contiene las características geológicas, estratigráficas, sedimentológicas, geomorfológicas, morfodinámicas, estructurales, y tectónicas del área a estudiar.

1.1.1.2 MARCO GEOLOGICO GENERAL

El municipio de San José de Cúcuta se encuentra sobre el margen este de la Cordillera Oriental de Colombia y a su vez, se encuentra directamente relacionado a una zona compleja debido a la transformación de un régimen tectónico transcurrente de tipo dextral asociado a la Falla de Boconó en los Andes de Mérida, a un régimen transpresivo del sistema de fallas Bramón-Chucarima (Singer & Beltrán, 1996 en Diederix *et al.*, 2009), la cual limita con la zona denominada como indenter o punzon de Pamplona (Boinet *et al.*, 1985) (Gráfica 3).

Gráfica 3. Localización tectónica del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: Diederix *et al.*, 2009; Adaptado por UT PLANEANDO CUCUTA.

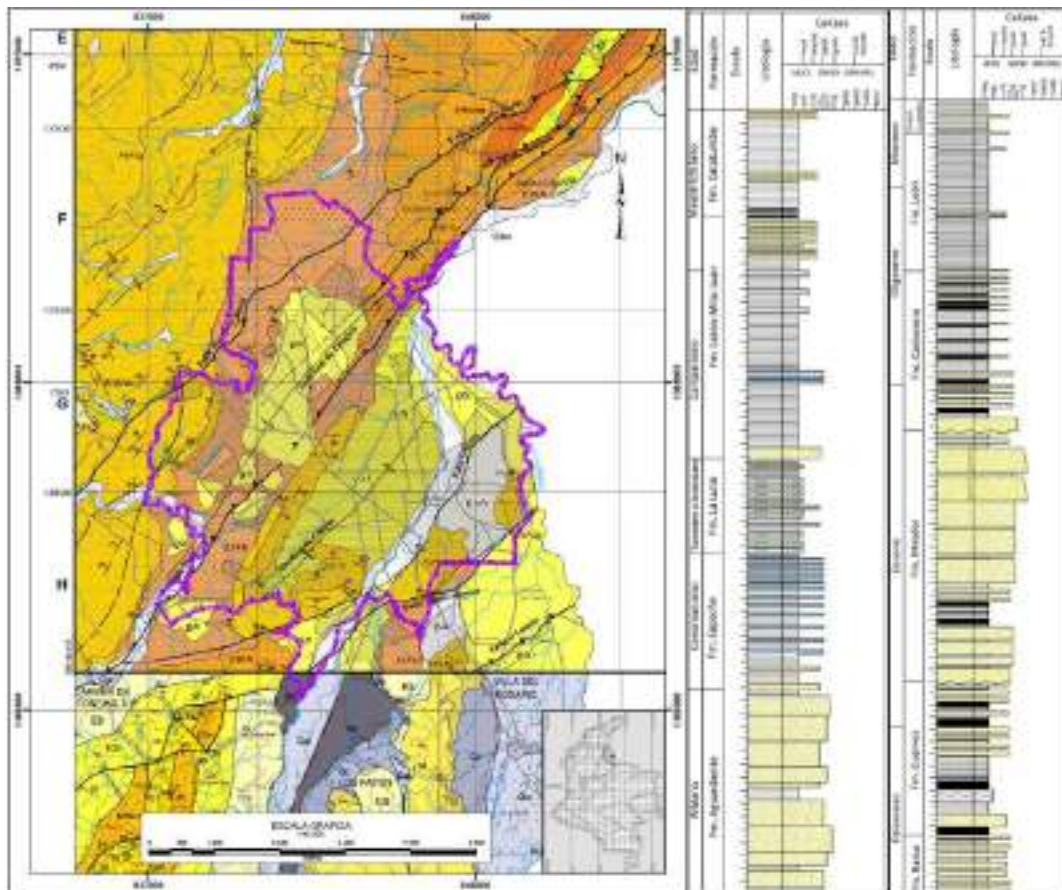


1.1.1.2.1 Localización geológica

El perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta se encuentra localizado entre las coordenadas Este E=1650000 y E= 1600000 y las coordenadas Norte N=3600000 y N=3730000, con origen Magna Este. Esta zona se encuentra geológicamente sobre depósitos cuaternarios y unidades litoestratigráficas de edad terciaria, donde se observan estructuras de plegamiento como lo son el anticlinal de Tasajero y el Sinclinal de Cúcuta, y fallamiento dentro de las que resaltan las fallas de Tasajero y Aguascalientes; las cuales a nivel regional presentan una dirección preferencial NE – SW. (Gráfica 4)

La complejidad tectónica se refleja hasta cierto punto en la morfología del paisaje donde la extensión al Suroeste de la traza principal de la Falla Boconó, al entrar a Colombia, marca un cambio abrupto de una zona relativamente plana de la Depresión de Táchira subyacida por formaciones terciarias y cuaternarios a una zona alta alcanzando alturas de 2500 m. de rocas mesozoicas (Diederix *et al.*, 2009).

Gráfica 4. Localización geológica del municipio de San José de Cúcuta



Fuente. Servicio Geológico de Colombia. Tomado y modificado por UT PLANEANDO CÚCUTA



1.1.1.2.2 Estratigrafía

Regionalmente en el área de estudio es notable la presencia de depósitos cuaternarios que exhiben diferentes grados de erosión y están ubicados a diversas alturas. Sobresalen dos modalidades: la primera constituida por los remanentes de gravas de la antigua llanura de inundación de los tres ríos principales y la segunda consiste en espesas acumulaciones de gravas que forman terrazas en los valles de los ríos Iscalá, Honda, Pamplonita y también, pero con menos espesor en los valles del Táchira y Zulia. Estas últimas son más recientes que las terrazas anteriores. Las unidades aflorantes corresponden a rocas sedimentarias con edades que van desde el Cretácico hasta el reciente, sin embargo, algunos trabajos como el de Diederix *et al.* (2009), describen las rocas de basamento; el total de las unidades se describen a continuación.

1.1.1.2.3 Rocas pre-cretáceas formaciones del basamento (gn, esq, gr) .

Se presentan como un conjunto de rocas ígneas y metamórficas que subyacen a los sedimentos jura-triásicos de tipo Girón (esquina suroccidental) y a los sedimentos de edad Cretáceo Medio (esquina noroccidental), el cual aflora principalmente a lo largo de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. Este conjunto está formado por rocas néisicas bandeadas, a veces migmatíticas, de composición granítica, de esquistos altamente plegados y deformados de grado metamórfico intermedio y filitas. Es importante observar que al norte, en la Sierra de Perijá, se han encontrado sedimentos levemente metamorfoseados (Liddle, 1928), de edad Devoniano, y esquistos más antiguos posiblemente en parte Precámbrico. También fuera de este cuadrángulo (H-12) se han hallado sedimentos de edad carbonífero, no metamorfoseados. La edad o edades de las numerosas masas graníticas que intruyen las rocas metamórficas es desconocida, pero de acuerdo a la evidencia anterior se presume que tanto las rocas graníticas como las rocas metamórficas son de edad Pre-Mesozoico y posiblemente Devoniano o PreDevoniano. En sedimentos Cretáceos o Terciarios no se han encontrado intrusiones.

1.1.1.2.4 Triásico - Jurásico, Formación Girón (JRg):

En la parte suroccidental del cuadrángulo se encuentran rocas sedimentarias de características típicas de rocas de ambiente continental, las cuales corresponde a la Formación Girón. Dicha formación suprayace sobre las rocas cristalinas del basamento, y subyacen las rocas sedimentarias más antiguas del Cretáceo Medio. Por su posición estratigráfica se cree que es de edad juratriásico. No se ha observado que esté intruído por los granitos del basamento. Su espesor varía de 200 a 500 m, sin mayores deformaciones en esta región.

1.1.1.2.5 Cretácico, Grupo Uribante (Kmu):

El espesor uniforme y el desarrollo de las rocas del Cretáceo Medio indican que tanto el basamento como los sedimentos Jura-Triásicos deben haber sido reducidos a bajo relieve antes de la transgresión, el cual empezó en la Grupo Uribante, que en la concesión Barco (Cuadrangulo F-13) puede ser dividida en tres formaciones: Tibú, Mercedes y Aguardiente. La Formación Tibú tiene un espesor de 107 a 166 m, y consta de 5 a 12 metros de areniscas basales de grano grueso con guijarros de cuarzo y ortoclasa, seguidas de una serie de calizas densas, fosilíferas, que alcanza espesores de 95 hasta 160 m. La Formación Mercedes consta de calizas intercaladas con arcillas





pizarrosas (shales) negras, micáceas y carbonáceas, areniscas en estratos de 3 a 20 m de espesor. Las calizas son generalmente arenáceas; las arcillas pizarrosas son a veces muy calcáreas; las areniscas son grises, de grano fino a medio, calcáreas y glauconíticas, y abundan hacia la parte alta del miembro. El espesor total oscila entre 149 y 201 m. La Formación Aguardiente consta exclusivamente de areniscas glauconíticas de grano fino y grueso, de color gris a verde claro, muy duras, intercaladas con algunas pocas láminas de arcilla pizarrosas negras, y delgados lechos de caliza en la parte inferior. El espesor varía entre 148 y 275 m. La Formación Uribante tiene un espesor total entre 418 y 503 m, habiéndose reportado un espesor de 825 m en el río Peralonso, en el centro del Cuadrángulo (4-b). Por la extensión del afloramiento de este grupo en la parte suroeste, se supone que aumenta en espesor hacia el sur. Las tres formaciones del Grupo Uribante son productores de petróleo dentro de la concesión de Barco (Cuadrángulo F-13). En el Grupo Uribante se han hallado solo algunos fragmentos de amonitas no identificables, y algunos otros fósiles entre ellos orbitolina cóncava texana (Roemer) hallado en las Formaciones Tibú y Mercedes, permitiendo asignar al Grupo Uribante al Aptiano Superior, llegando probablemente hasta el Albiano.

1.1.1.2.6 Cretácico, Formación Cogollo (Kmc):

Esta formación consta de arcillas pizarrosas (shales) negras a grises oscuras con algunas intercalaciones de calizas fosilíferas y pequeñas cantidades de limolitas. La formación suprayace concordadamente a la Formación Uribante. La Formación Cogollo tiene un espesor que varía entre 218 y 435 m. Ha sido productiva de petróleo principalmente en el anticlinal de Petrólea (Cuadrángulo F-13). Es de edad Cenomaniano aunque podría tener rango desde Albiano Superior hasta Turoniano Inferior.

1.1.1.2.7 Cretácico, Formación La Luna (Ksl):

Esta formación consta de calizas ricas en foraminíferas, duras, de color gris oscuro con nódulos de pedernal negro, especialmente abundantes hacia la parte superior y de arcillas pizarrosas negras muy calcáreas, bituminosas. Concreciones densas de calizas, grises, son muy comunes. La Formación La Luna suprayace concordadamente a la Formación Cogollo y el límite está marcado abruptamente por el cambio de las arcillas pizarrosas de la formación Cogollo a las calizas de La Luna. El espesor alcanza un promedio de 80 m. En la parte superior de la formación se han encontrado buenos depósitos de fosfatos en el flanco norte del Domo Santiago (1-c); también aproximadamente un km al sur de gramalote (4-b) se han encontrado capas fosfáticas de espesor 1.70 m. La edad de esta formación va del Turoniano al Coniaciano (INGEOMINAS Memoria del cuadrángulo G-13 – Cúcuta).

1.1.1.2.8 Cretácico, Formación Colon (Ksc):

Esta formación consta de arcillas pizarrosas de color gris, un poco calcáreas, ricas en foraminíferas. En la base y en contacto con la Formación La Luna hay una serie de areniscas glauconíticas de 2 a 5 m de espesor con abundantes restos de peces y foraminíferas retrabajadas. Esta zona yace bajo una arcilla pizarrosa muy pirítica de 3 a 5 m. de espesor. El espesor de la formación tiene un promedio de 240 m. Reposita concordantemente sobre la formación La Luna y data del Santoniano a Campaniano, basada en una buena fauna de foraminíferas.





1.1.1.2.9 Cretácico, Formación Mito Juan (Ksm):

La Formación Mito Juan consta principalmente de arcillas pizarrosas gris verdoso, arcillas limolíticas y arcillas arenosas, notándose un aumento de las arenas hacia la parte superior. En la parte inferior hay arenas pizarrosas gris oscuras semejantes a las de la Formación Colón; a diferencia de aquellas, las arcillas del Mito Juan no son calcáreas. Hacia la parte alta hay delgadas capas de calizas ferruginosas, fosilíferas, arenosas y glauconíticas. La Formación Mito Juan suprayace concordantemente a la Formación Colón y su contacto en los registros eléctricos es bien definido. Este contacto también se puede determinar a base de foraminíferas. El espesor de la formación tiene un promedio de 455 m. La edad es Maestrichtiano.

1.1.1.2.10 Cretácico, Formación Catatumbo (ksct):

Está compuesta de arcillas pizarrosas y arcillas de color gris oscuro comúnmente carbonáceas que contienen pequeños nódulos y capas delgadas de arcillas ferruginosas. En su parte inferior la formación contiene a menudo pequeños mantos de carbón. El espesor de la formación es variado con un promedio de 180 m, aunque en el río Pamplonita cerca a la Don-Juana (6-c), se han medido espesores parciales hasta de 300 m, donde la base de la formación está cubierta. El límite inferior de la formación está marcado por la aparición de las calizas glauconíticas de la Formación Mito Juan. La edad es maestrichtiano superior, incluyendo posiblemente parte del Paleoceno Inferior. En el cuadrángulo F-13 en los campos Río de Oro, Tibú y Sardinata, la Formación Catatumbo es productiva.

1.1.1.2.11 Terciario, Formación barco (tpb):

La Formación Barco es altamente productiva de petróleo. Esta formación consta de una serie de areniscas y arcillas pizarrosas intercaladas que varían según el lugar. Las areniscas son generalmente de grano fino a medio, bien sorteadas, de color gris a gris claro; muestran laminación cruzada y alcanzan espesores hasta de 20 m. Las areniscas de la parte media y baja de la formación muestran un desarrollo secundario de sílice sobre los granos de arena, lo cual ha formado caras cristalinas que expuestos a la luz dan un efecto de destellos, por lo cual se conocen como «arenas chispeantes». Las arcillas pizarrosas y las arcillolitas intercaladas con las areniscas son de color gris oscuro, en parte limolíticas, micáceas y carbonáceas, y muestran localmente abundantes glóbulos de siderita. Hacia la parte posterior de la formación se presentan uno o más mantos delgados de carbón. Las arcillolitas y arcillas pizarrosas forman alrededor de la tercera parte del espesor total de la formación, el cual tiene un promedio de 90 m. La edad de la formación determinada por polen es Paleoceno Inferior (Van der Hammen, 1958).

1.1.1.2.12 Terciario, Formación Los Cuervos (TPc):

La formación consta predominantemente de arcillas pizarrosas, arcillolitas carbonáceas, intercaladas con areniscas de grano muy fino y con mantos de carbón en la parte inferior. Los mantos de 8 a 10 en número varían de espesor desde 0.1 a 2.5 m., son ligníticos a bituminosos, con carbón fijo de 49.0 a 58.4% y constituyen la mayor reserva de carbón en la región. Arriba de la parte carbonácea, la formación consta de arcillolitas grises y gris verdosas, en parte limolíticas y sideríticas. A través de toda la formación se presentan mantos de areniscas duras. El espesor



promedio de la formación es de 300 m. La base de la formación se define donde aparece la primera arenisca bien desarrollada de la Formación Barco, bajo los mantos de carbón. Palinológicamente se la ha asignado una edad Paleoceno, llegando en la parte más superior al Eoceno Inferior (Van der Hammen, 1958).

1.1.1.2.13 Terciario, Formación Mirador (Tem):

La formación Mirador consta predominantemente de areniscas de grano fino a grueso, moderadamente duras a friables, limpias, masivas, de color pardo a blanco, a veces conglomeráticas. Un intervalo de arcillas pizarrosas a veces arenosas y con areniscas delgadas, se presenta de 40 a 75 m encima de la base de la formación con un espesor de 10 hasta 70 m, dividiendo la formación en sus miembros superior e inferior. Las areniscas del miembro inferior son más delgadas y menos limpias que las del resto de la formación. El contacto inferior de la Formación Mirador se marca donde las areniscas bien desarrolladas reposan sobre arcillolitas o limolitas de la Formación Los Cuervos. Este contacto se reconoce fácilmente, tiene carácter de pequeña inconformidad. El espesor de la formación tiene un promedio de 180 m. La edad se ha determinado palinológicamente como Eoceno Inferior a Medio (Van der Hammen, 1958). Esta formación es la más productiva de petróleo en el campo Zulia (1-C y 1-D) de la Chevron Petroleum Company.

1.1.1.2.14 Terciario, Formación Carbonera (Tec):

La Formación Carbonera consta de una serie de arcillolitas intercaladas con areniscas y algunos mantos de carbón en la parte inferior y en el tope de la formación (carbón fijo de 30.2 a 46.6% con un promedio de 39.7%). Las arcillas son de color gris, comúnmente abigarradas y sideríticas; en la parte inferior y superior de la formación hay algunas arcillas Pizarrosas de color gris oscuro. Las areniscas son de color gris verdoso de grano fino a grueso y algo arcillosas; en las partes inferior y superior estas Areniscas son localmente glauconíticas; en estos mismos intervalos hay pequeñas capas de caliza. La formación carbonera reposa concordantemente sobre la Formación Mirador y el límite está marcado por la presencia de las primeras areniscas de grano grueso de la formación Mirador. El espesor promedio es de 500 m la edad de la formación va del Eoceno Superior al Oligoceno Inferior (Van der Hammen, 1958).

1.1.1.2.15 Terciario, Formación León (Tol):

La Formación León está compuesta casi en su totalidad de arcillas pizarrosas de color gris a gris verdoso que presentan horizontes limolíticos hacia la parte baja y alta de la misma. - El contacto inferior de la formación es normal y se marca donde ocurre el cambio de las arcillas pizarrosas puras de esta formación a los sedimentos más arenosos de la Formación Carbonera. El espesor tiene un promedio de 545 m; sin embargo, se han observado espesores mayores más al norte (cuadrángulo F-13) en donde la formación se vuelve más arenosa. Palinológicamente la Formación León es de edad Oligoceno (Van der Hammen, 1958).





1.1.1.2.16 Terciario, Grupo Guayabo (Tmg):

Este consiste, en general en arenas friables de color Pardo a gris claro, limolitas arcillolitas, y arcillas arenosas grises con algunos horizontes de arcillas verdes y abigarradas. El grupo Guayabo reposa concordantemente sobre la Formación León y el límite entre ambas se coloca donde subyacen las arcillas pizarrosas de la formación León. El grupo tiene un promedio de 800m de espesor habiéndose encontrado espesores hasta de 2640 m al sureste de Cúcuta. La edad es principalmente Mioceno, pero posiblemente se extiende hasta el Plioceno, dependiendo de cuando empezó el plegamiento Andino que no se ha fijado en esta área.

1.1.1.2.17 Depósitos Cuaternarios (Q1ala, Q1Q2alo, Q2tr1, Q2tr9, Q2tl1, Q2tl4, Q2c, Q2fe y Q2al)

1.1.1.2.17.1 Depósitos de Llanura Aluvial Antigua (Q1ala)

Diederix et al., (2009) señala que las formaciones terciarias plegadas durante el Plioceno fueron erodadas por la acción erosiva de los ríos Pamplonita, Zulia y Táchira; lo que resulto en la biselación de las estructuras resultantes de la deformación. Esta dinámica fluvial en una extensa llanura aluvial depositó principalmente capas de gravas, que cubrieron toda la superficie en una fase inicial, pero que a medida que los ríos incisarón la superficie, resultaron diferentes niveles de gravas dispuestos localmente. Al occidente de Cúcuta la unidad llanura aluvial antigua es definida por Oviedo (2015) como depósitos remanentes colgados sobre la topografía ascendente del terciario a unos 270 metros de altura, y con una diferencial al cauce del río Zulia de 69 metros, así mismo, localmente se presentan como superficies planas bordeadas por drenaje en fase erosiva y no gradacional.

Texturalmente los depósitos de llanura aluvial antigua se conforman de gravas de guijarros medios a gruesos con cantos subredondeados a redondeados; composicionalmente se caracterizan gabros, ortoneis, esquistos, cuarzoarenitas y arenas líticas, la fábrica del sedimento es clastosoportada bimodal de matriz bien calibrada (Oviedo, 2015).

1.1.1.2.17.2 Depósitos de Llanura Aluvial Antigua Local (Q1Q2alo)

Texturalmente los depósitos de llanura aluvial antigua local exhiben gravas de guijos finos a gruesos, subredondeados a redondeados, clastosoportada con matriz pobremente calibrada, polimodal. Composicionalmente conformados por rocas sedimentarias en un 95 % (cuarzoarenitas blancas bien cementadas de granos gruesos a muy gruesos, subangulares a subredondeados; cuarzoarenitas de grano medio a grueso, color blanco amarillento, pobre a moderadamente calibrada; cuarzoarenita de grano medio a grueso, color blanco, bien cementada con presencia de caolinita diseminada por la roca, granos subangulares a subredondeados y conglomerados de guijarros finos a medos de cuarzo, de clastos subangulares a subredondeados) (Oviedo *et al.*, 2016).





1.1.1.2.17.3 Depósitos de Terrazas fluviales Regionales (Q2tr1 - Q2tr9)

En sectores asociados al cauce del río Zulia las terrazas basculadas (Qtr1), texturalmente se conforman de gravas de guijarros finos a gruesos, con cantos subredondeados a redondeados, clasto soportada con matriz pobremente calibrada y polimodal. Composicionalmente conformada por rocas metamórficas (47 %), rocas ígneas (21 %) y rocas sedimentarias (32 %) (Oviedo, 2015).

1.1.1.2.17.4 Depósitos de Terrazas Fluviales Locales (Q2tl1 - Q2tl4)

Composicionalmente estas terrazas presentan diferente composición en el armazón del depósito a las terrazas regionales debido a que afecta el área fuente de estas varia, principalmente por su área de captación en el caso de las terrazas locales, el área fuente de sedimento es restringido, como por ejemplo la Quebrada Tonchalá concentra clastos sedimentarios de rocas del Paleógeno – Neógeno, que principalmente provienen de rocas aflorantes cercanas.

1.1.1.3 GEOLOGÍA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

1.1.1.3.1 Unidades de geología para ingeniería (UGI)

El presente subcapítulo brinda información sobre la distribución y propiedades de los materiales presentes en el suelo y subsuelo en el área de influencia del Municipio de San José de Cúcuta en el departamento de Norte de Santander, a partir de las unidades de geología para ingeniería. Dichas unidades principalmente se basan en las unidades geológicas ingenieriles. Hermelín (1985) y Salazar (1995) mencionan que las unidades superficiales son el conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros, y se propone que dichos materiales deben ser clasificados según su origen, ya sean estos, suelos transportados o residuales, rocas o suelos antrópicos, con el fin de delimitar el área de estudio en zonas que representen un alto grado de homogeneidad de los materiales respecto a sus propiedades. Para el presente estudio se tomaron en cuenta espesores mayores a dos metros.

La Geología aplicada a la Ingeniería constituye así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad en las fases de prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción, operación y el mantenimiento de obras de ingeniería; así como otros aspectos de los proyectos dentro de los que están el planeamiento del uso del suelo para el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y el desarrollo minero; igualmente en los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos. Las unidades geológicas ingenieriles se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre, son unidades cartografiables y uno de los productos básicos de la geología aplicada a la ingeniería (SGC, 2015). La metodología que se empleara es la propuesta en la Guía metodología de estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico de Colombia.





1.1.1.3.1.1 Factores considerados en la clasificación de las unidades geológicas ingenieriles (UGI)

En la cartografía geológica para la ingeniería, la clasificación de rocas y suelos se estableció con las propiedades físico-mecánicas de los materiales, su origen, la diagénesis, el tipo de roca y los procesos de meteorización, los cuales rigen el comportamiento mecánico de dichos materiales (resistencia, deformabilidad, durabilidad, permeabilidad, entre otros). Para la descripción y caracterización de las Unidades Geológicas Ingenieriles (UGI) se tienen en cuenta los siguientes parámetros fundamentales: génesis, litología (composición y textura), dureza o resistencia, discontinuidades estratigráficas, grado de meteorización y rasgos estructurales (Gráfica 5). Estas características se obtienen mediante la descripción de los perfiles de afloramientos rocosos, exploración del subsuelo, muestreo de suelos, ensayos in situ y análisis de laboratorio (Tabla 1).

Gráfica 5. Metodología para la clasificación de las UGI



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Tabla 1. Unidades geológicas para la ingeniería según su origen

UNIDADES DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA SEGÚN SU ORIGEN	
ORIGEN	TIPO
Roca in situ	Roca Sana
	Saprolito
	Suelo Residual
Transportado	Suelo Transportado

Fuente: Tomado y modificado de Hermelín 1987



1.1.1.3.2 Unidades de geología para ingeniería el casco urbano del Municipio

A manera de resumen, se inició con la identificación del origen de las unidades, principalmente con la identificación de unidades litoestratigráficas asociadas al perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta. Llegando a la conclusión de que, en la totalidad del perímetro y áreas aledañas al mismo, afloran las unidades litoestratigráficas, según la plancha 88 del Servicio Geológico: Para todas las unidades presentes se elaboró un formato de caracterización en campo que se pueden encontrar en el anexo 1 de este informe.

- Formación Carbonera (E2E3c)
- Formación León (E1N1l)
- Grupo Guayabo (N1N2g)
- Depósitos de llanura aluvial antigua (Q1ala)
- Depósitos de llanura aluvial antigua local (Q1Q2alo)
- Depósitos de terrazas (Q2tr, Q2tl, Q2t)

Luego se estableció que a partir de estas rocas se desarrollaron unidades de roca, suelos transportados y también depósitos asociados a la meteorización de los materiales de dichas formaciones. Además, se observaron también unidades de suelo asociadas a la intervención del hombre en el terreno, como lo son los rellenos antrópicos.

En la visita a campo del área, se observó una zona completamente influenciada por la meteorización y en general por procesos denudativos, con laderas de pendiente corta a muy corta y donde se evidencia la afectación de la geología estructural puesto que la estratificación alcanza un buzamiento de más de 70°.

En la cartografía geológica para ingeniería se consideran como suelos los materiales granulares cementados o no cementados (arena, limo, grava y bloques) y arcillas plásticas cohesivas y la combinación de estos dos tipos. Los suelos transportados son depósitos que se originan por la acumulación de material arrastrado por la acción del viento, agua, hielo, erupciones volcánicas o por efecto de la gravedad.

Bajo este criterio, se lograron identificar trece (13) unidades de geología para ingeniería que pueden observarse en la tabla de la siguiente página, , siendo estas unidades derivadas de roca in situ, depósitos de ladera, depósitos aluviales y rellenos antropogénicos: 1. Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo; 2. Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo; 3. Roca intermedia de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera; 4. Roca blanda de lodolitas del Grupo Guayabo; 5. Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León; ; 6. Depósito de ladera; 7. Suelo transportado de cauce activo; 8. Suelo transportado aluvial de terraza alta de limos; 9. Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas; 10. Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con cantos; 11. Suelo transportado de terraza media; 12. Suelo transportado de terraza baja; 13. Suelo de llenos Antrópico (Tabla 2). En el presente trabajo se realiza una descripción general de cada unidad de geología para ingeniería y seguidamente se describe esta misma unidad en cada zona donde fue localizada y en la cual difieren sus características y relaciones con otras unidades adyacentes.





Tabla 2. Unidades geológicas ingenieriles para la zona de estudio

UNIDADES GEOLÓGICAS INGENIERILES (UGI)					
ORIGEN	CLASE	UNIDAD	NOMENCLATURA	ÁREA	PORCENTAJE
Roca In Situ	Unidades de roca	Roca intermedia con intercalaciones de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo	Rilag	754,19 ha	9,14 %
		Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo	Riag	229,49 ha	2,90 %
		Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera	Rilac	109,55 ha	1,32 %
		Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo	Rblg	542,10 ha	6,57 %
		Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León	Rmbll	2305,96 ha	27,95 %
Suelos Transportados	Depósito de Ladera, de vertientes o coluviales	Suelo Transportado De Depósito De Ladera	StdI	119,88 ha	1,55 %
Suelos Transportados	Depósitos aluviales	Suelo Transportado Aluvial De Cauce Aluvial	Stca	97,79 ha	1,18 %
		Suelo Transportado Limo Arenoso.	Stla	117,03 ha	1,48 %
		Suelo transportado Aluvial de Terraza alta	Stata1	259,81 ha	3,14 %
		Suelo transportado Aluvial de Terraza alta	Stata2	1161,76 ha	14,08 %
		Suelo Transportado Aluvial De Terraza Media	Statm	1770,72 ha	21,46 %
		Suelo Transportado Aluvial De Terraza Baja	Statb	727,03 ha	8,81 %
Suelo Antrópicos	Antrópicos	Suelo de llenos antrópico	Ant	44,59 ha	0,54 %



1.1.1.3.2.1 Unidades de roca

Para la caracterización de Unidades de roca se tiene en cuenta la clasificación que se realiza en campo con los macizos rocosos. Se estableció un formato (anexo 2-macizos rocosos) donde se incluyen los parámetros relacionados con la estratificación y las diferentes discontinuidades presentes en el afloramiento (fallas, diaclasas, foliación, etc.).

Para este estudio se utilizará la clasificación geomecánica de macizos rocosos con base en los sistemas de clasificación de RMR propuesto por Bienawski (1973).

1.1.1.3.2.1.1 Rocas intermedias de areniscas y lodolitas de la Formación Carbonera (Rilac)

La Formación Carbonera es nombrada por Notestein *et al.* (1944), en la Concesión Barco por la exposición observada en la quebrada Carbonera, tributaria del río Zulia en el flanco oriental del Anticlinal de Petrolea. Según Sutton (1946) el nombre es usado por Notestein *et al.* (1944) para reemplazar en Colombia los términos “*Primer horizonte de Carbón*” y “*Horizonte de shale arenoso*” de Liddle (1928, en Sutton, 1946) los cuales son inválidos por no derivarse de una ubicación geográfica. (SGC – 2016)

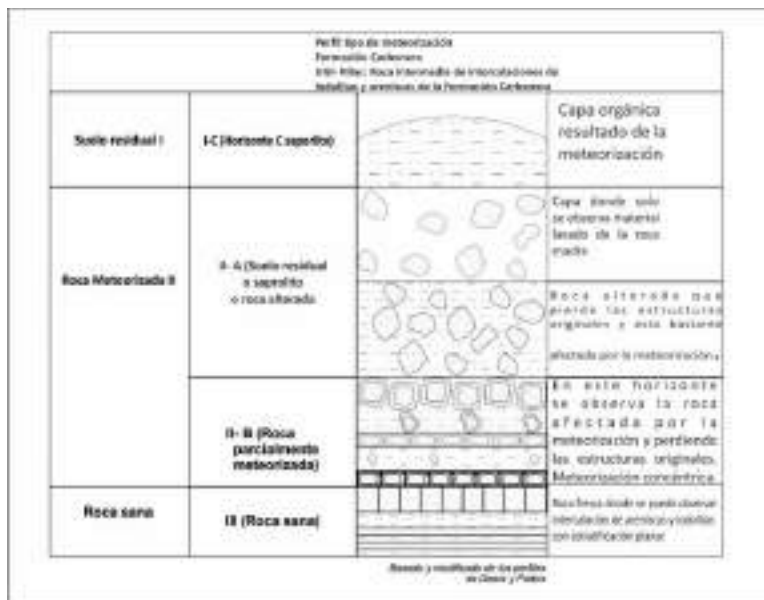




La Formación Carbonera se encuentra afectada por la Falla Tasajero Norte, mostrándose hacia el Norte del casco urbano del municipio de San José de Cúcuta con un alto diaclasamiento y en algunos casos basculamiento. Su origen no es claro, según Sutton (1946), propone que, por la fauna encontrada, pudo originarse en un ambiente salobre y marino somero. Esta unidad se caracteriza por presentar intercalaciones de areniscas de grano fino a medio de color pardo y lodolitas de colores grisáceos y marrones, los espesores de las capas varían de 30 cm a 2 m. Las areniscas pueden encontrarse masivas o con laminación plano-paralela. Afloran principalmente al noroccidente de la ciudad de Cúcuta, en el barrio Panamericano, Virgilio Barco y el Cerrito entre otros, donde se puede observar que las areniscas están fuertemente diaclasadas con aberturas de más de 10 cm rellenas de materiales arcillosos e intercaladas con capas de lodolitas altamente meteorizadas. Localmente en el barrio La Concordia las areniscas intercaladas con las lodolitas están dispuestas casi horizontalmente, aflorando en superficie las areniscas con espesor de 2 metros.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos perfiles son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para rocas sedimentarias. Se muestra como las intercalaciones de lodolitas y areniscas están siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual (Gráfica 6)

Gráfica 6. Perfil tipo de meteorización para la Formación Carbonera



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa presenta una dureza intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante el golpe de martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la Gráfica 7.



Gráfica 7. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roclita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, litas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcilloita, carbón, concheto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0.25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Sabanda arcillosa dura.

Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN - 1997

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas, la cual es la litología predominante, presenta una resistencia clase R4 (Resistente), ya que un trozo de roca requiere más de un golpe de martillo geológico para fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 2-4 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (Muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1mpa no son muy confiables (Gráfica 7). Igualmente, esta unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta ya que como se definió anteriormente se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.1.3.2.1.1.1 Rocas intermedias de areniscas y lodolitas de la Formación Carbonera (Rilac) (Zona de Expansión Urbana Trigal del Norte)

Esta unidad se encuentra ubicada hacia el norte del Municipio, compuesta por areniscas de color pardo de grano fino a medio con cemento ferruginoso, de la Formación Carbonera, principalmente hacia el Trigal del Norte.

Se ubica sobre el horizonte II-B del perfil tipo de meteorización pues aún conserva las características originales de la roca, pero presenta un grado medio a alto de meteorización y también se desarrolla un nivel de suelo saprolítico de aproximadamente 50 cm. Según lo



observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 6)

Gráfica 8: Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera en la zona de expansión urbana.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017. Coordenadas: E 843914,08 m, N 1371889,45 m

Esta unidad se caracteriza por presentar iintercalaciones de areniscas de grano fino a medio de color pardo y lodolitas de colores grisáceos y marrones, los espesores de las capas varían de 30 cm a 2 m. Las areniscas presentes en esta zona son de grano fino a grueso pueden encontrarse masivas o con laminación plano-paralela (Gráfica 8).

En esta unidad las areniscas son predominantes y presenta una resistencia clase R4 (Resistente), ya que un trozo de roca requiere más de un golpe de martillo geológico para fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 2-4 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (Muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. No se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 7). Igualmente, esta unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta ya que como se definió anteriormente se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.1.3.2.1.2 Rocas Intermedias de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag)

El Grupo Guayabo se encuentra afectado por el sistema de fallas de Tasajero (Fallas Tasajero y Atalaya), las capas se encuentran plegadas a lo largo del rumbo de las mismas y hacia el sur se



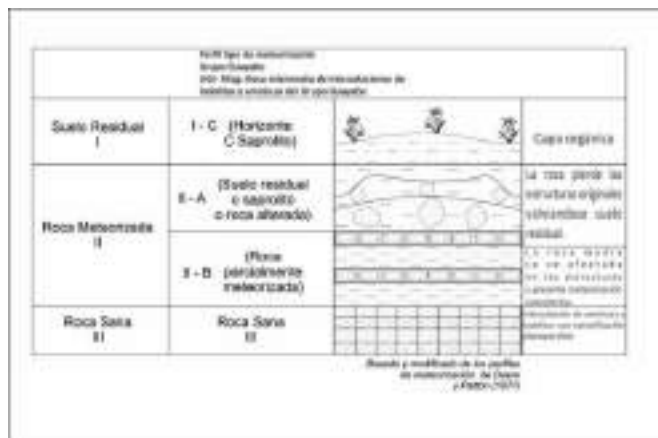
encuentra desplazada por la Falla San José; debido a esto, la roca se encuentra bastante diaclasada. El ambiente de sedimentación se define como un ambiente continental.

El nombre del grupo Guayabo es tomado del Cerro Guayabo en el Distrito de Colón en Venezuela, introducido por geólogos de la *Caribbean Petroleum Company* (Notestein *et al.*, 1944), específicamente descrito por Liddle (1928, en Sutton, 1946) donde posteriormente Notestein *et al.* (1944) la eleva a grupo, no obstante, el grupo no se divide en unidades formales (*e.g.* formaciones) (Sutton, 1946). (SGC - 2016)

Se observan intercalaciones entre areniscas de grano fino, medio y grueso localmente conglomeráticas con laminación cruzada y plano paralela, y capas de lodolitas de colores grises, pardos, marrones, morados y rojizos (abigarradas). Localmente se observan capas de shale de color gris con espesores hasta de 1,5 metros. En general los espesores de las capas de arenisca y lodolitas varían desde 1 m a 10 m, conservándose una relación predominante 1 a 1 entre las dos litologías, las areniscas se pueden observar fuertemente diaclasadas, principalmente hacia las partes más cercanas de las estructuras principales. Sobre esta unidad es común encontrar erosión diferencial, debido a la acción del agua la cual afecta principalmente las rocas más débiles, alterándolas y disgregándolas a tal punto que las rocas más resistentes se ven afectadas por procesos morfo dinámicos de caída de detritos y bloques. Esta intercalación se puede encontrar a lo largo de toda la extensión de la ciudad de Cúcuta.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las intercalaciones de lodolitas y areniscas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual (Gráfica 9).

Gráfica 9 Perfil tipo de meteorización para los niveles de intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza muy blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante el golpe de martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra a continuación (Gráfica 10).

Gráfica 10 Clasificación de la roca según la resistencia intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarzo.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Areniscas, arenisca, basalto, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roble, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico pero fracturarse.	Caliza, mármol, felds, arenisca, esquisto, pizarra.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Avellana, carbón, conchito, esquisto, pizarra, lodolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0.25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Sabanda arcillosa dura.

Fuente: Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN – 1997 por Unión Temporal Planeando Cúcuta

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia entre clase R4 (Resistente) y R3 (Moderadamente resistente), ya que presenta una variabilidad de la resistencia según el grado de meteorización presente obteniendo que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 2-10 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (Muy débil) y R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1mpa no son muy confiables (Gráfica 10). Esto se confirma con los resultados de las pruebas de macizos rocosos que se realizaron a las areniscas presentes en toda el Grupo Guayabo.

Igualmente, esta unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta, ya que como se definió anteriormente, se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.1.3.2.1.2.1 Rocas Intermedias de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag) en la zona del Cerro de San Luis

Esta unidad se caracteriza por una intercalación entre capas potentes de lodolitas abigarradas y areniscas, en el barrio Santa Clara sobre el Cerro de San Luis. Las lodolitas muestran colores



rosados, rojos, pardos y morados con un espesor que varía entre 4 -6 m; las areniscas presentan colores amarillentos con láminas de color rosado, localmente son conglomeráticas y presentan laminación cruzada en artesa, con algunas costras de hierro en el techo con un espesor máximo de 5m (Gráfica 11). Estas capas presentan una orientación promedio de 232° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 35° hacia el Noroeste, mostrando dos familias de diaclasas.

En el perfil de meteorización tipo, para la intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo, se logra ubicar, para este caso, que la roca se encuentra parcialmente meteorizada (II-B) y hacia la parte superior se encuentra como suelo residual (II-A), según la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 9).

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (Moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 10).

Gráfica 11 Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo en la zona de San Luis. Coordenadas: N: 1.365.339,73, E: 846.689. Ubicación: Barrio Santa Clara del Cerro San Luis. Afloramiento de 4 metros de alto y 20 metros de ancho

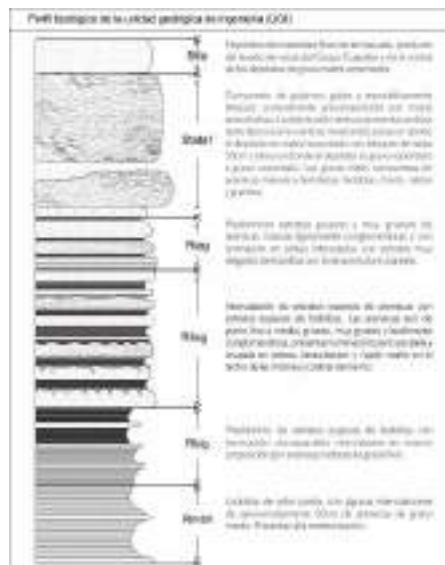


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA

Igualmente se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rilag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 12).



Gráfica 12 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona de San Luis



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.1.2.2 Rocas Intermedias de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag) en la zona Cerro de la Cruz Barrio Los Alpes

Esta unidad está compuesta por areniscas de grano fino a medio, con granos subredondeados, matriz lodosa, tonalidades que van desde el amarillo claro a marrón amarillento medio. Se observa fracturamiento con un espaciamiento promedio de unos 15cm. Son moderadamente meteorizadas y se dejan rayar por la navaja. Los paquetes de lodolitas son varicoloreados desde el tono crema claro al rojo medio, se observan moderadamente fracturadas con algún grado de fisilidad. Las capas buzcan localmente 21° con rumbo N38°E. En este sector se encuentra un rumbo de estructura NE-SW, puntualmente la imagen utilizada se encuentra en el Cerro la Cruz del Barrio Los Alpes, en la cima cerca de una escuela y a unos 200 metros del polideportivo del Barrio los Alpes. Esta unidad presenta un espesor máximo visible de 4 m. (Gráfica 13).

Ubicando estas intercalaciones sobre el perfil tipo de meteorización, concuerdan con una roca parcialmente meteorizada (II-B) y empieza un pequeño horizonte de suelo residual (II-A) producto de la meteorización de las lodolitas en mayor parte. Según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 9).



Gráfica 13: Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo en el barrio Los Alpes. Coordenadas: N: 7.895695, W: 72.516648, Z: 396 m.s.n.m. Ubicación: Barrio los Alpes



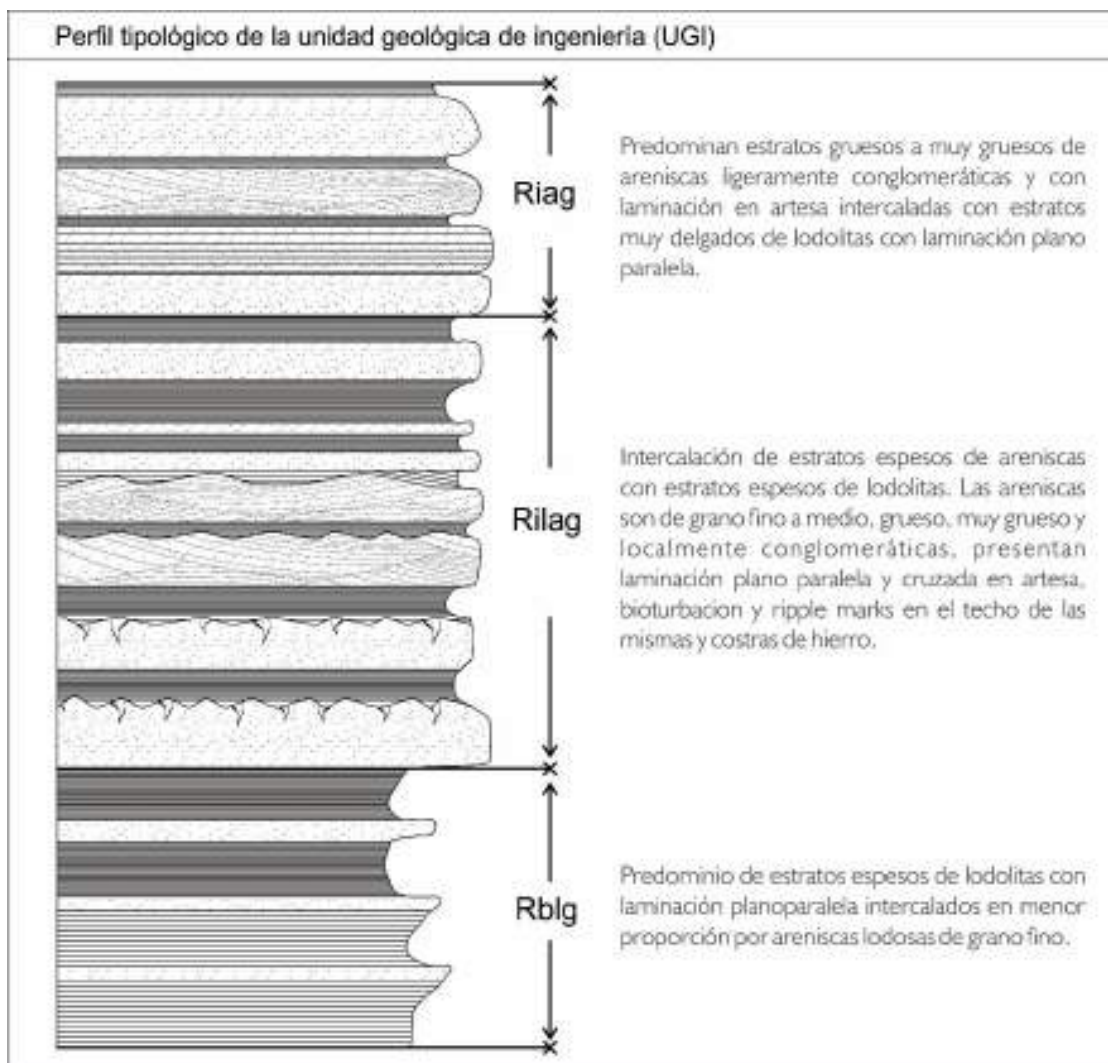
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa (Gráfica 10). En la parte de las capas de lodolitas tiene una resistencia de clase R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Con un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 10). Esta unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta, ya que como se definió anteriormente se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

Igualmente, se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rilag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 14).



Gráfica 14 Perfil Unidades de Geología para Ingeniería Zona Cerro de La Cruz



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.1.2.3 Rocas Intermedias de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag) en el Cerro del Nazareno.

En la zona del barrio del progreso, el suelo se ve más afectado por la meteorización que hacia el área del cerro Atalaya, aquí las intercalaciones entre las areniscas y las lodolitas son centimétricas, con algo de prevalencia de las arcillas sobre las areniscas con espesores que varían de 0.4 m. a 0.6 m. Las areniscas son de grano muy fino a fino, bien seleccionadas y se pueden observar algo diaclasadas. Por observaciones hechas en campo se sabe que hacia el occidente las capas de lodolitas se hacen más gruesas con un espesor promedio de 6 m. El perfil de meteorización es de casi un metro (Gráfica 15).



Esta unidad está compuesta por areniscas de grano muy fino a fino, con granos subredondeados, matriz lodosa, colores que van desde el pardo claro a marrón medio, se observa fracturamiento con un espaciado promedio de unos 40 cm, están moderadamente meteorizadas y se dejan rayar por la navaja. Los paquetes de lodolitas son de color crema claro a rojizos, se observan moderadamente fracturadas con algún grado de fisilidad. Presenta un espesor promedio de 5 m. y las capas presentan una orientación promedio de 253° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 52° hacia el noroeste.

Se puede apreciar un gran nivel saprolítico de aproximadamente un metro (I-C) y luego las areniscas intercaladas con las lodolitas donde es clara la estructura de la roca ya está afectada por la meteorización (nivel II-B). Según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 9).

Gráfica 15 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo en la zona 6. . Coordenadas: E 838.399, N $1'367.707$, Z: 362 m.s.n.m. Ubicación: Subiendo al Cerro Jesús Nazareno, margen izquierdo de la vía Barrio el Progreso.



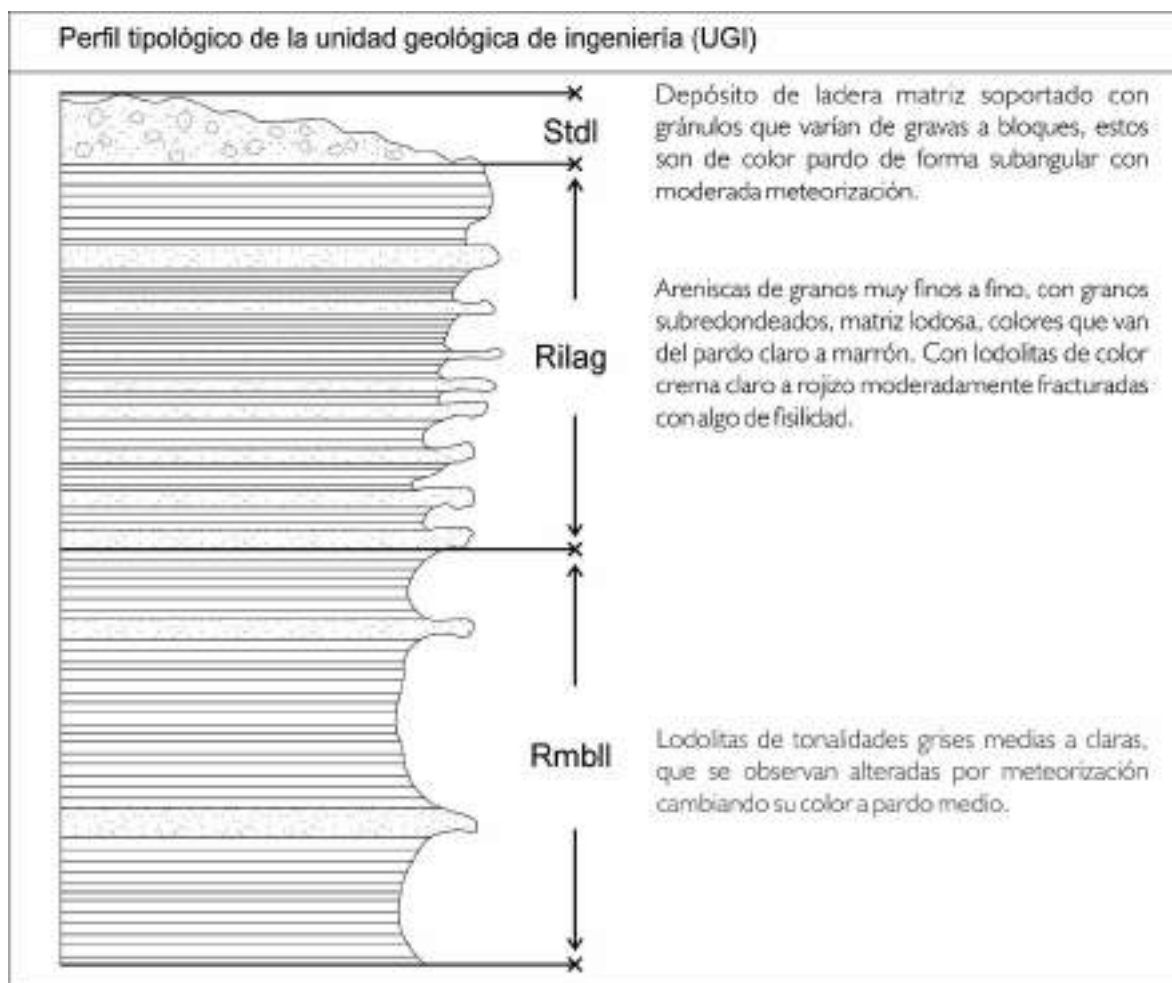
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia R3 (moderadamente resistente), definiéndose en campo, ya que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 2-10 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (Muy débil) y R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa (Gráfica 10). Esto se confirma con los resultados de los macizos rocosos que se realizaron a las areniscas presentes en todo el Grupo Guayabo.



Igualmente, se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rilag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 16).

Gráfica 16 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Cerro del Nazareno.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.1.2.4 Roca intermedia de intercalaciones de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag). En la Zona Barrio Santander

Localizada en el Barrio Santander, está conformada por intercalaciones entre areniscas de grano fino y lodolitas de color amarillo del Grupo Guayabo en el Barrio Santander, las capas tienen espesores entre 1 y 1,5 metros y su geometría es tabular, están fuertemente diaclasadas y se presentan caídas de bloques de hasta un metro cúbico, el afloramiento tiene 2 metros de altura y 2,5 metros de ancho (Gráfica 17). Las capas presentan una orientación promedio de 20° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 55° hacia el Noreste



Dentro del perfil de meteorización tipo, esta unidad se ubica en el horizonte II-B donde la roca está parcialmente meteorizada, puesto que las areniscas mantienen su estructura original, pero presentan un grado medio de meteorización, mientras que las lodolitas se ven más afectadas por la meteorización. Según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 9).

Gráfica 17 Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo Barrio Santander.. Coordenadas: X: 841.125, Y: 1.362. 418. Ubicación: Barrió Santander



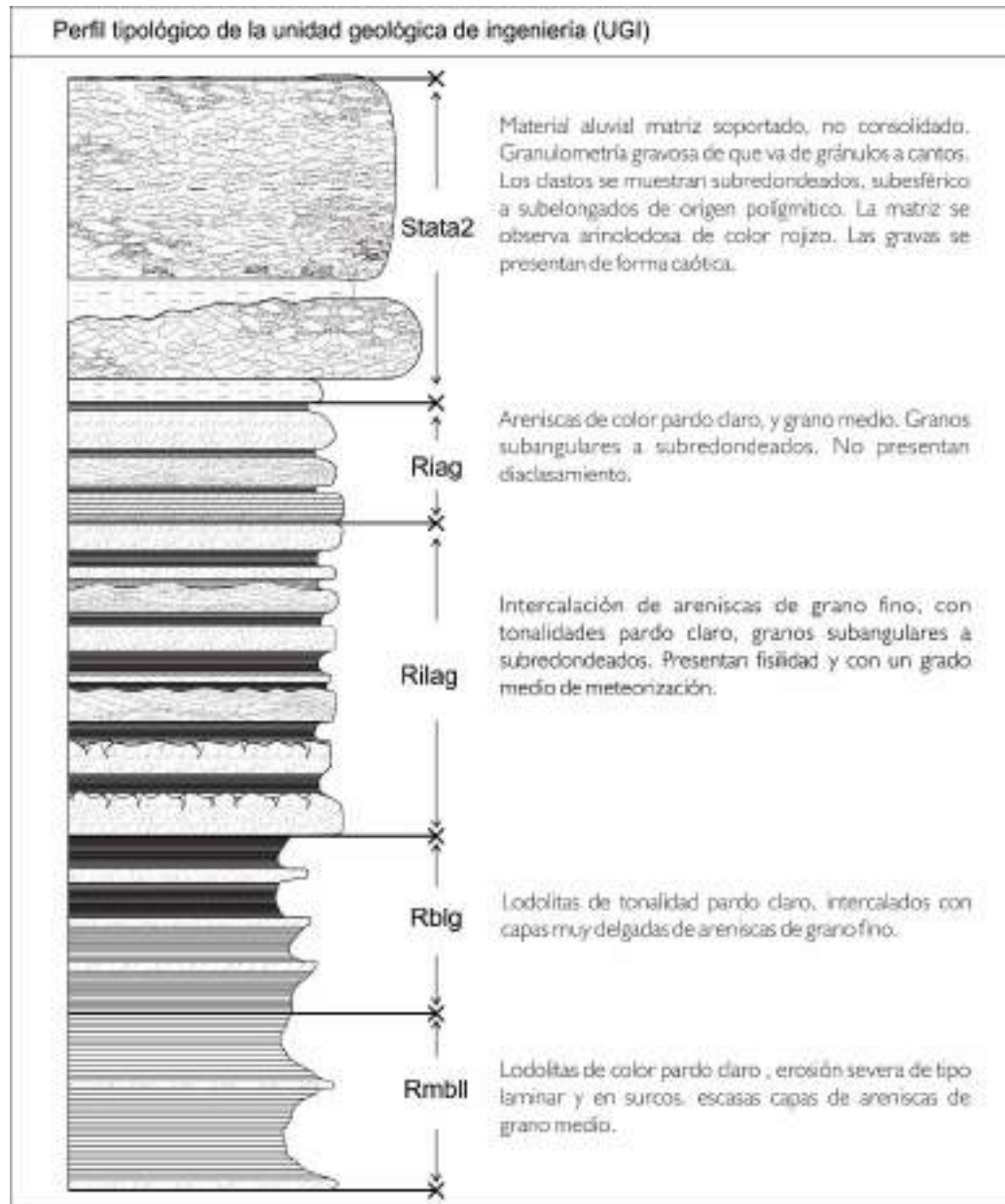
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas tiene una resistencia entre clase R3 (moderadamente resistente) obteniendo que un trozo de roca puede fracturarse con un golpe del martillo geológico, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 100 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 4-10 Mpa. Las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (Muy débil) y R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 10). Igualmente, esta unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta ya que como se definió anteriormente se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rilag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 18).



Gráfica 18 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona del Barrio de Santander.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.1.2.5 Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag). Zona de Expansión Sur del barrio Santander.

Se encuentra localizada hacia el sector suroccidental del casco urbano, localizada en el Barrio Santander, está conformada por intercalaciones entre areniscas de grano fino y lodolitas de color pardo claro del Grupo Guayabo en el Barrio Santander, las capas tienen espesores entre 1 y 1,5 metros y su geometría es tabular; están fuertemente diaclasadas y se presentan caídas de



bloques, buzan 41 grados al noroccidente, el afloramiento tiene 2 metros de altura y 2,5 metros de ancho (Gráfica 19).

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia entre clase R4 (resistente) dado que un trozo de roca puede fracturarse con varios golpes con el martillo geológico, con un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 2-4 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (Muy débil) y R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 10). Igualmente, esta unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta ya que como se definió anteriormente se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

Dentro del perfil de la meteorización tipo se ubican en el horizonte II-B donde la roca está parcialmente meteorizada; las areniscas mantienen su estructura original, pero presentan un grado medio de meteorización, mientras que las lodolitas se ven más afectadas por la meteorización. Según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 9).

Gráfica 19 Roca intermedia de intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo. Coordenadas: E 841.096 m, N 1'361.772 m



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.1.3 Rocas Intermedias areniscas friables del Grupo Guayabo (Riag)

El nombre del grupo Guayabo es tomado del Cerro Guayabo en el Distrito de Colón en Venezuela, introducido por geólogos de la *Caribbean Petroleum Company* (Notestein *et al.*, 1944), específicamente descrito por Liddle (1928, en Sutton, 1946) donde posteriormente Notestein *et al.*

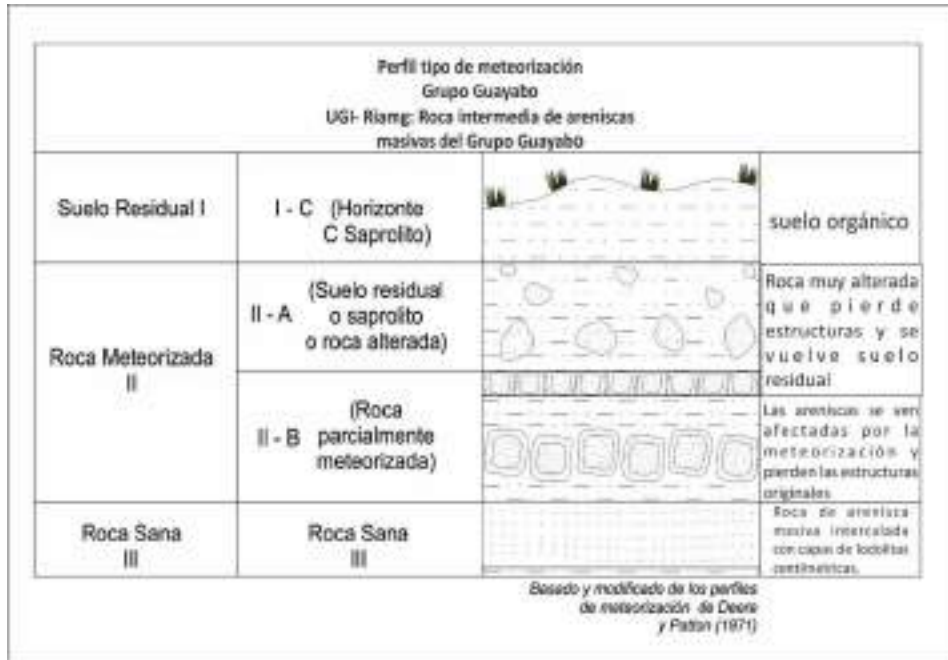


(1944) la eleva a grupo, no obstante, el grupo no se divide en unidades formales (e.g. formaciones) (Sutton, 1946). (SGC - 2016).

El Grupo Guayabo (areniscas), se encuentra afectado por el sistema de fallas de Tasajero (Fallas Tasajero y Atalaya), las capas se encuentran plegadas a lo largo del rumbo de las mismas y hacia el sur se encuentran desplazadas por la Falla San José. En este caso las areniscas se encuentran en su mayoría sobre el flanco W del Sinclinal de Cúcuta, siendo el flanco más inclinado por la influencia del sistema de Fallas de Tasajero. Como consecuencia, la roca se encuentra con un alto grado de diaclasamiento. El ambiente de sedimentación es continental. Son areniscas de grano fino, medio, grueso y muy grueso localmente conglomeráticas. Presentan espesores de 1 m a 12 m, se pueden encontrar capas de lodolitas de color gris, marrón, rojo y morado (abigarradas) que por lo general no superan los 4 m. Aunque son areniscas bastante compactas, como resultado del fuerte diaclasamiento se ven afectadas en alto grado por la meteorización.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las areniscas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual (Gráfica 20).

Gráfica 20 Perfil tipo de meteorización de areniscas friables del Grupo Guayabo.



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante el golpe de martillo geológico, según la estimación de



campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra a continuación (Gráfica 21).

Gráfica 21. Clasificación de la roca según la resistencia de las areniscas friables del Grupo Guayabo.

Clase (x)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan desmenuzamientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gresis, granito, cuarcita
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Arcoxia, arenisca, basalto, gábs, gresis, granodiorita, caliza, mármol, roca, tiza
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza mármol, filiz, arenisca, esquisto, pizanas
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible desmenuzar la roca con un cortaplumas.	Arcoxia, carbón, conchero, esquistos, pizanas, limolitas
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser desmenuzada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio
R1	Muy Débil	1 – 5	(h)	La roca se desmenuza al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser desmenuzada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Sabandija arcillosa dura.

Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN - 1997

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia entre clase R5 (muy resistente) y R4 (resistente), ya que presenta una variabilidad de la resistencia según el grado de meteorización presente obteniendo que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 2-10 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La capa superficial de la roca se puede quitar con un cortaplumas, pero con dificultad. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 21). Esto se confirma con los resultados de pruebas de macizos rocosos que se realizaron a las areniscas presentes en el Grupo Guayabo.

Esta unidad de areniscas con capas de lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta, como se definió anteriormente, la unidad de roca se presenta altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.1.3.2.1.3.1 Roca Intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo (Riag) en la zona del Cerro de San Luis

Ubicada sobre el barrio Caño Fistolo, está compuesta por capas de arenisca pardas de grano medio a grueso, con laminación en artesa. En general se aprecian 3 familias de diaclasas; por la posición de las areniscas no se puede apreciar su espesor; donde las capas presentan una orientación promedio de 228° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 54° hacia el noroeste (Gráfica 22).



Las areniscas del Grupo Guayabo se ubican en el perfil tipo de meteorización sobre la roca parcialmente meteorizada (II-B), según lo observado en campo y la correlación con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 20).

Gráfica 22: Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo (Riag). Coordenadas: N: 1.365.601, 58, E: 846.822. Ubicación: Barrio Caño Fistulo del Cerro San Luis. El afloramiento tiene una altura de 5 metros y un ancho de 60 metros.



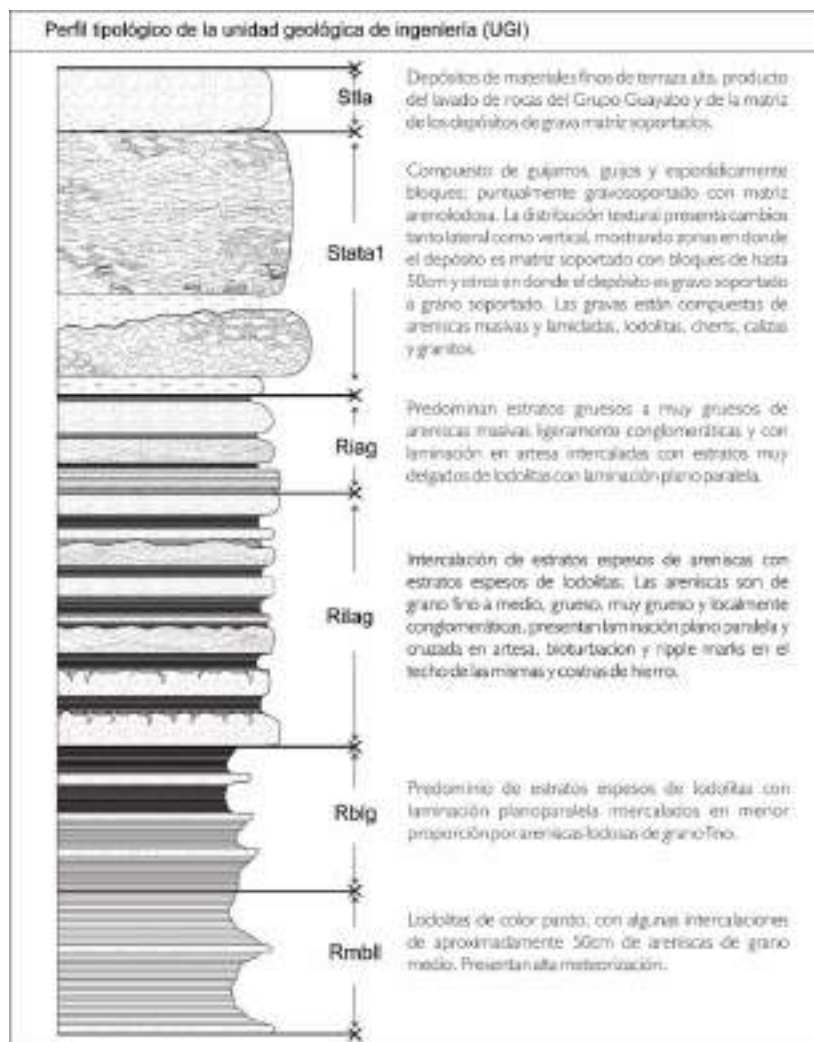
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA.

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 21).

Igualmente se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Riag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 23).



Gráfica 23 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona del Cerro de San Luis.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA

1.1.1.3.2.1.3.2 Roca Intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo (R1ag) en la zona del Barrio Carora

Roca intermedia de arenisca de grano medio con matriz arcillosa, masiva, colores amarillo medio a claro, se permite rayar con la navaja, presenta dos familias de diaclasas (J1: 273°/52°; J2: 187°/67°) y el dato de estratificación es N31E°/73°. Presenta intercalaciones de lodolitas de poco espesor. En cercanías del canal Bogotá, en el barrio Carora, se observan viviendas que están construidas sobre la roca, indicando que estas capas son competentes, pero de la misma forma cuando su inclinación es alta, y las capas de arcilla desaparecen por erosión, estos paquetes tienden a caer bajo su propio peso, generando afectaciones a la comunidad. Por la avenida primera en dirección oriente, metros arriba antes de llegar al cruce conocido como la X, se encuentra una fábrica de colchones y en su costado se puede observar el afloramiento anteriormente descrito.



Aquí podemos apreciar las capas potentes de areniscas masivas, parcialmente meteorizadas (II-B) ubicándola sobre el perfil de meteorización tipo. Según lo observado en campo y la correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 20).

Gráfica 24. Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo. . Coordenadas: N: 7.90380, W: 72.51064, Z: 350 m.s.n.m. Ubicación: Avenida de la X, Barrio los Alpes



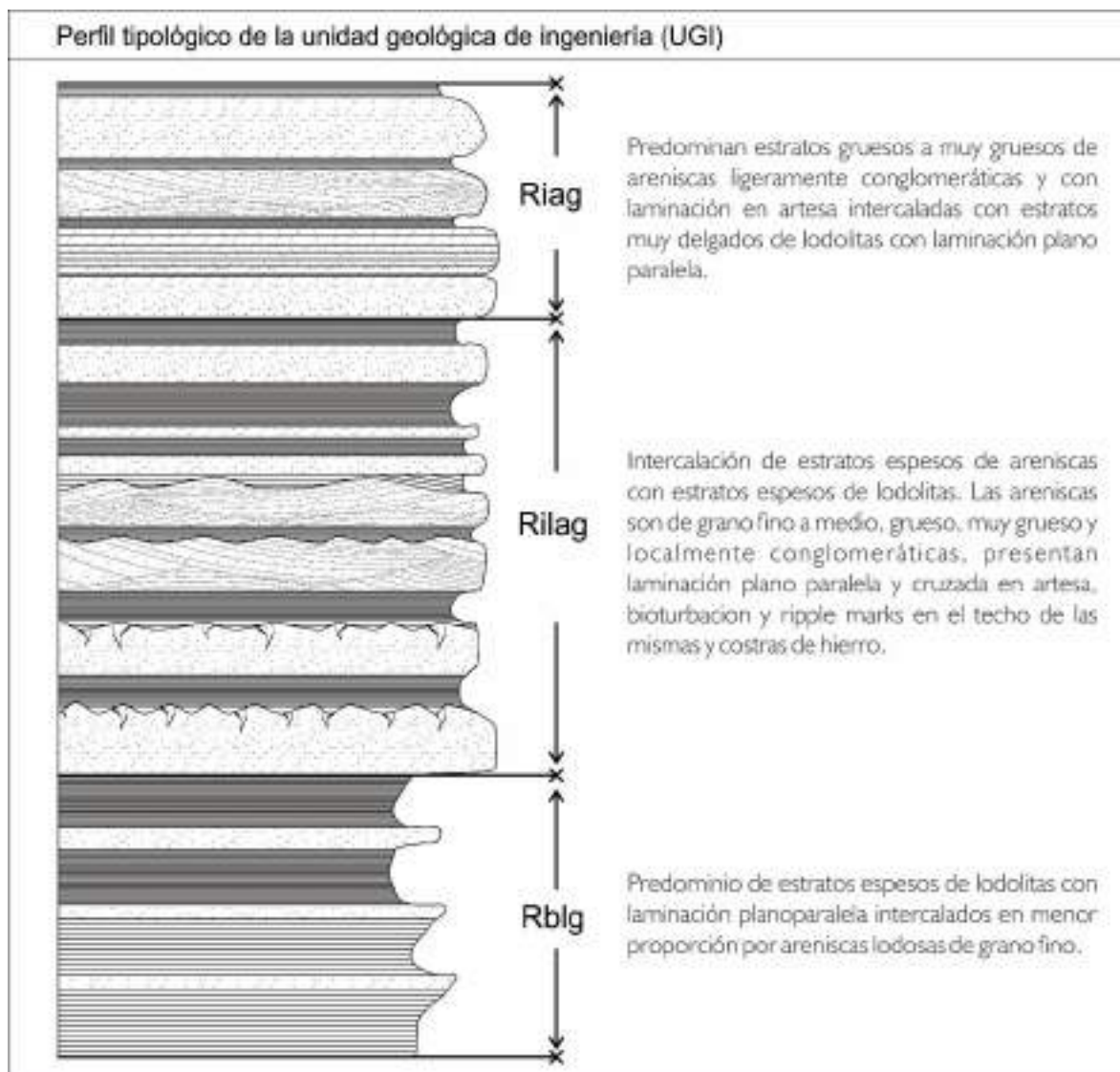
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que presenta una variabilidad de la resistencia según el grado de meteorización presente obteniendo que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, teniendo así un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la sección de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. Se puede quitar con dificultad la capa superficial de la roca con un cortaplumas. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 21). Esta unidad de areniscas con capas de lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Riag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 25).



Gráfica 25 Perfil Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Carora



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.1.3.3 Roca Intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo (Riag). Barrios San Rafael y Santo Domingo.

Capas de arena potentes sobre la vía que conduce del centro de Cúcuta al Pórtico en el barrio Santo Domingo. La arena es de color pardo y es de grano medio, las capas tienen espesores desde 2 a 5 metros y tienen una geometría tabular, no se observan diaclasamientos fuertes ni meteorización, el afloramiento tiene 7 metros de alto y 12 metros de ancho (Gráfica 26). Las capas presentan una orientación promedio de 262° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 32° hacia el noroeste



Las areniscas friables están en transición entre el horizonte de roca sana y el horizonte II-B donde en algunas zonas ya aparece la roca parcialmente meteorizada sin perder su característica principal que es la gran compactación. Según lo observado en campo y la correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 20).

Gráfica 26 Roca intermedia de areniscas friables del Grupo Guayabo Barrio Santo Domingo. . Coordenadas: X 842.987, Y: 1.362.577. Ubicación: Centro de Cúcuta en el pórtico, Barrio Santo Domingo.



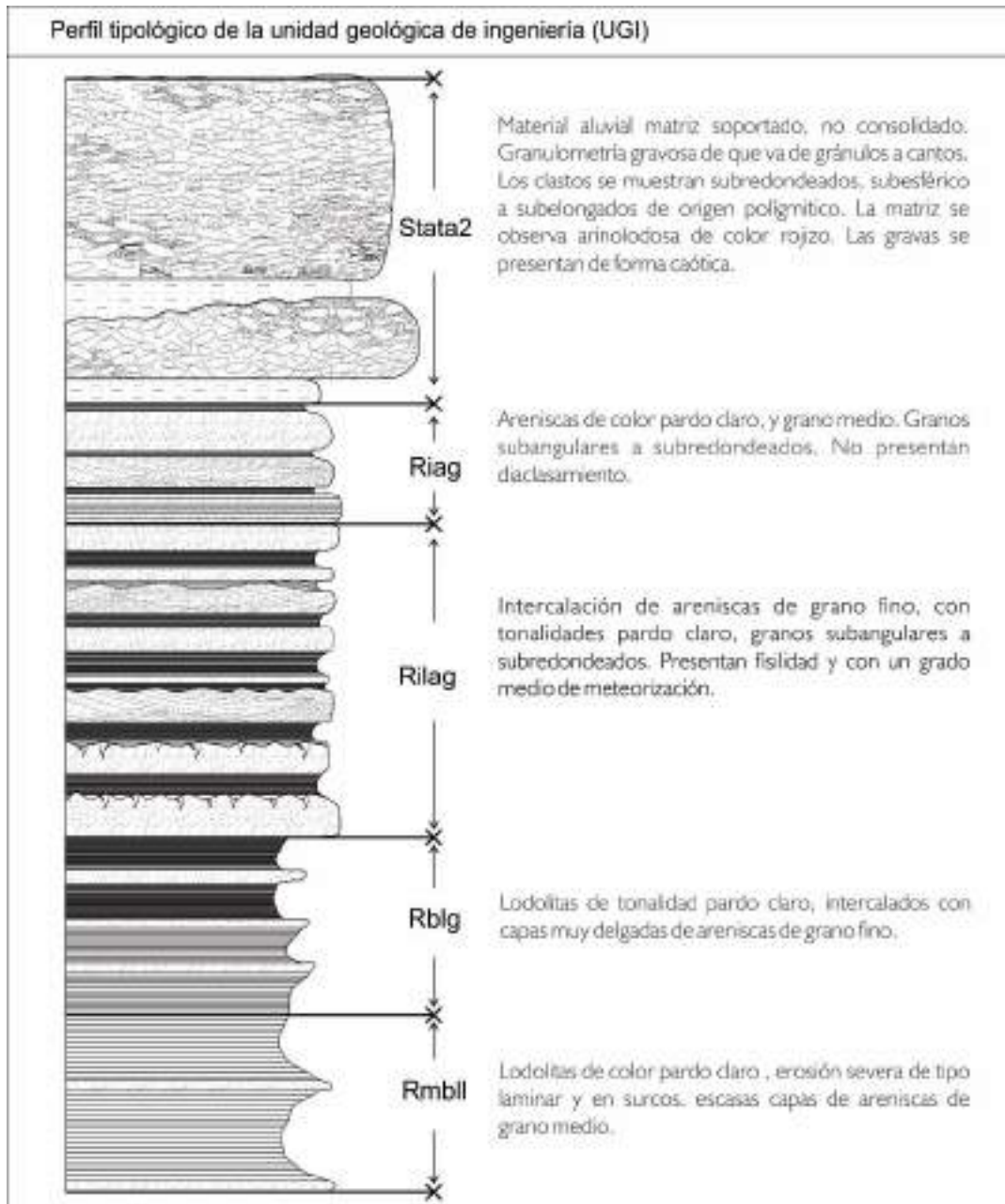
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R4 (Resistente), ya que un trozo de roca requiere de varios golpes del martillo geológico para poder fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 100 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 4-10 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que un golpe con la puntal del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, pero con dificultad. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa (Gráfica 21). Esta unidad de areniscas con capas de lodolitas presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta moderadamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

Igualmente se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Riag) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 27).



Gráfica 27 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrios San Rafael y Santo Domingo



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.1.4 Rocas blandas con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo (Rblg)

El nombre del grupo Guayabo es tomado del Cerro Guayabo en el Distrito de Colón en Venezuela, introducido por geólogos de la *Caribbean Petroleum Company* (Notestein *et al.*, 1944), específicamente descrito por Liddle (1928, en Sutton, 1946) donde posteriormente Notestein *et al.*



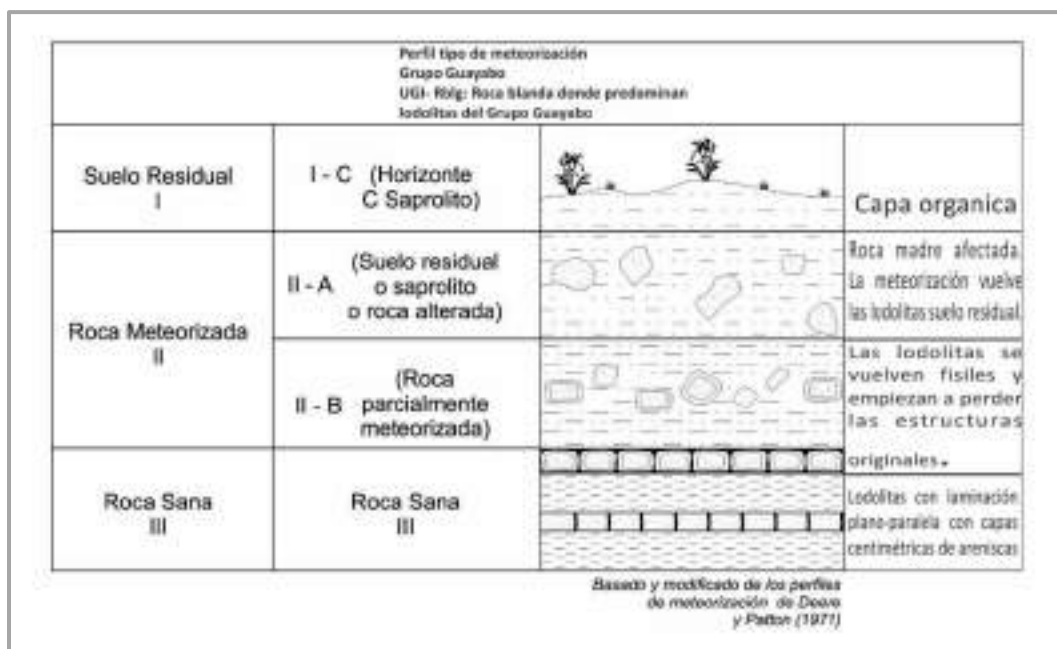
(1944) la eleva a grupo, no obstante, el grupo no se divide en unidades formales (e.g. formaciones) (Sutton, 1946). (SGC - 2016)

El Grupo Guayabo (donde predominan las lodolitas), se encuentra afectado por el sistema de fallas de Tasajero (Fallas Tasajero y Atalaya), las capas se encuentran plegadas a lo largo del rumbo de las mismas y hacia el sur se encuentra desplazada por la Falla San José. En este caso las areniscas se encuentran en su mayoría sobre el flanco E del Sinclinal de Cúcuta. Como consecuencia la roca se encuentra con un alto grado de diaclasamiento. El ambiente de sedimentación es continental.

Principalmente compuesta por lodolitas de color gris, marrón y rojizo (abigarradas), se pueden observar algunas capas delgadas de areniscas de grano fino a medio de color pardo que no superan un metro de espesor, sobre esta unidad es común encontrar erosión diferencial, en surcos y cárcavas. Se pueden encontrar a lo largo de toda la extensión de la ciudad de Cúcuta.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual (Gráfica 28).

Gráfica 28 Perfil tipo de meteorización para lodolitas del Grupo Guayabo



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante el golpe de martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se muestra a continuación: (Gráfica 29).



Gráfica 29. Clasificación de la roca según la resistencia lodolitas del Grupo Guayabo

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, quartzita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Amfibolita, arenisca, basalto, gabbro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, roñta, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcilloлита, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se desmenuja al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Sabandía arcillosa dura.

Fuente: Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN – 1997 por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe o del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas, litología que predomina, presenta una resistencia de clase R0 (extremadamente débil), R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar en ciertas zonas con mayor alteración. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 29). Esto se confirma con los resultados de los macizos rocosos que se realizaron a las areniscas presentes en toda el Grupo Guayabo.

Igualmente, esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente, la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales, ayudando esto a presentar moderada susceptibilidad a movimientos en masa.

1.1.1.3.2.1.4.1 Roca blanda con predominancia de lodolitas en la Grupo Guayabo (Rblg). Barrio Bellavista.

Ubicadas sobre el Barrio Bellavista principalmente, y conformada por capas de lodolitas con laminación plano paralela intercaladas esporádicamente con capas muy finas de arenisca de grano fino muy bien seleccionadas con un espesor máximo de 0.45 m. Las lodolitas presentan colores pardos, grises y marrones, sus espesores varían entre 4 y 15 metros; donde las capas presentan



una orientación promedio de 228° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 54° hacia el Noroeste, sobre esta unidad es común encontrar erosión diferencial, en surcos y cárcavas (Gráfica 30).

Según el perfil tipo de meteorización planteado para las lodolitas del Grupo Guayabo, en este caso nos ubicaríamos sobre la roca meteorizada, II-A donde empieza a predominar el suelo saprolítico o roca bastante alterada que está muy cerca de ser un suelo residual. Según lo observado en campo y la correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 28).

Gráfica 30 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo en la Zona Barrio Bellavista. .
Coordenadas: N: 1.363.090, 202, E: 845.517. Ubicación: Barrio Bellavista del Cerro San Luis.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un fragmento de roca puede fracturarse con un único golpe o del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la unidad de las capas de lodolitas, litología que predomina, presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 29).

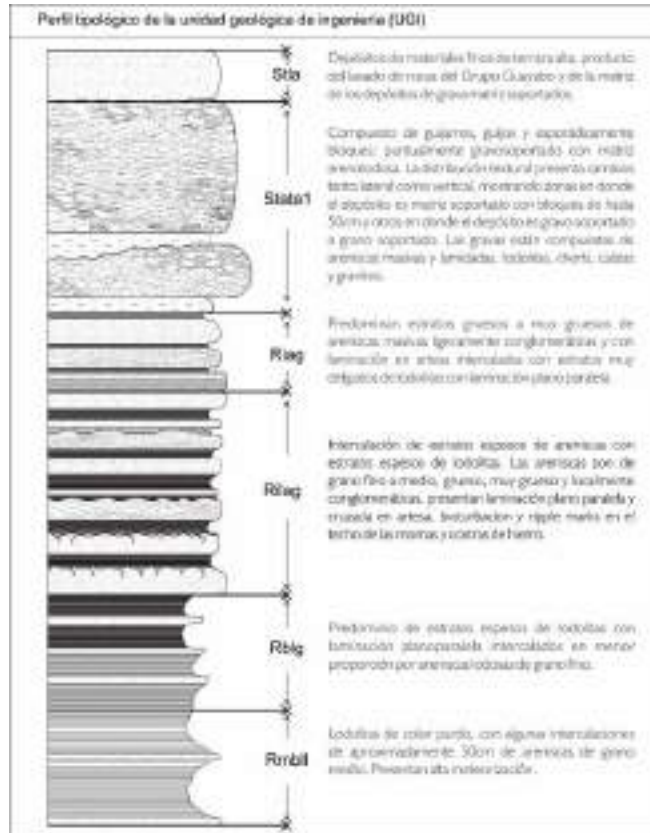
Esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad secundaria moderada. Como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales, favoreciendo el moderado grado de



meteorización, ayudando esto a presentar moderada susceptibilidad a movimientos en masa y a los procesos erosivos intensos.

Igualmente se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rblg) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 31).

Gráfica 31 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona Barrio Bellavista



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA

1.1.1.3.2.1.4.2 Roca blanda con predominancia de lodolitas en la Grupo Guayabo (Rblg). Cerro de Atalaya.

Hacia la parte basal del Grupo Guayabo en la columna estratigráfica generalizada de la zona del municipio de San José de Cúcuta, en cercanías del contacto transicional con las lodolitas de la Formación León, encontramos esta unidad, conformada por lodolitas de carácter arcilloso, con tonos rojizos principalmente; con algo de fisilidad, aumentando hacia la base. Intercaladas con paquetes delgados de areniscas de grano fino a muy fino, de colores pardos claros a ocres. Estas lodolitas presentan un espesor apreciable de 2.5 m. las cuales tienden a presentar grietas de desecación hacia la superficie expuesta. Fue encontrada sobre el flanco occidental del sinclinal de Cúcuta en el Cerro de Atalaya, en el escarpe de contrapendiente; donde las capas tienen una



orientación promedio de 44° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 57° hacia el Sureste, su reconocimiento se dificulta, debido a que se encuentra bastante intervenida antrópicamente.

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (Moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe o del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, con un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas, litología que predomina, presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial con un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1mpa no son muy confiables (Gráfica 28).

Igualmente, esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas, presenta una permeabilidad secundaria baja, ya que la zona no presenta evidencias de fracturamiento y debido a la litología predominante de lodolitas, la infiltración de aguas superficiales es baja.

En este caso se ubica sobre el perfil tipo de meteorización en el suelo residual o saprolito o roca alterada (II-A), Según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971) (Gráfica 29).

Igualmente se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rblg) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 33).

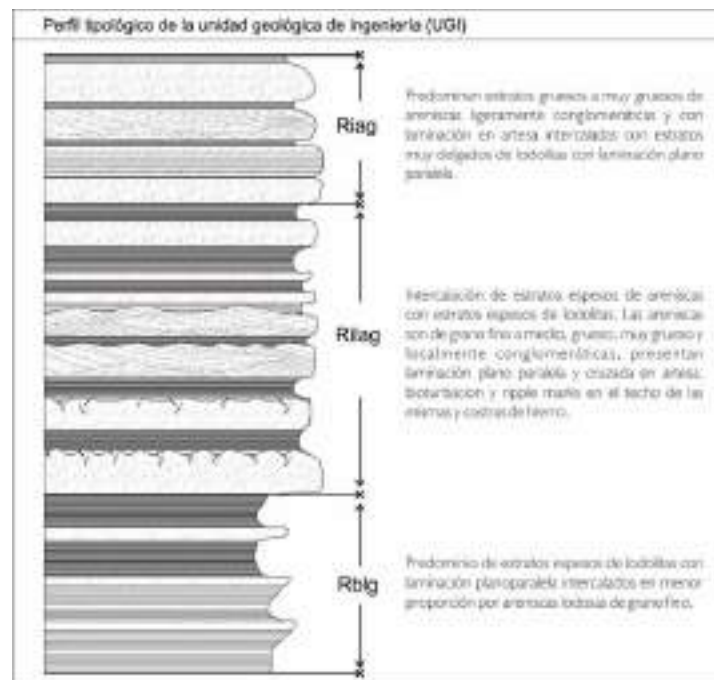


Gráfica 32 Roca blanda de lodolitas del Grupo Guayabo para la zona del Cerro de Atalaya. Coordenadas: N: 7.91118, W: -72.50717, Z: 365 m.s.n.m. Ubicación: parte superior del cerro Atalaya. Zona de transición entre la Grupo Guayabo –León



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Gráfica 33 Perfil Unidades de Geología para Ingeniería zona Cerro de Atalaya



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.3.2.1.4.3 Roca blanda con predominancia de lodolitas en la Grupo Guayabo (Rblg). Barrio Belén.

Esta unidad como está compuesta por lodolitas de color pardo claro muy meteorizadas intercaladas con capas muy delgadas de arenisca de grano fino. Observadas en el barrio Belén, Las capas de lodolitas tienen espesores entre 60 y 80 cm mientras que las areniscas 15 y 20 cm, buzan 45 grados al sureste. El afloramiento tiene 3 metros de alto y 6 metros de ancho exhibiendo las estructuras relictas en cuanto a la moderada meteorización presente en la zona. Las capas presentan una orientación promedio de 20° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 49° hacia el noreste (Gráfica 34).

Las areniscas presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. Las lodolitas, presentan resistencia de clase R0 (extremadamente débil) y R1 (muy débil) ya que con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar en ciertas zonas donde se presenta mayor grado de meteorización. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-25 Mpa (Gráfica 29).

Las lodolitas aún conservan su estructura original donde se aprecia la laminación por esta razón en este caso se ubican sobre el perfil tipo de meteorización en el horizonte II-B donde la roca está parcialmente meteorizada. (Gráfica 28).

Gráfica 34 Roca blanda donde predominan lodolitas del Grupo Guayabo zona Barrio Belén. .
Coordenadas: X: 839.824, Y: 1.362. 103, 198. Ubicación: Barrio Belén.

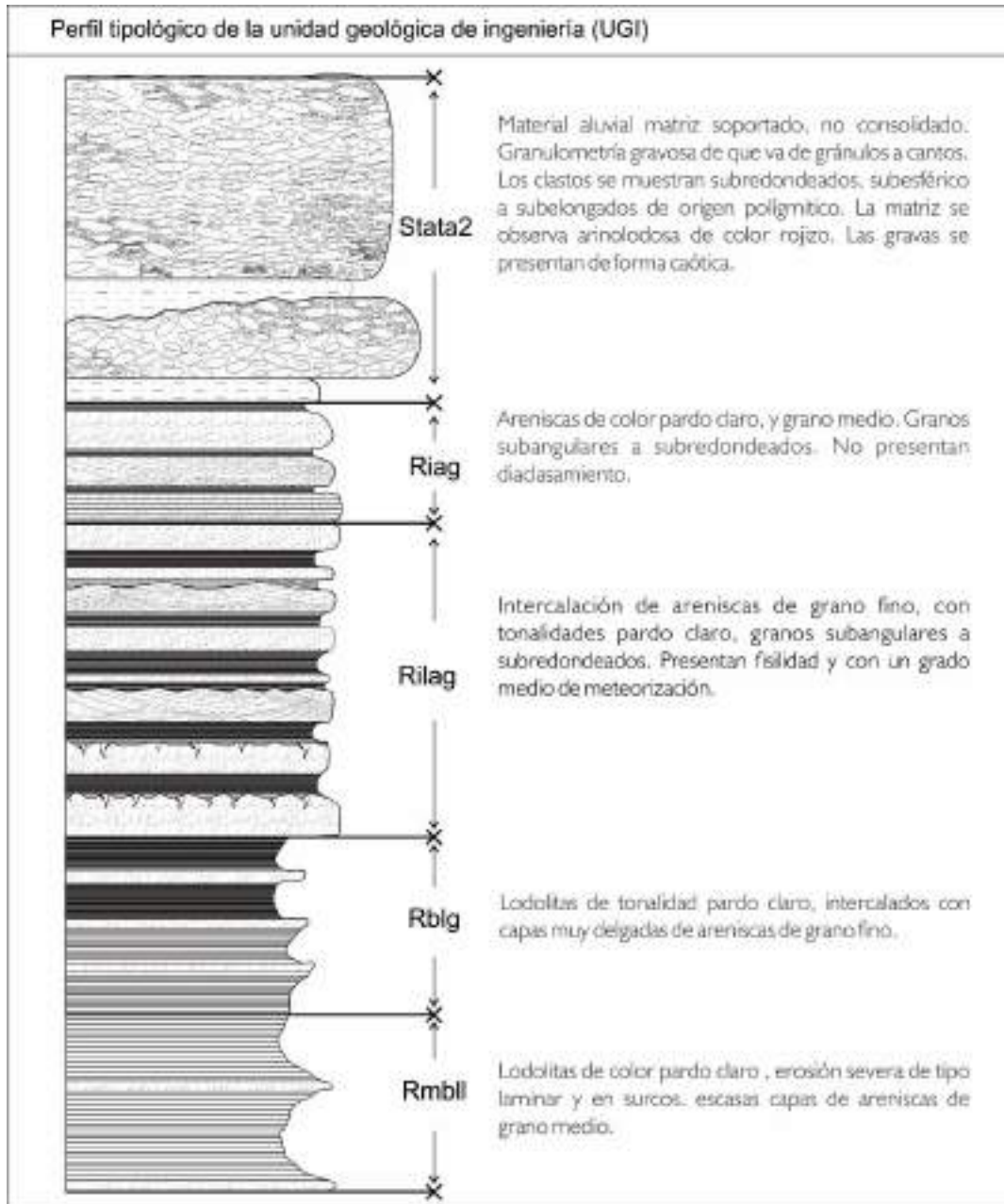


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rblg) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 35).

Gráfica 35 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Belén.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

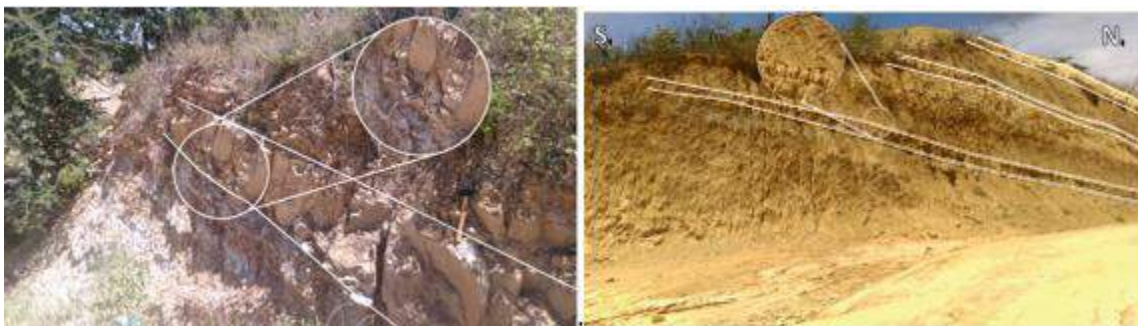


1.1.1.3.2.1.4.4 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo (Rblg). Zona de expansión urbana Asentamiento el Talento.

Esta unidad, compuesta hacia la base por lodolitas abigarradas y, hacia el tope por areniscas de color pardo de grano fino perteneciente a la Grupo Guayabo, se encuentra ubicada en el asentamiento El Talento, al occidente del casco urbano del Municipio.

Dentro del perfil de meteorización las capas de roca aún mantienen las estructuras originales, pero aquí predominan lodolitas fisiles con espesor de hasta 3m (Gráfica 36) las cuales tienden a meteorizarse más en relación con las areniscas y, por lo tanto, esta unidad se encuentra ubicada según el perfil tipo de meteorización, en la transición entre los niveles II-B y II-A donde la roca está parcialmente meteorizada pero ya aparecen suelos residuales (Gráfica 28).

Gráfica 36 Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo en la zona de expansión urbana, Asentamiento El Talento. Coordenadas: E 837.556 m, N 1.366.794 m. Derecha Coordenadas: E 837.595 m, N 1.366.413: Intercalación de Lodolitas abigarradas y pardo, con capas delgadas de Areniscas color pardo de grano fino, buzando al Sur Oeste con un ángulo de 13°.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Esta unidad de roca presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En las capas de lodolitas, litología que predomina, presenta una resistencia de clase R0 (extremadamente débil), R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial y llega a ser tan débil en las zonas de mayor alteración que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-25 Mpa (Gráfica 29). Esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad secundaria moderada por estar diaclasada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.1.3.2.1.5 Rocas muy blandas lodolitas de León (Rmbl)

Esta unidad se denomina la Formación Shale de León por Hedberg (citado en Notestein et al., 1944) de la Quebrada León, donde también se ubica la sección tipo a nueve (9) kilómetros al NW de Puerto Villamizar (Norte de Santander), en el flanco oriental del Anticlinal de Petrolea

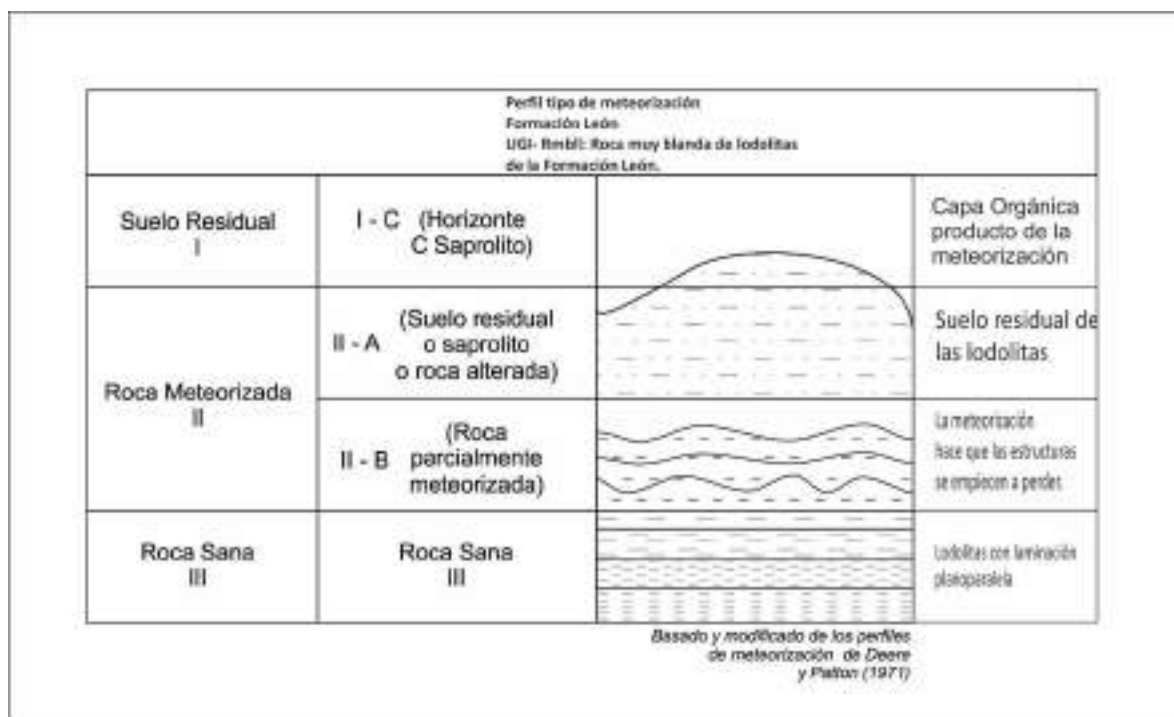


(Notestein et al., 1944). El nombre reemplaza el término “Horizonte Superior de Shale” de Liddle (1928, en Sutton, 1946) inválido por no derivarse de una ubicación geográfica (Notestein et al., 1944; Sutton, 1946). En el levantamiento geológico de la plancha 88 se usa el termino Formación León. (SGC - 2016)

La Formación León estructuralmente se dispone en sinclinales y anticlinales, en el Cerro Tasajero hace parte del Anticlinal invertido de Tasajero, y específicamente en el bloque yacente de la Falla Tasajero. Como consecuencia de la gran afectación estructural presentan un grado alto de fisilidad. Las Lodolitas de colores grisáceos, gris verdoso, y pardos, con escasas capas de areniscas de grano medio que no superan los 50 cm de espesor, estas rocas se erosionan muy fácilmente formando surcos y cárcavas. Se pueden encontrar a lo largo de toda la extensión de la ciudad de Cúcuta.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para rocas sedimentarias. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual (Gráfica 37).

Gráfica 37 . Perfil tipo de meteorización para rocas muy blandas lodolitas de la Formación León



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta un grado de dureza muy blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante el golpe de martillo geológico, según la



estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se muestra a continuación (Gráfica 38).

Gráfica 38. Clasificación de la roca según la resistencia para rocas muy blandas lodolitas de la Formación león

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

Fuente: Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN – 1997 por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

En esta unidad, las areniscas presentan una resistencia de clase R3 (Moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. Las lodolitas presentan una resistencia de clase R0 (Extremadamente Débil) y R1 (Muy Débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. Se puede quitar la costra superficial de la roca con un cortaplumas y en otros casos con la uña del pulgar determinando por tanto, un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-5 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 38).

Esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.



1.1.1.3.2.1.5.1 Roca muy blanda de la Formación León (Rmbll). Barrio Morelli

Ubicadas en el Barrio Morelli; corresponden a lodolitas de color pardo, con algunas delgadas intercalaciones de areniscas de grano medio moderadamente seleccionadas, no mayores de 50 cm de espesor; donde las capas presentan una orientación promedio de 240° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 42° hacia el Noroeste. Se encuentran en un grado de erosión severa, mostrando surcos y cárcavas (Gráfica 39).

Igualmente, esta unidad de lodolitas potentes con un espesor máximo de 8 m. y con capas de areniscas con espesor máximo de 0.5 m. presenta una permeabilidad secundaria moderada. Como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza muy blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante el golpe de martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997 presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En las lodolitas, la resistencia es de clase R1 (Muy Débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, la roca puede quitar la capa superficial de la roca por un cortaplumas y en otros casos con la uña del pulgar. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa (Gráfica 38).

En este caso se logra establecer que, según el perfil tipo de meteorización planteado en las tierras malas de roca muy blanda de lodolitas de la Formación León, la unidad corresponde a roca meteorizada II, más específicamente a la parte superior de la roca parcialmente meteorizada (II-B) y suelo residual o roca alterada (II-A). (Gráfica 37).

Gráfica 39 . Roca muy blanda de la Formación León para la zona Barrio Morelli. Coordenadas: N: 1.362.485, E: 845.076. Ubicación: Barrio Morelli.

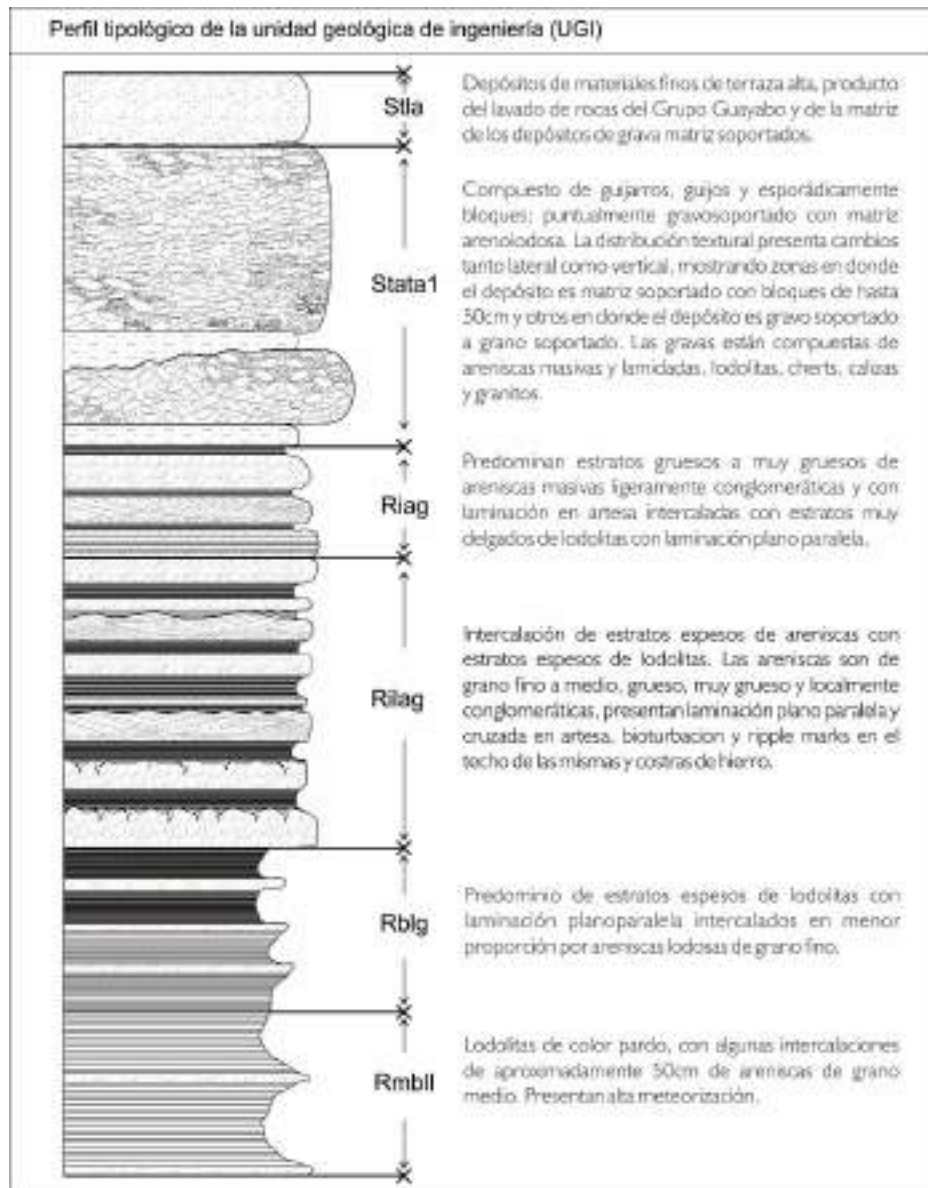


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA



Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (RmbII) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 40).

Gráfica 40 Perfil tipo de Unidades de Geología para Ingeniería para la zona Barrio Morelli



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA



1.1.1.3.2.1.5.2 *Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (Rmbll). Terraza de Atalaya.*

Esta unidad presenta lodolitas fisiles de tonalidades grises medias a claras que se observan alteradas por meteorización cambiando su coloración a pardo claro (Gráfica 41). En la mayoría de los afloramientos se observa fuertemente alterada pero aún se pueden reconocer sus estructuras internas. Se caracteriza por subyacer a colinas aisladas de depósitos de terraza aluvial, morfométricamente se observa que en algunos sectores presentan hondonadas surcos y cárcavas por erosión de escorrentía sobre el material blando.

En este caso, las lodolitas de algunos sectores muestran aun la estructura laminar y alta fisilidad, lo que se ubicaría sobre el perfil tipo de meteorización en el nivel II-B, donde la roca está parcialmente meteorizada. Hacia la parte superior se presenta un nivel saprolítico (II-A) de aproximadamente 2 metros. (Gráfica 37).

Gráfica 41 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León en la terraza de Atalaya. . Coordenadas: N: 7.90998, W: 72.50700, Z: 385 m.s.n.m. Ubicación: Cancha El Chulo. Lodolitas de la Formación León.



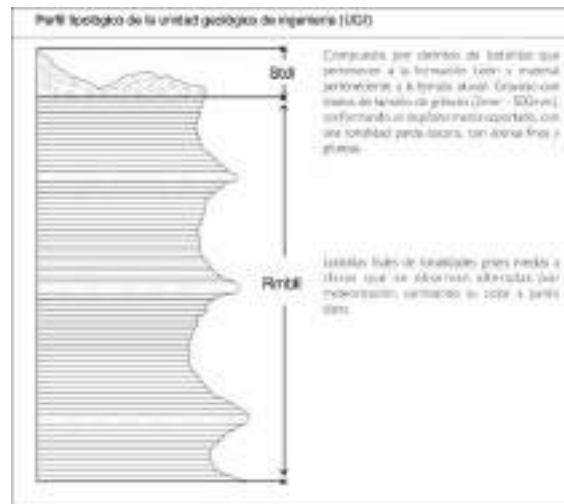
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las capas de lodolitas presentan una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, se puede quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas y en otros casos con la uña del pulgar. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-5 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 38). Esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas, presenta una permeabilidad secundaria moderada. La unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales, tiene un alto grado de meteorización y se observa una variada alteración de los minerales arcillosos.



Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (RmbII) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 42).

Gráfica 42 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería en la Terraza de Atalaya



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.1.5.3 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (RmbII). Barrio Antonia Santos.

Esta zona presenta lodolitas fisiles de tonalidades grises medias a claras que se observan alteradas por meteorización cambiando su coloración a pardo claro (Grafica 43). En la mayoría de los afloramientos se observa fuertemente alterada pero aún se pueden reconocer sus estructuras internas. Se caracteriza por subyacer a colinas aisladas de depósitos de terraza aluvial. Presenta un espesor promedio de 5 m. y las capas presentan una orientación promedio de 253° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 52° hacia el noroeste.



Gráfica 43 Roca muy blanda lodolitas de la Formación León Zona Barrio Antonia Santos. Imagen tomada en las coordenadas E 838,953.330 m N 1, 367,300.156 m.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Las areniscas de esta unidad presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. Las lodolitas presentan una resistencia de clase R2 (débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, la capa superficial de la roca se puede retirar con un cortaplumas. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables (Gráfica 38).

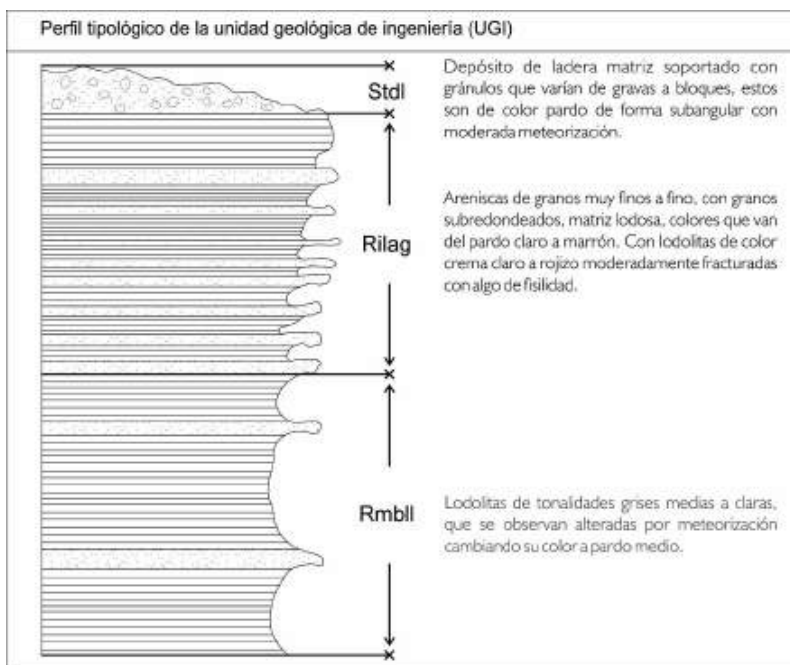
Esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente, la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales. Estas lodolitas se presentan con un alto grado de meteorización observándose una variada alteración de los minerales arcillosos.

En esta zona predominan las tierras malas ubicándose sobre el horizonte II-A, donde dominan los suelos residuales y un nivel de saprolito como consecuencia de la alta meteorización (Gráfica 37).

Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (Rmbll), donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 44).



Gráfica 44 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Antonia Santos



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.1.5.4 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (Rmbll). Barrio Divina Pastora.

Está compuesta por Lodolitas, principalmente de color pardo claro cómo se evidencia en la cancha del Barrio Divina Pastora. Presenta erosión laminar y en surcos producto de aguas de escorrentía. Las capas tienen una orientación promedio de 40° en azimut de rumbo y un ángulo de inclinación de 34° hacia el noreste (Gráfica 45).

Las lodolitas son de color gris verdoso, y pardos, con un espesor promedio de 5 m., con escasas capas de areniscas de grano medio que no superan los 50 cm de espesor. Las areniscas presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas las cuales son las que predominan presenta una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) y R1 (muy débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, se puede quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas y en otros casos con la uña del pulgar presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-5 Mpa (Gráfica 38). En esta zona se tiene una baja intensidad de fracturamiento por lo cual la permeabilidad secundaria es baja, ya que el material predominante es de tipo lodoso.



La roca blanda en esta zona se encuentra meteorizada y se pierden algunas estructuras originales como la laminación, dentro del perfil tipo de meteorización se ubica en el horizonte II-B, donde aparece roca parcialmente meteorizada (Gráfica 37).

Gráfica 45 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León Barrio Divina Pastora. Coordenadas:
X: 839.220, Y: 1.363.292,43. Ubicación: Cancha del Barrio Divina Pastora.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (RmbII) donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 46).

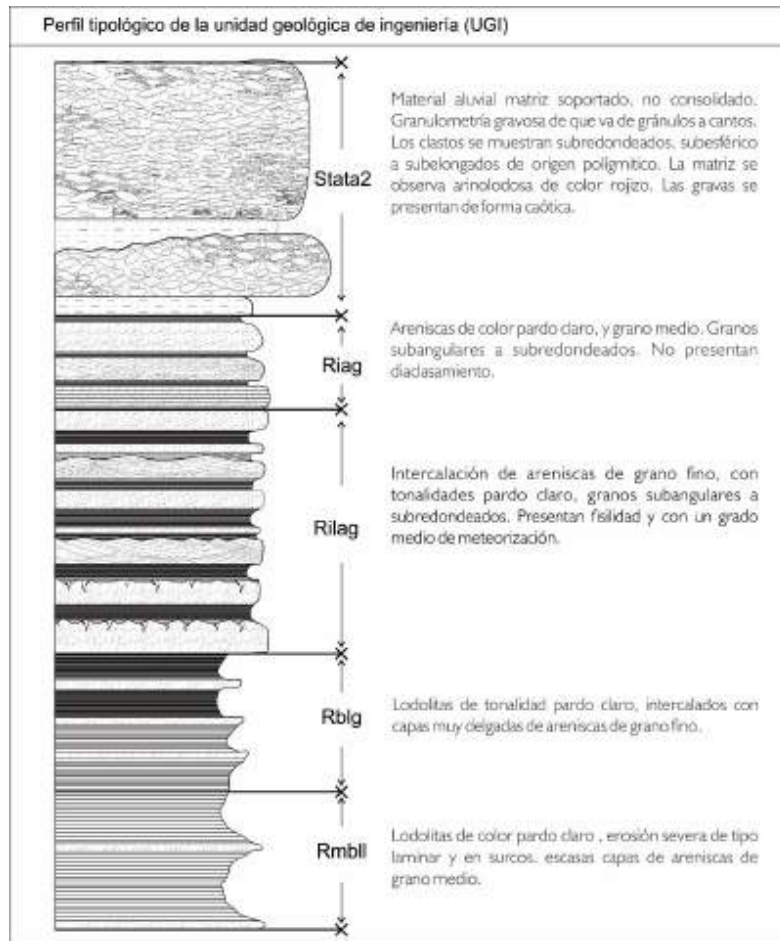
1.1.1.3.2.1.5.5 Roca muy blanda de lodolitas de León (RmbII). Zona de Expansión Urbana

Esta unidad se encuentra distribuida hacia el sector norte y suroccidental de la cabecera municipal. Hacia el norte está compuesta por lodolitas de color gris a pardo, con costras de oxidación, que presentan erosión laminar y en surcos alcanzando una profundidad de hasta 1,60 metros.

Dentro del perfil de meteorización las capas de roca aún conservan su laminación y hacia la parte superior desarrollan niveles de suelo de hasta 1 metro ubicándose en el perfil tipo de meteorización en la transición de nivel II-A de suelo residual al I-C suelo (Gráfica 37).



Gráfica 46 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona Barrio Divina Pastora



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Gráfica 47 Roca muy blanda de lodolitas de León para la zona de expansión urbana. **A.** Coordenadas: E 841.349 m, N 1.371.478 m. **B:** E 840.592 m, N 1.371.994 m



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



Hacia el suroeste se pueden observar capas de lodolitas fisiles de color marrón a gris, moderadamente meteorizadas y hacia el oeste las lodolitas son de colores grisáceos, gris verdoso, y pardos, con escasas capas de areniscas de grano medio que no superan los 50 cm de espesor, estas rocas favorecen procesos erosivos formando surcos y cárcavas (Gráfica 47).

Gráfica 48. Roca muy blanda de lodolitas de León.. Coordenadas: E 837.633,352 m-N 1.362.065,864 m



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las areniscas de esta unidad presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. Las lodolitas presentan una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) y R1 (muy débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La capa superficial de la roca se puede quitar con un cortaplumas y en otros casos con la uña del pulgar. Debido a la extensión de esta unidad se observa una variación de la resistencia, el grado de meteorización y el grado de fracturamiento. Presenta un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-5 Mpa (Gráfica 38). Esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad media secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca presenta en esta zona una variabilidad del grado de fracturamiento, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (RmbII) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 46).



1.1.1.3.2.2 Unidades de suelo transportado (St)

Estas unidades de suelos se caracterizan por haber sido desplazadas de su fuente original. Estos suelos pueden ser transportados por agentes climáticos como vientos y corrientes de agua o por gravedad, produciendo flujos de detritos o masas incoherentes que serán depositados pendiente abajo del lugar donde se genere el flujo.

1.1.1.3.2.2.1 Suelo transportado aluvial de terraza baja. (Statb)

Estos suelos son desarrollados en zonas bajas que conforman las planicies de inundación de los ríos Táchira y Pamplonita. Está conformada por depósitos de intercalaciones de niveles finos de areniscas lodosas y lodolitas arenosas de color marrón claro y gris, intercalada con depósitos de gravas matriz soportadas, subredondeadas, esféricas, tamaños predominantemente de guijarros y en menor proporción guijos y esporádicos cantos de areniscas cuarzosas, chert y lutitas, con orientación anisotrópica y un grado de meteorización bajo. La matriz de color marrón claro, limo arenosa y extremadamente débil (Puede ser indentada con la uña del pulgar, según E HOEK, ET BROWN - 1997).

1.1.1.3.2.2.1.1 Suelo transportado aluvial de terraza baja. (Statb). Llanura de Inundación Río Táchira Barrio la Carolina.

Esta unidad se encuentra conformada por la llanura de inundación (terrazas recientes) del río Táchira en el límite oriental con Venezuela y suroccidental entre Cúcuta y Villa del Rosario y en su parte norte por una llanura de inundación de forma triangular entre los ríos Táchira al este y pamplonita al oeste. Compuesta de gravas y materiales limoarenosos muy meteorizados. En la Gráfica 49 se puede observar una excavación realizada por una constructora encargada de edificar una urbanización en dicha localidad. Se observa un corte de aproximadamente 1.8 m. donde se expone una matriz areno-limosa con presencia de arenas que varían de muy fina a gruesa, con baja resistencia (R2- E HOEK, ET BROWN - 1997) de color pardo claro y baja plasticidad, ya que el material predominante en la matriz es arenoso. Presenta igualmente gravas de areniscas con tamaños de gránulos a guijarros, con forma subredondeada a redondeada, presentan una leve imbricación, de color grisáceo, con moderado grado de meteorización, debido a que se observan los clastos con una alteración de los minerales arcillosos (Gráfica 49).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.

En el convenio bilateral de los gobiernos de Colombia y Holanda, INGEOMINAS y TNO; denominado, ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL BASTECIEMIENTO DE AGUA EN LA ZONA DE CÚCUTA, 1980. Se perforaron dos pozos en el barrio la Carolina, llamados: LIBERTAD 1 y LIBERTAD 2, alcanzando una profundidad máxima de 83 metros en el pozo LIBERTAD 1 donde se determinó un espesor de 38 metros de suelo transportado, en el cual se encontró un acuífero de poca capacidad, lo que da indicios de su buena permeabilidad. A partir de los 38 metros se encuentran las arcillolitas de color gris y rojas de la Formación León.





Gráfica 49 . Suelo transportado de terraza baja en el Río Táchira. N: 1.365.008,132. E: 847.488,431
Ubicación: Barrio la Carolina.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.1.2 Suelo transportado aluvial de terraza baja. (Statb). Puente la Gazapa Rio Pamplonita

Depósito de gravas heterométricas de guijarros y esporádicamente cantos, de forma redondeada, subredondeada y subangular, compuestos por areniscas, cherts y lodolitas, con matriz de color gris claro, arenosa de grano medio a grueso, muy blanda (Se disgrega con la mano). Se observan cambios texturales lateral y verticalmente, con lentes de arenas de color gris claro, localmente son matriz soportadas o clasto soportadas, en la parte superior se puede observar un nivel arenoso lodoso de color café claro de aproximadamente 1,5m de espesor con suelo residual hacia el tope. El afloramiento tiene aproximadamente 6,5 metros de altura y aflora a lo largo del margen oriental del rio Pamplonita, puente La Gazapa (Gráfica 50).



Gráfica 50 Zona Rio Pamplonita Puente La Gazapa. Coordenadas, E 845.191 m, N 1'366.703 m



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.2.2 Suelo transportado aluvial de terraza media (Statm)

Estos suelos se desarrollan a través de depósitos de terraza subreciente. Están compuestos de niveles de gravas de guijos y guijarros redondeadas a subredondeadas, compuestos de areniscas laminadas y masivas, cherts, lutitas, calizas y granitos, matriz soportados, intercalado con niveles donde predominan los materiales limo-arenosos de color pardo. Presenta una resistencia baja (con la punta del martillo, según E HOEK, ET BROWN - 1997).

1.1.1.3.2.2.2.1 Suelo transportado aluvial de terraza media (Statm) Zona Centro.

Esta unidad se encuentra localizada en todo el valle de Cúcuta abarcando la parte céntrica de la ciudad. Caracterizada por un depósito de gravas de terraza intercalado con niveles limoarenosos. Hacia el centro de Cúcuta, en la avenida 0, con calle 12 en una excavación de aproximadamente 2.5 metros, se determinó hacia la base una capa de gravas de 2 metros (no se identificó espesor total), matriz soportadas, de matriz limo arenosa de color marrón claro, baja plasticidad, ya que el material predominante en la matriz es arenoso, con baja resistencia (R2- E HOEK, ET BROWN -



1997), las gravas son subredondeadas a redondeadas, esféricas y prismáticas de color blancuzco y grisáceo de acuerdo a su composición, con moderado grado de meteorización, debido a que se observan las gravas con una alteración de los minerales arcillosos, su disposición presentan una leve imbricación (Gráfica 51). También se identificó una capa de limo arenosa de aproximadamente 1.2m de espesor, de color marrón claro., con baja resistencia (R2- E HOEK, ET BROWN - 1997).

En el convenio bilateral de los gobiernos de Colombia y Holanda, INGEOMINAS y TNO; denominado, ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL BASTECIEMIENTO DE AGUA EN LA ZONA DE CÚCUTA, 1980. Se perforaron tres pozos en el barrio Vegas del Río (Hacienda La Palestina) llamados: MOSQUITO 1, MOSQUITO 2 y MOSQUITO 3 alcanzando una profundidad máxima de 192 metros en el pozo MOSQUITO 3 en donde toda la litología corresponde al depósito cuaternario de suelo transportado de terraza media del presente estudio lo que evidencia el apreciable espesor que presentan dichos depósitos.

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo

Gráfica 51 Suelo transportado aluvial de terraza media. Zona Centro. Coordenadas: N: 1.366.557, 032, E: 846.292. Ubicación: Centro de Cúcuta sobre la trinchera de la Av. 0, afloramiento de aproximadamente dos metros y medio (2.5) de altura



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



1.1.1.3.2.2.2 Suelo transportado terraza media (Statm). Barrio El Resumen

Está localizado en el anillo vial al sur del municipio de San José Cúcuta entrada al barrio El Resumen está compuesto por un depósito matriz-soportado de gravas y bloques heterométricos de 15 a 70 cm subredondeados, en una matriz limo-arenosa de color pardo, el espesor del depósito alcanza los dos metros de espesor (Gráfica 52).

Gráfica 52 Suelo Transportado de terraza media. Barrio El Resumen.



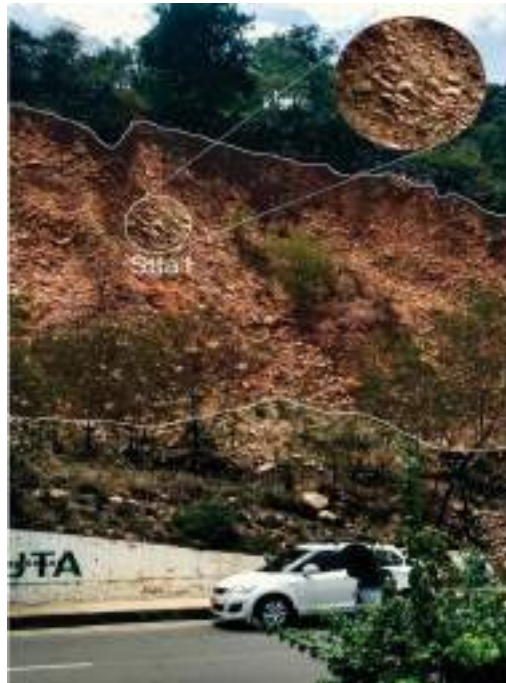
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.2.3 Suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata1).

Depósito de gravas de terraza alta, de color pardo, ubicado en el Cerro San Luis sobre la carretera que comunica a Cúcuta con Ureña. Corresponde a un suelo transportado heterométrico, compuesto de guijarros, guijos, cantos y esporádicamente bloques; puntualmente gravosoportado con matriz areno lodosa, la distribución textural presenta cambios tanto lateral como verticalmente mostrando zonas en donde el depósito es matriz soportado con bloques de hasta 50 cm, y otras en donde el depósito es gravo soportado a grano soportado. Las gravas están compuestas de areniscas masivas y laminadas, lodolitas, cherts, calizas, y granitos. En la base se distinguen gravas embebidas en materiales limo arenosos no consolidados producto del lavado y la acción de la gravedad (derrubios). En la vía que conduce hacia Ureña cien metros antes del peaje se expone un escarpe abrupto de aproximadamente 54 metros de altura, compuesto por estos depósitos de suelos transportados (Gráfica 53).



Gráfica 53 Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas (Stata1). . Coordenadas: N: 1.366. 557, E: 846.292. Ubicación: Cerro San Luis, sobre la carretera que comunica a Cúcuta con Ureña.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.

1.1.1.3.2.2.4 Suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata2). Barrio Carlos Ramírez Paris

Deposito aluvial inconsolidado matriz soportado, donde se observa granulometría gravosa que va desde gránulos hasta cantos de tamaño métrico. Los clastos se muestran subredondeados, subesféricos a prismáticos, de origen polimíctico (areniscas, chert, lutitas, conglomerados y neis). La matriz se observa areno lodosa de color rojizo. Las gravas se presentan de forma caótica, sin una organización aparente. Hacia ciertos sectores se observan con una apariencia clasto soportado, mientras en otros aumenta la matriz, que se hace más ligera; dicha matriz es areno lodosa de color pardo claro, compuesta por arenas muy finas a gruesas y en menor proporción lodos. Presenta un espesor promedio de 4 m. Debido a la heterogeneidad de los tamaños del depósito y su poca consolidación, esta unidad es porosa y permeable (Gráfica 54).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.



Gráfica 54 Suelo transportado de terraza aluvial en el Barrio Carlos Ramírez Paris. Coordenadas: N: 7.89605, W: 72.5277, Z: 346 m.s.n.m. Ubicación: Calle 0A con Av. 7 parte trasera de una casa, Barrio Carlos Ramírez.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.2.5 Suelo transportado Aluvial de Terraza alta de Gravas con Cantos (Stata2). Barrio Belén.

Deposito aluvial inconsolidado matriz soportado, donde se observa granulometría gravosa que va desde gránulos hasta cantos de tamaño métrico. Los clastos se muestran subredondeados, subesféricos a prismáticas, de origen polimíctico (areniscas, chert, lutitas, conglomerados y neis) (Gráfica 56). La matriz se observa areno lodosa de color rojizo. Las gravas se presentan de forma caótica, sin una organización aparente. Hacia ciertos sectores se observan con una apariencia clasto soportado, mientras en otros aumenta la matriz, que se hace más ligera, dicha matriz es areno lodosa de color pardo claro, compuesta por arenas muy finas a gruesas y en menor proporción lodos. Presenta un espesor promedio de 2 a 4 m. Debido a la heterogeneidad de los tamaños del depósito y su poca consolidación, esta unidad es porosa y permeable. Hacia la base de los depósitos se encuentra un saprolito de las areniscas del Grupo Guayabo (Gráfica 55).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo



Gráfica 55. Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con Cantos (Stata2)



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Gráfica 56 Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con Cantos (Stata2)



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



1.1.1.3.2.2.6 Suelo transportado Aluvial de Terraza alta de Gravas con Cantos (Stata2). Urbanización Los Arrayanes.

Depósito de 2 metros de gravas heterométricas gravo soportado, con matriz de limo color rojo. Los clastos se muestran subredondeados a subsféricos de composición poligmítica (areniscas, chert, lutitas y neis). Hacia el tope del depósito de gravas se encuentran capas de limos rojizos de un espesor aproximado de 1.2 m (Gráfica 57). Debido a la heterogeneidad de los tamaños del depósito y su poca consolidación, esta unidad es porosa y permeable.

Gráfica 57 Suelo transportado aluvial de terraza alta de gravas con cantos. Zona Urbanización Arrayanes



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.2.7 Suelo transportado de cauce aluvial (Stca)

Se observan gravas, guijos y cantos sueltos sobre el lecho de los ríos y quebradas, y localmente bancos de arenas longitudinales y transversales en los ríos con cauces más amplios. Estos suelos son moderadamente meteorizados y con una marcada imbricación.

1.1.1.3.2.2.7.1 Suelo transportado de cauce aluvial (Stca). Puente Internacional Francisco de aula Santander Rio Táchira.

Conformada por gravas, guijos y cantos de color grisáceo a pardo claro, sueltos sobre el lecho del río Táchira y sus principales afluentes, localmente se presentan bancos de arenas (barras) longitudinales y transversales, se presentan por el cauce del río Táchira, con aproximadamente 30 metros de ancho y 5 m de profundidad del valle, el cual a su paso, se encuentra depositando arenas y gravas reabajadas de areniscas cuarzosas, fina y laminadas, lutitas y en menor



proporción calizas y gneis, con una dirección preferencial de la corriente hacia el NW. La textura del material transportado es redondeada a subredondeada, esférica y tabular, con matriz limo-arenosa, de arenas muy fina a gruesas de color pardo oscuro. Este suelo presenta una resistencia débil (R2 - E HOEK, ET BROWN - 1997), se observa una, baja meteorización de los clastos. Presentan una imbricación marcada hacia la dirección de la corriente (Gráfica 58).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.

Gráfica 58 Suelo transportado de cauce aluvial Puente Internacional Francisco de Paula Santander. N: 1.367,605 E: 847,062 Ubicación: Urbanización la Quinta, sobre el puente internacional Francisco de Paula Santander.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.7.2 Suelo transportado de cauce aluvial (Stca). Rio Pamplonita Puente la Gazapa

Estos depósitos forman barras centrales y laterales a lo largo del río, contienen gravas redondeadas a subredondeadas con matriz de color gris claro, arenoso de grano medio a grueso. Localmente se presentan bancos de arenas (barras) longitudinales y transversales, se presentan por el cauce del río Pamplonita, con aproximadamente 30 metros de ancho y 5 metros de profundidad del valle. La disposición de estos materiales depende de la energía del río y de su caudal (Gráfica 59). Este suelo presenta una resistencia débil (R2 - E HOEK, ET BROWN - 1997), se observa una, baja meteorización de los clastos. Presentan una imbricación marcada hacia la dirección de la corriente.



Gráfica 59 Depósitos de Cauce Aluvial. Rio Pamplonita



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.3.2.2.8 Suelo transportado de depósito de ladera (StdI)

Estos suelos son desarrollados a través de depósitos de materiales gruesos que son producto de la erosión de las laderas circundantes afectando las litologías presentes aflorantes en la zona de estudio. La matriz de los depósitos es matriz soportado, dicha matriz es areno-limosa de color pardo oscuro. Los clastos son de color gris, con forma subangular, subredondeados de hasta tamaño guijarros, con orientación anisotrópica y un grado de meteorización alto. La matriz de color amarillento limosa, con poca resistencia (con la punta del martillo, según E HOEK, ET BROWN - 1997).



1.1.1.3.2.8.1 Suelo transportado de depósito de ladera (StdI). Barrio Tucunaré

Este depósito de ladera se encuentra presente sobre el casco urbano del Municipio de Cúcuta. Constituido por un suelo transportado que se caracteriza por presentar detritos de lodolitas que pertenecen a la Formación León y material perteneciente a la terraza aluvial, es de color marrón claro a medio, compuesto principalmente por lodolitas y en menor proporción material aluvial, gravoso con clastos de tamaño grano a guijarro (2mm – 500mm), conformando un depósito matriz soportados de color pardo oscuro, con arenas finas a gruesas. Esta unidad alcanza un espesor aproximado de 5.0 m y presenta evidencia de reptación sobre las laderas y taludes del casco urbano del Municipio de Cúcuta, los cuales son indicadores de desplazamiento de este suelo transportado. Además, este suelo es susceptible a movimientos en masa recientes debido a que se encuentra poco consolidado y muy permeable, viéndose afectado principalmente por fenómenos hidroclimáticos que se consideran como factor detonante de los movimientos en masa (Gráfica 60). Estos depósitos en su mayoría se encuentran transformados por actividad antrópica. Ubicado en el límite entre los Barrios Motilones y Tucunaré, donde se puede observar, este evento de remoción en masa.

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.

Gráfica 60 Depósito de ladera ubicado en el Barrio Tucunaré . Coordenadas: N: 7.918718, W: 72.53806, Z: 310 m.s.n.m. Ubicación: Vista desde el Cerro Jesús Nazareno.

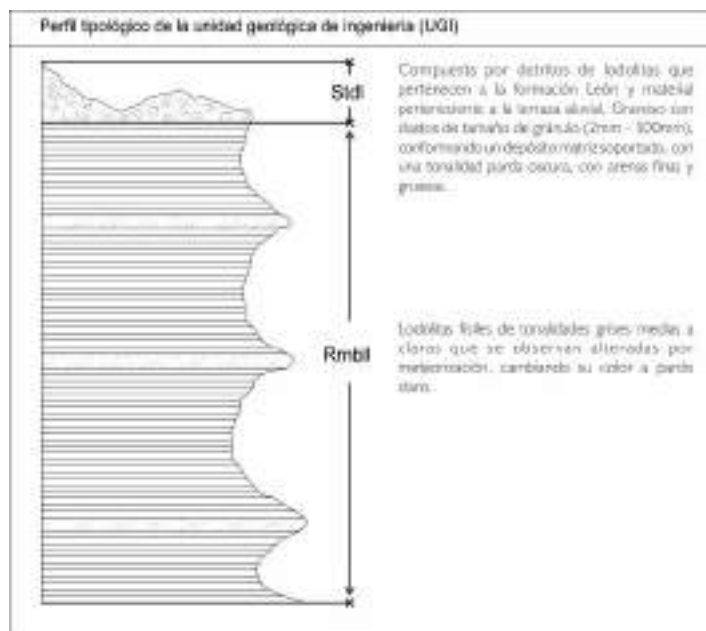


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (StdI) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 61).



Gráfica 61 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería. Zona Barrio Tucunaré



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.2.8.2 Suelo transportado de depósito de ladera (StdI). Cerro Jesús Nazareno

Esta unidad es observable hacia la ladera de contrapendiente del Cerro Jesús Nazareno, con un perfil de oxidación supra yaciendo un material conformado por flujos de detritos tanto finos como gruesos, hasta el tamaño bloques que corresponden al Grupo Guayabo. El perfil de meteorización tiene un máximo de 60 cm. El depósito es matriz soportado, con esporádicas gravas que varían de gránulos a bloques, de color gris claro, de forma angular a sub angular, con moderada meteorización, igualmente se tiene que la matriz es areno lodosa, de color pardo claro y en las secciones más meteorizadas se observan colores más rojizos con tamaños de arena fina a gruesa, subredondeadas y baja plasticidad, esto se evidenció al caracterizar la muestra de mano, donde se logra determinar que el material fino presente en mayor proporción es limoso. La vegetación presente en la zona es semidesértica (Gráfica 62).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.



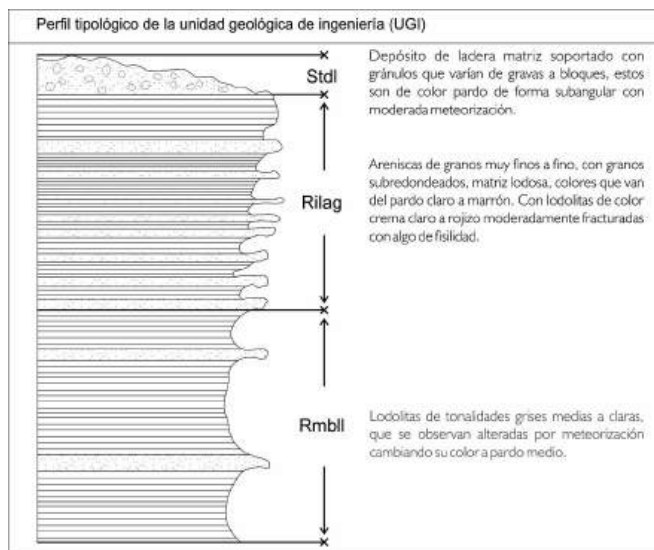
Gráfica 62: Suelo transportado de depósito de ladera en la zona Cerro Jesús Nazareno. Coordenadas: X: 839.056, Y: 1.367.477, Z: 322 m.s.n.m. Ubicación: Parte baja del Cerro Jesús Nazareno.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Igualmente se presenta un perfil tipo de la unidad geológica de ingeniería (StdI) de la zona, donde se observa en modo esquemático la disposición de las capas en relación con las otras UGI de acuerdo con lo observado en campo (Gráfica 63).

Gráfica 63 Perfil de Unidades de Geología para Ingeniería Zona 6



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.3.2.8.3 Suelo Transportado De Depósito De Ladera (Std). Zona de Expansión Urbana Asentamiento Nueva Ilusión.

Se presenta en el barrio Nueva Ilusión, un depósito de ladera, matriz soportado con clastos de areniscas angulosas, prismáticas del grupo Guayabo de hasta 40 cm, anisotrópicos y con moderado grado de meteorización, embebidos en una matriz areno lodosa de color pardo, con poca resistencia (con la punta del martillo, según E HOEK, ET BROWN - 1997). Su espesor máximo es de un metro y son producto de la erosión de la ladera estructural con una pendiente de 25 grados sobre la que ellos reposan (Gráfica 64).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial de acuerdo con lo observado en campo

Gráfica 64. Suelo Transportado De Depósito De Ladera en la zona 8. . Coordenadas, E 838.018,867 m-N 1.366.444,643 m



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.3.2.2.9 Suelo Transportado Limo Arenoso (Stla). Cerro de San Luis.

Esta unidad se encuentra ubicada en la terraza alta en la parte central del Cerro San Luis y está conformada por depósitos de materiales limo arenoso de tamaño muy fino de color pardo, producto del lavado de las rocas del Grupo Guayabo. Esta unidad presenta una baja plasticidad y una resistencia muy débil. Su espesor es de 3 metros aproximadamente (Gráfica 65).

En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que es un suelo transportado, pero si se puede mencionar que dicho material se encuentra con meteorización superficial, de acuerdo con lo observado en campo.

Gráfica 65 **Suelo transportado aluvial de terraza aluvial alta de limos. (Stla)**. Coordenadas: N: 365.691,544, E: 846.646. Ubicación: Cerro San Luis. Afloramiento de aproximadamente 3 metros de alto, compuesto por depósitos de material fino, color pardo, altamente meteorizados.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA.

1.1.1.3.2.3 Suelo de Llenos Antrópicos (Ant)

Estos depósitos inconsolidados se caracterizan por presentar una composición de materiales misceláneos tales como, materiales de corte de ladera, escombros, materiales de construcción, desechos etc. Por su variada composición presentan altas porosidades, poca compactación y muy baja resistencia lo que hace susceptible a procesos en remoción de masa. Estos depósitos se utilizan para nivelar el terreno en labores de urbanismo, rellenar antiguos drenajes, así como zonas deprimidas.



En esta unidad no se puede identificar el perfil de meteorización ya que por ser un lleno antrópico su variada composición no permite identificar un perfil representativo de la unidad. En lo observado en campo se tiene que estos depósitos en su gran mayoría han sido utilizados para labores de urbanismo.

Estos llenos se encuentran ubicados de forma puntual a lo largo del municipio de San José de Cúcuta en barrios como Belén, Divina Pastora, Bellavista, Niza, El Salado, Ciudadela EL Progreso (Quebrada la Cañada), Tucunare, La Primavera, Urbanización Metròpoli y La Palestina (Mapa 1).

Este depósito antrópico que se encuentra en proceso de llenado está ubicado en cercanías a la urbanización Los Arrayanes en su parte noroeste. Este depósito está constituido de rocas de la Formación León, el Grupo Guayabo, gravas de terraza aluvial y escombros de construcción extraídos en las cercanías para obras de urbanismo como cortes de ladera y explanación donde no se observa ningún tratamiento de compactación y adecuación (Gráfica 66).

Gráfica 66 Lleno antrópico al noroeste de la urbanización Los Arrayanes. E 837.053 m, N 1'364.934 m



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Entre estos depósitos se identificó un antiguo basurero en el barrio Divina Pastora que alcanza un espesor de máximo de 1.5 metros (Gráfica 67).

En el barrio Palmeras, la Quebrada la Cañada fue desviada del curso y su cauce antiguo fue rellenado para labores de urbanismo (Gráfica 68).



1.1.1.3.3 Rasgos estructurales locales

El municipio de San José de Cúcuta se encuentra localizado sobre el margen este de la Cordillera Oriental, exhibiendo el dominio estructural de los Andes del Norte Colombianos y los Andes de Mérida en Venezuela; siendo este último el más dominante, al presentar extensiones de la Falla de Boconó. Clavijo (1994), define para el sector oriental del departamento de Norte de Santander, un dominio de los sistemas de fallas tipo inverso y pliegues anticlinales y sinclinales amplios; sin embargo, durante la realización del presente estudio se encontraron sistemas de fallas principales tanto longitudinales (orientación NE-SW) de tipo inverso, como fallas transversales (orientación WNW-ESE) de movimiento lateral derecho o dextrales, estableciendo un estilo de deformación bajo un régimen tectónico transpresivo. Por otra parte, se define la relación de los sistemas de fallas con los pliegues mayores que corresponden al anticlinal de Tasajero y el sinclinal de Cúcuta.

Gráfica 67 Viviendas ubicadas en la parte media y baja de una ladera muy abrupta cubierta por un lleno antrópico compuesto por escombros y basura arrojados por la comunidad en el barrio La Divina Pastora, donde se evidencian bloques de arenisca pertenecientes a las capas que infrayacen al depósito antrópico. (20/09/2017, E 839.698,992 m-N1.362.957, 335 m, WPT 201, orientación S66E).



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



Gráfica 68 Lleno del antiguo cauce de la quebrada La Cañada con material antrópico. E 839.318 m, N 1'366.041 m, WTP_0000287.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los sistemas de fallas y pliegues principales corresponden a los rasgos estructurales más representativos en cuanto a su extensión, desplazamiento y origen. Se encontraron sistemas de fallas principales tanto longitudinales como transversales; esta última clasificación se basa en los dominios estructurales, ya que los sistemas longitudinales corresponden a la dirección preferencial de las estructuras a lo largo de todo el territorio colombiano (NE-SW), mientras que los transversales cortan dichas estructuras de manera casi perpendicular.

Es de resaltar, que la zona presenta altos niveles de erosión y de intervención antropogénica, que dificultan la observación de lineamientos asociados a características morfogénicas específicas, ya que muchas de estas se encuentran denudadas y por tanto la definición de las estructuras correspondientes a fallas no es del todo clara por este método, por lo que se realizó un análisis cinemático y dos cortes geológicos transversales a las estructuras para interpretar mejor su comportamiento.



oscila entre los 30° a 40°, esto a partir de cortes geológicos y el análisis cinemático de las estructuras. Dentro de su morfología asocia un relieve denudacional que debido a la combinación de procesos gravitacionales y erosivos han remodelado las geoformas morfoestructurales que pudieron asociarse a su trazo; sin embargo, se observa un cambio en el relieve abrupto, como por ejemplo el límite noroeste del Cerro Jesús Nazareno. (Gráfica 69)

1.1.1.3.3.1.2 Falla de Tasajero.

Esta falla se localiza hacia el margen occidental del perímetro urbano, presenta una orientación de N36°E y vergencia hacia el SE; se puede considerar a nivel regional como un sistema de fallas, el cual asocia a su trazo a la Falla de Atalaya. A lo largo de la Falla Tasajero también se encuentran relacionadas estructuras de lomos de presión, típicas de una falla inversa, esto hacia el oeste del Barrio Doña Nidia, donde su trazo es más claro (Gráfica 69)

Gráfica 69. Imagen panorámica de las Fallas Tasajero, Tasajero Norte y Antonia Santos.. Coordenadas N: 1364480, E: 839440.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta falla se encuentra relacionada con la evolución tectónica de la zona, ya que posiblemente se generó durante la formación del Anticlinal de Tasajero, afectando las capas de la Formación León, de acuerdo con lo apreciado en la geología superficial

1.1.1.3.3.1.3 Falla Atalaya.

La Falla de Atalaya es una estructura que se presenta asociada al Cerro de Atalaya, la cual tiene una orientación de N40°E y una vergencia hacia el SE, se define como una falla de cabalgamiento (bajo ángulo de inclinación) asociada a la deformación propagada hacia el bloque yacente de la Falla de Tasajero, lo que genera una geometría de cuña hacia el norte.



La Falla Atalaya fue identificada debido al cambio abrupto en la dirección de buzamiento de las capas del de las intercalaciones de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo y los fuertes rasgos marcados en la morfometría y morfología del relieve (Gráfica 70). Esta falla afecta a las Formaciones León y Guayabo, por lo que se concluye que durante su desarrollo se propago la estructura del Anticlinal de Tasajero.

Gráfica 70. Panorámica del Cerro de Atalaya, donde se observa la Falla Atalaya. Coordenadas N: 1362494.374, E: 841073.9131.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

En este cerro se observan cambios sectorizados en los rumbos y buzamientos de las capas, que fueron asociados a replegamientos de las capas a lo largo del rumbo de las mismas.

1.1.1.3.3.1.4 Falla de Cúcuta.

Esta estructura se localiza al margen este del área de estudio, con una orientación de N30°E y buzamiento hacia el SE; se define como una falla inversa, la cual hacia el sur no es muy claro la continuidad de su trazo, debido a la complejidad estructural que genera la falla transversal de San José. Para este estudio se adopta y pule el trazo del trabajo de Rodríguez et al., (2017), en el que se asocia a la Falla de Cúcuta con el sistema de Fallas de Aguascalientes, donde este sistema se asocia a el levantamiento del Cerro San Luis.

Gráfica 71. Modelo estructural de la Falla de Cúcuta y Aguascalientes.



Fuente: Tomado y modificado de Rodríguez, et al. (2017), por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



Hacia el norte esta falla es cortada por la Falla La Quinta, y asocia a lo largo de su trazo algunos escarpes del cerro San Luis; sin embargo, estos escarpes que están conformados por depósitos de terraza no presentan una alineación continua hacia el suroeste, por lo que en ciertos sectores no es clara la relación entre la falla y dichas expresiones morfológicas.

1.1.1.3.3.1.5 Falla de Aguascalientes.

Esta estructura en el área del perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta, se caracteriza por tener un rumbo de N50°E y buzamiento hacia el NW, de acuerdo con el trabajo de Rodríguez et al., (2017), limitando el cerro San Luis hacia el sureste, esta falla es categorizada como una falla de rumbo con movimiento lateral derecho o dextral y un movimiento sobre el plano vertical de tipo inverso (Gráfica 72).

Gráfica 72. Panorámica hacia Villa del Rosario, donde se aprecia el trazo de la Falla Aguascalientes limitando el este del cerro San Luis.. Coordenadas N. 1365523, E: 846835.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Hacia el suroeste esta falla presenta una flexión y cambia su rumbo aproximándose al W-E en un segmento.

1.1.1.3.3.1.6 Falla de Bellavista.

Esta falla se localiza al sur del perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta, con una orientación de N3°W y un buzamiento aparente hacia el W. Esta falla se desprende de la Falla de Cúcuta y se extiende hacia el sur, asociando a su trazo lomos de presión.

1.1.1.3.3.1.7 Falla Antonia Santos.

Esta falla presenta un rumbo de N5°E y vergencia hacia el este, con un movimiento de tipo inverso que afecta las capas de rocas blandas de lodolitas del Grupo Guayabo, con un ángulo de inclinación de 30°, lo cual es típico de las fallas de cabalgamiento de acuerdo con la Ley de Anderson.



Gráfica 73. Falla Antonia Santos vista sobre el margen derecho del anillo vial.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.3.3.2 Fallas transversales

Estas fallas presentan rasgos morfológicos definidos, alteran los cursos de los drenajes como lo son el río Pamplonita y el Táchira, y se definen como fallas de rumbo como movimiento lateral derecho o dextral, donde el bloque sur se asocia a un levantamiento y el norte a una depresión; presentan una orientación WNW-ESE y en algunos casos se infiere un buzamiento hacia el NE. Estas estructuras son descritas de sur a norte a continuación.

1.1.1.3.3.2.1 Falla San José.

Dicha estructura corresponde a la falla de este tipo más marcada, ya que altera la orientación de los estratos de NE-SW a W-E, cerca del cierre del Sinclinal de Cúcuta (Ver Gráfica 74). Esta estructura se desprende del sistema de Fallas de Tasajero y su trazo es claro hasta la Falla de Cúcuta; sin embargo, es posible que esta falla termine al este en la Falla de Aguascalientes, por lo que se vería relacionada en el cambio de dirección o flexión que presenta esta falla al sur del Cerro San Luis.

Gráfica 74. Panorámica hacia el Barrio Santander, donde se observa el bloque levantado y hundido de la Falla San José. Coordenadas N: 1363285, E: 840358.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



Su bloque levantado asocia la exposición de los niveles de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo, mientras que el bloque hundido asociado a los depósitos de terraza del río Pamplonita

1.1.1.3.3.2 Falla La Quinta.

La Falla La Quinta se desprende del sistema de fallas de Tasajero, limitando el norte del Cerro de San Luis, y desviando los cauces de los ríos Pamplonita y Táchira, este último hacia el territorio venezolano. El bloque hundido es asociado a las características morfométricas del relieve en el sector norte del cerro San Luis, donde se ve como cae con respecto al cerro, generando una superficie de pendientes suaves.

1.1.1.3.3.3 Fallas secundarias

Las fallas de tipo secundario corresponden a fallas locales de corta longitud, en la mayor parte no cartografiadas, que fueron identificadas por geomorfología y/o saltos estratigráficos pequeños en los afloramientos (Gráfica 75).

Gráfica 75. Afloramiento sobre la vía que conduce al municipio de Villa del Rosario, donde se observan pequeñas fallas inversas asociadas al basculamiento de las capas. Coordenadas N: 7.8723722 E: -72.487711.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

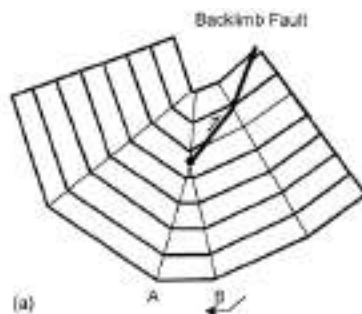
Estas fallas se encontraron asociadas al plegamiento de los estratos en la estructura del Sinclinal de Cúcuta, a campos de esfuerzos secundarios en el Cerro de San Luis, generados por la tectónica de la Falla de Aguascalientes y superficies de despegue sobre los niveles blandos de la Grupo Guayabo; sin embargo, no se encontraron fallas relacionadas por carga litostática, ya que todas las encontradas presentan un carácter inverso, en donde la tectónica es predominante.

1.1.1.3.3.3.1 Falla San Rafael.

Esta falla corresponde a una estructura inversa, con una orientación aproximada de N30°E, y buzamiento hacia el NW; la cual limita el flanco este del sinclinal de Cúcuta y hacia el sur cambia su rumbo en una dirección más W-E, asociado al cierre del sinclinal. Por lo anterior, la falla de San Rafael puede corresponder a una estructura secundaria generada por el aumento de la curvatura de la capa dentro del núcleo del pliegue (Gráfica 76).



Gráfica 76. Modelo teórico de una falla inversa fuera del sinclinal, asociada a la Falla de San Rafael.



Fuente: Mitra, 2002.

1.1.1.3.3.4 Pliegues

En el área urbana del municipio de San José de Cúcuta se tiene el dominio de dos pliegues principales los cuales corresponden al Sinclinal de Cúcuta y el Anticlinal de Tasajero; además, se encontraron pliegues menores asociados las estructuras de mayor extensión. A continuación, se describen cada uno de los pliegues encontrados.

1.1.1.3.3.4.1 Anticlinal de Tasajero.

Esta estructura se encuentra siguiendo el rumbo de las estructuras regionales, con una dirección de N40°E, definido como un pliegue asimétrico con su flanco este más inclinado. Este anticlinal coincide con un alto topográfico, por lo que define un relieve invertido, esto debido a los procesos de erosión que se han presentado a lo largo del tiempo, los cuales predominan en la charnela de la estructura, ya que se encuentra conformada por niveles blandos y altamente susceptibles a la erosión como lo son las lodolitas de la Formación León.

No se observó dentro del perímetro urbano y su área de expansión el cierre de dicha estructura; sin embargo, se asocia como un pliegue por propagación de falla, sobre el plano de la Falla Atalaya, esto mediante cortes geológicos.

1.1.1.3.3.4.2 Sinclinal de Cúcuta.

El sinclinal de Cúcuta es una estructura asimétrica con su flanco oeste más inclinado (Gráfica 77), que tiene un rumbo de N30°E y presenta un cabeceo hacia el NE; siendo interrumpida por la Falla de San José, donde los estratos cambian su dirección de NE-SW a una más W-E.



Gráfica 77. Panorámica sobre el anillo vial, donde se observa el cambio de buzamientos asociado al Sinclinal de Cúcuta. . Coordenadas: N: 1361329.524, E: 11700828.466



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

El núcleo del Sinclinal de Cúcuta se encuentra conformado en superficie por los depósitos de terraza asociados al río Pamplonita y el Grupo Guayabo. Además, es de resaltar que dichas capas presentan replegamientos locales hacia el Cerro de Atalaya; sin embargo, debido a los altos niveles de intervención antropogénica no fue posible establecer la relación de estos replegamientos con la existencia de fallas transversales que cortan el Cerro de Atalaya, o si son pliegues parásitos en la estructura propagados en dirección del rumbo de las capas de los niveles blandos del Grupo Guayabo.

1.1.1.3.3.4.3 Pliegues secundarios o menores

Estos pliegues son de corta extensión que se asocian a plegamientos de los flancos de los pliegues regionales como el anticlinal de Tasajero y el Sinclinal de Cúcuta.

1.1.1.3.4 Análisis cinemático y estructural

Las estructuras cartografiadas en el área urbana del municipio de San José de Cúcuta son la gran mayoría de carácter regional, derivadas de la tectónica transpresiva de la Cordillera Oriental y los Andes de Mérida; a su vez, dichas estructuras asocian fracturas durante su desarrollo y evolución, las cuales permiten realizar una discriminación y análisis estadístico para asociar los esfuerzos principales, ángulos preferenciales de fracturamiento, entre otros.



Gráfica 78. Pliegue asociado a los niveles de intercalaciones de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo.
Coordenadas: N: 1362418.988, E: 841126.0079 y Z: 369.67



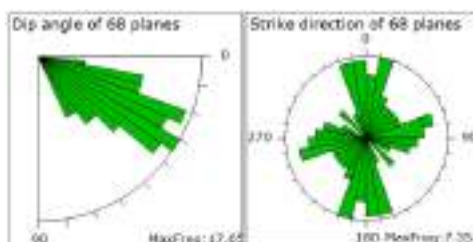
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

El análisis cinemático se realizó en 4 sectores principales, donde se observó el fracturamiento de forma intensiva, asociado a los principales afloramientos en la zona urbana y el relieve más marcado; a partir de los datos de diaclasas categorizadas como fracturas de tensión; se realizaron los diagramas de rosas para observar las direcciones de fracturamiento preferenciales y diagramas de Diedros para el análisis cinemático y dinámico de los esfuerzos con respecto a las estructuras; esto mediante el uso del software WinTensor 5.8.6. El análisis de dichas zonas se describe a continuación.

1.1.1.3.4.1 Zona 2 (Cerro San Luis)

Esta zona se encuentra delimitada por las fallas de Aguascalientes y Cúcuta, en donde se encontraron dos familias predominantes de fracturamiento, una en sentido N-S y una segunda en sentido WSW-ESE.

Gráfica 79. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 2.

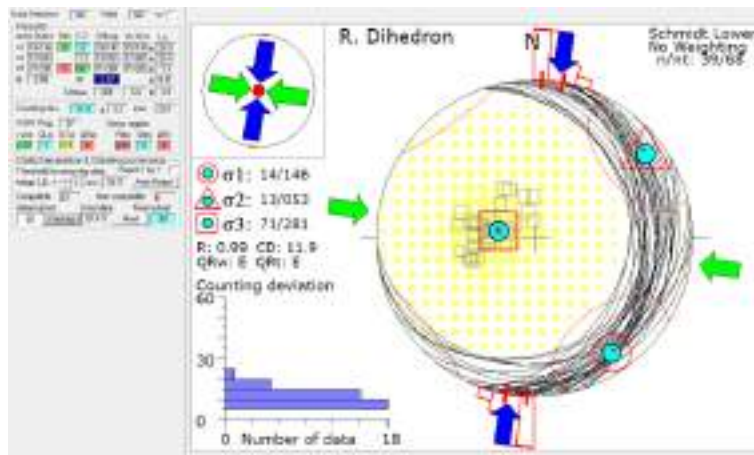


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



Los ángulos de fracturamiento oscilan entre los 20°- 40°, esto se encuentra relacionado con la Falla de Cúcuta, la cual es definida como una falla inversa con bajo ángulo de inclinación. La familia N-S asocia un tensor de esfuerzos netamente compresivo, con dirección del σ_1 de 146° (Gráfica 80), perpendicular a las fallas de Cúcuta y Aguascalientes, confirmando su componente inverso, de acuerdo con la Ley de Anderson.

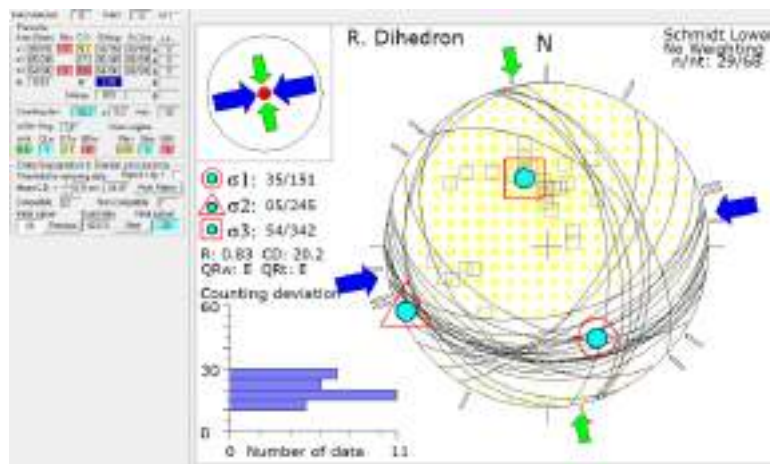
Gráfica 80. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas N-S en la zona 2.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

La familia de fracturas en dirección WSW-ENE presenta el mismo comportamiento de la primera familia (Ver Gráfica 81), donde predomina el ambiente compresivo y una dirección del esfuerzo principal σ_1 de 151°; sin embargo, se observa mayor influencia de la compresión en sentido ENE-WSW, asociado a la Falla de Aguascalientes.

Gráfica 81. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas WSW-ENE en la zona 2



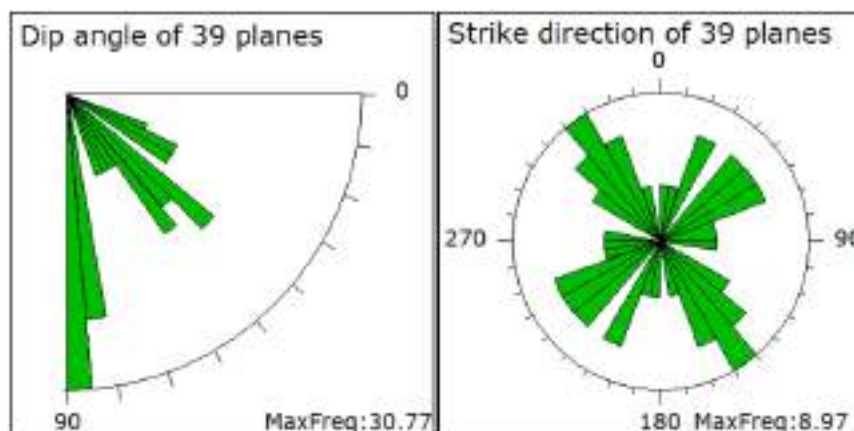
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



1.1.1.3.4.2 Zona 4 (Cerro de Atalaya)

Esta zona se encuentra dominada por el sistema de Fallas de Tasajero (fallas de Tasajero y Atalaya), y segmentado al sur por la Falla San José. Se encontraron dos familias dominantes en sentido NW-SE y la segunda en sentido NE-SW.

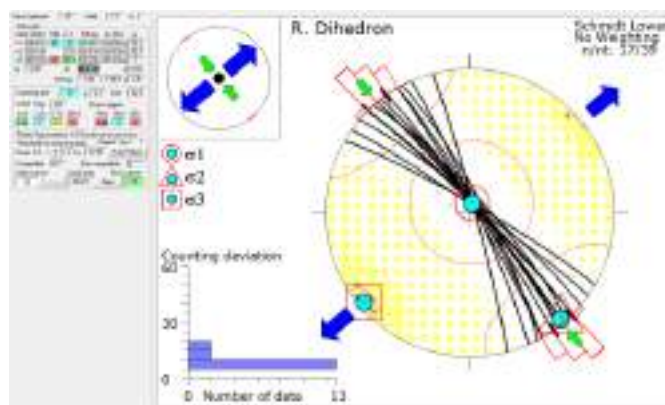
Gráfica 82. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 4



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Los ángulos de inclinación preferenciales para el fracturamiento en dicha zona presentan dominancia en el rango de 80° a 90° y un segundo rango entre los 30°-45°; los primeros pueden estar relacionados con la Falla San José, definida como una falla de alto ángulo; mientras que el segundo rango se encuentra ligado al sistema de fallas de cabalgamiento de Tasajero. Las fracturas en sentido NW-SE asocia esfuerzos distensivos en dirección NE-SW, relacionable con la Falla San José, y una dirección de compresión NW-SE que responde a la cinemática inversa del sistema de fallas de Tasajero

Gráfica 83. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NW-SE en la zona 4.

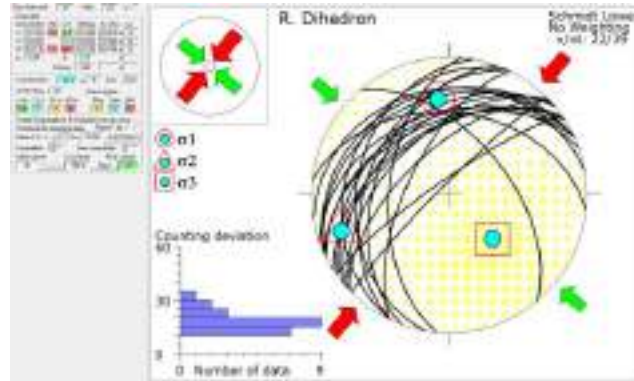


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



La familia de fracturas en dirección NE-SW presenta la misma dirección de compresión NW-SE (Gráfica 84); sin embargo, se observa un ambiente netamente compresivo donde presenta mayor influencia la compresión en asociada a las fallas de Tasajero y Atalaya.

Gráfica 84. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 4.



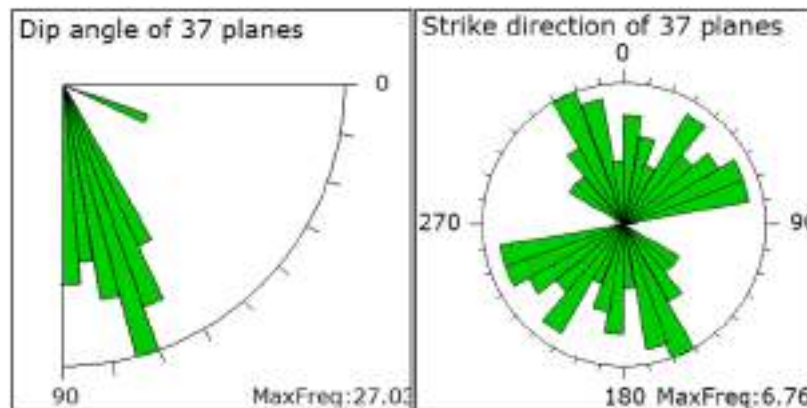
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

También se observa una segunda dirección de compresión en dirección NE-SW, posiblemente asociada a la tectónica activa de los Andes de Mérida o como un campo de esfuerzos secundario generado por el movimiento de las fallas transversales que segmentan la zona.

1.1.1.3.4.3 Zona 6, Cerro Jesús Nazareno.

Esta zona se encuentra limitada por la Falla Tasajero al noroeste, al oeste por la Falla Antonia Santos y al este por el Anticlinal de Tasajero. Se encontraron dos familias dominantes en sentido NW-SE y la segunda en sentido NE-SW (Gráfica 85).

Gráfica 85. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 6.

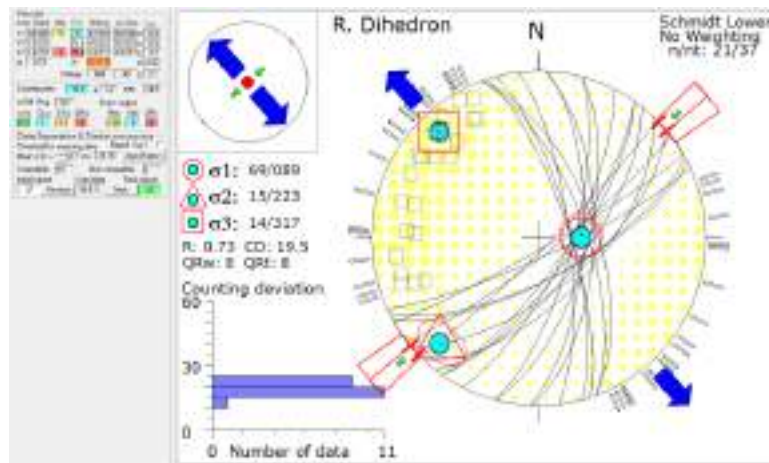


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



Los ángulos de inclinación preferenciales para el fracturamiento en dicha zona presentan dominancia en el rango de 70° a 80°, y un rango aislado entre los 10° y 20°; este último posiblemente se encuentra ligado al sistema de a la Falla Tasajero Norte. Las fracturas en sentido NE-SW asocia esfuerzos distensivos en dirección NW-SE y una dirección de compresión NE-SW; lo cual no concuerda con la cinemática actual de las estructuras en este sector (Gráfica 86).

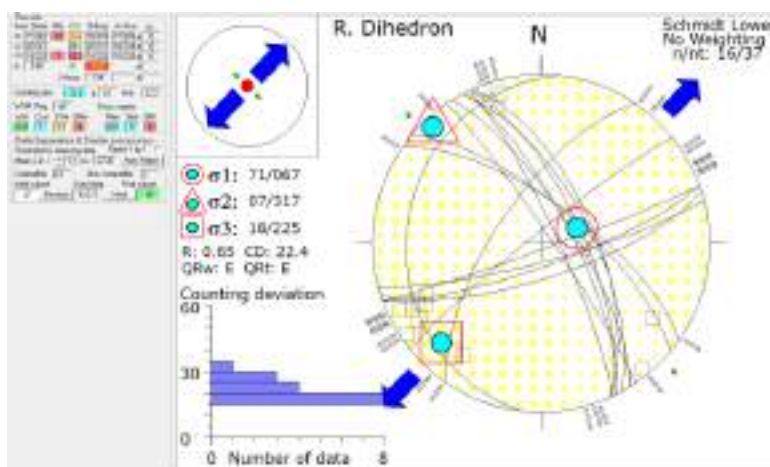
Gráfica 86. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 6.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La familia de fracturas en dirección NW-SE presenta una dirección de compresión en la misma dirección (Gráfica 87); sin embargo, se observa un ambiente predominante distensivo en dirección NE-SW y una dirección del esfuerzo principal σ_1 de 67°.

Gráfica 87. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 6.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

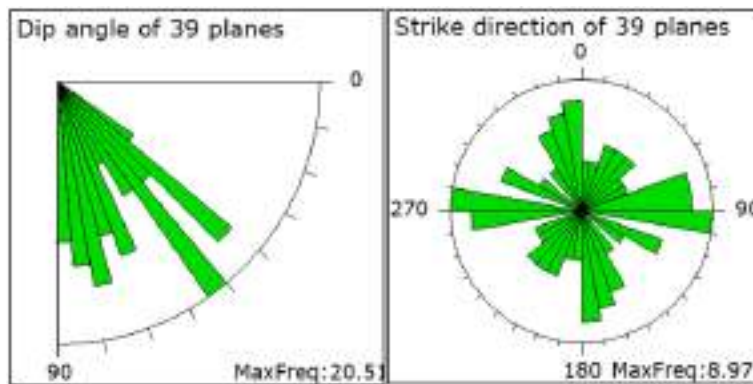


Estas discrepancias pueden relacionarse con una mayor influencia en este sector de la tectónica de los Andes de Mérida asociada a la actividad del sistema de Fallas de Boconó; además, de los campos de esfuerzos secundarios generados por la actividad de las mismas fallas longitudinales y transversales.

1.1.1.3.4.4 Zona 7, Sur de Cúcuta (Cierre del Sinclinal).

Esta zona se encuentra dominada por el cierre del Sinclinal de Cúcuta y limitada al norte por la Falla San José y al sur este por la Falla de San Rafael. Se encontraron dos familias dominantes en sentido W-E y la segunda en sentido NNW-SSE (Gráfica 88).

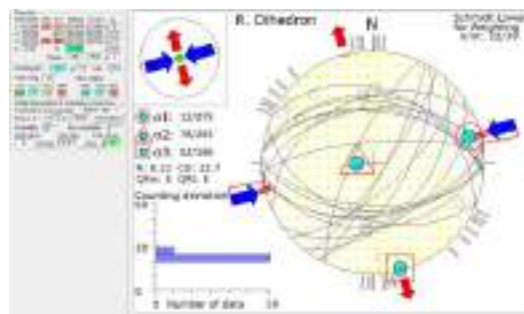
Gráfica 88. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en la zona 7



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los ángulos de inclinación preferenciales para el fracturamiento en dicha zona presentan dominancia en el rango de 40° a 55° y un segundo rango entre los 70°-85°; donde estos últimos pueden relacionarse a la Falla de San José. Las fracturas en sentido W-E asocia esfuerzos compresivos en dirección ENE-WSW ligado a la generación de la estructura sinclinal, y una dirección de tensión NNW-SSE (Gráfica 89).

Gráfica 89. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NW-SE en la zona 7.

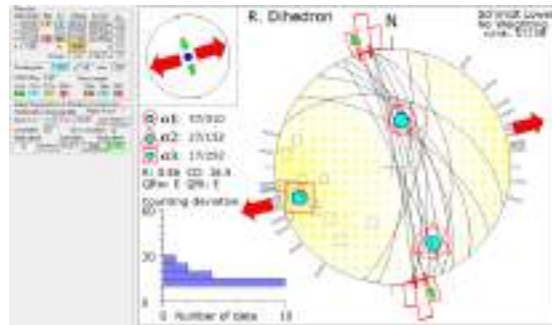


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



La familia de fracturas en dirección NNW-SSE presenta un comportamiento contrario, donde la compresión se presenta en dirección NNW-SSE (Gráfica 90); sin embargo, se observa un ambiente predominantemente extensivo donde presenta mayor influencia la tensión en dirección NE-SW.

Gráfica 90. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas NE-SW en la zona 7.



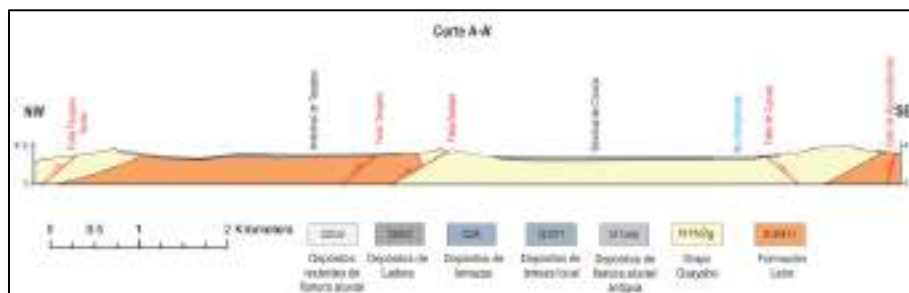
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esto se debe a que en la evolución de un pliegue se generan fracturas asociadas tanto al eje de la charnela como perpendiculares a esta por la extensión que sufren las capas en su distribución de los esfuerzos internos; además se tiene que la tensión generada en dirección ENE-WSW se puede asociar a la Falla de Aguascalientes que se encuentra cartografiada hacia el sur.

1.1.1.3.5 Estilo estructural.

En general las fallas inversas que se presentan en la zona del perímetro urbano y zonas de expansión del municipio de San José de Cúcuta presentan bajo ángulo de inclinación, algunas asociadas como sistema de fallas dentro de la escala de trabajo detallada, que a nivel superficial cortan solo la secuencia sedimentaria Cenozoica como la Formación León y los niveles del Grupo Guayabo y algunos depósitos cuaternarios; por lo que se define un estilo estructural de escamación de piel delgada, donde las fallas de Tasajero Norte, Tasajero y Atalaya pueden unirse para así generar un modelo de fallas lítricas, lo que genera un modelo de abanico imbricado dirigido según los modelos de Boyer & Elliot, (1982).

Gráfica 91. Corte Geológico A-A', transversal a las estructuras longitudinales.



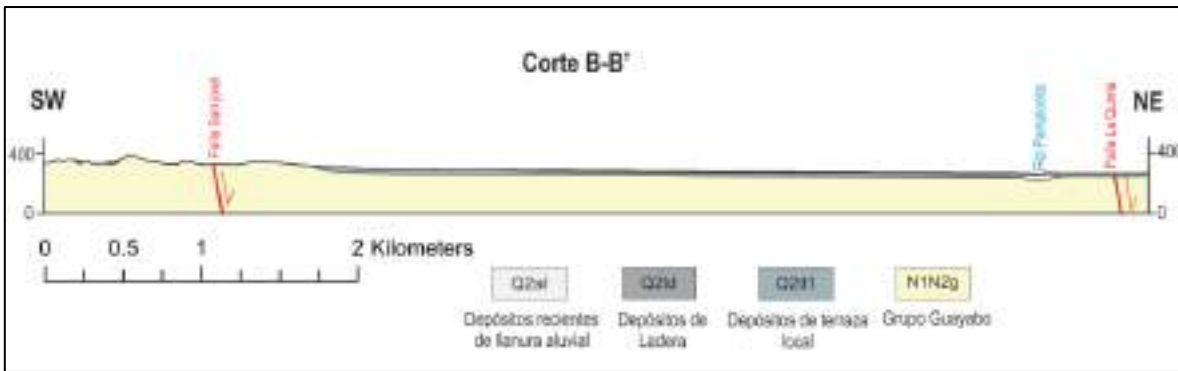
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



La Falla de Cúcuta puede considerarse un retrocabalgamiento de la Falla de Aguascalientes, lo que define según los trabajos de Diederix *et al.*, (2009) y Rodríguez *et al.*, (2017), un sistema de fallas transpresivas que influyen en el levantamiento del Cerro San Luis; sin embargo, a dicho rasgo fisiográfico no se encuentran asociados plegamientos en dirección NE-SW de los niveles rocosos de la Formación León y el Grupo Guayano, de forma sinclinal o anticlinal que definan una estructura *Pop-up*, lo cual relacionaría de manera directa el levantamiento de dicho sector por la influencia tectónica de este sistema de fallas.

El régimen tectónico de la zona de estudio es transpresivo evidenciado por las fallas con movimiento en dirección del rumbo como la Falla de Aguascalientes; sin embargo, existe un ambiente transtensivo que predomina en las fallas de San José y La Quinta, las cuales presentan una dirección de extensión asociada NE-SW, que generan la caída de bloques con respecto al plano de falla.

Gráfica 92. Corte Geológico B-B', transversal a las Fallas La Quinta y San José.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.4 Exploración geotécnica

Los trabajos de exploración geotécnica consisten en la realización de sondeos para efectuar ensayos de campo y recuperar muestras de suelo de los sitios estudiados. Con base en los resultados obtenidos de estos trabajos y de pruebas de laboratorio efectuadas en las muestras recuperadas, se definen los perfiles estratigráficos de los sitios estudiados, así como sus propiedades índice y mecánicas.

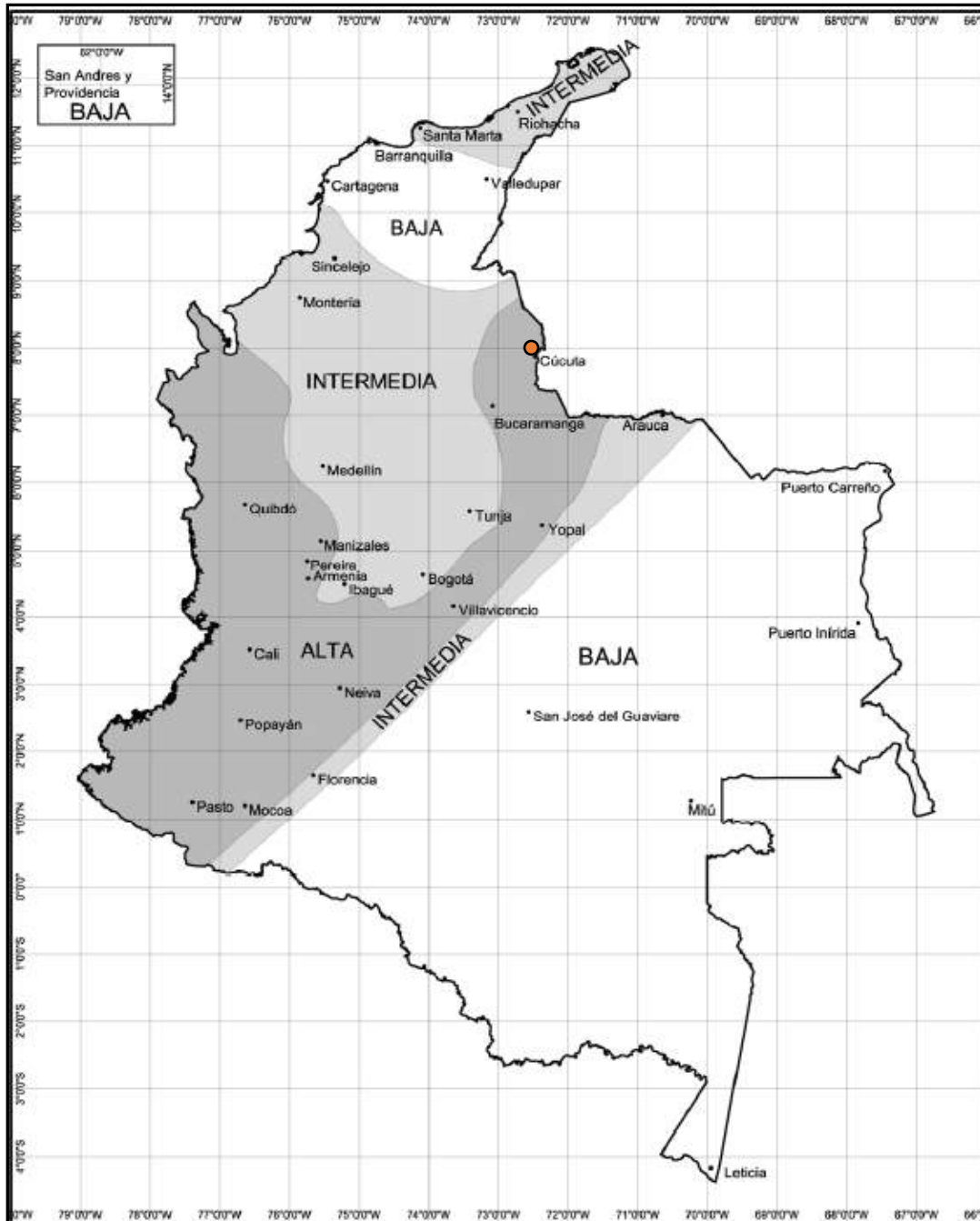
1.1.1.4.1 Características sísmicas

Para el desarrollo del presente trabajo se ha efectuado sísmica de refracción como una herramienta adicional para la caracterización de las unidades del subsuelo, de tal forma que los numerales siguientes corresponden a una introducción de la situación del municipio de Cúcuta en lo que se refiere a su comportamiento sísmico a escala regional



1.1.1.4.1.1 Factores Pseudo-estáticos de la norma NSR-10

Gráfica 93. Zonas de amenaza Sísmica

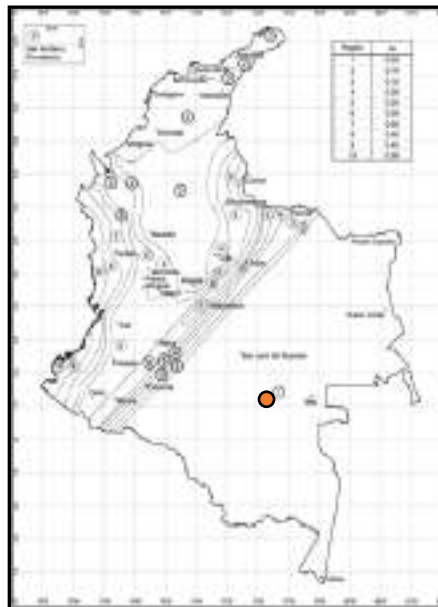


Fuente: NSR – 10



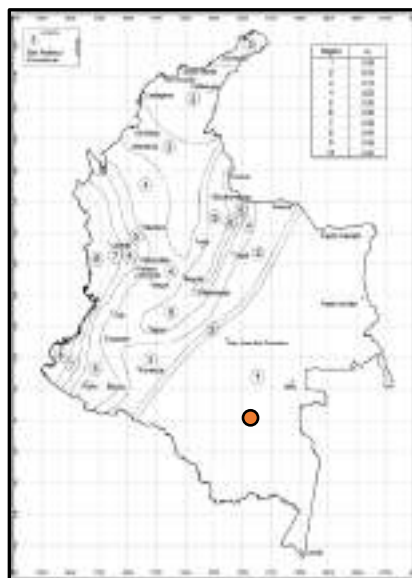


Gráfica 94. Mapa de Valores Aa (aceleración horizontal pico efectiva)



Fuente: NSR – 10

Gráfica 95. Mapa de valores Av. (velocidad horizontal pico efectiva)



Fuente: NSR – 10



1.1.1.4.2 Características del sitio de acuerdo a la norma NSR-10

1.1.1.4.2.1 Valores Aa y Vv

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 los parámetros sísmicos de diseño para el municipio son los siguientes:

Tabla 3. Parámetros Pseudo estáticos para el municipio

Municipio	Código Municipio	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica	Ae	Ad
Cúcuta	54001	0,35	0,30	Alta	0,25	0,10

Fuente. NSR – 10

1.1.1.4.3 Perfil de Suelo Definido por Norma

Para el cálculo de los parámetros que se pueden requerir para el diseño de cimentaciones y obras geotécnicas, se utilizan criterios generalmente empíricos con base en los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio ejecutados. En este caso se determinará el tipo de perfil de suelo mediante correlaciones con el número de golpes del ensayo de penetración estándar (N).

De acuerdo con la Normativa vigente (NSR -10) se calcula el N promedio para cualquier tipo de suelo (NSR 10- A-2-4-3-2), aplicando la formula A-2-4-2, que se puede utilizar indistintamente para cualquier tipo de suelo cohesivo y no cohesivo.

N promedio:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Tabla 4. N promedio general y perfil de suelo

Prof (m)	σ_{efectivo} (KN/m ²)	CN	(N1)60 S1 percusión	(N1)60 S2 percusión	(N1)60 S3 percusión	(N1)60 S4 percusión	(N1)60 S5 percusión	(N1)60 S6 percusión	(N1)60 S7 percusión	(N1)60 S8 percusión	(N1)60 S9 percusión
0.5	9.265	2.00	14.63	16.88	16.88	12.38	14.63	7.88	12.38	7.88	10.13
1	18.53	2.00	21.38	16.88	25.88	16.88	19.13	9.00	16.88	9.00	10.13
1.5	27.795	1.97	29.89	27.67	35.42	23.25	25.46	18.82	17.71	19.92	23.25
2	37.06	1.70	23.01	29.72	26.84	30.68	27.80	26.84	24.92	30.68	25.88
2.5	46.325	1.52	28.30	19.72	31.72	27.44	30.87	27.44	26.58	26.58	30.87
3	55.59	1.39	28.96	28.96	23.48	30.53	25.83	30.53	28.96	28.96	26.61
3.5	64.855	1.29	22.46	26.09	28.26	22.46	24.64	26.09	26.81	26.09	28.99
4	74.12	1.21	31.50	25.35	26.89	31.50	29.96	31.50	29.19	28.42	29.19
4.5	83.385	1.14	26.07	26.80	31.87	26.07	28.97	26.80	28.25	28.25	28.25
5	92.65	1.08	26.80	26.80	26.80	24.05	26.80	32.30	27.49	29.55	28.86
5.5	101.915	1.03	28.83	55.69	25.55	22.93		26.21			51.76
6	111.18	0.98			62.39	59.59					
N Prom			24.5	24.8	27.7	23.9	24.2	19.2	22.1	18.7	21.7
N Prom para cualquier estrato			23.0								
Perfil de suelo			D								

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017





Teniendo en cuenta la tabla extraída de la NSR-10 que se muestra a continuación, se clasifica el perfil del suelo como PERFIL D a partir del valor calculado de N promedio que se encuentra en un rango entre 15 y 50, arrojando un valor promedio de 23.

Tabla 5. Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de tipo convencional	$V_s \geq 180 \text{ m/s}$
B	Perfil de tipo no convencional	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
C	Perfil de suelos muy arenos, o más arenos, que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de corte, y perfil de suelos muy arenos o más arenos que cumplen con cualquiera de los dos criterios	Máximo: $V_s \geq 180 \text{ m/s}$ $N \geq 15$ $N_p \geq 50 \text{ kPa (} \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$
D	Perfil de suelos arenos que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfil de suelos arenos que cumplen cualquiera de los dos criterios	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ $15 > N \geq 5$
E	Perfil de suelos de tipo no convencional de tipo no convencional, o perfil de suelos de tipo no convencional que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfil de suelos de tipo no convencional que cumplen con cualquiera de los dos criterios	Máximo: N_p $15 > N \geq 5$ $50 \text{ kPa (} \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \text{)} > N_p$
F	Perfil de tipo no convencional de tipo no convencional, o perfil de suelos de tipo no convencional que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de corte, o perfil de suelos de tipo no convencional que cumplen con cualquiera de los dos criterios	Máximo: N_p $15 > N \geq 5$ $50 \text{ kPa (} \approx 1 \text{ kg/cm}^2 \text{)} > N_p$

Fuente: NSR-10, título A.

Tabla 6. Clasificación de los perfiles de suelo C-D-E

Tipo de perfil	V_s	N o N_{eq}	N_p
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa ($\approx 1 \text{ kg/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 50 y 100 kPa (≈ 0.5 a 1 kg/cm^2)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kg/cm}^2$)

Fuente: NSR-10, título A.

A partir de los coeficientes de aceleración horizontal pico efectiva Pseudo estática y velocidad horizontal pico efectiva (A_a y A_v) determinados a partir de la norma y con el tipo de perfil de suelo encontrado (D) se obtienen los valores de los coeficientes F_a y F_v :

Tabla 7. Valores de coeficiente F_a

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
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

Fuente: NSR-10, título A.



Tabla 8. Valores de coeficiente Fv

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_s \leq 0,2$	$A_s = 0,2$	$A_s = 0,3$	$A_s = 0,4$	$A_s \geq 0,5$
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	1,8	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,3	1,8	1,8	1,5
E	3,3	3,2	2,8	2,8	2,4
F	obtener tabla	obtener tabla	obtener tabla	obtener tabla	obtener tabla

Fuente: NSR-10, título A.

Los valores de Fa y Fv encontrados a partir de las tablas son **1,5** y **2,2** respectivamente. A continuación, se define el valor del coeficiente de importancia de acuerdo con el uso que se le asignara a la estructura a construir:

Tabla 9. Valores Coef. De Importancia

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

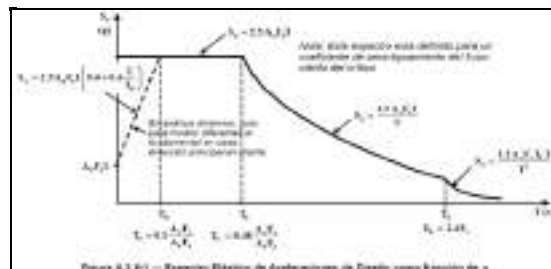
Fuente: NSR-10, título A.

El coeficiente de importancia para la zona de estudio es **I=1**, correspondiente a **estructuras de ocupación normal**, este factor modifica el espectro y las fuerzas de diseño.

1.1.1.4.4 Cálculo del espectro de diseño

El siguiente espectro de diseño de la norma se muestra a continuación, a partir de los valores de Aa, Av, Fa, Fv y coeficiente de importancia encontrados, se calcula el espectro de diseño correspondiente al proyecto.

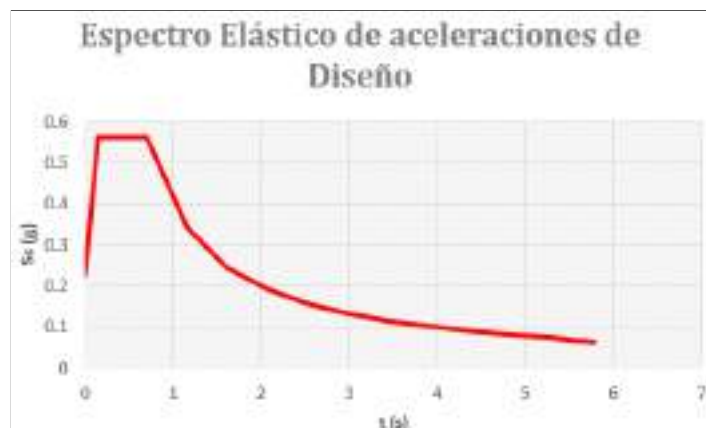
Gráfica 96. Espectro de diseño.



Fuente. NSR-10



Gráfica 97. Espectro de diseño calculado para la zona de estudio



Fuente. NSR-10

Tabla 10. Resumen de parámetros Pseudo-estáticos para el municipio

Aa	Av	Ae	Ad	Perfil de suelo	Grupo de uso	Coefficiente de Importancia	Fa	Fv
0.15	0.15	0.16	0.08	D	I	1	1.5	2.2

Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.4.5 Exploración del subsuelo con sísmica de refracción

Los métodos geofísicos o secundarios son una herramienta eficaz que nos permite establecer en las fases de exploración geotécnica la zonificación de los materiales tanto en profundidad como transversalmente, en este informe se allegan los resultados obtenidos durante la exploración geofísica realizada al proyecto en el municipio de San José de Cúcuta mediante el método geofísico de refracción sísmica.

El objeto del estudio geofísico realizado durante este proyecto se orienta principalmente, en obtener información del perfil estratigráfico teniendo en cuenta las variaciones del suelo en profundidad de acuerdo con los cambios de velocidades que estén presente. La fase de exploración geofísica contó con la realización de siete (7) líneas de refracción sísmica (S1, S2, S3, S4, S5, S6 Y S7) de longitudes de 88 m cada una. Aunque por cuestiones de ruido ambiental, humedad en los conectores y diversas interferencias no se pudo procesar la línea sísmica S2, por lo cual se anexan dos (2) refracciones realizadas en el 2015 por el equipo de ALICON&ING. SAS, de manera recopilatoria, para enriquecer el documento y complementar el modelo geológico de la zona de estudio.

Una vez obtenida la información durante la fase de exploración, se procede a realizar la fase del post procesamiento de la información la cual permite conocer el Tiempo de Retraso (Delay Time), el Tiempo de Reciprocidad (Reciprocal Time) y el Tiempo de Intercepción (Intercept Time) de las



ondas a través del software SeisImager 2D utilizado para la interpretación, proceso y modelamiento de refracciones sísmicas.

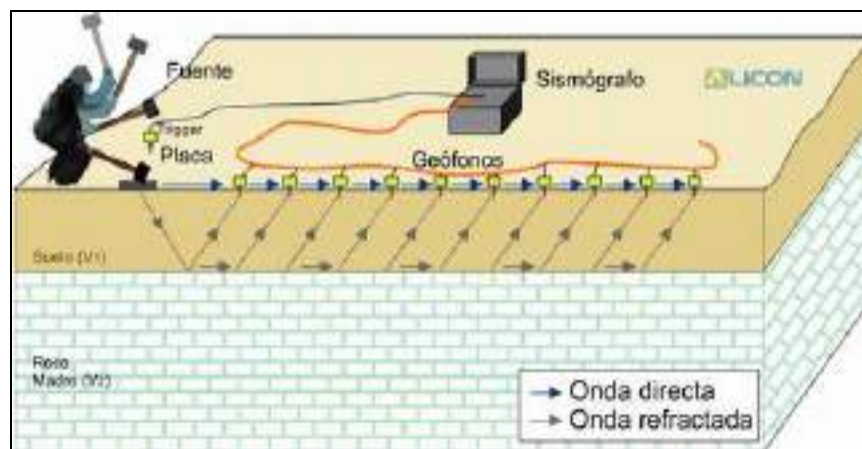
1.1.1.4.5.1 Marco teórico

El ensayo de refracción se basa en el registro de los frentes de onda, generados por una fuente artificial de energía, leyendo en los registros los tiempos de los primeros arribos. Estos pueden deberse a la onda directa o bien a aquellas ondas que se refractan en el subsuelo con ángulo crítico, viajan por la interfaz con la velocidad del medio infrayacente y retornan hacia la superficie como ondas frontales (head waves).

El instrumental necesario para emplear este método consiste básicamente en alguna fuente de energía (martillo, explosivo, vibrador, cañón de aire, etc.), receptores o sismómetros (geófonos en tierra) y un sismógrafo donde acondicionar, grabar y graficar la información. Los registros de cada geófono tienen información de los movimientos del terreno en función del tiempo y son conocidos como sismogramas. El objetivo es determinar espesores de las capas del subsuelo, sus buzamientos y las velocidades de propagación de las ondas sísmicas en cada una de ellas.

El método se hace efectivo siempre que se encuentren medios con impedancias acústicas ($Z=\rho \cdot V$) que varían fuertemente, con la condición esencial -dada por la ley de Snell ($n_1 \text{sen } \phi_1 = n_2 \text{sen } \phi_2$) donde $n_1 = C/v$ - de que el segundo medio sea de mayor velocidad sísmica que el primero. Otra de las limitaciones de este método es determinar la velocidad de ondas primarias o de compresión (V_p) en relación con la dificultad para evaluar la velocidad de ondas secundarias o de corte (V_s).

Gráfica 98: REPRESENTACIÓN DE UNA ADQUISICIÓN DE REFRACCIÓN SÍSMICA. Se observan las ondas generadas a partir de la fuente de energía (Golpe de martillo)



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



1.1.1.4.5.2 Metodología de trabajo

La metodología empleada para la exploración del subsuelo está dividida en las siguientes etapas: diseño, adquisición, procesamiento e interpretación.

Gráfica 99: METODOLOGÍA PARA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO MEDIANTE EL MÉTODO DE REFRACCIÓN



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

1.1.1.4.5.3 Diseño

En esta etapa se planifica el levantamiento sísmico donde es importante el aprestamiento de información para conocer la viabilidad de la longitud del tendido sísmico la cual garantizará la profundidad necesaria o requerida por el cliente. Se realiza geología de superficie para entender el entorno y las velocidades que se puedan esperar durante el procesamiento; se considera el tipo de estructuras geológicas del subsuelo, si hay cabalgamientos, profundidad de los reflectores, etc.

1.1.1.4.5.4 Adquisición

Una vez realizado el diseño, se hace el trabajo de campo. Se verifica la posición de las líneas en campo y se realiza el tendido sísmico. Se toma registro de muestras geológicas, de suelos, si hay presencia de ríos, ruido ambiental y registro fotográfico, entre otros, para la realización de un buen procesamiento.

1.1.1.4.5.5 Procesamiento

Se hace un pre-procesamiento mediante el software USB-Seismograph de la compañía PASI donde se determinan los primeros arribos y se hace uso de filtrado si es necesario para la eliminación de algún ruido obtenido en el registro de velocidades. Posteriormente, se realiza este procedimiento en el programa Pickwin de la compañía Geometrics, para obtener las tomografías sísmicas.



1.1.1.4.5.6 Interpretación

En esta última etapa, se miran las velocidades obtenidas, las cuales se agrupan y se correlacionan con la información geológica obtenida en campo. Estas velocidades se correlacionan siguiendo la norma D-5777 para refracción sísmica.

1.1.1.4.5.7 Equipos de trabajo

Gráfica 100: SISMÓGRAFO 16S24-U



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Sismógrafo 16S24-U con interface usb

2 x cable de geófonos, 12 salidas, 10 m de espaciamento

22 x geófonos

1 x martillo 18 lbs

1 x trigger (activador de señal)

1 x placa de aluminio

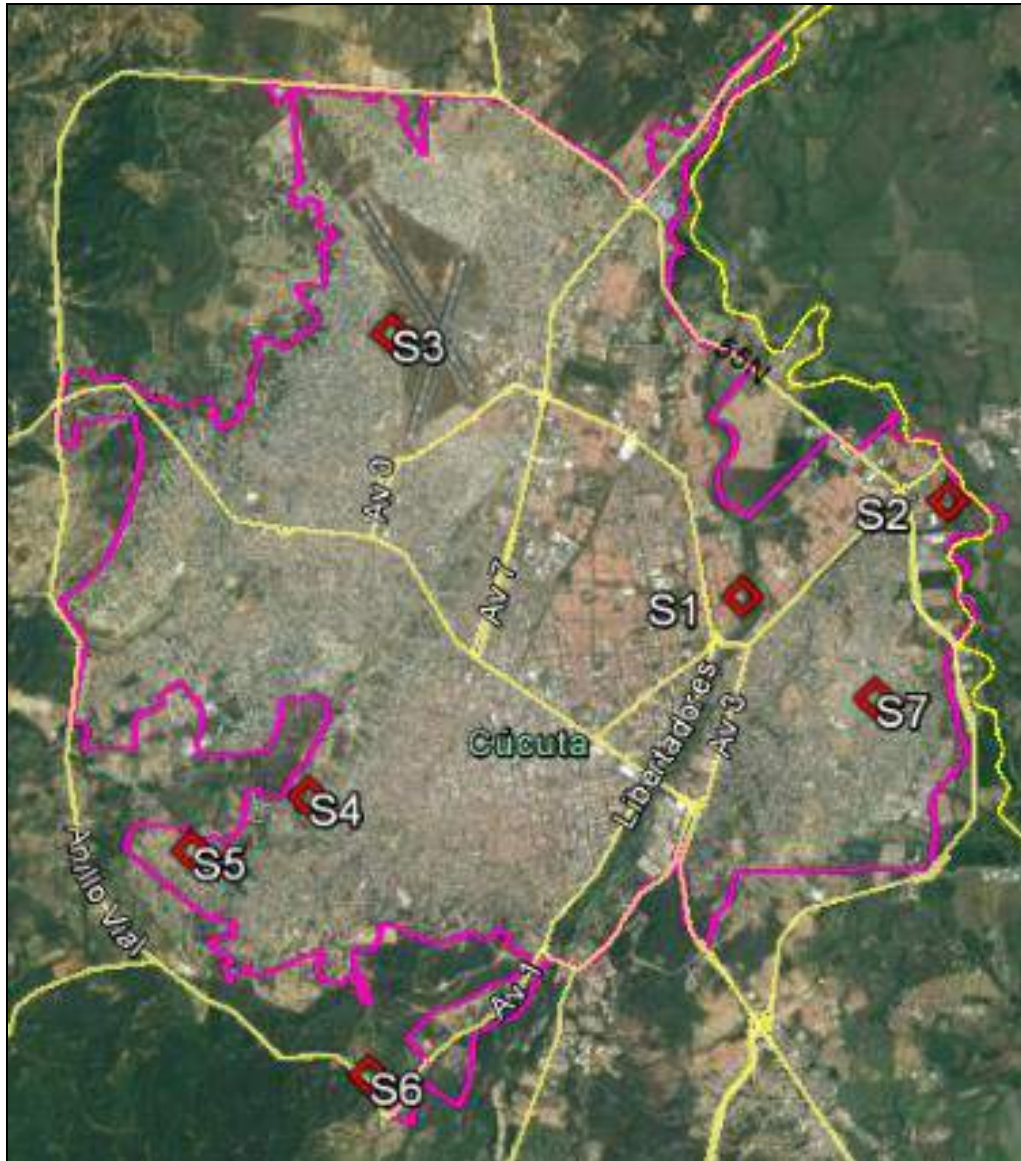
1 x Computador portátil



1.1.1.4.5.8 Localización de las líneas de refracción sísmica

Las líneas sísmicas se distribuyeron dentro del municipio con el objetivo de abarcar la mayoría de las Unidades de Geología para Ingeniería ya descritas en capítulos anteriores (Gráfica 101).

Gráfica 101: LOCALIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA REALIZADAS.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA

La línea sísmica 1 (para la línea de refracción número 1) se realizó en inmediaciones del barrio Parques Residenciales II al margen izquierdo de la Avenida del Río con calle 2 Norte, los geófonos tuvieron un espaciamiento de 4 m, se utilizaron 22 canales para una longitud de 8 m. La línea 2



(línea de refracción numero 2) se localiza sobre la urbanización de Villas del Escobal, de manera transversal al río Táchira, con un espaciamiento de geófonos de 4 m, utilizando 22 canales para una longitud de 88 m. La línea 3 (línea de refracción numero 3) se ubicó sobre la parte oeste del aeropuerto Camilo Daza, sobre el barrio Buenos Aires en la avenida 5 entre calles 26 y 27 aproximadamente, con un espaciamiento de geófonos de 4 m, utilizando 22 canales para una longitud de 88 m. La línea 4 (línea de refracción numero 4) se ubicó sobre la parte Sur del Cerro Atalaya, en inmediaciones del asentamiento Rudesindo Soto, con un espaciamiento de geófonos de 4 m, utilizando 22 canales para una longitud de 88 m. La línea 5 (Línea de refracción numero 5) se ubicó sobre la parte Sur del Cerro Atalaya, en inmediaciones del asentamiento Valles del rodeo, sobre la calle 28 entre la avenida 40 y 41, con un espaciamiento de geófonos de 4 m, utilizando 22 canales para una longitud de 88 m. La línea 6 (Línea de refracción numero 6) se ubicó sobre la parte sur del municipio de San José de Cúcuta en una zona de expansión urbana, sobre el margen izquierdo del anillo vial, en inmediaciones del sitio conocido como El Resumen, con un espaciamiento de geófonos de 4 m, utilizando 22 canales para una longitud de 88 m. La línea 7 (línea de refracción numero 7) se ubicó sobre la parte NE del sitio conocido como El Cerro San Luis, en inmediaciones del barrio La Unión, sobre la Avenida 9 entre calles 4 y 5, con un espaciamiento de geófonos de 4 m, utilizando 22 canales para una longitud de 88 m.

Tabla 11: UBICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA REALIZADAS.

LINEA	COORDENADAS INICIAL			COORDENADAS FINAL			LONGITUD (m)
	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	845.061,878	1'365.881,51	289	845.058,584	1'365.979,53	290	88
2	847.207,105	1'366.904,98	299	847.118,16	1'366.911,62	299	88
3	841.375,193	1'368.536,98	323	841.358,837	1'368.626,09	324	88
4	840.451,822	1'363.761,75	426	840.486,43	1'363.846,5	422	88
5	839.245,552	1'363.303,42	302	839.311,181	1'363.251,95	297	88
6	841.135,503	1'360.930,92	374	841.132,923	1'360.849,94	376	88
7	846.520,474	1'364.866,08	371	846.500,807	1'364.773,23	370	88

FUENTE: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Con respecto al mapa de Unidades Geológicas para Ingeniería, las líneas sísmicas 1,2 y 6, se ubicaron sobre la unidad de suelo transportado aluvial de terraza baja (Statb), en la que se observan gravas (gránulos a guijarros) y arenas de tamaño muy fino a grueso. Para estos sectores se determinó una pendiente no mayor de 7°. La línea sísmica 3 se encuentran sobre la unidad de suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata2) en la cual se observan gravas (gránulos, guijarros y cantos) y arenas de tamaño medio a grueso. La línea sísmica 4 se realizó sobre roca intermedia de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag), donde se observa un suelo residual arenoso. La línea sísmica 5, se ubicó sobre suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata2) que suprayace la unidad de roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (Rmbll). La línea sísmica 7 se encuentra sobre suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata1), en el cual se observan gravas (gránulos a guijarros) y arenas de tamaño medio a grueso.



Gráfica 102: FOTOGRAFÍA DE LAS LÍNEAS DE REFRACCIÓN.



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

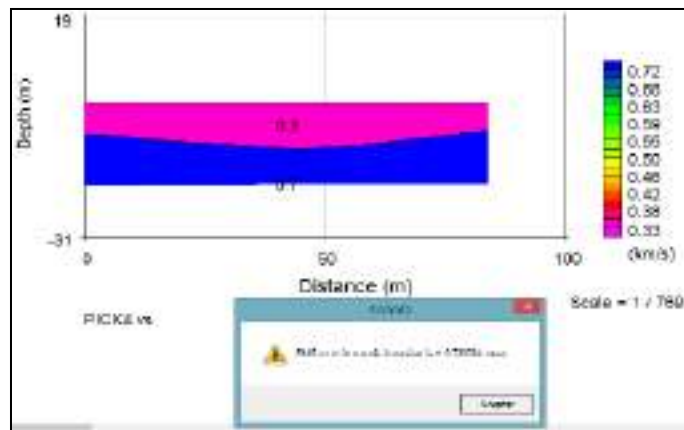
Se realizaron 7 disparos, se toman disparos de control antes del primer geófono, entre los geófonos 5 y 6, entre los geófonos 9 y 10 en la mitad del tendido, entre los geófonos 14 y 15, entre los geófonos 19 y 20 y después del geófono 22.

1.1.1.4.5.9 Resultados de los ensayos de refracción

A continuación, se muestran los modelos de dos capas y el análisis de cada refracción sísmica.

1.1.1.4.5.9.1 Línea 1

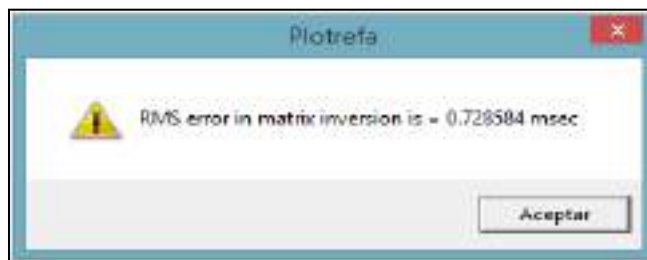
Gráfica 103: MODELO DE VELOCIDAD DE LA LÍNEA 1



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



Gráfica 104: ERROR ARROJADO - MODELO DE VELOCIDADES



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

INTERPRETACIÓN:

El resultado del modelo de velocidades obtenido del procesamiento de los datos adquiridos nos permite concluir que se encontraron dos grupos de velocidades los cuales se les atribuye a dos capas o materiales litológicos.

Gráfica 105: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 1.

LÍNEA 1		
CAPA	VELOCIDADES (m/s ¹)	ESPESOR (metros)
1	330	6.5
2	720	> 6.5

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Según la norma ASTM D5777 y lo observado en campo, las velocidades de 0 y 610 m/s corresponden a suelos no consolidados o muy meteorizados, los cuales son correlacionables con suelos transportados de cauce aluvial (Stca). Las velocidades de 460 a 915 m/s corresponden a grava y arena mal seleccionada, las cuales son correlacionables con la unidad de suelos transportados aluviales de terraza baja (Statb). En la zona de estudio se observó un lleno antropogénico, pero este era despreciable para la escala trabajada ya que presentaba un espesor máximo de 1m y por esto no hubo respuesta dentro del estudio realizado.

Hay que dejar en claro que la interpretación de estas velocidades se realizó partir de la geología realizada en la zona de estudio.

Pueden existir una o más capas con velocidades menores entre las mostradas anteriormente, debido a que el ensayo de refracción sísmica radica en que sólo es posible detectar estratos con

¹ Unidades de las velocidades dadas en metro sobre segundo (m/s).

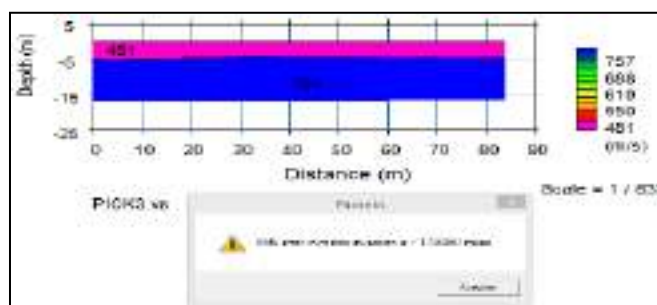


rigideces progresivamente mayores con la profundidad que tengan un contraste de velocidad bien definido, a esto se le conoce como “bright spot” o “punto ciego”.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 29 metros. El error obtenido RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 0.728584 msec² lo que se interpreta como una muy buena aproximación.

1.1.1.4.5.9.2 Línea 3

Gráfica 106: MODELO DE VELOCIDADES LÍNEA 3



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Gráfica 107: ERROR ARROJADO - MODELO DE VELOCIDADES



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

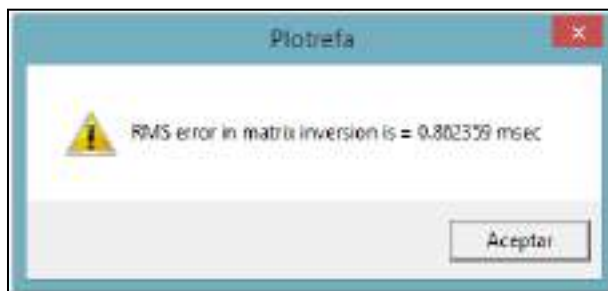
INTERPRETACIÓN :

El resultado del modelo de velocidades obtenido del procesamiento de los datos adquiridos nos permite concluir que se encontraron dos grupos de velocidades que se le atribuyen a dos capas o materiales litológicos.

² Unidades de Error de la media cuadrática dado en milisegundos (msec).



Gráfica 109: Error arrojado - modelo de velocidades



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

INTERPRETACIÓN:

El resultado del modelo de velocidades del procesamiento de los datos adquiridos nos permite concluir que se encontraron dos grupos de velocidades los cuales se le atribuyen a dos capas o materiales litológicos.

Tabla 13: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 4.

LÍNEA 4		
CAPA	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR (metros)
1	392	5
2	1601	> 5

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Según la norma ASTM D5777 y lo observado en campo, las velocidades de 0 y 610 m/s corresponden a suelos no consolidados o muy meteorizados, los cuales son correlacionables con suelos residuales saprolíticos o rocas muy fracturadas y meteorizadas correspondientes a la roca intermedia de intercalaciones de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag), correspondiente a la sección II-A o II-B del perfil de meteorización descrito en el capítulo de Unidades de Geología para Ingeniería (UGI). Las velocidades de 1220 a 1830 m/s corresponden a arenas o areniscas, las cuales son correlacionables con roca intermedia de intercalaciones de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag), estando situados en la franja donde predominan las areniscas.

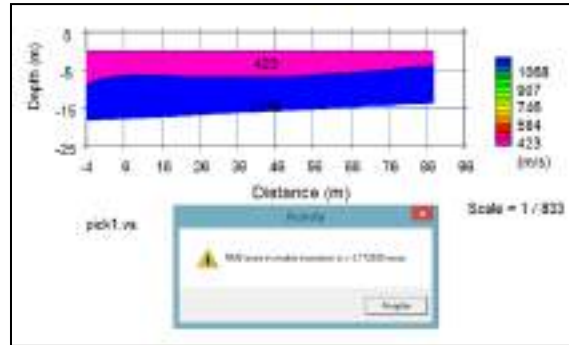
Pueden existir una o más capas con velocidades menores entre las mostradas anteriormente, debido a que el ensayo de refracción sísmica radica en que sólo es posible detectar estratos con rigideces progresivamente mayores con la profundidad, que tengan un contraste de velocidad bien definido, a esto se le conoce como “bright spot” o “punto ciego”.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 29 metros. El error obtenido RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 0.862359 msec lo que se interpreta como una muy buena aproximación.



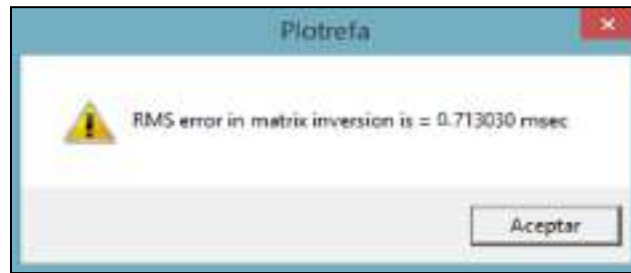
1.1.1.4.5.9.4 Línea 5

Gráfica 110: Modelo de velocidades para la línea 5



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

FIGURA 1. ERROR ARROJADO PARA EL MODELO DE VELOCIDADES



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

INTERPRETACIÓN:

El resultado de la tomografía obtenida del procesamiento de los datos adquiridos nos permite concluir que se encontraron dos grupos de velocidades los cuales se le atribuyen a dos capas o materiales litológicos.

Tabla 14: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 5.

LÍNEA 5		
CAPA	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR (metros)
1	423	7.8
2	1149	> 7.8

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



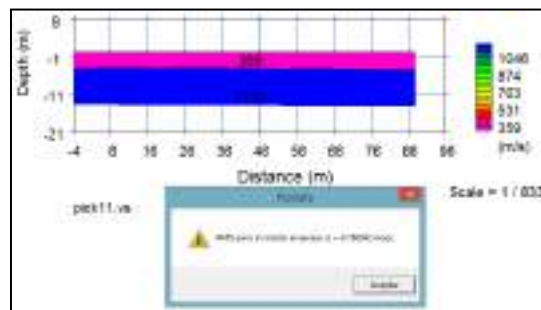
Según la norma ASTM D5777 y lo observado en campo, las velocidades de 460 y 915 m/s corresponden a gravas y arenas sucias, las cuales son correlacionables con suelos transportados aluviales de terraza alta (Stata2), la velocidad se encuentra un poco por debajo del rango descrito, pero es debido a la meteorización de dichas gravas. Las velocidades de 915 a 2750 m/s corresponden a lodos o lodolitas, las cuales son correlacionables con roca muy blanda de lodolitas de León (Rmbll).

Pueden existir una o más capas con velocidades menores entre las mostradas anteriormente, debido a que el ensayo de refracción sísmica radica en que sólo es posible detectar estratos con rigideces progresivamente mayores con la profundidad, que tengan un contraste de velocidad bien definido, a esto se le conoce como “bright spot” o “punto ciego”.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 29 metros. El error obtenido RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 0.713030 msec lo que se interpreta como una muy buena aproximación.

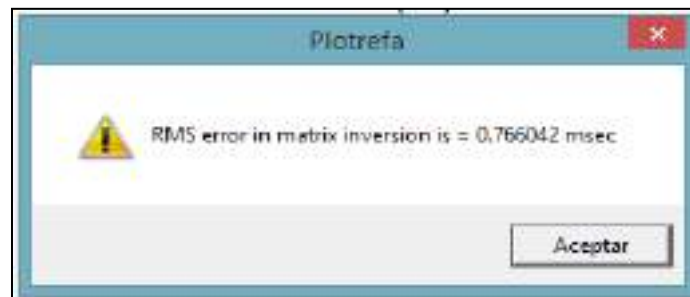
1.1.1.4.5.9.5 Línea 6

Gráfica 111: MODELO DE VELOCIDADES.



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Gráfica 112: ERROR ARROJADO - MODELO DE VELOCIDADES



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



INTERPRETACIÓN:

El resultado de la tomografía obtenido del procesamiento de los datos adquiridos nos permite concluir que se encontraron dos grupos de velocidades los cuales se les atribuyen a dos capas o materiales litológicos.

Tabla 15: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 6.

LÍNEA 6		
CAPA	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR (metros)
1	359	4
2	1132	> 4

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

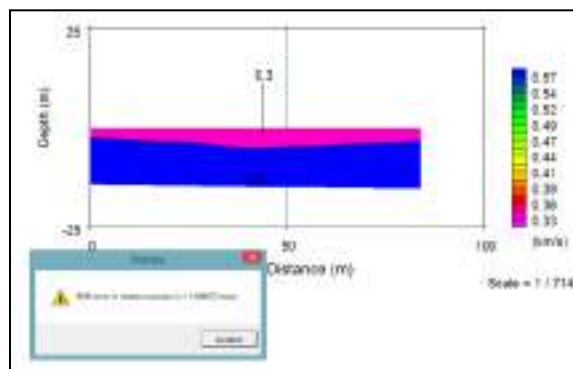
Según la norma ASTM D5777 y lo observado en campo, las velocidades de 240 y 610 m/s corresponden a suelos no consolidados o muy meteorizados, los cuales son correlacionables con suelos muy meteorizados de la unidad de suelos transportados aluviales de terraza baja (Statb). Las velocidades de 915 a 2750 m/s corresponden a lodos o lodolitas, las cuales son correlacionables con roca muy blanda de lodolitas de León (Rmbll).

Pueden existir una o más capas con velocidades menores entre las mostradas anteriormente, debido a que el ensayo de refracción sísmica radica en que sólo es posible detectar estratos con rigideces progresivamente mayores con la profundidad, que tengan un contraste de velocidad bien definido, a esto se le conoce como “bright spot” o “punto ciego”.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 29 metros. El error obtenido RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 0.766042 msec lo que se interpreta como una muy buena aproximación.

1.1.1.4.5.9.6 Línea 7

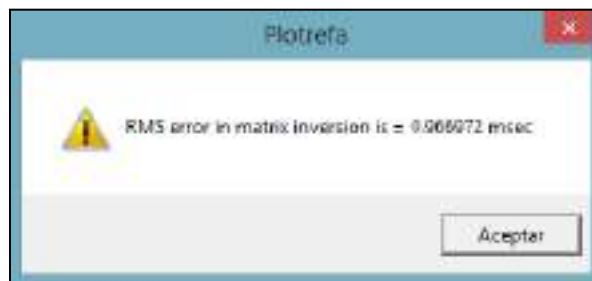
Gráfica 113: MODELO DE VELOCIDADES



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



Gráfica 114: Error arrojado – Modelo Velocidades.



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

INTERPRETACIÓN:

El resultado de la tomografía obtenido del procesamiento de los datos adquiridos nos permite concluir que se encontraron dos grupos de velocidades los cuales se les atribuyen a dos capas o materiales litológicos.

Tabla 16: VELOCIDADES Y ESPESORES DE LA LÍNEA DE REFRACCIÓN SÍSMICA 7.

LÍNEA 7		
CAPA	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR (metros)
1	300	5 m
2	600	> 5 m

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Según la norma ASTM D5777 y lo observado en campo, las velocidades de 460 a 915 m/s corresponden a grava y arena mal seleccionada, las cuales son correlacionables con suelos transportados aluviales de terraza alta (Stata1). Se observan dos capas con velocidades de 300 y 600 m/s respectivamente, lo cual se interpreta como una variación de este suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata1). Los primeros 5 metros corresponden a un material clasto-soportado, muy meteorizado, con variación grano decreciente, continuando con un material matriz soportado. Como se observa en campo, este material de terraza tiene una variación en el porcentaje de gravas en su estructura, debido a los cambios de energía en el momento de su depositación. En la zona de estudio se observan gravas de tamaños hasta guijarros, sub redondeados a redondeados y una matriz limo arcillosa.

Pueden existir una o más capas con velocidades menores entre las mostradas anteriormente, debido a que el ensayo de refracción sísmica radica en que sólo es posible detectar estratos con rigideces progresivamente mayores con la profundidad, que tengan un contraste de velocidad bien definido, a esto se le conoce como “bright spot” o “punto ciego”.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 29 metros. El error obtenido RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 0.966972 msec lo que se interpreta como una muy buena aproximación.



1.1.1.4.5.10 Estimación de propiedades dinámicas

Para efectos de la estimación de las propiedades dinámicas del suelo dividiremos el subsuelo por estratos según las diferentes velocidades obtenidas, con el fin de apreciar la variación de los parámetros con la profundidad.

Tabla 17: PROPIEDADES DINÁMICAS DEL SUELO.

LÍNEA	ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	ESPESOR
		m/s	m
S1	1	330	0 - 6.5
	2	720	> 6.5
S3	1	481	0 - 5
	2	791	> 5
S4	1	392	0 - 5
	2	1601	> 5
S5	1	423	0 - 7.8
	2	1149	> 7.8
S6	1	359	0 - 4
	2	1132	> 4
S7	1	330	0 - 5
	2	600	> 5

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

Aunque la base para poder determinar los parámetros dinámicos del suelo se fundamenta en la velocidad de onda S, existen correlaciones bastante acertadas para determinar las propiedades dinámicas de los suelos a partir de la velocidad de onda P.

El módulo de elasticidad del suelo (E) se puede obtener mediante la relación:

$$E^* = (Vp^2)/50$$

Donde Vp es la velocidad de la onda P dada en metro sobre segundo (m/s) y E en kilogramo sobre metro cuadrado (Kg/m²).

El módulo de onda P:

$$M = Vp^2 * \rho$$

Donde ρ es densidad del suelo asumiéndola mediante la tabla de clases texturales del suelo (Soil Survey Staff USDA) y densidad aparente en (g/cm³) USDA. NRCS. La cual se muestra a continuación:



Gráfica 115: CLASES TEXTURALES VS DENSIDAD APARENTE

Clases texturales	da (g/cm ³)
Arena (Sands)	1.70-1.80
Arena gruesa (Coarse sand)	1.60-1.70
Arena y arena fina (Sand and Fine Sand)	1.55-1.65
Arena muy fina (Very fine sand)	
Arena franca (Loamy sands)	1.60-1.70
Arena franca gruesa (Loamy coarse sand)	1.55-1.65
Arena franca, Arena franca fina (Loamy sand, Loamy fine sand)	1.55-1.60
Arena franca muy fina (Loamy very fine sand)	
Franco arenosa (Sandy loams)	1.55-1.60
Franco arenosa gruesa (Coarse sandy loam) Franco arenosa y Franco arenosa fina (Sandy loam Fine sandy loam)	1.50-1.60
Franco arenosa muy fina (Very fine sandy loam)	1.45-1.55
Franca y franco limosa (Loam and Silty loam)	1.45-1.55
Limo (Silt)	1.40-1.50
Franco arcillosa (Clay loam)	1.40-1.50
Franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa (Sandy clay loam Silty clay loam)	1.45-1.55
Arcilla arenosa (Sandy clay)	1.35-1.45
Arcilla limosa (Silty clay)	1.40-1.50
Arcilla (Clay 35-50%)	1.35-1.45
(Clay 50-65%)	1.25-1.35

Fuente: www.mn.nrcs.usda.gov

Obteniendo los valores de densidad de acuerdo con el tipo de material se calcula el módulo elástico.

Tabla 18: CALCULO DEL MÓDULO ELÁSTICO E*

LÍNEA	ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	ESPESOR	E*	E	M
		m/s	m	Kg/m ²	Kpa	Kpa
S1	1	330	0 - 6.5	2 178.00	127 050.00	152 460.00
	2	720	> 6.5	10 368.00	673 920.00	907 200.00
S3	1	481	0 - 5	4 627.22	337 401.46	404 881.75
	2	791	> 5	12 513.62	650 708.24	875 953.40
S4	1	392	0 - 5	3 073.28	204 885.33	245 862.40



	2	1601	> 5	51 264.02	2 794 874.94	4 485 601.75
S5	1	423	0 - 7.8	3 578.58	200 675.76	322 072.20
	2	1149	> 7.8	26 404.02	1 373 009.04	1 848 281.40
S6	1	359	0 - 4	2 577.62	172 332.31	231 985.80
	2	1132	> 4	25 628.48	1 665 851.20	2 242 492.00
S7	1	330	0 - 5	2 178.00	131 587.50	157 905.00
	2	600	> 5	7 200.00	468 000.00	630 000.00

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENANDO CUCUTA 2017.

El módulo cortante G_{\max} puede obtenerse teóricamente a partir de:

$$M = \frac{2G(1-\nu)}{1-2\nu} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} = \rho V_p^2$$

El valor de relación de poisson, para el tipo de suelos arenosos se puede estimar mediante la siguiente tabla (tomado del Manual de mecánica del suelo y cimentaciones, Ángel Muelas Rodríguez de la Universidad de Chile) con lo que podemos calcular el valor de módulo cortante G para los estratos.

Tabla 19: CALCULO DEL MÓDULO DE CORTE MÁXIMO G_{\max}

LÍNEA	ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	ESPESOR	M	E	ν	GMAX
		m/s	m	Kpa	Kpa		Ton/m2
S1	1	330	0 - 6.5	152 460.00	2 178.00	0.25	5182.197794
	2	720	> 6.5	907 200.00	10 368.00	0.30	26431.04424
S3	1	481	0 - 5	404 881.75	4 627.22	0.25	13762.14949
	2	791	> 5	875 953.40	12 513.62	0.30	25520.68239
S4	1	392	0 - 5	245 862.40	3 073.28	0.25	8356.995848
	2	1601	> 5	4 485 601.75	51 264.02	0.30	105554.7884
S5	1	423	0 - 7.8	322 072.20	3 578.58	0.35	7578.974864





	2	1149	> 7.8	1 848 281.40	26 404.02	0.30	53849.21456
S6	1	359	0 - 4	231 985.80	2 577.62	0.30	6758.848041
	2	1132	> 4	2 242 492.00	25 628.48	0.30	65334.44142
S7	1	330	0 - 5	157 905.00	2 178.00	0.25	5367.276287
	2	600	> 5	630 000.00	7 200.00	0.30	18354.89183

FUENTE: UNION TEMPORAL PLANENANDO CUCUTA 2017

Al correlacionar los datos de la refracción sísmica con el mapa de unidades geológicas para ingeniería se tiene la siguiente tabla:

Tabla 20: TABLA RESUMEN DEL MÓDULO CORTANTE Y LAS VELOCIDAD DE CORTE

LÍNEA	ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	UGI	VS	GMAX
		m/s	ASOCIADA	m/s	Ton/m2
S1	1	330	Stca	190.53	5182.197794
	2	720	Statb	384.86	26431.04424
S3	1	481	Stata2 – Meteo	277.71	13762.14949
	2	791	Stta	422.81	25520.68239
S4	1	392	Rilag IIA – IIB	226.32	8356.995848
	2	1601	Rilag	769.10	105554.7884
S5	1	423	Stata2	203.20	7578.974864
	2	1149	Rmbll	614.17	53849.21456
S6	1	359	Statb	191.89	6758.848041
	2	1132	Rmbll	605.08	65334.44142
S7	1	330	Stata1 - Meteo	173.21	5367.276287
	2	600	Stata1	320.71	18354.89183

FUENTE: UNION TEMPORAL PLANENANDO CUCUTA 2017

De la tabla anterior podemos concluir que el suelo transportado de cauce aluvial (Stca) presenta una velocidad de corte de 190.53 (m/s) presentando un perfil de suelo tipo D, un módulo cortante de 5182.19 (Ton/m2).

El suelo transportado aluvial de terraza baja (Statb) tiene una velocidad de corte entre 191.89 y 384.86 (m/s), presentando un perfil de suelo tipo D, un módulo cortante superficial de 6758.85 (Ton/m2) y a una mayor profundidad un módulo cortante de 26431.04 (Ton/m2).



Para el suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata1) presenta una velocidad de corte muy variable, dependiendo del grado de meteorización y su variación energética, este se encuentra superficialmente entre 173.21 y 277.71 (m/s), presentando en superficie un perfil de suelo tipo D y a medida que se encuentra a mayor profundidad este tiene una velocidad de corte entre 320.71 y 422.81 (m/s) exhibiendo un perfil de suelo tipo C, con modulo cortante superficial entre 5367.27 y 13762 (Ton/m²) y a profundidad un módulo cortante entre 18354.89 y 25520.68 (Ton/m²).

La unidad de roca muy blanda de lodolitas de León (Rmbll) presenta una velocidad de corte entre 605.08 y 614.17 (m/s) correspondiendo a un perfil de suelo tipo C y a un módulo cortante que varía entre 5367.27 y 53849.21 (Ton/m²).

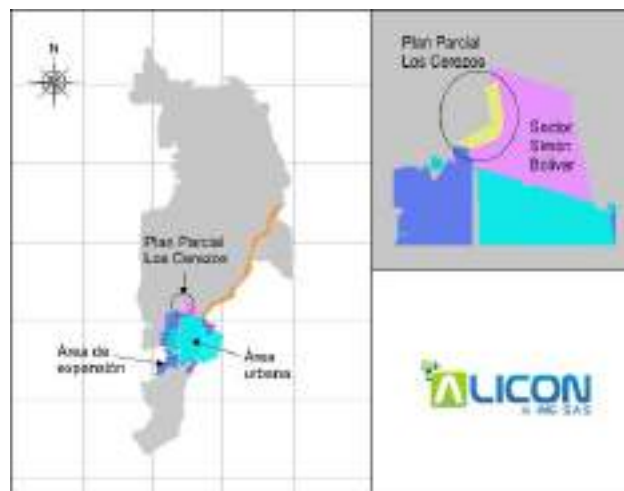
Para la roca intermedia de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Guayabo (Rilag) se tiene que para la parte superficial de la masa rocosa muy fracturada y con un perfil de meteorización tipo II - A o II - B, se obtuvo una velocidad de corte de 226.32 (m/s), presentando un perfil de suelo tipo D y un módulo cortante de 8357 (Ton/m²) y para la parte menos meteorizada de esta roca intermedia se tiene una velocidad de corte de 769.10, exhibiendo un perfil de suelo tipo B, con un módulo cortante de 105554.78 (Ton/m²).

1.1.1.4.5.11 Refracciones sísmicas complementarias realizadas por el equipo de trabajo de alicon&ing sas.

1.1.1.4.5.11.1 Localización

El área estudiada corresponde al “PLAN PARCIAL DE DESARROLLO EN SUELO DE EXPANSION URBANA SECTOR SIMON BOLIVAR, LOS CEREZOS MUNICIPIO DE CUCUTA”; predio denominado VILLA TERESA, ubicado en la vereda ALONSITO corregimiento el SALADO del municipio de San José de Cúcuta, con un área de 16 hectáreas aproximadamente 9.266.58 mts².

Gráfica 116: Plano de localización del área de estudio.



Fuente: ALICON S.A.S



Gráfica 117: Imagen aérea de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth.

1.1.1.4.5.11.2ADQUISICIÓN

Las dos líneas sísmicas se realizaron sobre un terreno de suelo residual, donde la pendiente no es mayor de 6%. Los geófonos tuvieron un espaciamiento de 5 metros, se utilizaron 22 canales, para una longitud de 105 metros por línea.

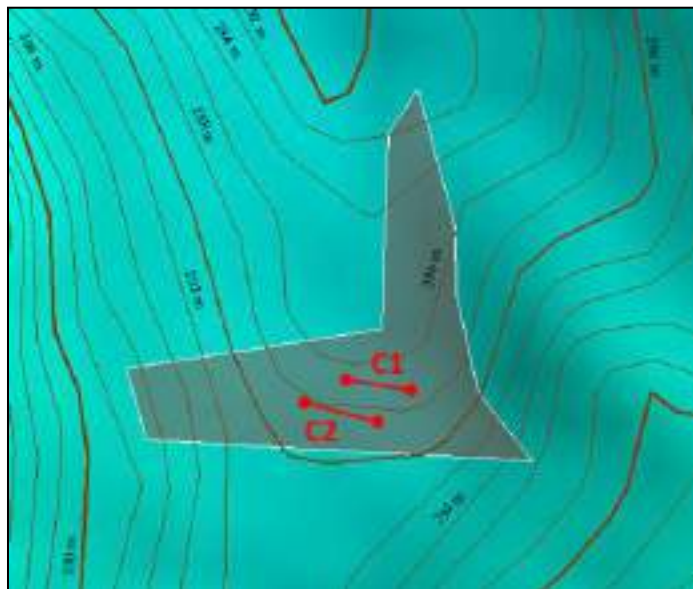
Gráfica 118: Adquisición de las líneas C1 y C2 en el área los Cerezos, Cúcuta.



Fuente: ALICON S.A.S.



Gráfica 119: Localización líneas dentro del proyecto Los Cerezos, Cúcuta.



Fuente: ALICON S.A.S.

La ubicación de los disparos o golpes a lo largo de cada línea se encuentran en la siguiente tabla. El disparo 3 corresponde a la ubicación del geófono 1. El Disparo 5 corresponde a la ubicación del geófono 22. Se toman disparos de control antes del primer geófono y después del geófono 22.

Tabla 21: Ubicación de los disparos dentro de cada línea.

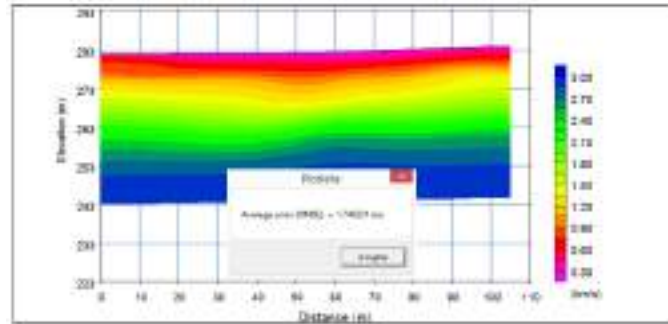
	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3	Disparo 4	Disparo 5	Disparo 6
Línea C1	-10 metros	-5 metros	0 metros	55 metros	105 metros	110 metros
Línea C2	-10 metros	-5 metros	0 metros	55 metros	105 metros	110 metros



1.1.1.4.5.11.3 Procesamiento

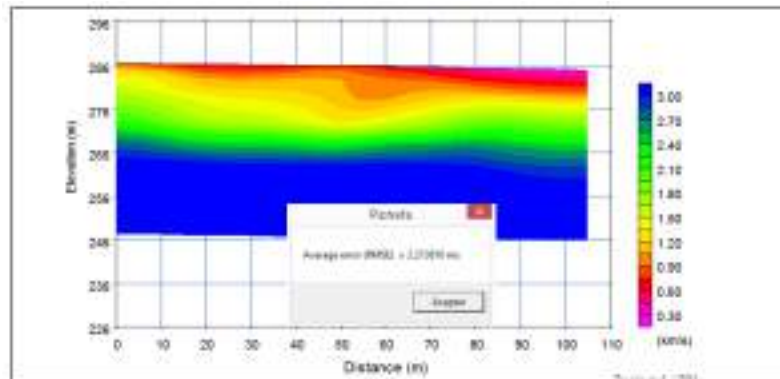
1.1.1.4.5.11.3.1 Línea c1

Gráfica 120: Resultados del picado de rayos de los primeros arribos – Modelo Tomografía para la línea C1, Cúcuta.



1.1.1.4.5.11.3.2 Línea c2

Gráfica 121: Resultados del picado de rayos de los primeros arribos – Modelo Tomografía para la línea C2, Cúcuta.



1.1.1.4.5.11.4 Interpretación

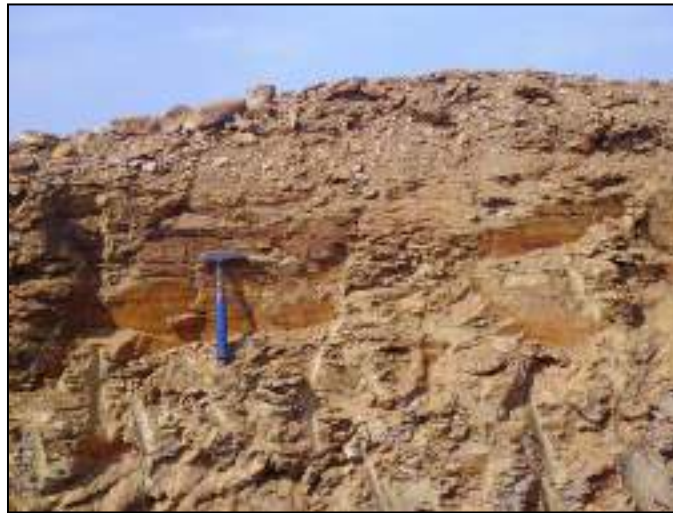
1.1.1.4.5.11.4.1 Línea c1

La tomografía resultante del procesamiento de la primera línea nos permite concluir que se presentan tres mantos de materiales, todos pertenecientes a la Formación León con velocidades que van desde 800 m/seg hasta 2900 m/seg.



Hay una primera capa que presenta valores de 800 m/seg, con un espesor aproximado de 5 a 6 metros. En esta capa, en la parte más somera, se evidencia una velocidad de 600 m/seg que se le atribuye a roca meteorizada como se observa en la Gráfica 122.

Gráfica 122: Arcillas meteorizadas. Presenta intercalaciones de shale.



Fuente: ALICON S.A.S-

Infrayaciendo a esta primera capa, se observa un grupo de velocidades de 1800 m/seg con un espesor aproximado de 8 a 9 metros. Esta capa ya presenta valores propios de roca madre, roca no meteorizada de la Formación León.

Por último, se encuentra un grupo de velocidades de alrededor de los 2900 m/seg. Estas velocidades se pueden correlacionar con roca de mayor rigidez.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 40 metros y el error RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 1.7 msec lo que se interpreta como una muy buena aproximación.

1.1.1.4.5.11.4.2 Línea c2

La tomografía de la Línea C2, se asemeja mucho a la línea C1, mostrando igual número de capas y velocidades muy similares para estas. El resultado del procesamiento de la segunda línea nos permite concluir que se presentan tres mantos de materiales todos pertenecientes a la Formación León con velocidades que van desde 900 m/seg hasta 2300 m/seg.

Hay una primera capa que presenta valores de 900 m/seg, con un espesor aproximado de 5 a 6 metros. Infrayaciendo a esta primera capa, se observa un grupo de velocidades de 1600 m/seg con un espesor aproximado de 9 a 10 metros. Esta capa ya presenta valores propios de roca madre, roca no meteorizada de la Formación León.



Por último, se encuentra un grupo de velocidades de alrededor de los 2300 m/seg. Estas velocidades se pueden correlacionar con roca de mayor rigidez de esta Formación.

Se obtuvo una profundidad máxima de exploración de 40 metros y el error RMSE (**Root-Mean-Square Error**) encontrado fue de 2.2 msec lo que se interpreta como una muy buena aproximación.

Puede existir una o más capas con velocidades menores entre las mostradas anteriormente, debido a que el ensayo de refracción sísmica radica en que sólo es posible detectar estratos con rigideces progresivamente mayores con la profundidad, que tengan un contraste de velocidad bien definido, a esto se le conoce como “bright spot” o “punto ciego”.

1.1.1.4.5.11.5 Estimación de propiedades dinámicas

Para efectos de la estimación de las propiedades dinámicas del suelo dividiremos el subsuelo en tres partes, con el fin de apreciar la variación de los parámetros con la profundidad.

Tabla 22: Propiedades dinámicas del suelo

ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	ESPESOR
	m/seg	m
1	800	5 - 6
2	1800	8- 9
3	> 2900	

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Aunque la base para poder determinar los parámetros dinámicos del suelo se fundamentan en la velocidad de onda S, Existen correlaciones bastante acertadas para determinar las propiedades dinámicas de los suelos a partir de la velocidad de onda P.

El módulo de elasticidad del suelo se puede obtener mediante la relación:

$$E^* = (V_i^2)/50 V(m/seg), E(Kg/m^2)$$

El módulo de onda P, $M = V_p^2 * \rho$, asumiendo $\rho = 1800 \text{ Kg/m}^3$ y 2000 Kg/m^3 , tenemos:

TABLA 23. CALCULO DEL MÓDULO ELÁSTICO E*

ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	ESPESOR	E*	E	M
	m/seg	m	Kg/m2	Pa	Kpa
1	800	5 - 6	12,800	125,440	1,152,000
2	1,800	8- 9	64,800	635,040	5,832,000





3	> 2,900		168,200	1,648,360	16,820,000
---	---------	--	---------	-----------	------------

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

El módulo cortante $G_{\text{máx}}$, que se determina en base a las velocidades de onda S , se rige por la expresión:

$$G_{\text{máx}} = V_s^2 * \rho$$

El valor de módulo cortante G , puede obtenerse teóricamente a partir de:

$$M = \frac{2G(1-\nu)}{1-2\nu} = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} = \rho V_p^2$$

El valor de relación de poisson, para el tipo de suelos arcillosos se puede estimar en 0.35 a 0.40.

Con lo que podemos calcular el valor de módulo cortante G para ambos estratos:

TABLA 24. CALCULO DEL MÓDULO DE CORTE MÁXIMO $G_{\text{MÁX}}$.

ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	ESPESOR	E^*	E	M	V	$G_{\text{máx}}$
	m/seg	m	Kg/m ²	Pa	Kpa		(Pa)
1	800	5 - 6	12,800	125,440	1,152,000	0.4	44,800
2	1,800	8- 9	64,800	635,040	5,832,000	0.37	231,766.4
3	2,900		168,200	1,648,360	16,820,000	0.35	610,503.7

Fuente: ALICON S.A.S.

1.1.1.4.5.12 Conclusiones y recomendaciones

Las velocidades de onda P del terreno superficial obtenidas durante el post proceso y el análisis de los primeros arribos (First Breaks) se correlacionaron con la geología y geotecnia desarrolladas en el estudio; se obtuvieron seis (6) grupos de velocidades principales a los cuales se les determinó las siguientes propiedades del suelo módulo de elasticidad (E), módulo cortante ($G_{\text{máx}}$) y la velocidad de onda de corte (V_s). Estos valores permiten establecer el tipo de perfil de acuerdo con la norma NSR 10.

Tabla 25: Velocidades de onda P y Unidades de Geologia para Ingeniería asociadas

LÍNEA	ESTRATO	VELOCIDAD DE ONDA P	UGI	VS	GMAX
		m/s	ASOCIADA	m/s	Ton/m ²
S1	1	330	Stca	190.53	5182.197794
	2	720	Statb	384.86	26431.04424
S3	1	481	Stata2 – Meteo	277.71	13762.14949





	2	791	Stata2	422.81	25520.68239
S4	1	392	Rilag IIA – IIB	226.32	8356.995848
	2	1601	Rilag	769.10	105554.7884
S5	1	423	Stata2	203.20	7578.974864
	2	1149	Rmbll	614.17	53849.21456
S6	1	359	Sttr	191.89	6758.848041
	2	1132	Rmbll	605.08	65334.44142
S7	1	330	Stata1 - Meteo	173.21	5367.276287
	2	600	Stata1	320.71	18354.89183

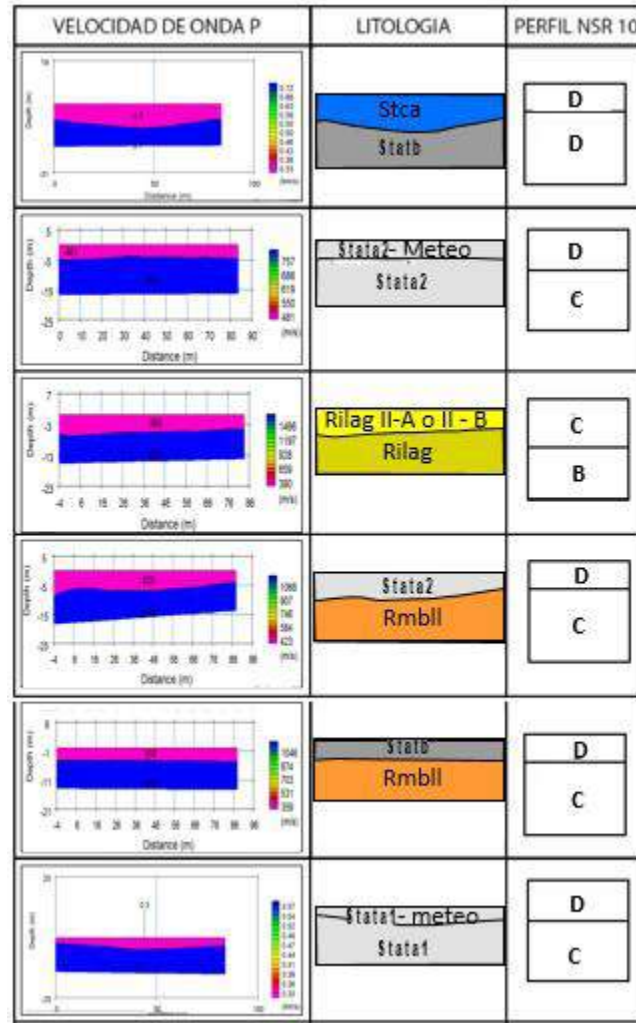
Se encontraron seis (6) grupos de velocidades predominantes: El primero con una velocidad de 330 m/s, que corresponden a Suelos transportados de cauce aluvial (Stca). Otro grupo con velocidades entre 359 m/s a 720 m/s, que se correlacionan al suelo transportado aluvial de terraza baja (Statb), otro grupo con velocidades entre 300 m/s y 791 m/s correlacionables con el suelo transportado aluvial de terraza alta (Stata 1 y Stata2). Otro grupo con velocidades de 392 m/s correlacionable con un suelo residual o roca con perfil de meteorización II-A o II-B de la roca intermedia de las intercalaciones de lodolitas y arenas del grupo Guayabo (Rilag II-A o II-B). Otro grupo con velocidad de 1601 m/s, que es correlacionable con la roca intermedia de las intercalaciones de lodolitas y arenas del grupo Guayabo (Rilag) y el último grupo con velocidades entre 1132 y 1149 m/s, las cuales son correlacionables con la roca muy blanda de las lodolitas de León (Rmbll).

Según la norma NSR 10, los suelos transportados aluviales de terraza alta, media y baja que predominan en la zona de estudio, debido a su origen fluvial, redondez de los clastos y edad son suelos susceptibles de presentar licuación cuando son saturados o están cerca a la saturación, provocando cambios volumétricos severos y, cuando están secos o relativamente saturados pueden presentar densificación con las consecuencias deformacionales permanentes del terreno. Por eso se recomienda realizar un estudio pertinente para evaluar si dichos suelos son susceptibles de presentar esta característica. Igualmente se recomienda realizar un estudio detallado que tenga en cuenta la implicación de la expansividad de las litologías arcillosas presentes en el área urbana del municipio.

A continuación, se muestra el perfil NSR10 para las líneas sísmicas realizadas:



Gráfica 123: Perfil NSR10 para las líneas sísmicas analizadas.



No se encontraron anomalías sísmicas correlacionables con estructuras como fallas geológicas o pliegues, sin embargo, el marco regional sí presenta estructuras propias de un ambiente compresivo las cuales se encuentran cubiertas por los depósitos de ladera y fluviales.

Es importante tener en cuenta que con la sísmica realizada no se detecta una capa Infrayaciendo a las dos capas, porque para este método sólo es posible detectar estratos con rigideces progresivamente mayores con la profundidad que tengan un contraste de velocidad bien definido.



1.1.1.4.5.13 Conclusiones y recomendaciones de las refracciones sísmicas complementarias

El post proceso de las líneas sísmicas realizadas en el Proyecto Los Cerezos arrojó como resultado un material homogéneo en el espectro del subsuelo que permite determinar un suelo superficial residual correspondientes a arcillolitas meteorizadas de la Fm. León, unidad que aflora en el área de estudio del proyecto en desarrollo.

Las velocidades de onda del terreno superficial obtenidas durante el post proceso y el análisis tomográfico de los primeros arribos (First Breaks) de la onda compresiva de cada golpe, permiten estimar perfiles de velocidades de la onda directa y de ondas refractadas en cada superficie para materiales blandos e intermedios.

Para esta interpretación se tomaron grupos de velocidades similares, encontrándose una capa somera de velocidades menores de los 600 m/seg, la cual se correlaciona con arcillolitas meteorizadas de la Fm. León con un espesor no mayor de 2 m. Esta capa se toma como un material dentro del primer grupo de velocidades interpretadas para cada línea sísmica que de acuerdo con los registros de perforación se encuentra entre el primer y segundo metro de profundidad.

Línea sísmica 1. Los resultados de refracción sísmica para esta línea, permiten concluir que se presentan 3 mantos de materiales con velocidades entre 0.8 hasta 2.9 Km/s. El espesor de la primera capa perteneciente a un suelo residual meteorizado, es aproximadamente 5 metros, al cual le infrayace una capa de velocidades de alrededor de los 1.8 km/s la cual se puede establecer como un material rocoso correlacionable con la roca muy blanda de lodolitas de la formación León (Rmbll).

Línea sísmica 2. Se determinó un comportamiento de velocidades similares al de la línea 1; se presentan tres capas de materiales todos pertenecientes a la Formación León con velocidades que van desde 900 m/seg hasta 2300 m/seg, con las mismas profundidades de la línea 1 correlacionables con un suelo residual de la Formación León (Srfl) y con una segunda capa correlacionable con la roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (Rmbll).

Los errores RMSE (Root-Mean-Square Error), encontrados, son de 1.7 ms y 2.2 ms, para la primera y segunda línea respectivamente, lo que se interpreta como una muy buena aproximación.

Se recomienda, de acuerdo con el perfil de materiales finos y blandos, realizar ensayos de laboratorios mediante análisis de consolidación y compresibilidad para suelos blandos y arcillas expansivas donde se calculen los posibles asentamientos por consolidación.





1.1.1.5 Exploración geotécnica puntual

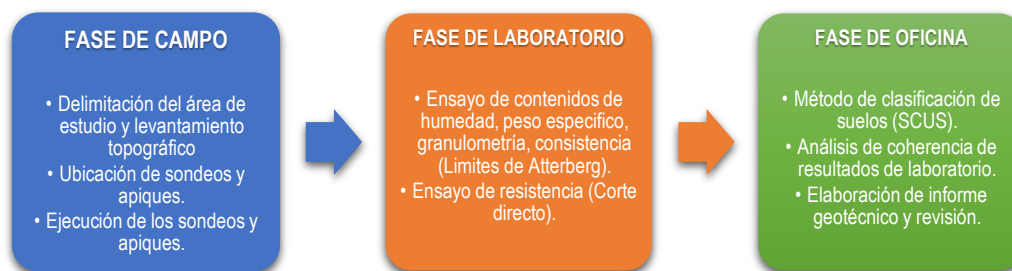
Con el propósito de determinar las características del subsuelo propias de la zona, es de vital importancia recopilar la mayor información posible de la estructura del suelo. Los puntos del programa de exploración geotécnica ejecutados in situ contemplan lo siguiente:

- Definir las condiciones geotécnicas y geológicas del área de estudio en sub-superficie.
- Obtener muestras y datos geotécnicos de campo.
- Determinar la distribución de los materiales en profundidad.
- Identificar las propiedades geomecánicas de los materiales encontrados.
- Identificar los afloramientos de depósitos o macizos rocosos si existen, así como drenajes existentes.
- Obtención de propiedades físicas y parámetros geomecánicos para modelamiento geológico-geotécnico de estabilidad por movimientos en masa, capacidad de carga y asentamientos inmediatos.

1.1.1.5.1 Metodología exploración geotécnica

La metodología utilizada para la realización del estudio técnico se describe a continuación:

Gráfica 124.. Metodología de la exploración geotécnica.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

- **Ubicación en planos de la exploración geotécnica:** La exploración geotécnica se efectuó en puntos estratégicos con el fin de caracterizar los suelos encontrados sobre el área de influencia directa del proyecto. En esta actividad se registraron las coordenadas planas de la ubicación de los sondeos y apiques propuestos.



- **Ejecución de ensayos de campo:** Una vez definidos los puntos de la exploración geotécnica, se efectuaron los ensayos de campo, compuestos por ensayos SPT a percusión, así como la extracción de apiques manuales de suelo inalterado y la realización de ensayos de refracción sísmica.
- **Realización de ensayos de laboratorio:** A las muestras obtenidas en campo se les realizaron los siguientes ensayos de laboratorio: Humedad Natural, Peso Específico, Granulometría, Límites de Atterberg y ensayos de Corte directo realizado a las muestras inalteradas extraídas.
- **Realización del informe técnico:** Luego de determinar las características del suelo se realizan los cálculos de capacidad de carga, asentamientos inmediatos producto de las cargas de las futuras estructuras y los modelamientos de estabilidad geotécnica para el posterior análisis de vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del proyecto urbanístico, para realizar las recomendaciones necesarias para el correcto funcionamiento de la cimentación de las estructuras.

1.1.1.5.2 Investigación de campo

La primera etapa de los estudios de suelos corresponde al reconocimiento del terreno, realizada por el grupo técnico de ALICON & ING. S.A.S. con la presencia de un Ingeniero Civil, un Geólogo Msc en Geotecnia, el grupo técnico que opera el equipo para los sondeos SPT y extracción de muestras de apiques (1 oficial 3 auxiliares). En esta visita se determinó la ubicación en campo de la exploración geotécnica propuesta, teniendo en cuenta que se requiere caracterizar los suelos y posteriormente ejecutar los ensayos de campo en los puntos estratégicos.

1.1.1.5.3 Investigación del subsuelo

El plan de exploración geotécnica consistió en dos fases (Campo y Laboratorio) para posteriormente realizar la caracterización geotécnica por materiales homogéneos identificados sobre el predio en estudio. A continuación, se mencionan las cantidades y los tipos de ensayo utilizados para el estudio:

1.1.1.5.3.1 Ensayos de campo

Tabla 26. Ensayos de campo

No.	Tipo de ensayo	Cant	Profundidad (m)	Norma
1	Sondeos	8	Entre 3.0 m – 6.0 m	ASTM D 1586, INVE 111-07
2	Apiques	7	Entre 1.0 m – 1.30 m	I.N.V. E – 105 – 07
3	Refracción sísmica	7	30	ASTM D5777

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



1.1.1.5.3.2 Ensayos de laboratorio

Tabla 27 Ensayos de laboratorio

No	Tipo de Ensayo	Cant	Norma
1	Análisis granulométrico por tamizado	20	NORMAS INV-E 123, ASTM D422, AASHTO T88, NLT 104
2	Determinación del Límite Líquido, Límite plástico e índice plasticidad de los suelos	20	NORMAS INV-E 122, ASTM D 2216, NTC 1495
3	Humedad natural	20	NORMAS INV-E 122, ASTM D 2216, NTC 1495
4	Peso Específico	3	I.N.V. E - 128
5	Corte directo	7	INV E-154, ASTM D3080, AASHTO T236, NTC 1917
6	Clasificación de suelos	20	ASTM D 2487, NTC 1504

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

La ubicación de los puntos estratégicos para la realización de ensayos de campo se realizó con un GPS de precisión Sub métrica (Mobile Mapper). A continuación, se muestran los diferentes ensayos de campo que se realizaron y su coordenada respectiva:

Tabla 28. Coordenadas exploración geotécnica

SONDEO/APIQUE	N	E
S1-AP1	7.92029 °	72.50490 °
S2-AP2	7.91970 °	72.50497 °
S3	7.91071 °	72.50945 °
S4-AP4	7.91737 °	72.50944 °
S5-AP5	7.91287 °	72.54778 °
S6-AP6	7.91581 °	72.54681 °
S7-AP7	7.94692 °	72.49055 °
S8-AP8	7.89250 °	72.46922 °

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Gráfica 125. Plano exploración geotécnica



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



1.1.1.5.3.3 Registros de perforación (percusión) *SPT* (ASTM 1586-11)

El objetivo de la realización de los ensayos de perforación SPT, es determinar la resistencia a la penetración del suelo, correlacionar parámetros geotécnicos y examinar la localización espacial de los tipos de suelos identificados sobre el área de estudio y para obtener muestras semi-inalteradas en cada una de las perforaciones ejecutadas para realizar ensayos de clasificación granulométrica por cada material homogéneo. La exploración de campo realizada consistió en la dispersión de ocho (8) sondeos SPT a percusión.

Gráfica 126. Registro fotográfico Sondeo 1



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.5.3.4 Síntesis de los sondeos con registros N (golpes/pie)

Gráfica 127. Grafica Resumen N (golpes/pie) – ensayo SPT percusión



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



Tabla 29. Resumen Registro N (SPT) – Sondeos a percusión

RESUMEN SONDEOS									
MUESTRA	PROF (m)	N (Golpes/Pie)							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0.5	11	13	11	29	23	22	19	19
	1	14	13	12	90	30	26	20	25
2	1.5	23	21	19	38	37	29	30	13
	2	27	23	21	100	35	36	27	17
3	2.5	53	39	25	37	40	37	33	21
	3	56	40	28	90	50	41	39	33
4	3.5	64	55	37		53	50	40	29
	4	95	55	39		58	55	53	37
5	4.5		57	44		60	61	59	35
	5		60	43		65	59	60	33
6	5.5		90	90		90	60	65	33
	6								77
7	6.5								
	7								

Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.5.3.5 Registro de Apiques

Este proceso se lleva a cabo con el propósito de realizar los ensayos de corte directo y clasificación de suelos, obteniendo de esta forma parámetros geotécnicos del suelo (C_u , α , Θ), utilizando los resultados obtenidos para los análisis de estabilidad, capacidad de carga, asentamientos inmediatos y/o caracterizar la zona de estudio.

Para la toma de muestras de suelo inalterada se extrajeron ocho (8) apiques superficiales a profundidades entre 1.00 m y 1.30 m con el fin de obtener parámetros geotécnicos sobre el área de estudio. A continuación, se muestra el registro fotográfico del apique 5. Para ver el registro de los apiques restantes, remitirse al anexo 3. (sondeos y ensayos)) donde se encuentran de forma detallada.

Gráfica 128. Registro fotográfico Apique 5. Ensayo corte directo.



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



1.1.1.5.4 Niveles freáticos

No se evidenciaron niveles freáticos superficiales hasta la profundidad explorada.

1.1.1.5.5 Fase de ensayos de laboratorio

Durante la fase de campo se extrajeron muestras alteradas e inalteradas, las cuales se empaquetaron en bolsas de polietileno debidamente referenciadas para su correcta identificación, con el fin de que no pierdan su humedad natural para posteriormente realizar su análisis en el laboratorio y determinar sus propiedades fundamentales.

En la fase de laboratorio se realizaron los siguientes ensayos, a partir de muestras representativas del terreno en estudio: Granulometría (tamaño de los granos), Humedad natural (contenido de agua), Límites de Atterberg (límites de consistencia), Peso específico y Corte directo (ángulo de fricción y cohesión), los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados se presentan en un resumen. Ver el anexo 3 de resultados de laboratorio.

1.1.1.5.6 Clasificación de suelos (SUCS)

En cualquier masa de suelo, los tamaños de los granos varían de manera considerable. Para clasificar de manera apropiada un suelo determinado se debe conocer su distribución granulométrica. Con las muestras de los sondeos ejecutados dentro del área de análisis mediante ensayos de penetración estándar (SPT) a percusión, se realizaron los estudios de laboratorio de suelos para cada material homogéneo encontrado, este proceso es realizado con el fin de obtener el tipo de suelo empleando la clasificación unificada de suelos (SUCS) donde se corroboran las muestras encontradas en campo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 30. Resumen clasificación granulométrica.

SONDEO	PROF (m)	USCS	WN %	LÍMITES DE ATTERBERG			GRADACION			
				LL %	LP %	IP %	G %	A %	F %	
S1M1	0-2	CL	12.11	32.93	18.39	14.53	1.32	9.88	88.80	
S1M2	2-4	CL	11.23	39.69	21.22	18.48	0.00	3.32	96.68	
S2M1	0-2	SC	8.13	25.42	15.02	10.40	10.52	40.84	48.64	
S2M2	2-4	CL	10.45	35.85	17.99	17.86	3.32	14.36	82.32	
S2M3	4-6	CL	12.85	33.80	19.77	14.03	2.60	11.68	85.72	
S3M1	0-2	CL	15.22	37.96	18.73	19.24	6.48	29.80	63.72	
S3M2	2-4	CL	15.18	33.90	20.79	13.12	6.92	15.72	77.36	
S3M3	4-6	CL	15.66	36.60	18.46	18.14	1.60	16.88	81.52	
S4M1	0-3	CL	5.18	27.19	14.71	12.48	0.04	9.66	90.30	
S4M2	3-6	CL	5.18	27.19	14.71	12.48	0.04	9.66	90.30	
S5M1	0-2	CL-ML	4.44	22.33	16.83	5.49	4.56	15.58	79.86	
S5M2	2-4	CL	4.85	24.07	15.46	8.61	4.24	9.88	85.88	
S5M3	4-6	CL	5.37	30.50	17.09	13.41	1.84	8.00	90.16	
S6M1	0-2	CL	5.85	26.36	15.53	10.83	5.44	12.00	82.56	
S6M2	2-4	CL	4.64	24.04	15.80	8.24	6.32	25.44	68.24	
S6M3	4-6	CL	4.59	23.60	15.52	8.08	9.24	23.68	67.08	
S7M1	0-3	CL	7.51	27.55	18.07	9.49	5.12	29.04	65.84	
S7M2	3-6	CL	6.65	29.22	17.45	11.77	2.80	25.96	71.24	
S8M1	0-3	SC-SM	5.73	20.02	14.03	5.99	25.16	41.26	33.58	
S8M2	3-6	SM	4.75	NP	NP	NP	22.08	41.68	36.24	
Valores Máximos			15.66	39.69	21.22	19.24	25.16	41.68	96.68	
Valores Promedios			8.28	29.38	17.13	12.25	5.98	19.72	74.30	
Valores Mínimos			4.44	20.02	14.03	5.49	0.00	3.32	33.58	

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



- Respecto a humedades naturales del terreno, estas oscilan entre 4.44% y 15.66%, representando categóricamente humedades bajas, indicando un terreno bien drenado.

1.1.1.5.6.1 Ensayo de Corte Directo

La finalidad de los ensayos de corte directo es determinar la resistencia de una muestra de suelo (ángulo de fricción y cohesión), sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga, para identificar geotécnicamente los diferentes materiales que afloran en la zona.

El ensayo se lleva a cabo deformando una muestra colocada a velocidad controlada, donde generalmente se ensayan 3 o más especímenes, cada uno bajo una carga normal diferente para determinar su efecto sobre la resistencia al corte y al desplazamiento de la muestra en estudio, junto a las propiedades de resistencia a partir de las envolventes de resistencia de Mohr.

A continuación, se muestran los resultados del ángulo de fricción y cohesión presentes en la zona de estudio, para una condición no consolidada no drenada de los apiques extraídos en campo. En el anexo 3 (sondeos y ensayos) se encuentran los resultados completos de cada uno de los ensayos de corte directo ejecutados.

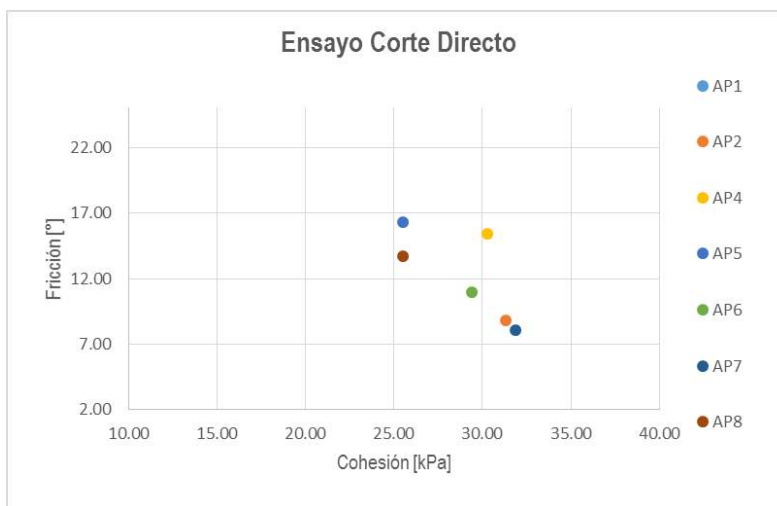
Tabla 31. Resumen Ensayo Corte Directo

No. APIQUE	COHESIÓN (kPa)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	PROFUNDIDAD (m)
AP1	34.50	1.80	1.00
AP2	31.30	8.80	1.30
AP4	30.30	15.40	1.10
AP5	25.50	16.30	1.20
AP6	29.40	11.00	1.10
AP7	31.90	8.10	1.10
AP8	25.50	13.70	1.20

Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



Gráfica 130. Gráfica resumen resultados Ensayo Corte Directo



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017

1.1.1.5.7 Potencial de expansión

Las arcillas tienen la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales. Los daños que presentan las edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos.

Los criterios de laboratorio más aceptados para el reconocimiento de los suelos expansivos basados en altos valores del límite líquido, del índice de plasticidad, contenido de partículas coloidales y bajos valores del límite de contracción. Estos criterios deben verificarse en el laboratorio mediante ensayos de las propiedades índices correspondientes y de expansión en el consolidómetro.

Tabla 32. Potencial de Expansión

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite líquido L.L., en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 – 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente. NSR-10.



Teniendo en cuenta los resultados de granulometría y límites de consistencia, se identificaron valores máximos de límite líquido del orden de 39.69%, y valores máximos de índice plasticidad de 19.24%, encontrándonos en el rango de potencial de expansión medio, según la tabla anterior que rige la norma NSR-10.

1.1.1.6 GEOMORFOLOGÍA URBANA

Es de resaltar, que la zona presenta altos niveles de erosión y de intervención antropogénica, que dificultan la observación de lineamientos asociados a características morfogenéticas específicas, ya que muchas de estas se encuentran denudadas y por tanto la definición de las estructuras correspondientes a fallas no es del todo clara por este método, por lo que se realizó un análisis cinemático y dos cortes geológicos transversales a las estructuras para interpretar mejor su comportamiento.

La geomorfología es la ciencia de la tierra que estudia la relación entre las formas de la superficie terrestre, los materiales naturales, su disposición estructural y los procesos que las originaron (Carvajal 2004). Tiene por objeto la descripción de las formas del terreno, la explicación de su génesis y evolución a través del tiempo geológico, la definición de la naturaleza de los materiales que constituyen las geoformas, la clasificación de los paisajes, así como también la explicación de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores del terreno (INGEOMINAS, 2001).

La geomorfología describe las formas del relieve, estudia su origen y evolución. Su conocimiento es de gran importancia en lo relacionado con la planificación del uso de la tierra y el proceso de ocupación de territorio, además es una herramienta útil para definir limitantes y potencialidades sociales, económicas y ambientales en el municipio. Para lograr una adecuada división de las unidades geomorfológicas en la región, se requiere analizar el origen de las diferentes unidades de paisaje, el estudio de las formas e inclinación de las laderas, la acción de los procesos exógenos de tipo denudativo y endógenos de tipo estructural, con el fin de identificar y cartografiar las diferentes geoformas.

Las geoformas y la dinámica del modelado de la superficie terrestre ayudan a establecer preferencias en la distribución de los asentamientos y el desarrollo de actividades económicas, las cadenas montañosas influyen en la localización e interacción de los asentamientos y los fenómenos de erosión y remoción que condicionan la viabilidad de la construcción de infraestructura.

1.1.1.6.1 Metodología

La escala de trabajo propuesta del presente proyecto para el área urbana del municipio de San José de Cúcuta es 1:5.000. En base a lo anterior, es necesario realizar la clasificación con alto grado de detalle con la escala de jerarquización empleada en el documento denominado “Propuesta de estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia”, (Carvajal ,2011).

Para escalas mayores a 1:10.000, los elementos geomorfológicos corresponden al máximo nivel de detalle de una unidad geomorfológica, definida por los rasgos de relieve, la morfometría detallada del terreno y los microrelieves asociados a característica litológica en análisis detallados (Carvajal,





2011). Por lo anterior, la clasificación geomorfológica se hará definiendo los componentes o elementos geomorfológicos presentes en el área de estudio.

Gráfica 131. Esquema de jerarquización geomorfológica



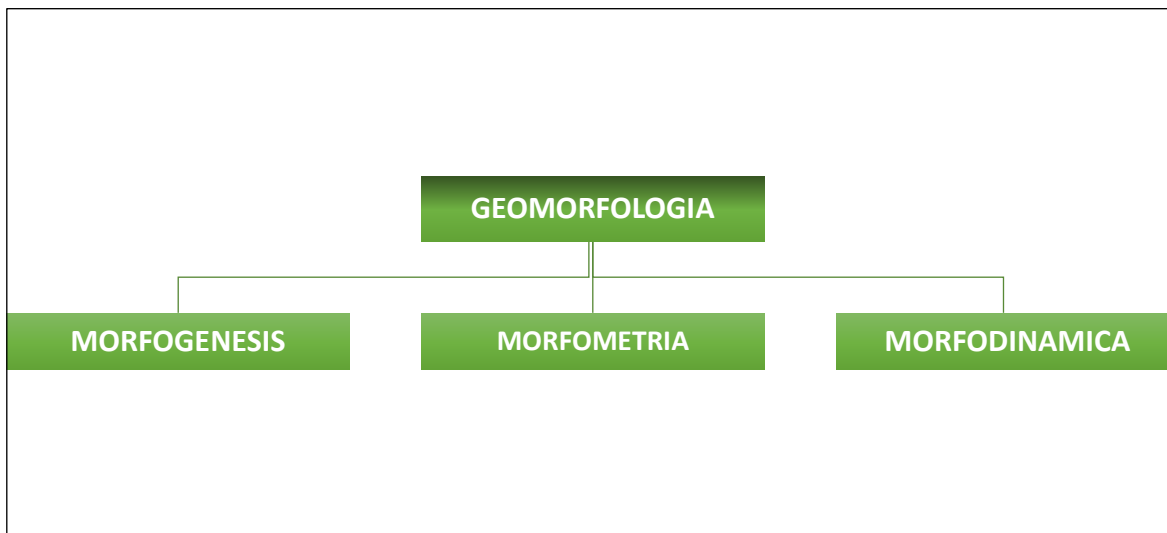
Fuente: Tomado de Carvajal (2011).

Para llevar a cabo la caracterización de elementos geomorfológicos, se tuvo en cuenta la metodología empleada en el “Informe de zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta” (INGEOMINAS, 2007), basado a su vez la metodología de The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation – ITC de Holanda y el Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 (SGC, 2013) bajo algunas modificaciones. A su vez se utilizó como ayuda la Propuesta de Estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia (INGEOMINAS 2011), la Estandarización de Unidades Geomorfológicas del Servicio Geológico Colombiano – SGC (SGC 2013) y la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa (SGC, 2015).

Estas metodologías proponen que para la construcción del mapa de los componentes o elementos geomorfológicos se deben identificar, caracterizar y describir las geoformas basados en atributos como la morfología, morfogénesis, morfometría y morfodinámica como se visualiza en la Gráfica 132, el formato empleado se encuentra en el anexo 4 (geomorfología).



Gráfica 132. Atributos de la geomorfología usada en este estudio



Fuente: Modificado INGEOMINAS 2015

A continuación, se realiza la descripción para cada uno de estos elementos geomorfológicos con base en sus atributos de Morfología, Morfometría, Morfogénesis y Morfodinámica.

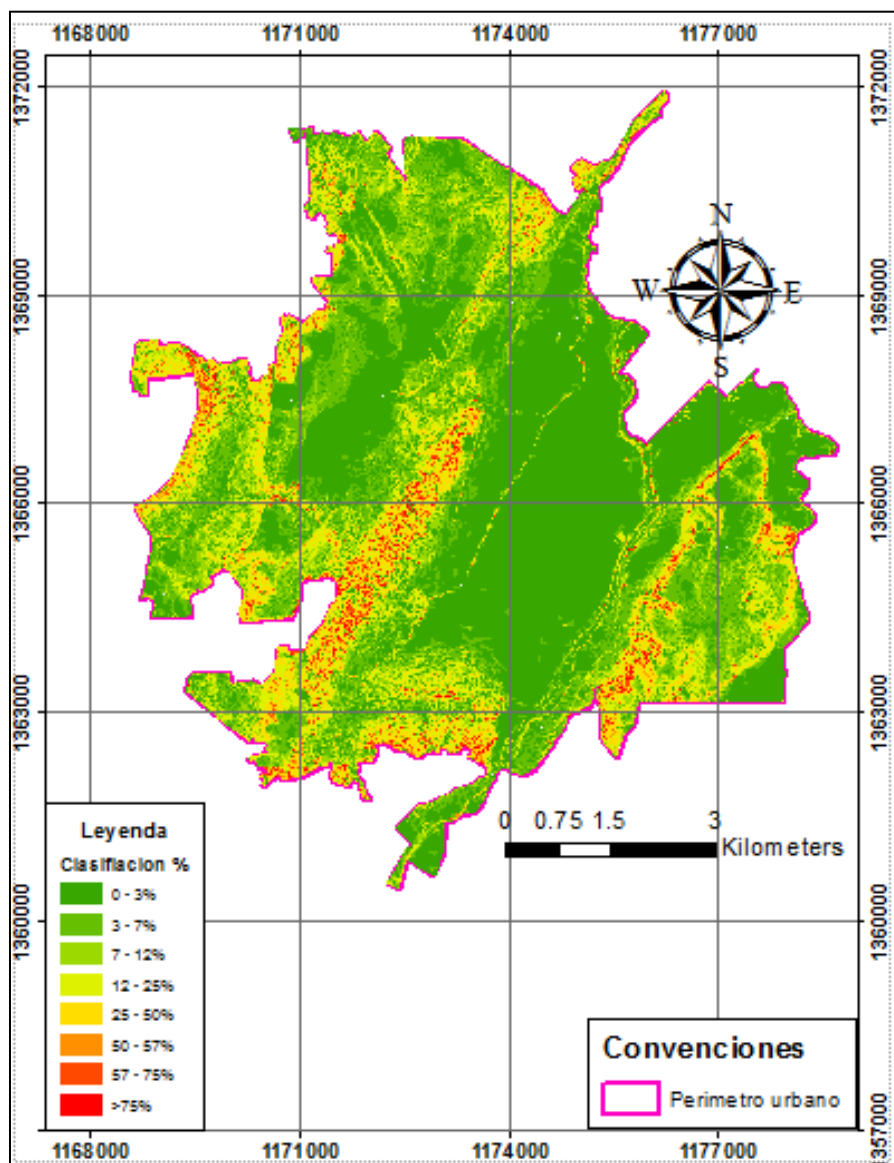
1.1.1.6.2 Morfología y Morfometría

La morfometría es el conjunto de técnicas, procedimientos y métodos utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y en base a ellos conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno. La unidad de referencia del análisis morfométrico es la pendiente del terreno. Para efectuar la clasificación por unidades morfométricas, se generó un mapa de pendientes a partir de un modelo digital del terreno, donde se otorgaron valores discretos que se ajustara a las condiciones del área objeto de estudio (Gráfica 133).

La morfometría expone cuantitativamente las medidas de la pendiente o inclinación, longitud, área y forma de las laderas, comparando sus relaciones geométricas y espaciales. La descripción de las unidades morfométricas se deriva de las metodologías planteadas en la Propuestas Metodológicas Para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica Para la Zonificación Geomecánica (INGEOMINAS Vol2. diciembre 2001; Vol1. diciembre 2004; Carvajal 2011).



Gráfica 133. Plano de unidades morfométricas



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La zona de estudio posee una morfología muy variada, se encuentran zonas planas asociadas a planicies y terrazas de inundación principalmente de los ríos Táchira, Pamplonita y Zulia, hasta alcanzar formas más elevadas bajo el dominio de estructuras primarias falladas y plegadas como la Falla Cúcuta, el Sinclinal de Cúcuta, La falla Tasajero, el anticlinal de Tasajero y la Falla Tasajero Norte, y que regionalmente han caracterizado el relieve propio de los cerros, San Luis-San Mateo, Atalaya y Jesús Nazareno.



1.1.1.6.2.1 Unidades morfométricas

Las unidades morfométricas se agruparon en rangos de pendiente como se observa en la (Tabla 33). Las unidades predominantes en la zona de estudio son las pendientes planas a moderadamente inclinadas (0%- 12%) representadas en color verde y sus tonalidades, seguida de las pendientes inclinadas a muy empinadas (12%-57%) en colores amarillo y naranja. Las pendientes mayores a las escarpadas (>57%) en color rojo y sus respectivas tonalidades representa una menor proporción del área de estudio, este rango de pendientes se encuentra generalmente confinadas en los escarpes de terraza y demás laderas con relieve pronunciado dentro del área urbana de Cúcuta. A continuación, se describen estos rangos de pendientes adjuntando su registro fotográfico:

Tabla 33. Unidades morfométricas

CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	PENDIENTE (%)	AREA (ha)	PORCENTAJE (%)
	Ligeramente plana	0 – 3 %	3562.08	43.25
	Ligeramente inclinada o ligeramente ondulada	3 – 7 %	1666.89	20.24
	Moderadamente inclinada o moderadamente ondulada	7 – 12 %	997.55	12.11
	Inclinada	12 – 25 %	1095.49	13.3
	Empinada	25 – 50 %	770.92	9.36
	Muy empinada	50 – 57 %	53.24	0.65
	Escarpada	57 – 75 %	73.28	0.89
	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	> 75 %	16.14	0.2

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.1.1 Ligeramente plana

Superficie del terreno cuya inclinación se encuentra entre los 0-3%. Este tipo de pendientes se ubican de la siguiente forma: en la Zona 1, ya que su morfología plana está asociada a un sector de las terrazas del río Táchira, abarcando depósitos cuaternarios con geoformas de origen Fluvial. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) generalmente se encuentran distribuidas en el sector central. En la Zona 3 (Centro de Cúcuta) este tipo de pendientes se sitúan sobre un nivel de terraza cuya característica morfológica es plana, por ende, predominan las pendientes ligeramente planas que se distribuyen de manera homogénea y continúa sobre esta zona. En la Zona 4 (Cerro de Atalaya) son poco predominantes y se relacionan con las cimas, las laderas explanadas, la parte baja de los drenajes que discurren sobre dichas laderas y en algunos sectores que comprende de terrazas aluviales; además, abarcan la periferia sureste y norte de la Zona 4 (relieve bajo localizada entre el aeropuerto y la Redoma del Aeropuerto). En la Zona 5 (Comuneros, Ospina Pérez, Atalaya) representa un área extensa de morfología plana ligeramente basculada y disectada. En la Zona 6 (Palmeras, Nuevo Horizonte) es un área deprimida conformada por este tipo de pendientes en su parte central. En la Zona 7 (Belén, Gaitán) se ubican en depresiones del terreno y remanentes de terrazas aluviales. La Zona 8 definida como zonas de expansión urbana, predominan este tipo de pendientes hacia el este y noreste del casco urbano, limitando en su mayoría con el borde este del río Táchira. (Gráfica 134)





Gráfica 134. Pendientes ligeramente planas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.1.2 Ligeramente inclinada o ligeramente ondulada

Pendientes del terreno que comprende entre 3-7%. Las pendientes mencionadas se encuentran distribuidas de la siguiente manera: en la Zona 1 (Llanura del Río Táchira) ocupando algunos sectores de depósito de terraza y depósitos aluviales. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) se encuentran generalmente sobre el área central. En la Zona 3 (Centro de Cúcuta) se distribuyen en una pequeña extensión hacia la parte norte de la zona, además sobre áreas cercanas y periferia del río Pamplonita. En la Zona 4 (Cerro de Atalaya) se encuentran sobre el área limitada entre el Aeropuerto Internacional Camilo Daza y la Redoma del Aeropuerto. En la Zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez) predominan en el área central. En la Zona 6 (Nuevo Horizonte, El Progreso, Palmeras) se sitúan en un área cuya forma describe una franja alargada, aproximadamente orientada de norte a sur. En la Zona 7 (Belén, Barrio Nuevo) se observan estas pendientes en el valle del canal Bogotá y en sectores relacionados con remanentes de terrazas aluviales y depresiones del terreno. La zona de expansión urbana definida como Zona 8 (Zona de Expansión Urbana), se observan este tipo de pendientes en el sector delimitado por el margen izquierdo del río Táchira hacia el este y el límite del casco urbano hacia el oeste (Gráfica 135).



Gráfica 135. Pendientes ligeramente inclinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.1.3 Moderadamente inclinada o moderadamente ondulada

Superficie del terreno cuya pendiente comprende los rangos de 7-12%. Esta clase de pendientes se ubican de la siguiente forma: en la Zona 1 (Llanura del Río Táchira) se encuentran en los depósitos aluviales y de terraza asociados al río Táchira. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) se ubican aproximadamente en el sector centro norte. En la Zona 3 (Centro de Cúcuta) se localizan en áreas aledañas y periferia del río Pamplonita, además se distribuyen hacia el norte de la zona. En la Zona 4 (Cerro de Atalaya) se observan hacia el sureste y norte de la periferia (relieve bajo localizada entre el aeropuerto y la Redoma del Aeropuerto). En la Zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez) se observa pocos sectores en la región central. Zona 6 (Nuevo Horizonte, El Progreso, Palmeras) se encuentran cercanas al área central. La Zona 7 (Belén, Barrio Nuevo) se encuentra pequeñas áreas relacionadas a depresiones del terreno y remanentes de terrazas aluviales. En la Zona 8 (Zona de Expansión Urbana) que corresponde al área de expansión urbana, este tipo de pendientes predominan al norte del casco urbano, limitando al noreste con el Cerro Tasajero (Gráfica 136).



Gráfica 136. Pendientes moderadamente inclinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.2 Inclinada (12-25%)

Pendiente del terreno que se encuentra entre 12-25%. Estas pendientes se ubican en las siguientes zonas: En La Zona 1 (Llanura del Río Táchira) este tipo de pendientes son poco frecuentes y están se relacionan en su mayoría a los escarpes de las terrazas observadas en el borde del río Táchira. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) se distribuyen hacia la periferia de la zona, donde el relieve es más pronunciado. En la Zona 3 (Centro de Cúcuta) se encuentra en el sector norte, en la periferia y áreas cercanas al río Pamplonita. En la Zona 4 (Cerro de Atalaya) presenta pocas pendientes de este tipo y se encuentran asociadas a las laderas explanadas, a las cimas y sobre las laderas que rodean los drenajes sobre la extensión del Cerro Atalaya. La zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez) predominan especialmente en el sector central. En la Zona 6 (Nuevo Horizonte, El Progreso, Palmeras) este tipo de pendientes generalmente rodean el perímetro de la de esta zona. En la Zona 7 (Belén, Barrio Nuevo) se asocian a terrazas colgadas. La Zona 8 catalogada como zona de expansión predomina este tipo de pendiente hacia el suroeste del casco urbano y del Cerro de Atalaya (Gráfica 137).



Gráfica 137. Pendientes inclinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.2.1 Empinada

Extensión del terreno cuyas pendientes oscila entre el 25-50%. Dichas pendientes se ubican de la siguiente manera: en la Zona 1 (Llanura del Río Táchira) se limitan a áreas pequeñas y se asocian a los escarpes de las terrazas situadas al borde del río Táchira. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) se ubican en la periferia de la misma zona, donde el relieve es más pronunciado. Estas pendientes en la Zona 3 (Centro de Cúcuta) se relacionan únicamente a los escarpes de las terrazas ubicadas al norte. En La Zona 4 (Cerro de Atalaya) estas pendientes son poco predominantes. En la Zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez) se encuentran principalmente distribuidas en parte en la denominada escarpa occidental y sobre los bordes escarpados de la quebrada La Cañada. En las Zona 6 (Nuevo Horizonte, El Progreso, Palmeras) las pendientes empinadas predominan al sur, sobre las laderas que bordean al Barrio Doña Nidia y hacia los bordes de las quebradas que discurren formando Hondonadas profundas. En la Zona 7 (Belén, Barrio Nuevo) se encuentra hacia el este y hacia el sur del casco urbano de Cúcuta y se podría decir que es en parte es una prolongación al sur del cerro Atalaya. En la zona de expansión urbana denominada como Zona 8 se exponen con mayor frecuencia en los sectores noroeste del Aeropuerto Internacional Camilo Daza, al este y suroeste de Cerro Las Tres Cruces, y al sureste del casco urbano que limita al este con el municipio de Villa de Rosario (Gráfica 138).



Gráfica 138. Pendientes empinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.2Muy empinada

Superficie del terreno con pendientes entre los 50-57%. Las mencionadas pendientes se encuentran de la siguiente forma: En la Zona 1 (Llanura del Río Táchira) son poco frecuentes y la mayoría se asocian a las laderas de las terrazas aluviales, observadas al borde del río Táchira. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) se resumen a pequeños sectores situados en las áreas periféricas. En la Zona 3 (Centro de Cúcuta) se encuentran pocas pendientes hacia el norte de la zona sobre el escarpado del río Pamplonita, el cual separa el nivel de terraza de su planicie de inundación. En la Zona 4 (Cerro de Atalaya) se encuentran asociadas al relieve pronunciado del Cerro Atalaya y demás prolongaciones elevadas situadas al norte del casco urbano. Este tipo de pendientes son escasas en la Zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez), están distribuidas sobre los bordes escarpados de la quebrada La Cañada y sobre la escarpa occidental. En la Zona 6 estas pendientes se relacionan a los escarpes de las laderas de contrapendiente, localizadas al oeste sobre el Cerro Jesús Nazareno y en una menor extensión sobre la Escarpa Occidental de Cúcuta ubicadas al este de esta zona, en especial sobre las coronas principales de deslizamiento que afectan este borde. En la Zona 7 predominan este tipo de pendientes al este y al sur, donde esta última dirección se encuentra la prolongación del Cerro Atalaya. En la Zona 8 definida como zona de expansión, esta clase de pendientes predominan en el sector elevado, situado al norte de las instalaciones de la



Unidad operativa menor del Ejército de la Trigésima Brigada y al este y suroeste del Cerro Las Tres Cruces (Gráfica 139).

Gráfica 139. Pendientes muy empinadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.2.2.3 Escarpada (57-75%)

Extensión del terreno cuyas pendientes oscilan entre 57-75%. Las pendientes referenciadas se exponen de la siguiente manera: En la Zona 1 este tipo de pendientes son muy escasas y se relacionan a los escarpes de terraza que bordean el río Táchira. En la Zona 2 (Cerro de San Luis) son las pendientes menos dominantes, situándose cerca de la periferia de la zona. En La Zona 3 3 (Centro de Cúcuta) se localizan en el sector donde el relieve es más pronunciado, hacia la periferia de la zona. En la Zona 4 estas pendientes se encuentran sobre el cerro Atalaya y otros relieves elevados ubicados al norte del casco urbano de Cúcuta. En la Zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez) no se presentan este tipo de pendientes. En la Zona 6 se sitúan hacia el oeste sobre el Cerro Jesús Nazareno y corresponden a las laderas de contrapendiente. En la Zona 7 se ubican al sur del casco urbano, donde dicho relieve se considera la extensión del Cerro Atalaya. En la Zona 8 definida como zona de expansión urbana, este tipo de pendientes se encuentran al suroeste del Cerro Atalaya y pertenece a la zona elevada que rodea la quebrada La Brujera (Gráfica 140).

Gráfica 140. Pendientes escarpadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.6.2.2.4 Fuertemente escarpada (>75%)

Superficie del terreno cuya pendiente es mayor al 75%. Esta clase de pendientes se distribuyen de la siguiente forma: en la Zona 1 se presenta muy poco y están asociadas a los escarpes de terraza

En la Zona 2 (Cerro de San Luis) estas pendientes son las menos frecuentes, rodeando la periferia de la zona. La Zona 3 se encuentra bordeando el escarpe del río Pamplonita, relacionado con los escarpes de terraza. En la Zona 4 estas pendientes se sitúan sobre el relieve pronunciado del cerro Atalaya, junto con otros sectores elevados que se encuentran al norte del casco urbano de Cúcuta. Esta clase de pendientes no se observan en la Zona 5 (Comuneros, Claret, Ospina Pérez). En la Zona 6 se encuentran relacionadas con los escarpes de las laderas de contrapendiente, ubicada sobre el cerro Jesús Nazareno. En la Zona 7 se sitúan sobre la extensión del Cerro Atalaya, hacia el sur del casco urbano de Cúcuta. La zona de expansión urbana clasificada bajo la Zona 8, corresponde a un sector elevado que circunda la Quebrada la Brujera (Gráfica 141).

Gráfica 141. Pendientes fuertemente escarpadas del casco urbano del municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

En base a los registros históricos de inundación reportados en el Plan Municipal para la Gestión de Riesgos y Desastres, el Mapa de Movimientos en Masa Urbano y su catálogo de inventario del presente estudio, confrontado con las Zonas homogéneas urbanas diferenciadas por características morfométricas por pendiente, se puede inferir que respecto a la inundación las zonas más propensas a sufrirlas es la Zonas 3, correspondiente a un drenaje canalizado en cierto sectores; además, se suma la Zona de expansión 8 al suroeste cercano a quebrada la Cañada y al este donde limita con la Zona 2 y el río Táchira. Los sectores mencionados han registrado eventos de inundación, además, presentan pendientes bajas afianzando la probabilidad de que ocurra nuevamente este tipo de eventos.

De otro lado, las zonas más expuestas a sufrir movimientos en masa son las Zonas 4 (Cerro de Atalaya) y la Zona 6 (Tucunará, Doña Nidia, Niña Ceci) por presentar pendientes mayores a las inclinadas (12-15%); asimismo, reporta varios movimientos en masa. También, existe otra zona predispuesta como la Zona 8 o de expansión, que se prolonga al suroeste del Cerro Atalaya en las



laderas que rodean la quebrada La Brujera, donde hay una población limitada a algunas fincas, pero los movimientos en masa de este sector son activos.

1.1.1.6.3 Morfogénesis

Estudia el origen y evolución de las formas del terreno, clasificando cada uno de componentes observados según su ambiente de génesis, es decir, las causas y procesos que dieron forma al paisaje. Dentro de estos están los procesos endogenéticos y exogenéticos. Los primeros se relacionan directamente con la geodinámica interna de la tierra y se ven representados sobre la corteza. Los segundos se refieren a aquellos procesos modeladores de la corteza como resultado de la interacción con el agua, viento y hielo en diferentes proporciones e intensidades, durante intervalos de tiempos geológicos.

En el presente subcapítulo describe cada uno de los componentes o elementos morfogenéticos observados en el casco urbano y zonas de expansión del municipio de Cúcuta. La nomenclatura utilizada indica con la primera letra en mayúscula el origen del elemento, si es estructural con la letra (S), si es denudacional con (D), fluvial (F) y antropogénico (A). A partir de la segunda letra en minúsculas, se indican las características particulares del elemento, rasgo o proceso geomorfológico como se muestra a continuación (Tabla 34). Los formatos de campo donde se caracterizaron los elementos geomorfológicos pueden consultarse en el anexo 4 de este informe.

Tabla 34. Elementos morfogenéticos para el área urbana del municipio de Cúcuta

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	NOMENCLATURA	NOMBRE ELEMENTO
ANTRÓPICO	Corresponden a geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías	Aca	Canal artificial
		Acvl	Corte vertical de ladera
		Ale	Laderas explanadas
		Alle	Llenos de escombros
		Alella	Laderas explanadas con llenos antropogénicos
		Aoi	Obras de ingeniería
FLUVIAL	Son geoformas derivadas de la actividad agradacional y degradacional de las corrientes fluviales. Incluyen cauces actuales de las corrientes y niveles de terrazas dejadas por sedimentación de cauces, incisión y eventos fluvio-torrencales.	Fbla	Barra lateral
		Fblo	Barra longitudinal
		Fbp	Barras puntuales
		Fca	Cauce o lecho actual del río
		Fbt	Barra Transversal
		Fntb	Nivel de terraza bajo
		Fpi	Planicie o llanura de inundación
		Ftae	Escarpes de terraza de acumulación
		Ftan	Terraza de acumulación antigua
		Fta	Terraza de acumulación



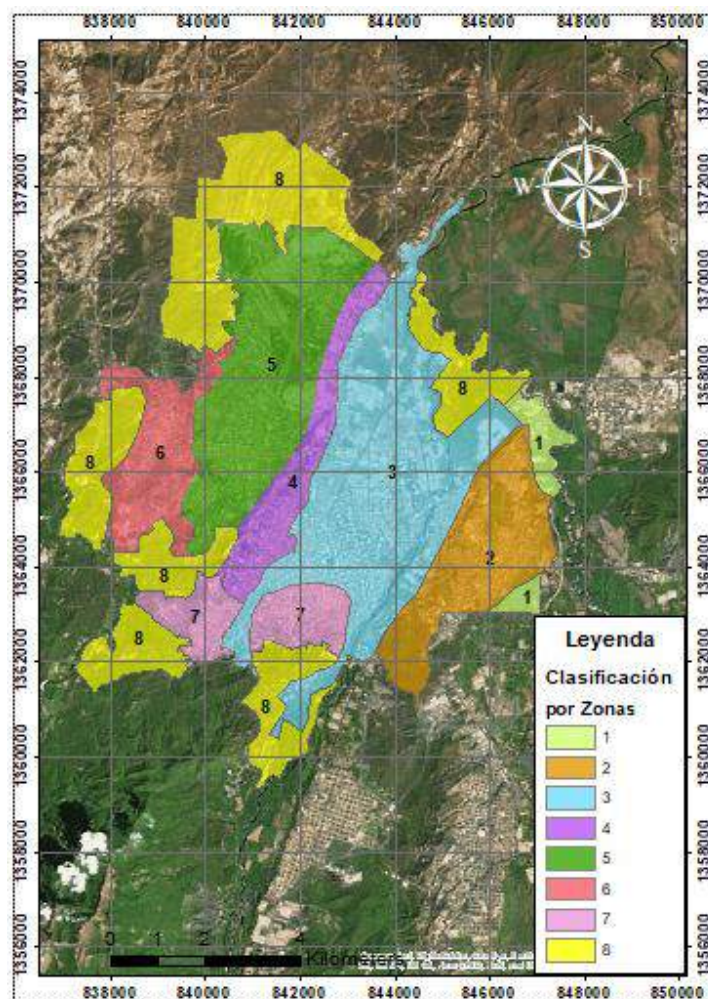
ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	NOMENCLATURA	NOMBRE ELEMENTO
DENUDACIONAL	Las geoformas están relacionadas con los procesos de meteorización, erosión, transporte y depositación de los materiales presentes en zonas de clima tropical, caracterizadas por erosión, depositación y movimientos en masa. Se pueden clasificar de acuerdo con la pendiente en subhorizontales e inclinadas	Dc	Cimas
		Ddl	Depósitos de ladera
		Ddla	Depósitos de lavado
		Decmm	Escarpe de corona principal de movimiento en masa
		Ded	Escarpes denudacionales
		Dh	Hondonadas
		Dld	Lomas denudadas
		Dldebc	Lomo denudado bajo de longitud corta
		Dldi	Lomeríos disectados
		Dle	Ladera erosiva
		Dlm	Laderas moderadas
		Dli	Laderas inclinadas
		Dlo	Laderas onduladas
		Dlsh	Laderas subhorizontales
		Dmo	Montículos y ondulaciones denudacionales
Dts	Terrazas sobreelevadas		
ESTRUCTURAL	Las geoformas se originan por la influencia de la actividad tectónica sobre rocas y suelos, generando expresiones en el terreno que se combinan con los procesos denudacionales.	Sce	Cima estructural
		Selc	Ladera de contrapendiente de espinazo
		Sele	Ladera estructural de espinazo
		Sle	Ladera estructural
		Slf	Lomo de falla
		Slfe	Escarpe de línea de falla
		Sloe	Lomo estructural
		Slp	Lomo de presión
		Ssalc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal
		Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal
Ssaled	Ladera estructural de sierra anticlinal denudada		

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Como se puede apreciar en anterior tabla, para el casco urbano y zonas de expansión se definieron un total de cinco (5) elementos de origen antropogénico, diez (10) de origen Fluvial, dieciséis (16) de origen denudacional y catorce (14) de origen estructural. En el Mapa 3 se encuentran representados los elementos geomorfológicos. Su descripción se subdividió en siete (7) zonas urbanas y una octava (8) zona, donde se incluyen las zonas de expansión (Gráfica 142)



Gráfica 142: Subdivisión por zonas del área urbana del municipio de Cúcuta



Para llevar a cabo la descripción de cada uno de estos elementos dentro del presente subcapítulo se agrupan los elementos según su origen o ambiente, se presentan sus definiciones, mencionando características particulares que presentan sobre el terreno, y a que zona corresponden. Además, para complementar se citan ejemplos gráficos o fotografías, donde se ilustra o describe donde y como fueron observados.

1.1.1.6.3.1 Elementos de Origen Antrópico

Los elementos de origen antropogénico son originados como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías que modifican la morfología natural del terreno (SGC, 2017).



Gráfica 143. Canal Artificial (Aca) correspondiente al Canal Bogotá. . Izq. Fotografía tomada al Canal Bogotá en cercanías al centro comercial UNICENTRO. Der. Imagen de un canal artificial que entrega sus aguas al Canal Bogotá.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.3.1.2 Corte vertical de ladera (Acvl)

Corresponden a los taludes de forma vertical, para la adecuación del terreno especialmente para el paso de vías de comunicación u otro tipo de infraestructura como construcción de viviendas entre otros.

Un claro ejemplo de este es el corte realizado para la construcción de la autopista La Atalaya la cual presenta pendientes escarpadas y fuertemente escarpadas de forma recta e irregular, con alturas que llegan hasta 25 m y de longitudes cortas (<50m).

Otro claro ejemplo de estos son los observados hacia el Sureste del área urbana, los cuales corresponden también a cortes realizados para el paso de las Avenida cero (Av0) realizada para comunicar el centro de Cúcuta con el municipio de Villa del Rosario, al igual que la prolongación al sur de la diagonal Santander (Gráfica 144).

Gráfica 144. Corte vertical de Ladera (Acvl) en las zonas de expansión. . Izq. Fotografía tomada al corte realizado al extremo de la prolongación de la Avenida Cero que comunica con el municipio de Villa del Rosario. Der. Fotografía tomada al corte realizado sobre una vía de acceso a las torres de Los Arrayanes.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.6.3.1.3 Laderas explanadas (Ale)

Corresponde a los cortes realizados en laderas para disminuir su pendiente, con el fin de adecuar el terreno para la construcción de viviendas o infraestructura.

Las laderas identificadas sobre área urbana y de expansión fueron realizadas para la construcción de viviendas como las observadas en las zonas de expansión, zonas deportivas como las canchas y laderas explanadas para la construcción de chircales (Gráfica 145).

Gráfica 145. Laderas explanadas (Ale) de la zona de expansión. Izq. Fotografía a una ladera explanada en cercanías a las Torres de Arrayanes. Der. Fotografía de corte realizado a la ladera, para adaptar el terreno para la construcción de viviendas.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.6.3.1.4 Laderas explanadas con llenos antropogénicos (Alella)

Esta es la resultante de la acción combinada en la realización de explanaciones a las cuales se le superpone rellenos antropogénicos, es decir realizando cortes en el terreno para adecuar la construcción, con la acción combinada de la superposición de restos de excavación y de escombros,

Estos principalmente fueron identificados al Oeste de Cúcuta, al margen de la vía que conduce a El Zulia comunicando a su vez con el Anillo Vial (Gráfica 146). Se considera que estos rellenos son superficiales.



Gráfica 146. Laderas explanadas con llenos antropogénicos (Alella). . Imagen tomada a un predio sobre el barrio el progreso al margen derecho de la vía que conduce al Anillo Vial.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017Obras de Ingeniería (Aoi)

Son áreas donde se han realizado obras de ingeniería civil. Para el presente trabajo se le asignó a la obra realizada para la construcción de la autopista de La Atalaya (Gráfica 147).

Gráfica 147. Obras de Ingeniería (Aoi).. Imagen tomada a la Autopista La Atalaya la cual corta el cerro Atalaya.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.3.2 Unidades de Origen Fluvial

Estas geoformas se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre (SGC, 2013).



1.1.1.6.3.2.1 Barra lateral (Fbla)

Son cuerpos elongados de forma irregular en planta y convexa en superficie de morfología suavemente ondulada con pendientes de planas (0°) en su centro a moderadamente inclinadas (5.4°) hacia los bordes, desarrollados en áreas de energía relativamente baja a lo largo de porciones laterales de la corriente principal, estos están constituidos por depósitos recientes que varían de arenas finas a gruesas y algunas de ellas están cubiertas por pastos (Gráfica 148).

Gráfica 148. Barra lateral (Fbla) en el cauce del río Pamplonita



Fuente. Tomado y modificado de IGAC, 2012.

1.1.1.6.3.2.2 Barra longitudinal (Fblo)

Cuerpos alongados de forma romboidal en vista de planta y de superficie convexa, de morfología suavemente ondulada, con pendientes ligeramente planas (0-3%) a ligeramente inclinadas (3-7%) y hacia sus bordes moderadamente inclinadas, dispuestas paralelas, y en el centro del cauce fluvial y con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Se forman como producto de la acumulación de sedimentos durante grandes avenidas y que luego al disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente. Al igual que las barras puntuales presentan una granulometría que va de arenas finas a gruesas, y otras con presencia de gránulos y guijos. Algunas presentan pastos como vegetación y otras están desprovistas de esta (Gráfica 149).

1.1.1.6.3.2.3 Barras puntuales (Fbp)

Las barras puntuales se observan sobre los bordes internos de los meandros, generalmente presentan su forma característica de medialuna en diferentes dimensiones, ya que su tamaño es proporcional a la dimensión de los meandros que las generan. Su morfología es convexa, suave y ondulada. Están localizadas en la parte cóncava de las curvaturas de los meandros, como producto de la acumulación de sedimentos que son drenados en la parte convexa del cauce: Están constituidos de sedimentos particularmente arenosos, con granulometría variable entre arenas muy finas a gruesas y con algunos niveles de material lodoso hacia sus artesas (Gráfica 150).

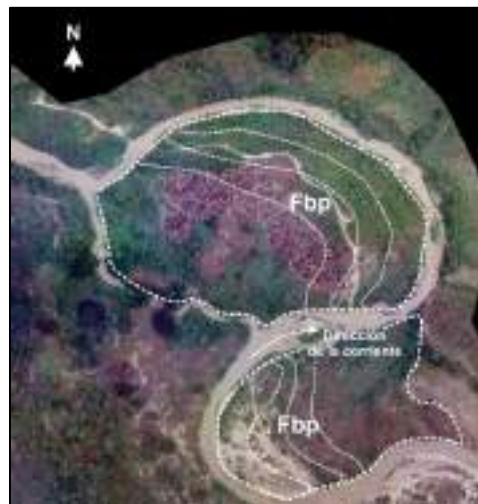


Gráfica 149. Barra longitudinal en el cauce del río Pamplonita.



Fuente. Tomado y modificado de IGAC, 2012.

Gráfica 150. Barra Puntual (Fbp) asociada al cauce del río Pamplonita



Fuente. Tomado y modificado de IGAC, 2012.

1.1.1.6.3.2.4Cauce o lecho actual de río (Fca)

Canal generalmente de forma irregular, excavados por corrientes perennes o estacionales dentro sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Cuando la escorrentía fluye generando un proceso básicamente erosivo, las corrientes van entallando los materiales y se desplazan lateralmente dentro de materiales menos resistentes.

Los principales cauces del municipio de Cúcuta como lo es el río Pamplonita Táchira presentan un patrón de drenaje entre trenzado y meandriforme, a diferencia de la quebrada Tonchalá que presenta un patrón más meándrico.



La imagen de la gráfica a continuación fue tomada a borde del puente de la Avenida 55N la cual cruza el río Pamplonita (Coord. E: 844817 N: 1368533 Z: 272) (Gráfica 151).

Gráfica 151. Cauce o lecho actual del río (Fca) y demás elementos fluviales asociados en la zona de expansión.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.1.6.3.2.5 Nivel de terraza bajo (Fntb):

Morfología plana a ligeramente inclinada, limitada por un talud o escarpe adyacente a los cursos actuales de ríos y quebradas. Se forman por la acumulación de material, mediante procesos fluviales o fluviotorrenciales, dejando diferentes niveles con alturas inferiores a los 2m.

El nivel de terraza bajo representado en el plano corresponde a los niveles de terraza que se observan hacia la periferia de la quebrada La Cañada localizada al Oeste del casco urbano del municipio, en cercanías al barrio Ciudadela El Progreso. Esta se extiende a lo largo del curso de la quebrada, y su superficie es ligeramente plana de forma recta, con longitudes muy cortas a moderadas.

A pesar de la intervención antrópica para las obras de canalización de la quebrada La Cañada aún se observa el talud o el escarpe que separa el nivel de terraza bajo de su planicie de inundación, como se muestra en la gráfica a continuación, la cual fue tomada desde el puente de la quebrada La Cañada (Coord. E: 839353 N: 1366061 Z: 285) (Gráfica 152).



Gráfica 152. Nivel de terraza bajo (Fntb) en la Quebrada La Cañada.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.6.3.2.6 Terraza de acumulación (Fta):

Los niveles de terraza predominan sobre la zona de expansión al Noreste de Cúcuta (cercanamente a los barrios La Palestina, Vegas Del Río, Urbanización Nueva Niza, Niza, Zona Norte, Niza, Alcalá, La Gazapa, Andalucía entre otros). En estas áreas predominan elementos de origen fluvial, ya que el área está asociada a la confluencia de los cauces de los ríos Pamplonita y Táchira, dentro de los cuales el más representativo es el nivel de terraza bajo.

Las siguientes imágenes fueron tomadas en esta zona de expansión. La imagen de la izquierda tomada sobre el puente de la vía 55N que conduce al Barrio Prados del Este (Coord. N: 1368549 E: 844839 Z: 273), muestra a borde del río Pamplonita, el cual está separado de su cauce por un escarpe de aproximadamente 2 m de altura. La imagen de la derecha tomada sobre un lote adaptado para la construcción muestra la superficie de la terraza de acumulación (Coord. E: 845515 N: 1368014 Z: 282), constituida principalmente de limos y arenas con algunos bancos de gravas. Obsérvese que la morfología de la superficie de la terraza es plana ligeramente ondulada de relieve muy bajo, con pendientes ligeramente planas ($<5^\circ$), de formas generalmente rectas y muy ligeramente irregulares. La imagen inferior tomada desde el puente del anillo vial cerca al Pórtico al sur (Coord. E: 841002 N: 1358599 Z: 392), muestra las geoformas de origen fluvial asociadas al río Pamplonita como lo son el cauce aluvial (Fca), la planicie de inundación (Fpi) y la terraza de acumulación (Fta) (Gráfica 153).



Gráfica 153. Terraza de acumulación (Fta) y geformas asociadas al cauce del río Pamplonita en la zona de expansión.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Como se puede apreciar la superficie de la terraza de acumulación se extiende o se prolonga de forma continua con una morfología plana de laderas rectas por más de 800 m hacia el Este y Noroeste. La imagen a continuación tomada sobre la vía principal que atraviesa la zona de expansión al sur (Hacia El Pórtico) muestra la morfología plana de pendientes planas ($<3^\circ$).

Las imágenes de la gráfica siguiente se tomaron sobre la Y que divide la vía que conduce al anillo vial y la que va directo al casco urbano de Cúcuta (Coord. E: 841223 N: 1360105 Z: 384) (Gráfica 154).

Gráfica 154. Superficie plana de la Terraza de acumulación.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



1.1.1.6.3.2.7 Escarpes de terraza (Ftae)

El escarpe de terraza se define como caras frontales de terraza que presentan una inclinación aproximadamente vertical (entre 80 y 90°) estas geoformas suelen presentarse por la actividad erosiva de las corrientes (SGC 2015). Los principales escarpes de terraza se ubican hacia la periferia de los diferentes ríos y quebradas del área de estudio con laderas que varían de inclinadas a escarpadas y en algunos sectores fuertemente escarpadas separando los diferentes niveles de terraza.

El ejemplo a continuación muestra a la izquierda una fotografía tomada a borde izquierdo aguas abajo del río Pamplonita (Coord. N: 1368091 E: 844698 Z: 273). A la derecha, imagen tomada sobre un lote adaptado para la construcción, sobre la superficie de la terraza de acumulación (Coord. E: 8444817 N: 1368533 Z: 272). En ambas se muestra el escarpe de terraza asociado a la terraza de acumulación del río Pamplonita (Gráfica 155).

Gráfica 155. Escarpe de terraza de acumulación (Ftae).



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Algunos de estos como los observados en la zona de expansión al Sur de Cúcuta (vía a El Pórtico) presentan una forma ligeramente convexa e irregular, con longitudes muy cortas (<50m) de pendientes principalmente empinadas (11.25-22.5) y en menor proporción de muy empinadas a muy escarpadas (22.5-90°).

A seguir se exponen Dos imágenes donde se ilustran algunos de los elementos geomorfológicos observados en la periferia del Río Pamplonita, hacia la zona de expansión al Sur la cual queda en cercanías del Pórtico. En la primera gráfica a la izquierda muestra el escarpe de terraza (Ftae) separando el cauce activo (Fca) y la terraza de acumulación (Fta); a la derecha se muestra la planicie de inundación del río Pamplonita (Gráfica 156).

La segunda imagen representa los diferentes elementos de origen fluvial de la zona de expansión (Gráfica 157)



Gráfica 156. Escarpe de terraza y demás elementos asociados.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.6.3.2.8 Terraza de acumulación antigua (Ftan):

Superficie de morfología alomada, extensión kilométrica, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes altas, limitadas por escarpes de disección en forma de “V” que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20° . De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas. Su origen es relacionado a la disección y tectónismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas.

Gráfica 157. Esquema ilustrativo de los diferentes elementos de origen fluvial de la zona de expansión.



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth 2017.

Las terrazas de acumulación antiguas en el área de estudio se localizan en las coordenadas: (E:840465 N: 1364370 Z: 405), esta presenta un relieve muy bajo de morfología plana con pendientes que varían desde ligeramente planas a inclinadas (5° a 10°) y se encuentran discordantes sobre las lodolitas de la Formación León, además de presentar basculamiento en



algunos sectores. También se encuentra afectada por procesos de disección del Quebrada la Cañada generando una erosión remontante (Gráfica 158).

La imagen inferior representa la terraza de acumulación antigua hacia el sector del Barrio Carlos Ramírez Paris (Coord. E: 842328 N: 1366754 Z: 373). Se caracteriza por presentar relieve bajo, morfología plana con pendientes que varían de planas a inclinadas de aproximadamente 5°, discordantes sobre lodolitas de la Formación León, y afectadas por procesos tectónicos y erosivos marcados (Gráfica 158).

1.1.1.6.3.3 Unidades de Origen Denudacional

El ambiente denudacional incluye geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial, que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes; de igual manera, crean nuevas unidades denudacionales por la acumulación de sedimentos (SGC, 2013). A continuación, se describen las geoformas de origen denudacional predominantes en el área de estudio:

Gráfica 158. Terrazas de acumulación antigua localizadas en las Quebrada la Cañada (superior) y barrio Carlos Ramírez Paris (inferior).



Fuente. Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA



1.1.1.6.3.3.1 Terrazas sobreelevadas “colgadas” (Dts):

Plano o superficie denudada de morfología alomada y colinada, de pendientes suavemente inclinadas que aparecen como relictos de antiguas terrazas y modelados fluviales, emplazados a una altura mayor que el nivel base del cauce actual. Corresponden a zonas afectadas por tectónismo o áreas donde los procesos de erosión son más influyentes que los de depositación.

Ejemplo de esto se ve reflejado hacia el norte del Cerro San Luis-San Mateo, dicha terraza se encuentra por encima del nivel base del cauce actual del Río Pamplonita y se encuentra afectada por procesos denudativos. Cabe destacar que esta unidad se encuentra asociada a eventos de levantamiento tectónico relacionados al movimiento de la Falla de Cúcuta hacia el Oeste y la Falla de Aguas Calientes al Este (Gráfica 159).

Hacia las zonas infrayacentes a la terraza sobreelevada también se evidencian geformas de origen denudacional asociadas a hondonadas y depósitos de ladera, como producto conjunto de procesos denudativos de erosión y carcavamiento.

Gráfica 159. Terraza sobreelevada (Dts), hondonadas (Dh) y depósitos de ladera (Ddl) en la parte Norte del Cerro San Luis-San Mateo.



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017 (Superior); UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA (Inferior).



1.1.1.6.3.3.2 Cimas (Dc)

Crestas de forma redondeada, convexa o plana amplias, que se presentan como franjas alargadas o redondeadas que bordean algunas divisorias de aguas de pendientes planas a inclinadas con anchos entre los 60 y 300 m limitadas por laderas empinadas a escarpadas. Principalmente estas fueron formadas por la meteorización y erosión sobre las partes elevadas, muchas de las cuales son aprovechadas para el asentamiento de la población (Gráfica 160).

Gráfica 160. Cimas (Dc) en la zona de expansión. Imagen tomada sobre el cerro Jesús Nazareno (Las Tres Cruces) hacia el Oeste de Cúcuta.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA.

1.1.1.6.3.3.3 Depósitos de ladera (Ddl)

Geoformas generadas por la acumulación de materiales como suelo residual y/o fragmentos de roca, transportados por acción de la gravedad desde zonas puntuales que se encuentran ligeramente más elevadas. Presentan formas irregulares con pendientes que varían desde ligeramente planas a escarpadas.

Hacia la parte baja de este escarpe de corona principal de movimiento en masa (Decmm) descrito más adelante, se deposita material proveniente del suelo transportado de terraza aluvial y de las rocas muy blandas de lodolitas de León.



Estos depósitos de ladera debido a que su material fuente principal son las lodolitas de la Formación León, se constituye principalmente de una matriz lodosa, la cual contiene embebidos arenas y gravas del suelo aluvial que también aporta al depósito. El espesor de los mismos es variable siendo superficial en la mayoría de sectores, sobreponiéndose sobre las lodolitas de la Formación León. Por esta misma razón y debido a que el material deslizado es predominantemente fino son imperceptibles llegándose a confundir con el material in situ de la Formación León.

Morfológicamente estos presentan una forma alomada de forma irregular a manera de lóbulos y conos que se forman sobre las depresiones del terreno donde es posible su depositación. Generalmente presentan pendientes de ligeramente inclinadas a empinadas ($1.35^\circ - 22.5^\circ$) de formas cóncavas y convexas.

El grafico a continuación muestra como ejemplo los depósitos de ladera observados hacia la parte baja del barrio La Hermita localizado sobre las coordenadas E: 840710 N: 1369557 Z: 319 (Gráfica 161). Obsérvese que estos están contruidos principalmente de una matriz fina lodosa procedente de la Formación León.

Gráfica 161. Depósitos de ladera (Ddl).



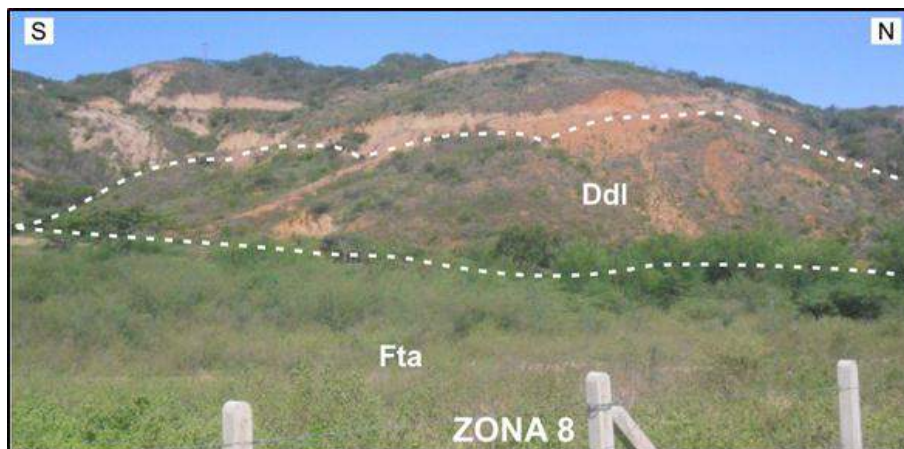
Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Algunos de los depósitos como los observados en la zona de expansión vía al Pórtico, presentan una forma lobulada con pendientes inclinadas fuertemente escarpadas llegando a superar los 40° de inclinación. Además, están superpuestos sobre una ladera media y baja desarrollando formas convexas de longitud muy corta ($<50\text{m}$) y cortas que no superan los 100m .

El siguiente ejemplo fotográfico fue tomado al borde derecho de la vía que conduce al Pórtico. Al cambio de relieve entre la terraza de acumulación y las laderas pronunciadas al oeste de la zona de expansión. (Coord. E: 841223 N: 1360105 Z: 382) (Gráfica 162).



Gráfica 162. Depósito de ladera hacia la zona de expansión Sur.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Localizado hacia la parte baja del Barrio Tucunaré, se encuentra un escarpe de corona principal de movimiento en masa, el cual se caracteriza por ser una superficie casi vertical desarrollada hacia la periferia del deslizamiento traslacional, en este caso el ocurrido en el año 2010, originado por el desplazamiento lateral y vertical de materiales correspondientes a depósitos aluviales y una parte de lodolitas de la Formación León (Gráfica 163).

Gráfica 163. Geformas denudacionales asociadas a movimientos en masa, localizadas en la zona comprendida entre el Cerro Tasajero y el Cerro Jesús Nazareno (Barrio Tucunaré). . Coordenadas: E: 838399 N: 593380 Z: 341m.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017



Hacia la parte baja del cerro Jesús Nazareno se observan depósitos de ladera, como producto procesos denudativos y de la caída de materiales de detritos y bloques provenientes de la ladera en contrapendiente de sierra anticlinal en las partes más elevadas del cerro (Gráfica 164).

Gráfica 164. Depósitos de ladera bajo el cerro Jesús Nazareno. Coordenadas: E: 839776 N:1367626
Z:354m.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.6.3.3.4 Depósitos de lavado (Ddla)

Acumulación de material transportado sobre la base de las laderas, generados por la degradación y el lavado erosivo superficial hacia la parte alta de las mismas, estos se constituyen generalmente de material fino y arenas con contenido de algunas gravas. Generalmente presentan pendientes ligeramente planas a inclinadas de formas planas e irregulares de longitudes variadas que van desde muy cortas a moderadas. A continuación, se representan algunos depósitos de lavado presentes en la zona de expansión de Cúcuta (Gráfica 165).

Gráfica 165. Depósitos de lavado (Ddla) en la zona de expansión



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA, 2017.



1.1.1.6.3.3.5Escarpe de corona principal de movimiento en masa (Decmm)

Superficie casi vertical que se desarrolla en la periferia de un deslizamiento, causada por el desplazamiento vertical o por el desplazamiento de material hacia afuera y debajo de la ladera. Sobre ella se suelen presentar algunas grietas paralelas o semi-paralelas conocidas como grietas de tensión o tracción.

Hacia el límite entre la zona urbana en barrios como la Hermita y Ospina Pérez con la zona de expansión al Noroeste de Cúcuta un contraste marcado de relieve con laderas empinadas a escarpadas como producto de la acción erosiva remontante que ha venido actuando con el pasar de los años afectando la denominada escarpa occidental del casco urbano de Cúcuta. Este límite podría decirse que actúa como un enjambre de deslizamientos fósiles, antiguos y recientes que han sucedido a lo largo de toda esta franja. Por ello sobre el mapa se ve representada como una franja alargada que se extiende Sur a Norte sobre este cambio de inclinación de la ladera.

Este borde generalmente presenta una superficie de pendientes empinadas (25-50%) a muy empinadas (50-57%) y en algunos sectores escarpadas (57-75%) a fuertemente escarpadas (>75%) estas últimas especialmente donde se encuentran las cabezas de deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos antiguos que han venido actuando retrogresivamente afectando las viviendas que se encuentran sobre este borde pertenecientes a los barrios Claret, Motilones, Ospina Pérez, Buenos Aires y La Hermita (Gráfica 166).

Como ejemplo se muestran la siguiente tres imágenes correspondientes al borde de la escarpa occidental en el Barrio Ospina Pérez. Coord. E: 840358 N: 1 368540.

Gráfica 166. Escarpe de corona principal de movimiento en masa (Decmm).



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



1.1.1.6.3.3.6 Escarpes denudacionales (Ded)

Laderas muy cortas (<50m) y cortas (50-250) con pendientes de empinadas a fuertemente escarpadas generadas principalmente por erosión.

1.1.1.6.3.3.7 Hondonadas (Dh)

Son depresiones alargadas y paralelas a la pendiente del terreno formadas por erosión profunda, algunas relacionadas a corrientes de agua. Las hondonadas observadas en el área de estudio se asocian a los drenajes de escorrentía profunda, formadas por la socavación o erosión diferencial sobre las capas de roca, suelos o depósitos.

Hacia el oeste del Cerro Atalaya, puntualmente hacia la parte sur de la terraza de acumulación antigua se presentan hondonadas, las cuales obedecen a la socavación del terreno a favor del rumbo y buzamiento de las capas, con pendientes inclinadas a muy escarpadas de longitudes muy cortas (<50 m) a cortas (50-250 m), de formas cóncavas, rectas o convexas formando valles en V o U. Generalmente estas muestran un índice de contraste del relieve muy bajo a moderado (0 -149 m) (Gráfica 167).

Gráfica 167. Hondonadas (Dh). Coordenadas 904055 N, 72.529638 W, h=309m.



Fuente. UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017. Lomas denudadas (Dld)

Relieve ondulado con altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, presenta una morfología alomada, con laderas de pendientes ligeramente planas a empinadas de formas convexas. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión diferencial. En la imagen se representa una loma denudada localizada hacia el flanco Este del Cerro Atalaya (Coord. E: 840697 N: 1364203 Z: 392m) (Gráfica 168).



Gráfica 168. Lomas desnudas (Dld), Fotografía tomada desde el Barrio Fátima Alto



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA, 2017.

1.1.1.6.3.3.8 Lomo desnudo bajo de longitud corta (Dldebc):

Son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor que 250 m y la longitud del eje principal es menor que 250 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico.

Localmente se presenta como una elevación del terreno menor de 200 metros con morfología alomada y alargada, laderas cortas a moderadamente largas, convexas a eventualmente cóncavas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas y con drenaje dendrítico, desarrollada de manera general, sobre materiales afectados por meteorización diferencial intensa (Gráfica 169).

Gráfica 169. Lomo desnudo de longitud corta (Dldebc).



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



1.1.1.6.3.3.9 Lomeríos disectados (Dldi)

Son prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de formas rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas (11-15 °) a muy abruptas (21-30 °), con índice de relieve bajo (30-74 m). Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado a plano. Se presentan movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional con superficie de falla poco profundos.

Los lomeríos disectados predominan al Norte del casco urbano y de expansión urbana de Cúcuta barrios Crispín Duran, Simón Bolívar, entre otros. Estos se desarrollaron sobre las lodolitas de la Formación León, que a su vez han desarrollado también depósitos de ladera o de lavado superficiales que se han superpuesto sobre esta unidad de roca muy blanda. Presentan un relieve principalmente de montículos a lomas que no superan los 70 m de altura sobre el nivel base local de la quebrada Seca que discurre al Oeste de esta área; presenta un índice de contraste de relieve bajo a moderado, con laderas muy cortas a cortas y de formas cóncavas y convexas. Sobre esta área de expansión los procesos de erosión han desarrollado un patrón de drenaje dendrítico valles en forma de u o v que han dejado crestas agudas y redondeadas relativamente amplias donde los asentamientos humanos han aprovechado para establecerse.

Como ejemplo se presentan dos panorámicas de la siguiente gráfica, la de la izquierda fue tomada en el barrio Camilo Daza hacia el barrio Escalabrini (Coord. E: 840843 N: 1369786 Z: 336); a la derecha se presenta una panorámica tomada desde el barrio Escalabrini hacia el Este (Coord. N: 1369807 E: 839992 Z: 291) (Gráfica 170).

Gráfica 170. Lomeríos disectados (Dldi).



Fuente. UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA, 2017.

1.1.1.6.3.3.10 Ladera erosiva (Dle)

Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas y de formas planas, cóncavas y convexas. Posee un patrón



de drenaje típico dendrítico a subparalelo, se observan evidencias de procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y soliflucción sobre materiales de suelo o roca.

Ladera erosiva localizada hacia uno de los flancos del Cerro Atalaya, más específicamente hacia la Cancha El Chulo. Corresponden a superficies del terreno con pendientes muy inclinadas a escarpadas (11° - 45°), con longitudes de ladera mayores a 50 metros, formas cóncavas, planas y convexas. Se caracteriza por presentar procesos de erosión visibles como erosión laminar y surcos. Además de algunos escarpes denudacionales (Ded), menores a 50 m, que varían de escarpadas a muy escarpadas, con pendientes mayores a 33° , de forma cóncavoconvexa originado por procesos erosión del macizo rocoso (Gráfica 171).

Gráfica 171. Escarpes denudacionales (Ded) y laderas erosivas (Dle), localizados hacia el Norte del flanco Este del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7. 909998N, 72.507W, H=384m.



Fuente. Google Earth. Modificada por UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.6.3.3.11 Laderas moderadas (Dlm)

Laderas onduladas con predominio de pendientes inclinadas (12-25%), sin descartar que se presenten en menor grado algunas empinadas (25-50%). con laderas de longitudes muy cortas (<50m) a moderadas de hasta 300 m (Gráfica 172).



Gráfica 172. Laderas moderadas (DIm).



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA, 2017.

1.1.1.6.3.3.12 Laderas inclinadas (Dli)

Superficie natural del terreno con predominio de pendientes empinadas (25-50%) junto con algunas pendientes muy empinadas (50-57%) y escarpadas (57-75), con laderas de longitudes muy cortas (<50m) a moderadas de hasta 300 m (Gráfica 173).

Gráfica 173. Laderas inclinadas (Dli).



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA, 2017.

1.1.1.6.3.3.13 Laderas onduladas (Dlo)

Superficie en declive de morfología ligeramente ondulada, con pendientes ligeramente planas a inclinadas, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de drenaje es generalmente subdendrítrico a subparelo.



De acuerdo con lo observado en el terreno estas laderas onduladas presentan morfología alomada y colinada, con pendientes no tan pronunciadas, predominando las pendientes entre ligeramente planas a empinadas (0 a 25%) con laderas de longitudes muy cortas (<50m) a largas (500-100m) llegando a superar los 700 m de distancia. El patrón de drenaje es sub-paralelo y estos son principalmente de escorrentía o intermitentes. Estas se encuentran sobre rocas muy blandas de la Formación León y rocas de la Formación Carbonera, y en algunos sectores sobre el grupo Guayabo.

A continuación, se muestra un ejemplo claro de este tipo de laderas, La imagen superior son las observadas al extremo Este de la zona de expansión que se encuentra al Norte de Cúcuta correspondiente a lo observado hacia el extremo NE de la vía que conduce a El Zulia. Sobre las (coord. E: 843232 N: 1370696 Z: 305) (Gráfica 174).

Gráfica 174. Laderas Onduladas (Dlo).



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA.

La imagen inferior muestra las laderas onduladas observadas a borde del anillo vial al NW de la zona de expansión que se encuentra al Sur de Cúcuta. (Coord. E: 840813 N: 1361085 Z: 371) (Gráfica 174).

1.1.1.6.3.3.14 Laderas subhorizontales (Dlsh)

Superficie natural del terreno suavemente inclinada con pendientes ligeramente planas (0-3%) a moderadamente inclinadas (7-12%) (Gráfica 175).



Gráfica 175. Laderas subhorizontales (Dlsh)



1.1.1.6.3.3.15 Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)

Son elevaciones del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, con una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada y con drenaje divergente. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados.

Los montículos y ondulaciones denudaciones predominan hacia las zonas de expansión que se encuentran al Norte y Sureste del área de estudio, y en la parte Norte de la zona 5 y al sur de la zona 6. Estas áreas se caracterizan por poseer un relieve de montículos (<50m) con un contraste de relieve entre bajo (30-74m) y muy bajos (<29m). Las formas de las laderas son irregulares variando suavemente entre cóncavas y convexas. Las pendientes no son tan pronunciadas estando entre los rangos de pendientes de planas a empinadas (0-22.5°) con longitudes de la ladera de muy cortas a cortas (0 – 250m) con divisorias de aguas de formas redondeadas.

Estos se desarrollaron sobre rocas muy blandas de la Formación León sobre la cual también se superponen depósitos de ladera y de lavado superficiales, los cuales han adquirido esta morfología característica al Norte y Noroeste de Cúcuta.

A continuación, se muestra un ejemplo fotográfico de los montículos y ondulaciones denudacionales correspondientes a las zonas de expansión del Norte y Noreste de Cúcuta. La imagen superior muestra los montículos observados sobre las zonas de expansión que se encuentran al Norte del casco urbano del Municipio de Cúcuta; Imagen tomada hacia el Norte de la vía que conduce hacia El Zulia (Coord. E: 840916 N: 1371306 Z: 306); se observa claramente la morfología del terreno constituido por los montículos y ondulaciones denudacionales. Obsérvese que las pendientes no son tan pronunciadas y estos no superan los 50 m de altura respecto a un nivel base local (Gráfica 176).



Gráfica 176. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo).



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

La imagen inferior muestra una panorámica tomada hacia las zonas de Expansión al Noroeste, desde la vía que comunica hacia El Zulia, en el sector del barrio El Progreso (Coord. N: 1368197 E: 838583 Z: 330). Como se puede observar en la imagen esta área presenta un relieve de montículos de apariencia alomada que no superan los 50 m de elevación respecto al nivel base local de la quebrada Seca, presentando laderas de formas variadas entre cóncavas y convexas e irregulares (Gráfica 176).

1.1.1.6.3.4 Unidades de Origen Estructural

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades afectadas por procesos denudativos (SGC, 2013).

1.1.1.6.3.4.1 Cima estructural (Scie)

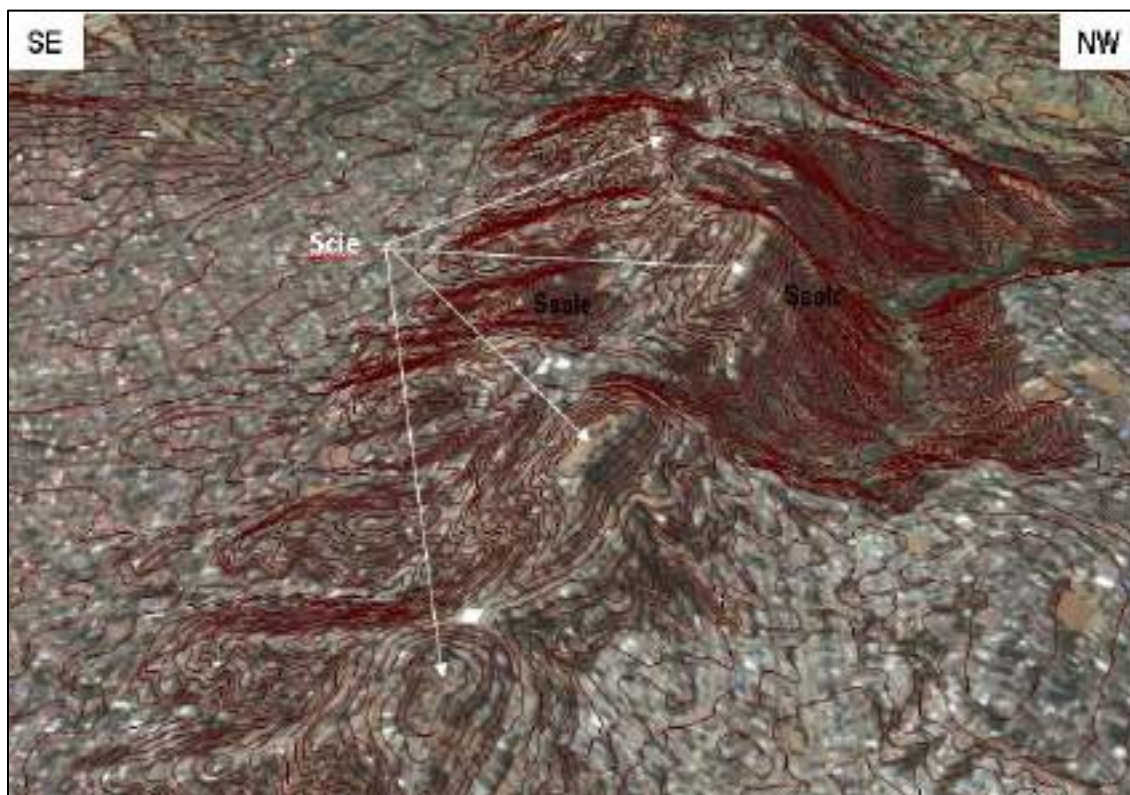
Geoformas producto de la actividad tectónica, se caracterizan por presentar formas semicirculares las cuales divergen en varias todas las direcciones. Por lo general se muestran achatadas y semiplanas en su cúspide.

Hacia las partes más elevadas del Cerro Atalaya se encuentran cimas estructurales como producto de actividad tectónica. Se caracterizan por presentar formas circulares, desde donde divergen la



ladera estructural y la ladera en contrapendiente de Sierra Anticlinal de lo que se conoce como Cerro Atalaya (Gráfica 177).

Gráfica 177. Cimas estructurales (Scie) en el Cerro Atalaya.



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.1.6.3.4.2 Ladera de contrapendiente de espinazo (Selc)

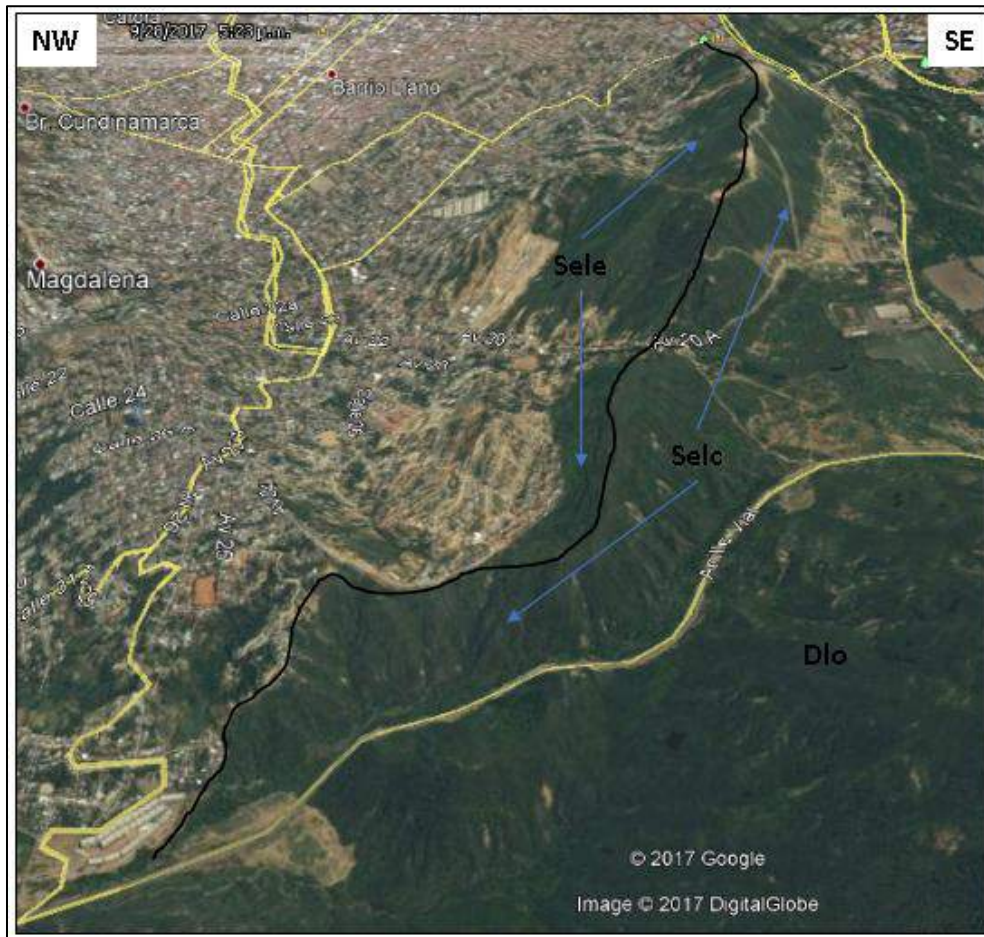
Superficie vertical a subvertical $>31^\circ$, de longitud corta a moderadamente larga (15-250 m), de forma irregular o escalonada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, se encuentra asociada a una estructura mayor de espinazo.

1.1.1.6.3.4.3 Ladera estructural de espinazo (Sele)

Superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, cuya inclinación es $> 20^\circ$, de longitud muy corta a corta (50-250 m), de formas rectas o convexas y pendientes muy escarpadas, relacionada a una estructura mayor de espinazo. A continuación, se presentan las laderas estructurales y en contrapendiente de espinazo, localizadas en el Barrio Santander (Gráfica 178).



Gráfica 178. Ladera estructural de espinazo (Sele) y ladera en contrapendiente de espinazo (Selc), localizadas en el Barrio Santander al Sur del área urbana de Cúcuta.



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.1.6.3.4.4 Ladera estructural (Sle)

Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) a favor de la pendiente del terreno. De longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas (10°-45°). En la imagen se representa una ladera estructural localizada por la vía que va de Cúcuta al Carmen de Tonchalá, en la zona de expansión. Presenta una longitud de la ladera aproximada de 600 metros, con pendientes inclinadas (Gráfica 179).



Gráfica 179. Ladera estructural (Sle), geformas circundantes de origen denudacional como laderas moderadas (Dlm), montículos y ondulaciones (Dmo).



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.1.6.3.4.5 Lomo de falla (Slf)

Prominencia topográfica de morfología alomada, con laderas cortas a muy cortas (50-250m), forma convexa y pendiente abrupta a escarpada (16° - 45°), localizados a lo largo de una falla de rumbo y formados por el efecto combinado del desplazamiento lateral y la geometría del plano de falla que determina la expulsión de un bloque de terreno. En la imagen se representa un lomo de falla, asociado al efecto combinado que generan las Fallas de Cúcuta y Bellavista en el sector de San Mateo (Gráfica 180).

Gráfica 180. Lomo de falla (Slf) en el sector San Mateo.



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.



1.1.1.6.3.4.6Escarpe de línea de falla (Slfe)

Plano vertical a subvertical de longitud corta a muy corta, de forma cóncava y convexa, de pendiente inclinada a fuertemente escarpada. Su origen se relaciona a las superficies definidas por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas afectadas por procesos de erosión acentuada (Gráfica 181).

Según Diederix (2009) la zona conocida como Cerro San Luis, corresponde a un amplio lomo de presión, el cual se encuentra dominado estructuralmente por la Falla Aguascalientes. Dentro de esta unidad geomorfológica se incluyen geformas de origen predominantemente estructural-denudacional como el escarpe de línea de falla regido por el trazo de la Falla Cúcuta que se observa en la siguiente figura.

Gráfica 181. Escarpe de Línea de falla (Slfe) en el flanco Oeste del Cerro San Luis-San Mateo. Coordenadas: 7.90998N, 72,507W, h=384m.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

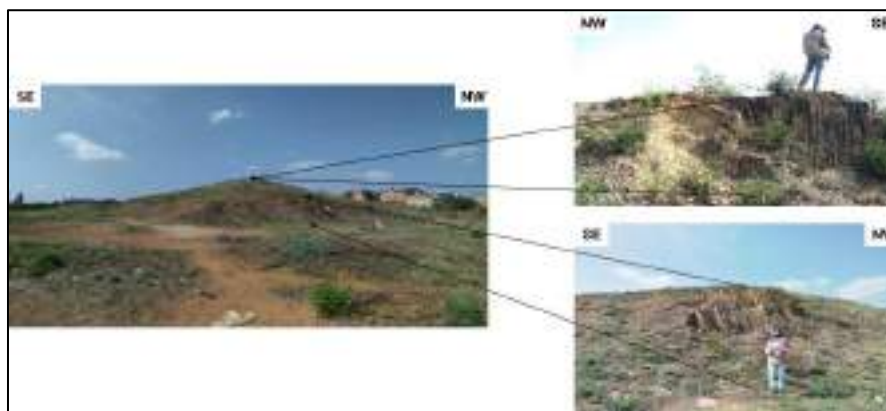
1.1.1.6.3.4.7Lomo estructural (Sloe)

Se presenta como una prominencia topográfica aislada de morfología alomada, con laderas cortas a muy cortas, forma convexa y pendiente inclinadas a empinadas con un índice de relieve relativo menor a 250. Se presenta como un abombamiento en el terreno, producto de fallamiento y plegamiento.

En el Barrio Brisas del Norte, en las inmediaciones NW del Cerro Atalaya, se localiza un lomo estructural bajo de longitud corta, el cual se presenta como una prominencia topográfica aislada de morfología alomada con índice de relieve relativo menor a 250 m y longitud del eje principal menor a 250m. Se presenta como un abombamiento en el terreno como producto de fallamiento y plegamiento, este último evidenciado hacia la parte superior del lomo, controlado por la Falla de Tasajero (Gráfica 182).



Gráfica 182. Lomo estructural bajo de longitud corta (Sloebc) en zona del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7.91934N,72.50508W, h=313m



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017..

1.1.1.6.3.4.8 Lomo de presión (Slp)

Prominencia topográfica alomada (50-200m), de forma curva en sectores locales localmente curva, asociada a zonas compresivas. Su origen es relacionado al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral por procesos de fallamiento intenso.

Hacia la parte Este de la zona, entre la terraza de acumulación antigua y el Cerro Atalaya se observa un lomo de presión bajo asociado a zonas compresivas, en este caso controladas por el paso de la Falla Tasajero (Gráfica 183).

Gráfica 183. Lomo de presión bajo, asociado al paso de la Falla Tasajero en la zona ubicada al Oeste del Cerro Atalaya. Coordenadas: 7.910217 N, 72.507212 W, h=384m



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



1.1.1.6.3.4.9 Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc)

Estas laderas exhiben una superficie vertical a subvertical, corta a moderadamente larga, de forma irregular o escalonada. Generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno desarrollados en la ladera estructural o en la zona de charnela de una sierra anticlinal, debido a la acción de procesos de erosión, meteorización o tectónismo que cortan y moldean la estructura original.

Localizada puntualmente en el flanco Oeste del Cerro Atalaya, se encuentra una ladera en contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc). Asociada al Anticlinal de Tasajero, por ser una superficie vertical a sub vertical, corta a moderadamente larga (51-500 m), de forma irregular o escalonada generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente, en este caso consta de una alternancia de delgadas capas de areniscas con un predominio de estratos gruesos de lodolitas del grupo Guayabo (Gráfica 184).

Gráfica 184. Ladera en contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc) en el flanco Este del Cerro Atalaya.
Coordenadas: 7.91865 N, 72.54292 W, h=362m



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Por otro lado, Localizada puntualmente hacia el flanco noreste del Cerro Jesús Nazareno se encuentra una ladera en contrapendiente de sierra anticlinal. Se caracteriza por ser una superficie vertical a sub vertical, corta a moderadamente larga (51-500 m), de forma irregular o escalonada generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente, en este caso de areniscas y arcillolitas de la Formación Guayabo y está relacionada con un flanco del Anticlinal de Tasajero (Gráfica 185).

1.1.1.6.3.4.10 Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale)

Esta geoforma posee una superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta, formas convexas a recta y pendiente inclinada (6-10°) a muy abrupta (21-30°), relacionada al flanco de una estructura anticlinal. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno.



Gráfica 185. Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal en el flanco NE del Cerro Jesús Nazareno. .
Coordenadas: 7.917967N, 72.530427W, h=358m



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Un claro ejemplo de esta se encuentra en el cerro Atalaya, esta se localiza hacia el centro del municipio de San José de Cúcuta, corresponde al flanco Oriental del anticlinal de Tasajero constituida por la intercalación de unidades con diferente resistencia (areniscas y lodolitas de la Formación Guayabo).

Localizada puntualmente en el flanco Oeste del Cerro Atalaya se encuentra una ladera estructural de sierra anticlinal. Asociada al anticlinal de Tasajero, se caracteriza porque los estratos, en este caso intercalación de areniscas y lodolitas de la Grupo Guayabo son afectadas por procesos de incisión y erosión diferencial, en afectando en mayor grado a las lodolitas arcillosas. Esta unidad presenta forma convexa a recta y pendiente que varía desde inclinada a muy abrupta (6° - 30°) (Gráfica 186).

Gráfica 186. Ladera estructural de sierra anticlinal en el flanco Este del Cerro Atalaya. Coordenadas:
7.92119 N, 72.51706 W.



Fuente. UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

Por otro lado, localizado hacia el occidente del área urbana de Cúcuta, geomorfológicamente representa una unidad estructural de sierra, asociada al anticlinal de Tasajero.

Localizada puntualmente hacia el flanco Sur Oeste del Cerro Jesús Nazareno se encuentra una ladera estructural de sierra anticlinal (Ssala). Se caracteriza porque los estratos, en este caso de



areniscas de la Formación Guayabo se encuentran inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta (50-250 m), forma convexa a recta y pendiente que varía desde inclinada a muy abrupta (6°-30°). Se encuentra relacionada con un flanco del Anticlinal de Tasajero. Se presentan con inclinaciones menores a la pendiente natural del terreno.

1.1.1.6.3.4.11 Ladera estructural de sierra anticlinal denudada (Ssaled)

Ladera con estratos inclinados a favor de la pendiente topográfica de longitud corta a moderada relacionada al flanco de una estructura anticlinal, la cual ha sido disectada y denudada drásticamente por drenajes en patrón subdendrítico, generando erosión en surcos y cárcavas que discurren en dirección de la pendiente y buzamiento de los estratos (Gráfica 187).

Gráfica 187. Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale) y Ladera estructural de sierra anticlinal denudada (Ssaled) en el Cerro Jesús Nazareno. Coordenadas: 7.91865N, 72.54292W, h=362m



Fuente. UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

1.1.1.6.4 Morfodinámica

La morfodinámica trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve, son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades del terreno. La caracterización morfodinámica permite la identificación de los procesos denudativos (erosión y fenómenos de movimientos en masa) que han ocurrido en cierta área determinada, los cuales han contribuido en su evolución, y permite tener una prospectiva sobre la estabilidad futura del terreno (INGEOMINAS, 2004).

1.1.1.6.4.1 Movimientos en masa

El término de movimiento en masa hace referencia al proceso de movilización lenta y/o rápida de un determinado volumen de suelo o roca, la cual genera zonas de riesgo hacia las poblaciones que habitan en ellas. Hacen parte de este fenómeno, aquellos movimientos de suelo o roca inducidos por la acción de la gravedad, donde influyen características como litología, grado de meteorización



y disposición estructural de los materiales, también las características topográficas del terreno y el clima imperante que incide en el contenido de humedad de los materiales. Por tanto, se hace necesario determinar las zonas que presentan un fenómeno de movimiento en masa, mediante la mayor cantidad de información posible; ya sea topográfica, geológica, geomorfológica y propiedades geo mecánicas del suelo, con el fin de establecer medidas preventivas y correctivas viables que garanticen la seguridad de la ciudadanía.

Para la clasificación de los deslizamientos se siguen los lineamientos propuestos por Varnes (1978) (Tabla 35).

Tabla 35. Clasificación de los movimientos en masa según Varnes (1978)

TIPO DE MOVIMIENTO		ROCAS	SUELOS INGENIERILES		
			GRUESOS	FINOS	
CAIDAS		Caída de rocas	Caída de detritos	Caída de tierras	
VOLCAMIENTOS		Volcamiento de roca	Volcamiento de detritos	Hundimiento de tierras	
DESPLIZAMIENTO	Rotacional	Roca Homogénea	Hundimiento de rocas	Hundimiento de detritos	Hundimiento de tierras
	Traslacional	Heterogeneidad litológica	Deslizamiento de bloques de rocas	Deslizamiento de bloques Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierras
PROPAGACION LATERAL		De rocas	De detritos	De tierras	
FLUJOS		Flujo de rocas	Flujo de detritos	Flujo de tierras	
			Reptación		
MOVIMIENTOS COMPLEJOS		Combinación de dos o más movimientos			

FUENTE: Varnes (1978).

En el área urbana del municipio de San José de Cúcuta se identificaron diferentes tipos de movimientos que se encuentran asociados a rocas, suelos residuales y suelos transportados de las formaciones geológicas presentes en esta región. Estos movimientos en masa generalmente son inducidos por factores detonantes que son capaces de acelerar este tipo de procesos, siendo los más comunes entre estos, la saturación de agua por precipitación, sobrecarga o devastación de la vegetación en la superficie del terreno; además, de los factores intrínsecos de la roca o el suelo expuesto en superficie como la litología, fracturamiento, meteorización o erosión, que en conjunto generan estos movimientos en masa.

1.1.1.6.4.1 Metodología para la determinación de los movimientos en masa.

La metodología empleada para la caracterización de la morfodinámica en la zona de estudio se basa en la clasificación de fenómenos de remoción en masa (Varnes, 1978) y la empleada en estudios anteriores del Servicio Geológico Colombiano (Gráfica 188).



Gráfica 188. Diagrama metodológico para la caracterización de los movimientos en masa del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.4.1.2 Catálogo de inventario de movimientos en masa.

Para el establecimiento de aquellos movimientos en masa que afectaron o afectan la zona de estudio, se consolida un inventario de eventos ocurridos, mediante el levantamiento en campo y con ayuda de imágenes de sensores remotos.

En el inventario de movimientos en masa hay información técnica del evento levantadas en campo, en la cual se incluyen datos relacionados con el tipo y actividad del movimiento en masa, su morfometría, material involucrado, causas, daños, entre otros (Tabla 36).

Tabla 36. Inventario de los movimientos en masa cartografiados en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.

No.	ESTACION	TIPO DE MOVIMIENTO	COORDENADAS	
			N	E
1	MC 4	Caída de roca	1365891.83	841716.433
2	MK 2	Caída de detritos	1365721.2	841579.909
3	AMCK II	Caída de roca	1364877.83	841636.225
4	AMCK IO	Caída de roca	1365119.15	841775.454
5	AMCK 8	Deslizamiento rotacional	1365120.37	841588.19
7	AMCK 7	Deslizamiento rotacional	1365197.05	841419.486
8	AK 4.3	Caída de detritos	1366111.46	840090.405
9	AK 4	Caída de detritos	1365967.59	839969.111
10	MC 6	Deslizamiento rotacional	1364455.36	839434.11
11	AK 5	Deslizamiento Traslacional	1367609.16	839629.665



No.	ESTACION	TIPO DE MOVIMIENTO	COORDENADAS	
			N	E
12	WPT 185	Deslizamiento	1364348.82	839391.848
13	WPT 196	Caída de detritos	1364598.53	841149.571
14	WPT 277	Deslizamiento	1363804.72	839797.771
15	WPT 143	Deslizamiento	1363276.25	840360.094
16	WPT 33	Flujo	1365689.9	846872.879
17	WPT 104	Caída de roca	1362652.7	839596.065
18	WPT 64-73	Deslizamiento Traslacional	1366709.53	846486.328
19	WPT - 116	Deslizamiento	1362347.64	839540.823
20	WPT 102	Mixto	1365923.55	845861.404
21	E122	Deslizamiento Traslacional	1369988.13	843680.921
22	E 64	Hundimiento, reptación	1369816.38	840496.628
23	E 222	Mixto	1370319.09	843541.718
24	WPT 397	Mixto	1365535.84	846856.696
25	PC-SDK	Deslizamiento rotacional	1367132.89	839709.053
26	SDK-16	Deslizamiento Traslacional	1365898.29	838095.273
27	SDK-12	Deslizamiento rotacional	1366146.87	839743.065
28	SDK-13	Deslizamiento rotacional	1366041.27	839785.582
29	SDK-09	Deslizamiento Traslacional	1370026.2	839813.652
30	SDK-09	Deslizamiento Traslacional	1369867.04	839889.938
31	SDK-28	Caída de detritos	1366322.97	846072.577
32	SDK-11	Reptación	1368349.31	840075.63
33	SDK-07	Deslizamiento Traslacional	1370713.83	839904.783
34	SDK-26	Deslizamiento rotacional	1365491.53	845782.496
35	SDK-10	Deslizamiento Traslacional	1368736.96	840466.703
36	SDK-06	Deslizamiento rotacional	1369541.29	840715.816
37	SDK-04	Deslizamiento Traslacional	1369626.28	840635.877
38	PC-SDK	Flujo	1364440.75	840208.788
40	SDK-10	Deslizamiento Traslacional	1368701.96	840224.986
41	SDK-10	Deslizamiento Traslacional	1368605.57	840173.788
42	SDK-25	Mixto	1363664.2	844971.145
43	SDK-22	Mixto	1362453.44	841289.004
44	SDK-21	Mixto	1362013.73	841066.387
45	SDK-10	Reptación	1368705.7	840031.057
46	SDK-10	Reptación	1368658.51	840187.31
47	SDK-15	Deslizamiento Traslacional	1366028.8	838201.445
48	SDK-10	Deslizamiento Traslacional	1368566.77	840275.581
49	SDK-11	Reptación	1368485.65	840408.878
50	SDK-03	Reptación	1369756.37	840803.849
51	SDK-24	Mixto	1362317.37	842788.872
52	SDK-17	Reptación	1363830.15	840010.191
53	PC-SDK	Deslizamiento rotacional	1364330.96	839511.383
54	SDK-25	Mixto	1363759.61	845051.631
55	PC-SDK	Reptación	1370289.3	843177.113
56	PC-SDK	Deslizamiento rotacional	1367903.18	838630.883





No.	ESTACION	TIPO DE MOVIMIENTO	COORDENADAS	
			N	E
57	SDK-14	Mixto	1365702.95	838870.456
58	SDK-08	Deslizamiento Traslacional	1369692.62	839481.545
59	PC-SDK	Deslizamiento rotacional	1367200.23	839719.536
60	SDK-10	Deslizamiento Traslacional	1368686.91	840201.316
61		Caída de detritos	1365867.18	841462.235
62	PC-SDK	Deslizamiento Traslacional	1367581.47	838839.046
63	SDK-18	Reptación	1363677.12	839871.212
64	MC 4	Caída de roca	1365912.77	841755.722
65	FM-WPT- 288	Volcamiento	1366059	839330
66	FM-WPT- 289	Volcamiento	1366045	839187
67	FM-141001	Flujo de Detritos	1369577	840009
68	FM-131001	Deslizamiento	1370731	840046
69	FM-141004	Deslizamiento	1368141	840262
70	FM-141004	Deslizamiento	1368554	840263
71	FM-131005	Deslizamiento	1368361	840105
72	FM-141003	Reptación	1368691	840313
73	FM-131002	Deslizamiento	1368671	840233
74	FM-141005	Deslizamiento	1368361	840105

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Se definieron un total de 74 movimientos en masa cartografiados en el perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta y su área de expansión, donde predominan los movimientos de tipo deslizamiento, además de las caídas, flujos, reptaciones, hundimientos y procesos complejos o mixtos; donde estos últimos involucran más de un tipo de movimiento (Gráfica 189).

Los movimientos en masa se distribuyen a lo largo de la zona de estudio, en barrios como: 6 de Enero, Alto Pamplonita, Antonia Santos, Belén, Doña Nidia, El Desierto, El Progreso, Palmeras, Niña Ceci, Rudesindo Soto, San Rafael, Santa Clara, Santander, Camilo Daza, 4 de Mayo, Carora, Cuatro Vientos, El Paraíso, El Salado, Gaitán, José Bernal, La Conquista, La Hermita, La Florida, La Victoria, Los Alpes, Magdalena, San Martín, San Mateo y Virgilio Barco (Gráfica 190)

Deslizamientos Traslacionales.

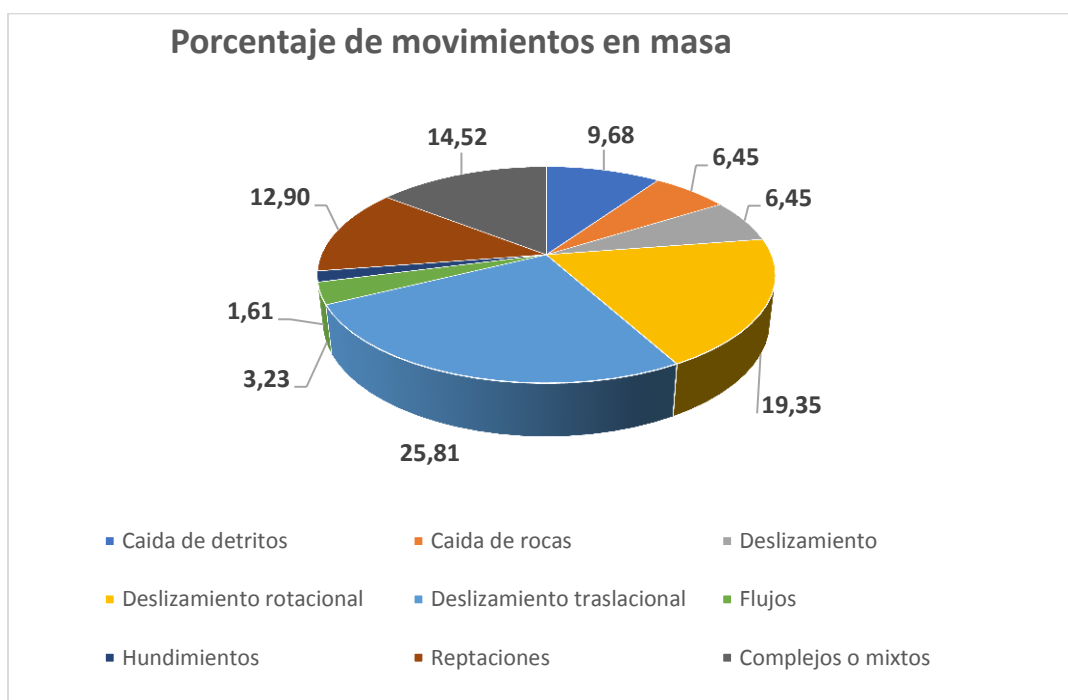
Este tipo de deslizamiento ocurre cuando la masa se mueve a lo largo de una superficie plana u ondulada. Los deslizamientos traslacionales se identificaron en barrios como: San Rafael, Palmeras, El Salado, Cerro Jesús Nazareno, El Paraíso, Antonia Santos, entre otros, asociados a los niveles de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo, en zonas de pendientes abruptas, escarpadas y muy escarpadas, donde el mecanismo de ruptura evidente corresponde al planar y traslacional estructural, causados principalmente por la sobrecarga y la saturación del suelo, detonados por el incremento de las lluvias (Gráfica 191).

Gráfica 190 Deslizamientos



Son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas. Son los movimientos que presentan más criterios de clasificación; ya que pueden ocurrir sobre laderas dependientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos, a diferentes velocidades y en ellos pueden operar distintamente uno o varios agentes motores de movimiento (agua, hielo, viento). En el área de estudio se identificaron los dos subtipos de deslizamientos los cuales son descritos a continuación.

Gráfica 189. Distribución de los tipos de movimientos en masa inventariados en el área urbana del municipio de San José de Cúcuta.



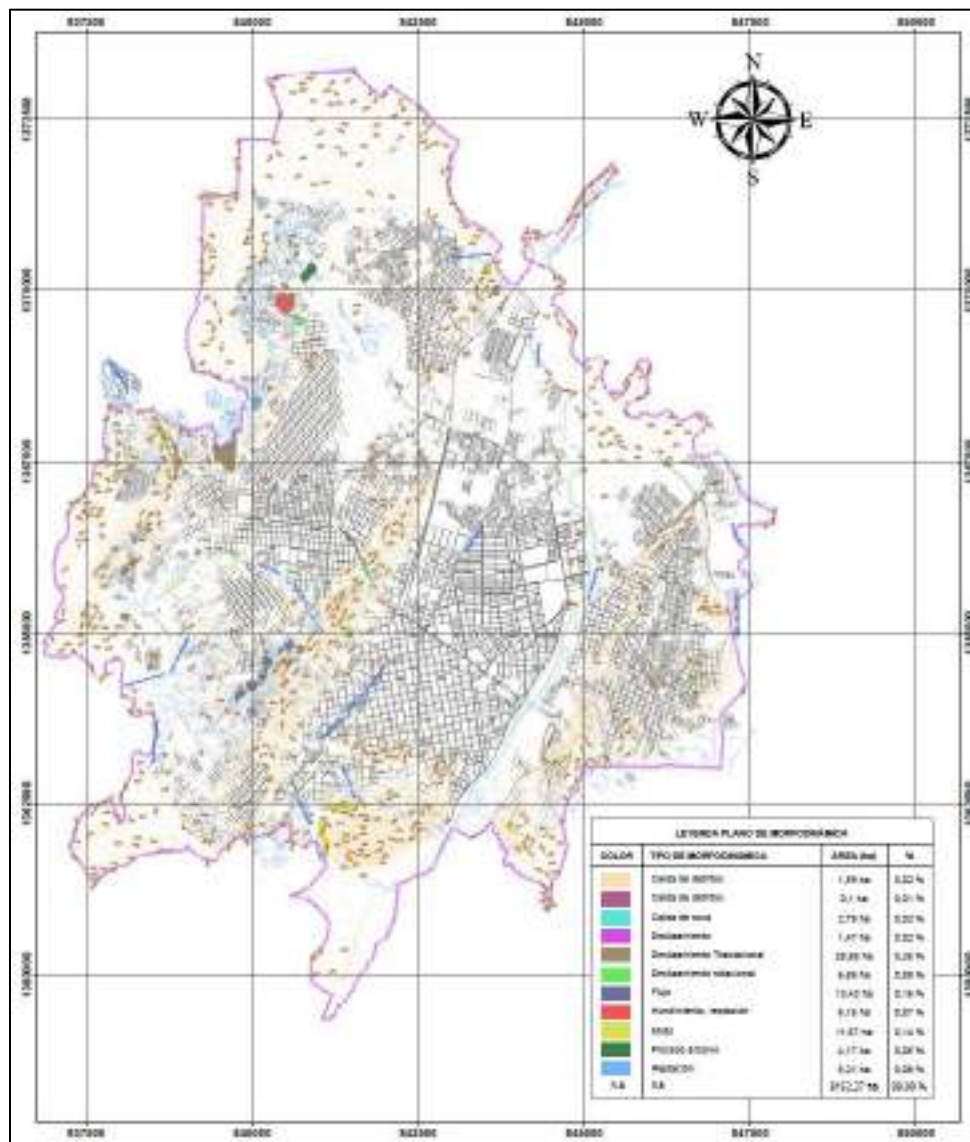
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.4.1.2.1 Deslizamientos Traslacionales.

Este tipo de deslizamiento ocurre cuando la masa se mueve a lo largo de una superficie plana u ondulada. Los deslizamientos traslacionales se identificaron en barrios como: San Rafael, Palmeras, El Salado, Cerro Jesús Nazareno, El Paraíso, Antonia Santos, entre otros, asociados a los niveles de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo, en zonas de pendientes abruptas, escarpadas y muy escarpadas, donde el mecanismo de ruptura evidente corresponde al planar y traslacional estructural, causados principalmente por la sobrecarga y la saturación del suelo, detonados por el incremento de las lluvias (Gráfica 191).



Gráfica 190. Mapa de movimientos en masa en el municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Gráfica 191. Deslizamientos traslacionales en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

El deslizamiento con mayor área de influencia se localiza hacia los sectores de Camilo Daza sobre la carretera que conecta con la vía al municipio de Zulia, relacionado con material lodoso proveniente de la Formación León. A su vez, los barrios de La Primavera y Antonia Santos se encuentran en la parte baja del Cerro Nazareno, donde algunas partes a lo largo de las laderas onduladas de este sector presentan desplazamientos traslacionales.

1.1.1.6.4.1.2.2 *Deslizamientos Rotacionales.*

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. En el municipio de San José de Cúcuta se cuenta con una cantidad apreciable de dichos movimientos, siendo los más destructivos hacia los barrios de Tucunaré, Niña Ceci y Doña Nidia, principalmente (Gráfica 192). Se caracterizan por tener grandes extensiones y presentarse en forma de enjambre. Las pendientes asociadas a estos movimientos son desde muy inclinadas a escarpadas, de longitudes cortas a moderadamente largas (50-500m) y se asocian a los niveles blandos de la Formación León, el Grupo Guayabo y los depósitos de Terraza aluvial.



Gráfica 192. Deslizamientos rotacionales en los barrios Doña Nidia y Niña Ceci (a, c), barrio Tucunaré (b).



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Estos deslizamientos son detonados por el incremento de las lluvias que generan la saturación del suelo que, en algunos casos como los son el barrio Tucunaré y Doña Nidia, se encuentran con la sobrecarga de las urbanizaciones que se encuentran construidas sobre estos sectores y favorecen el deslizamiento.

1.1.1.6.4.1.3 Caídas

La caída es un tipo de movimiento en masa el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. En la zona de estudio estos movimientos se asocian a rocas de los niveles de areniscas del Grupo Guayabo y detritos correspondientes a las unidades de terraza aluvial.

1.1.1.6.4.1.3.1 Caída de rocas

Este tipo de caída se refiere al tipo de material que se desprende y cae, el cual corresponde a cuerpo rocoso, que en la zona de estudio se asocia al alto nivel de fracturamiento y diaclasamiento que presenta la zona. Este tipo de movimiento se identificó en barrios como Santander, Carora, La Victoria, San Mateo, entre otros, asociados a los niveles de areniscas del Grupo Guayabo, a pendientes muy escarpadas de longitud corta a muy corta (0-250m).



Gráfica 193. Procesos de caídas de rocas en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) Niveles de intercalaciones del Grupo Guayabo zona 2 b) Areniscas del Grupo Guayabo zona 7 y c) Intercalaciones del Grupo Guayabo en la zona 7.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Durante las observaciones de campo se encontró que estos procesos identificados en las estaciones SDK-21 y 25 (Gráfica 193), se encuentran asociados a la intensa actividad antropogénica, ya que corresponden a zonas donde anteceden actividades de minería que actualmente no están activas. Debido al intenso fracturamiento de estos niveles, tanto por la presencia de fallas geológicas, fracturas asociadas al plegamiento de las capas y las fracturas secundarias generadas por influencia antropogénica, han favorecido la generación de este tipo de movimiento.

Algunos barrios, como es el caso del Barrio San Rafael, presentan afectaciones en las viviendas y calles por la caída de material rocoso que, a su vez, han generado otros movimientos derivados como flujos y deslizamientos.

1.1.1.6.4.1.3.2 Caída de detritos

Este tipo de caída se refiere al desprendimiento de material detrítico, el cual es sedimento no consolidado, que en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta corresponde a las unidades de terraza, depósitos del cauce aluvial y suelo. Las caídas de detritos fueron identificadas en barrios como 6 de enero, Las Vegas, Palmeras, Santander, San Mateo, El Progreso, San Martín,



entre otros, donde las pendientes son muy escarpadas de cortas a muy cortas y en algunos casos en cercanía de vías principales (Gráfica 194).

Gráfica 194. Procesos de caídas de detritos en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Se identificó que a lo largo del afluente que se encuentra limitando el barrio Progreso, se ve afectado por este tipo de movimiento, al igual que los escarpes asociados a las terrazas localizadas en el Cerro San Luis.

1.1.1.6.4.1.4Flujos

Los flujos son un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). En la zona de estudio se identificaron en barrios como: Cuatro Vientos, San Mateo, Doña Nidia y José Bernal; asociado a materiales provenientes de la Formación León, el Grupo Guayabo y los depósitos de terraza aluvial; donde factores como la pendiente inclinada a muy inclinada, suelos descubiertos, la actividad erosiva de surcos y cárcavas, favorecen este tipo de movimiento (Gráfica 195).



Gráfica 195. Flujo de detritos en el sector del barrio San Mateo en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Cabe resaltar que muchos de estos procesos se presentan de manera local y a la escala de trabajo no son cartografiables; sin embargo, se anexan dentro del catálogo de inventario de movimientos en masa.

1.1.1.6.4.1.5 Reptaciones

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. Estos se observaron asociados a pendientes muy inclinadas, en superficies inestables, las cuales corresponden a depósitos de ladera o antiguos deslizamientos que se encuentran durmientes y a causa de la saturación del suelo y la sobrecarga por la cobertura vegetal y escombros, presentan desplazamientos leves a lo largo de una pendiente que varía de muy corta a corta (0-250m). Las reptaciones se encontraron en barrios como: Santa Clara, Belén, El Desierto, Camilo Daza, La Hermita, Paraíso, Magdalena, entre otros; asociados a depósitos de terraza, lodolitas del Grupo Guayabo y la Formación León (Gráfica 196).



Gráfica 196. Reptaciones observadas en el barrio La Conquista.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las principales zonas afectadas por este tipo de movimientos son las zonas de expansión de urbana, la cual hacia el noroeste presenta características litológicas asociadas a las lodolitas de la Formación León, las cuales presentan propiedades expansivas y con el incremento de la lluvia y la gravedad se genera desplazamiento de la masa a una velocidad muy lenta.

1.1.1.6.4.1.6 Movimientos complejos

Cuando se presentan diferentes tipos de mecanismos de ruptura o de falla y la combinación de dos o más movimientos en masa, estamos ante un movimiento complejo o mixto. Generalmente se asocian procesos de reptaciones, con procesos ya sea de flujos, o caídas (Gráfica 197).

Gráfica 197. Movimientos complejos del barrio El Salado en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.6.4.2 Procesos erosivos

La erosión del suelo se manifiesta físicamente por la actividad del agua por medio de tres fases: el arranque de partículas de sedimentos, el transporte de las mismas y finalmente su depositación. En el municipio de San José de Cúcuta se puede evidenciar el predominio de la erosión superficial por escurrimiento, dando inicio a procesos denudacionales en el terreno; sin embargo, los surcos y las cárcavas se acentúan más en los suelos expuestos originados por los movimientos en masa y los suelos transportados de terrazas altas.

Durante la fase de campo realizada en las zona urbana y de expansión del municipio de San José de Cúcuta, se evidencio alta susceptibilidad a estos procesos erosivos (erosión por escurrimiento, laminar, surcos y cárcavas) sobre los niveles lodosos del Grupo Guayabo en barrios como Policarpa, Belén, Divina Pastora, Rudesindo Soto entre otros; la Formación León, en barrios como: Carlos Ramírez Paris, Doña Nidia, Niña Ceci, El Progreso suelos de terraza aluvial y los depósitos de ladera encontrados a lo largo de toda la zona de estudio.

Se define entonces que todos los procesos erosivos presentes en la zona urbana y de expansión del municipio de San José de Cúcuta tienen origen principalmente hídrico, y de manera resumida son debidos a escurrimientos superficiales; es por eso que, con el objetivo de tener más claridad en la percepción de los tipos de erosión propuestos por Van Zuidam, 1996, se realiza el siguiente paralelo (Tabla 37)

Tabla 37. Comparación de las clasificaciones para los tipos de erosión de Van Zuidam e IDEAM.

Procesos Erosivo Según IDEAM, 1998	Procesos Erosivos Según Van Zuidam, 1996
Escurrecimiento superficial difuso leve, o disección incipiente y truncamiento de suelos.	Laminar
Escurrecimiento superficial difuso y concentrado o disección moderada.	Surcos
Escurrecimiento superficial concentrado o disección profunda.	Cárcavas

Fuente: Van Zuidam, 1996, IDEAM, 1998.

1.1.1.6.4.2.1 Erosión Laminar (Escurrecimiento superficial difuso leve o disección incipiente y truncamiento de suelos)

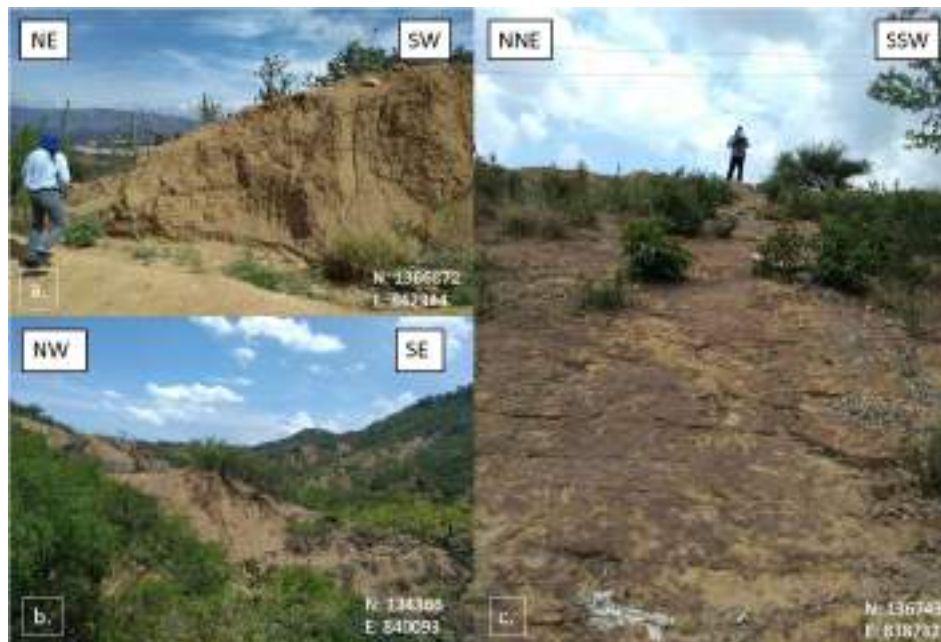
Este tipo de erosión es muy frecuente sobre el suelo residual de los niveles de intercalaciones del Grupo Guayabo, los suelos transportados de las terrazas aluviales y los depósitos de ladera. Se caracteriza por presentar desprendimiento de granos o partículas de sedimento, que fluyen de aguas superficiales, ocasionando procesos denudativos sobre la superficie del terreno. El impacto generado por este tipo de proceso, en la estabilidad del terreno, es inferior a comparación con el generado por los movimientos en masa; en este tipo de erosión el grado de erosión es moderado dado que el espaciamiento entre canales está dentro del rango de 5 a 15 m (Gráfica 198).





A pesar de que la erosión laminar de Van Zuidam, se relacionó con la Erosión Superficial difusa leve o disección incipiente y truncamiento de suelos del IDEAM, es importante mencionar que la Erosión laminar es más común en zonas de pendientes medianamente suaves o no tan inclinadas, y por ello el grado de erosión es ligeramente inferior en comparación con los procesos erosivos según el IDEAM 1998, el cual predomina en zonas con cierto grado de inclinación que facilite el circular d o escurrimiento de las aguas.

Gráfica 198. Erosión laminar en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) Lodolitas de la Formación León b) Lodolitas de la Formación León c) Niveles arenolodosos del Grupo Guayabo



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.6.4.2.2 Erosión en Surcos (Escorrimento Superficial difuso y concentrado o disección moderada).

Este tipo de erosión en surcos se presenta en los niveles lodosos del Grupo Guayabo, la Formación León, los suelos transportados de terraza aluvial y los depósitos de laderas. Generalmente este tipo de erosión se caracteriza por presentar canales que no superan los 15 cm de profundidad originados por la acción del agua de escorrentía en la superficie del terreno. El impacto a la estabilidad del terreno, generado por este tipo de erosión en surcos es severo (Gráfica 199).



Gráfica 199. Erosión en surcos en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) sobre la Formación León, b) lodolitas del Grupo Guayabo.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Además, se observa como en algunos sectores la presencia de surcos favorece la generación de pequeños flujos, que para objeto de este estudio y su escala de trabajo no fueron cartografiados.

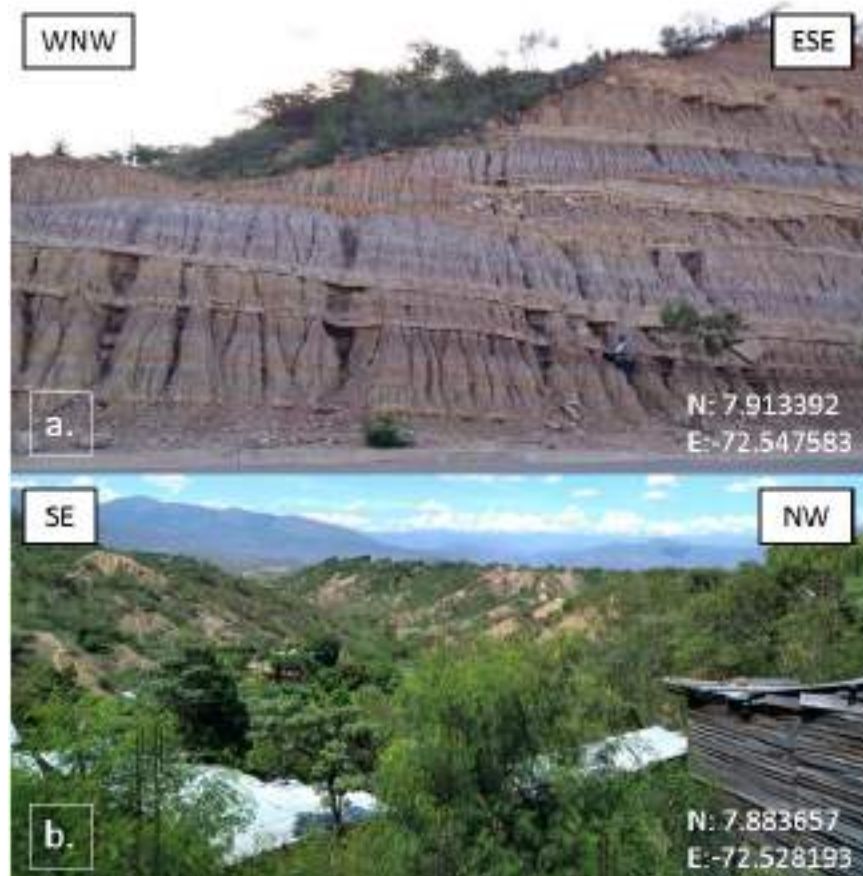
1.1.1.6.4.2.3 Erosión en cárcavas (Esgurrimiento superficial concentrado o disección profunda.).

Este tipo de erosión en cárcavas se puede evidenciar principalmente sobre la Formación León, ya que esta corresponde a un material blando y es, por tanto, altamente susceptible a la erosión. Este tipo de erosión se caracteriza por mostrar canales que superan los 50 cm de profundidad, originadas por la escorrentía de agua superficial, lo cual produce desestabilidad en el terreno, hasta el punto de ocasionar procesos de movimientos en masa (Gráfica 200).

Por último, se resalta que la presencia de este tipo proceso, favorece a la generación de movimientos en masa como caídas (hacia las márgenes de las cárcavas), deslizamientos (sobre las crestas) y flujos a lo largo de las cavidades; esto fue apreciable hacia el sector sur del barrio Doña Nidia (Gráfica 200)



Gráfica 200. Erosión en Cárcavas en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta a) Niveles de Intercalaciones del Grupo Guayabo b) Lodolitas de la Formación León y terrazas aluviales.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

)



1.1.1.7 Susceptibilidad y factores detonantes

En el contexto del presente informe se entiende por “susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa” de una unidad de terreno, la predisposición o potencialidad que dicha unidad tiene para que al interior de ella se presenten fenómenos de remoción en masa de ciertas características en cuanto al tipo y tamaño, bajo la influencia de agentes tales como altas precipitaciones, cortes naturales o artificiales y sismos. Los mapas de susceptibilidad buscan delimitar las áreas donde existe una mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, sin indicar de manera clara cuando pueden éstos ocurrir. En ese sentido el concepto de susceptibilidad se diferencia del concepto de amenaza, por cuanto este último implica determinar la probabilidad de ocurrencia en términos de tiempo, lugar y magnitud.

El decreto 1807 de 2014 establece las escalas de trabajo que se deben adoptar para llevar a cabo los estudios de gestión del riesgo. Las revisiones de los planes de ordenamiento territorial deben llevar a cabo los estudios básicos y definir dentro de sus conclusiones y recomendaciones las áreas que deben ser objeto de estudios detallados, los cuales se ejecutaran dentro de la vigencia del POT.

Tabla 38. Escalas de trabajo para POT

TIPO DE ESTUDIO	CLASE DE SUELO	ESCALA
Estudio Básico	Urbano	1:5.000
	Expansión urbana	1:5.000
	Rural	1:25.000
Estudio Detallado	Urbano	1:2.000
	Expansión urbana	1:2.000
	Rural suburbano	1:5.000

Fuente: Decreto 1807 del 2014, artículo 5

Según la anterior tabla, el siguiente capítulo contendrá los estudios básicos en el suelo urbano y de expansión urbana, que contienen:

- La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza.
- La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados
- La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados
- Metodología empleada.

1.1.1.8 Metodologías existentes

Existen diversas metodologías para la zonificación de susceptibilidad y de amenaza ante los diferentes fenómenos naturales, muchas de estas difieren en algunos parámetros, sin embargo la mayoría de los métodos utilizados para evaluar la susceptibilidad están basados en el principio del actualismo, en el cual se expresa que “el estudio del pasado y del presente es la clave de lo que puede ocurrir en el futuro”, es decir que los deslizamientos que puedan ocurrir en un futuro,



probablemente lo hagan en las mismas condiciones que los deslizamientos antiguos o actuales. Por lo anterior, es fundamental, el conocimiento de la ocurrencia de los procesos de inestabilidad en el área estudiada y de sus factores cercanamente relacionados. La confiabilidad de los mapas de susceptibilidad y amenaza depende principalmente de la calidad y cantidad de datos disponibles, de la escala de trabajo y de la selección de la metodología apropiada de análisis y modelación, dentro de las cuales se tienen enfoques cualitativos y cuantitativos

Las metodologías existentes pueden clasificarse en cinco (5), teniendo en cuenta el procedimiento utilizado: geomorfológica, semi-cuantitativa, determinística, probabilística y alternativa

Gráfica 201. Metodologías empleadas para el análisis de susceptibilidad y amenaza



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.8.1 Metodología geomorfológica

Es un método directo para la zonificación, basado en la experiencia del profesional, y en el uso del razonamiento para la determinación de condiciones de inestabilidad, por lo cual es un método muy subjetivo al criterio del profesional que esté evaluando. Este método, en base a la información disponible y en lo establecido en el Decreto 1077 Artículo 2.2.2.1.3.2.1.2, será el empleado para el análisis de la susceptibilidad y la amenaza por inundación. Se considera un método heurístico dentro del mencionado decreto y, por lo tanto, no se permite su utilización en estudios de zonificación de amenazas por remoción en masa en áreas urbanas.



1.1.1.8.2 Metodología determinística

Este método es utilizado para el estudio de la estabilidad de una ladera o talud, basado en el equilibrio límite o en modelos numéricos teniendo, pues, una base física, lo que es de una gran ventaja respecto a otros métodos. Para su uso es necesario ensayos de laboratorio. La confiabilidad de estos datos es alta, pero su principal inconveniente es su baja idoneidad para zonificaciones rápidas y áreas extensas – regionalización- (Van Westen, 1993).

1.1.1.8.3 Metodología Semi-cuantitativa o heurística

Esta metodología es basada en el pre-conocimiento del terreno, con el fin de conocer los factores que pueden llegar a producir inestabilidad en el terreno, para así ordenarlos y ponderarlos según el peso de importancia resultante de análisis. Un ejemplo de esta metodología es el método de Jerarquías Analíticas.

1.1.1.8.4 Metodología probabilística o estadística

Basada en las relaciones e interacciones entre cada factor empleado y la distribución de los deslizamientos actuales o pasados en la zona, mediante métodos bivariantes o multivariantes. La principal ventaja de este método es su objetividad, sin embargo, la potencia o calidad del mismo depende de la densidad, calidad y cantidad de datos existentes en la zona. Teniendo en cuenta las características del área urbana y lo establecido en el Decreto 1077 Artículo 2.2.2.1.3.2.1.1 *“Para el suelo urbano y de expansión urbana se utilizará, como mínimo, alguno de los siguientes análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos”*, este es el método empleado en el presente trabajo para el análisis de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa.

1.1.1.8.5 Metodologías alternativas

En esta categoría se encuentran los métodos de Fuzzy y redes neuronales.

1.1.1.9 Caracterización y evaluación de la amenaza por movimientos en masa

Varnes 1984 y Barbat 1998, definen el peligro por amenazas de origen natural como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica.

Dado que la amenaza debe expresarse como una probabilidad de potencial destructivo, es conveniente enfatizar que, la máxima probabilidad de ocurrencia de potencial de daño de un FRM no sucede necesariamente con la máxima magnitud de los eventos detonantes y que la falla de un talud no lleva tampoco necesariamente a un máximo grado de amenaza (González, 2005).

Los movimientos en masa poseen parámetros característicos como velocidad, volumen, profundidad de superficie de falla, presiones, altura de deposición, distancia de viaje, etc., la decisión de cual usar dependerá de la posibilidad de establecer el comportamiento del elemento frente a ellos, lo cual puede lograrse de dos maneras: mediante modelos y ensayos de laboratorio





y en forma indirecta, con un análisis retrospectivo de eventos similares y sus consecuencias (Valencia y Castro en INGEOMINAS, 2001).

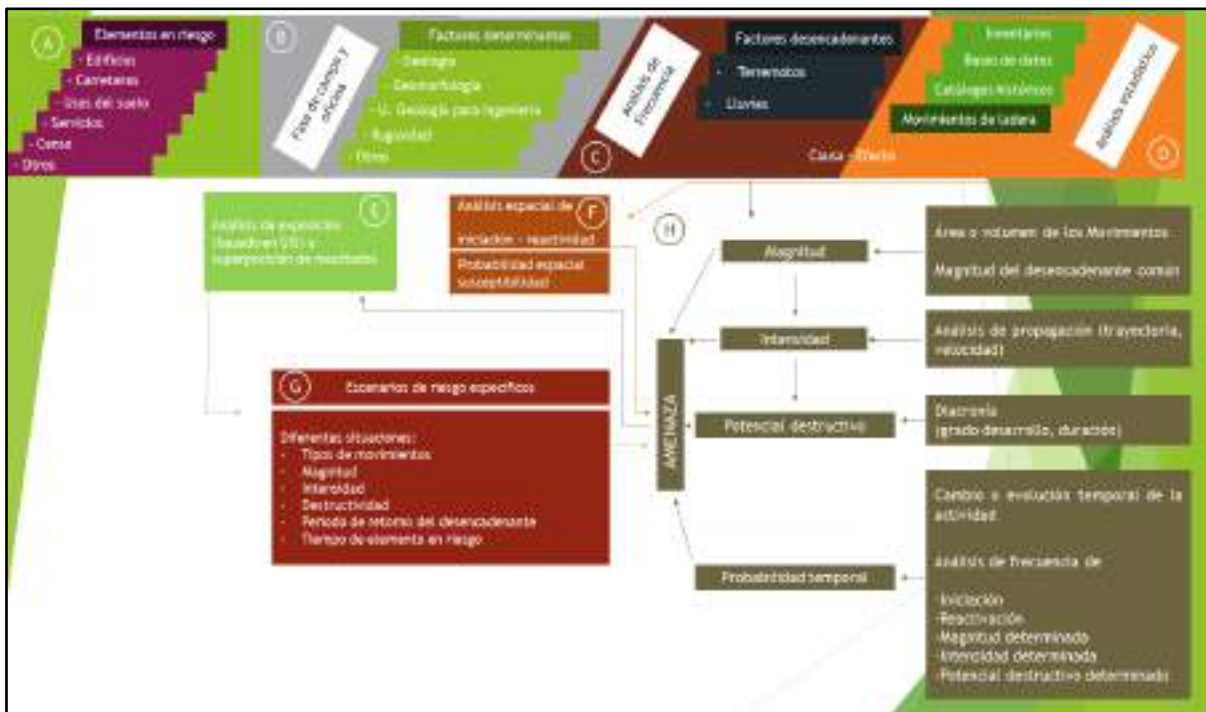
La evaluación de la susceptibilidad y de la amenaza permite priorizar las zonas de intervención prioritaria por parte de las autoridades ambientales, y proporcionar a su vez herramientas para la planificación y ordenamiento del territorio.

1.1.1.9.1 Metodología para la evaluación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa

El método utilizado para el análisis de susceptibilidad por movimientos en masa en la combinación del método estadístico discriminante y el estadístico bivariado por pesos de evidencia, basado en el muestreo de todos los factores relevantes en una grilla o en cada unidad morfométrica y a la matriz resultante se le aplica un análisis diferencial. Dicho análisis diferencial es útil, para realizar la priorización de variables, que posteriormente se analizaran mediante el método bivariado.

La metodología de evaluación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos de remoción en masa utilizada en este trabajo se describe con detalle en la Gráfica 202

Gráfica 202: Análisis Metodológico de la generación de un mapa de susceptibilidad y de amenazas



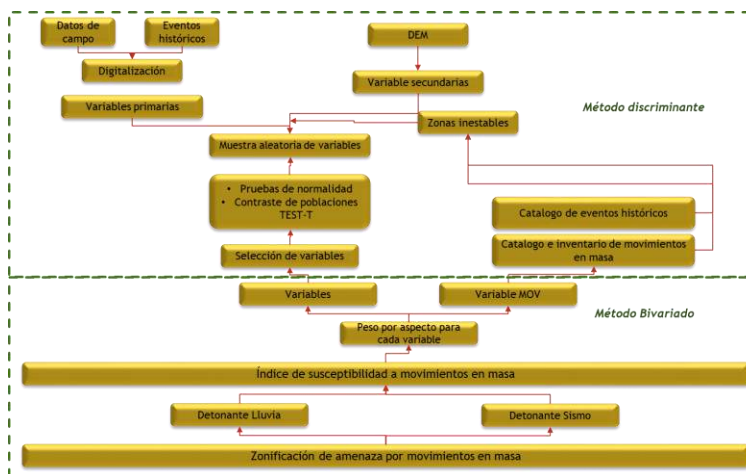
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Para el análisis estadístico se han utilizado dos modelos de gran aceptación dentro de la comunidad científica, dependiendo de los resultados de la validación en campo se optará por



incluir como definitivo alguno de los dos métodos. El desarrollo de estas dos metodologías (Discriminante y Bivariada) aparece explicado en la Gráfica 203.

Gráfica 203. Metodología para la evaluación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.9.2 Variables primarias metodológicas para el cálculo de la susceptibilidad

Son variables que corresponden a los diferentes mapas temáticos que se incorporan al análisis estadístico.

1.1.1.9.2.1 Análisis situacional (Inventario de movimientos en masa activos)

Según el inventario realizado en campo (anexo 5), en el cual se identificaron los procesos morfodinámicos activos, se realizó su respectiva salida cartográfica, en la cual se observa una mayor recurrencia de estos procesos en las zonas con altas pendientes (Ver capítulo de Morfodinámica). Se encontró una recurrencia de eventos en las zonas más altas y con mayor pendiente del municipio, y sobre las geoformas de origen estructural y algunos depósitos de ladera. En el Mapa 4 se observan de color azul los movimientos en masa históricos y de color vino tinto los movimientos en masa activos verificados en campo.

Esta comparación entre eventos muestra un aumento de la recurrencia de los mismos hacia el sector oeste del municipio, y central oeste del mismo, al igual que se cartografiaban nuevos eventos morfo dinámicos hacia el sector norte.

1.1.1.9.2.2 Unidades de geología para la ingeniería (UGI)

Esta variable representa los componentes geológicos composicionales, texturales y de meteorización para la cuenca, ya que influyen en el proceso de generación de eventos por movimientos en masa.

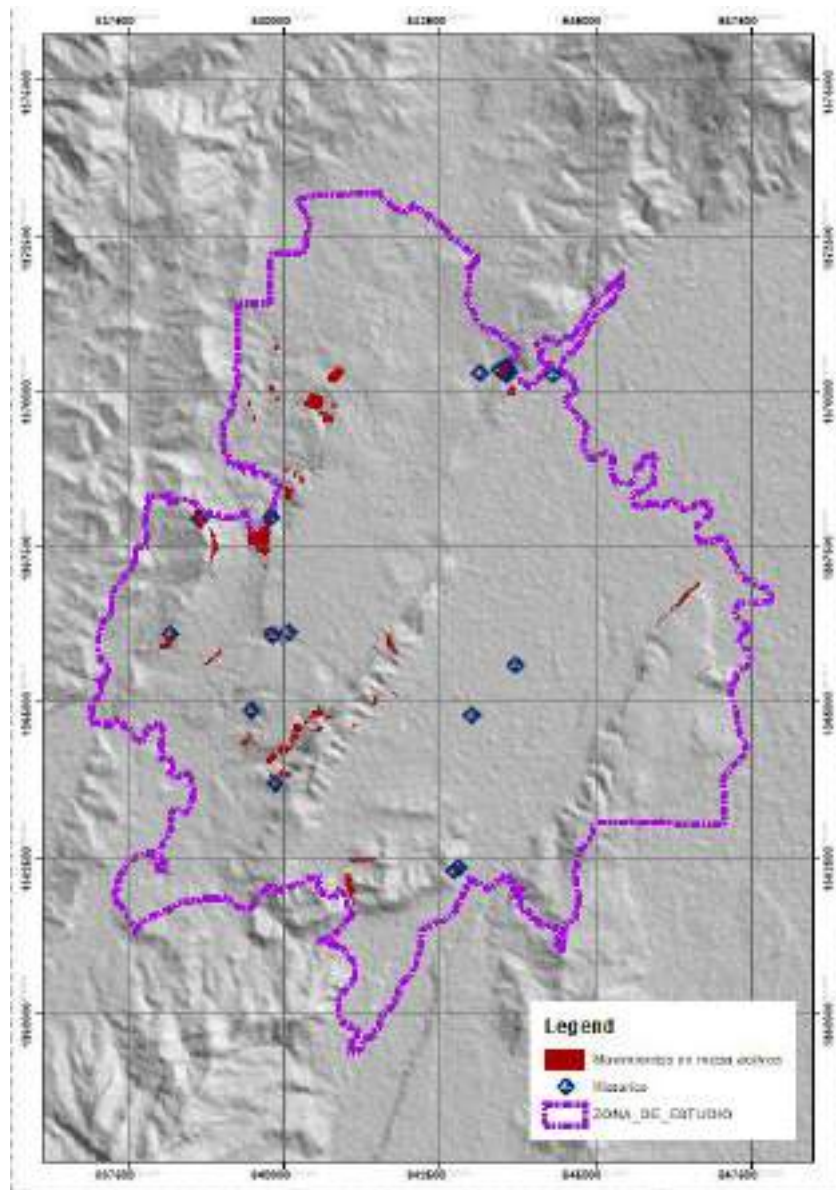


Para el casco urbano, se observan materiales aluviales de gran extensión, principalmente hacia la parte central y oriental del territorio.

1.1.1.9.2.3 Elementos geomorfológicos (GEOF)

Corresponden a los elementos geomorfológicos identificados en el capítulo de geomorfología

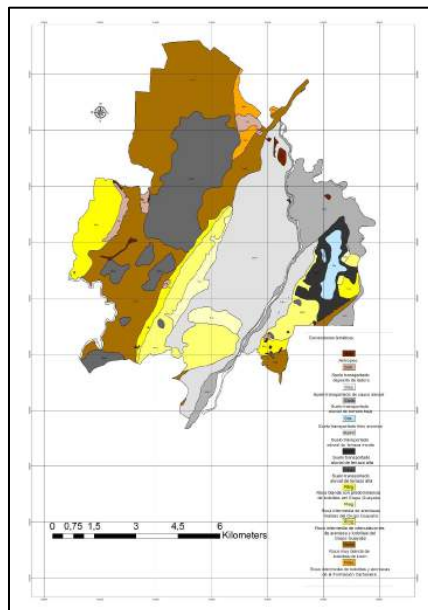
Mapa 4. Inventario de procesos morfodinámicos históricos y activos para el área urbana del Municipio de Cúcuta



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

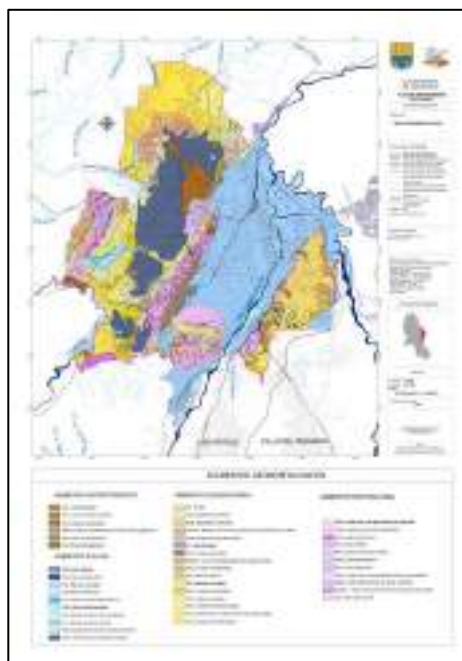


Mapa 5. Variable UGI para el casco urbano de Cúcuta



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Mapa 6. Variable GEOF para el casco urbano del Municipio de Cúcuta



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

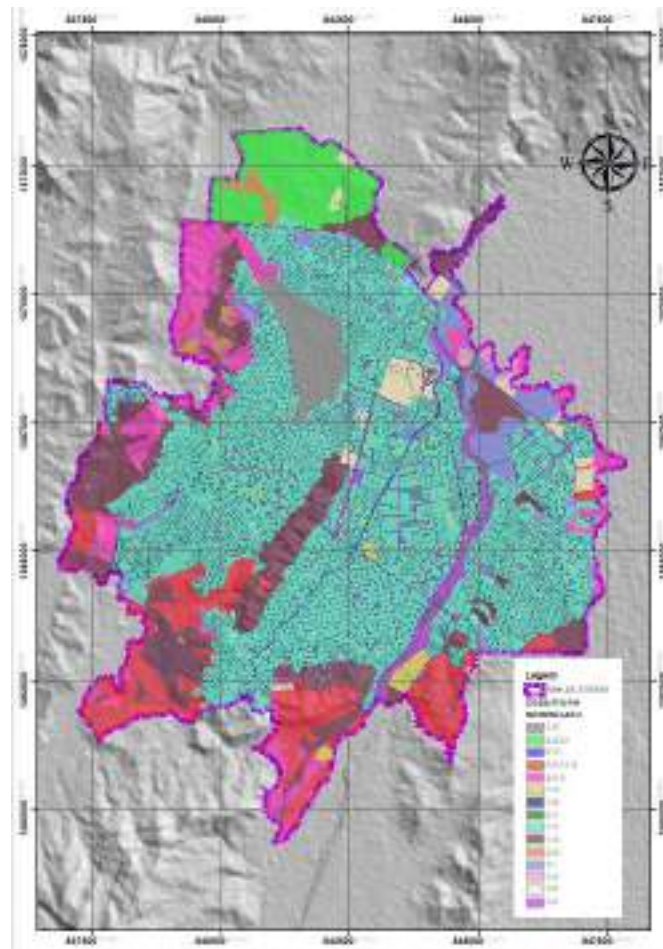


Las unidades geomorfológicas presentes en el perímetro de la cuenca del río, tienen predominancia de origen denudacional y fluvial, las de origen denudacional tienen gran incidencia sobre la susceptibilidad y se localizan hacia la parte occidental de la cuenca principalmente.

1.1.1.9.2.4 Tipo de cobertura (COBERT)

La vegetación puede influir de manera beneficiosa o adversa en la estabilidad de las laderas, dependiendo de cómo actúen dichos mecanismos.

Mapa 7. Variable COBERT para el casco urbano del Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.9.2.5 Distancia a Fallas (DISTFAL)

Se refiere a la proximidad existente a las discontinuidades estructurales que disminuyen la resistencia de esta, aumentando la susceptibilidad a movimientos en masa



Gráfica 204 Variable DISTFAL

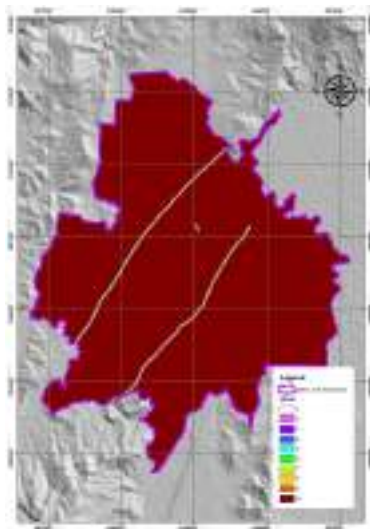


Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.1.9.2.6 Distancia a Pliegues (DISTPLI)

Se refiere a la proximidad existente a las estructuras de pliegues que disminuyen la resistencia de esta, aumentando la susceptibilidad a movimientos en masa.

Gráfica 205. Variable DISTPLI



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.9.3 Variables secundarias metodológicas para el cálculo de la susceptibilidad a movimientos en masa

Estas variables parten de la cartografía base, es decir, son variables cuantitativas, que se derivan del MDT.

1.1.1.9.3.1 Variable DEM (Fill)

Se trata de la misma función que el MDT (Modelo Digital del Terreno), sin embargo, este es una corrección del MDT y se crea eliminando las depresiones y sumideros, obligando a la red de drenaje a conectarse, permitiendo que el agua tenga salida en cualquier parte del modelo.

1.1.1.9.3.2 Pendiente senoidal (PENDS)

Es una variable que se ajusta mejor al comportamiento de la pendiente, respecto a las zonas de rotura de los deslizamientos y es definida como:

$$\text{sen}(\text{pendiente} * 2)$$

Ocurre que cuanto mayor es la pendiente, mayor debería ser la susceptibilidad a la rotura de la formación superficial; sin embargo, se observa que a partir de 45° ocurre lo contrario y la pendiente de la ladera es demasiado empinada para retener la formación superficial

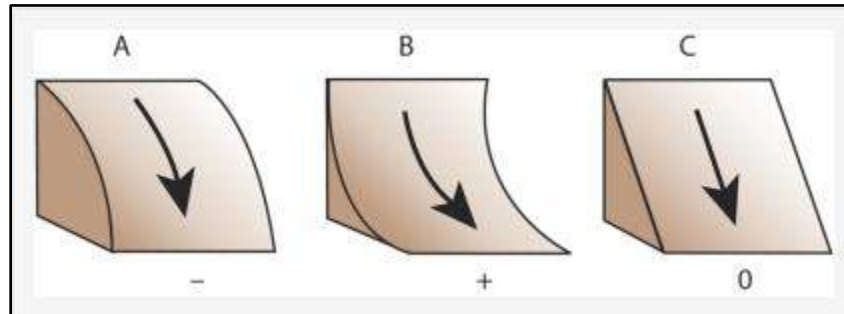
1.1.1.9.3.3 Curvatura

La curvatura es la tasa de cambio de la pendiente. Para su cálculo, se ajusta el terreno a una superficie de segundo grado cuyos coeficientes se calculan sin dificultad a partir de los valores de los 8 vecinos más próximos. Valores positivos describen la curvatura cóncava, valores negativos la curvatura convexa, valores cercanos a cero indican que la zona es plana o de pendiente rectilínea. Se tienen en cuenta dos variables, la curvatura plana que define el grado de curvatura en dirección de la pendiente y la curvatura de perfil que define el grado de curvatura transversal a la pendiente. A partir de éstas se pueden calcular otras medidas como la curvatura media y la curvatura de acumulación (Florinsky, 2012). En el terreno, la concavidad y convexidad pueden estar asociadas con acumulaciones de flujo y dispersión de materiales, por lo tanto, combinando los valores de ambas curvaturas se puede tener una idea de cómo se comporta el flujo. Estos parámetros también se pueden relacionar con patrones de vegetación, de erosión y otros procesos físicos similares.

La Gráfica 206 ilustra cómo influye la forma de las laderas en los movimientos de remoción en masa.



Gráfica 206: Esquema didáctico para expresar como la forma de la ladera influye en la aceleración o desaceleración del flujo. Las pendientes convexas como en A tienden a acelerar el flujo y por consiguiente los procesos de remoción en masa.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.

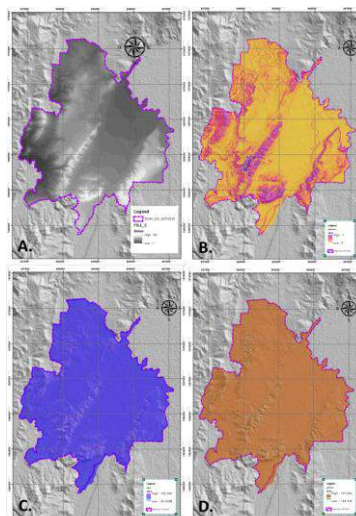
1.1.1.9.3.4 Curvatura transversal (PLA)

Representa el grado de concavidad o convexidad transversal de la superficie del terreno, donde expresa la convergencia o divergencia del flujo hacia la celda.

1.1.1.9.3.5 Curvatura longitudinal (PROFILE)

Determina el grado de convexidad o concavidad de la superficie en dirección de la pendiente, y se interpreta de igual manera que la variable curvatura

Gráfica 207. A). Variable FILL B). Variable PENDS C). Variable PLA D). Variable PROFILE



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.9.3.6 Rugosidad (RUGOS)

La rugosidad de un terreno se define como la variación de la pendiente en un área, y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda. La rugosidad define bien las formas como los límites de taludes y laderas tanto en los valles como en las crestas (Felicísimo, 1992). Se relaciona con los movimientos en masa, de manera que las laderas de rugosidad alta son más propensas a presentar movimientos en masa debido a que los cambios sucesivos de pendientes favorecen una mayor infiltración del agua en el terreno y, por ende, aumenta la inestabilidad del mismo.

1.1.1.9.3.7 Insolación (INSOL)

Se define como el coeficiente de iluminación o intensidad reflejada de la superficie terrestre. Muestra el tiempo en que las zonas se encuentran en la sombra (más húmedas) o al sol (más seco y expuesto a cambios bruscos de la cantidad de agua en el suelo debido a lluvias) ().

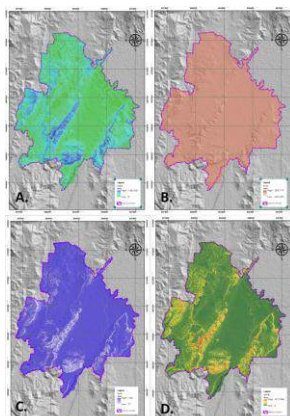
1.1.1.9.3.8 Curvatura (CURVAR)

Esta variable indica el grado de convexidad y/o concavidad del terreno. El valor 0 en una celda indica una superficie plana, valores positivos indican que la superficie es convexa, mientras que los valores negativos indican concavidad hacia la celda ().

1.1.1.9.3.9 Pendientes (SLOPE)

Hace referencia a la pendiente de la ladera en la zona de rotura definida, su valor se expresa en grados de 0 a 90, medidos entre la superficie del terreno y la horizontal. Esta variable está en gran parte relacionada con la aparición de roturas, dado que es el principal factor geométrico que aparece en el análisis de estabilidad ().

Gráfica 208. A) Variable RUGOS B) Variable INSOL C) Variable CURVAR D) Variable SLOPE



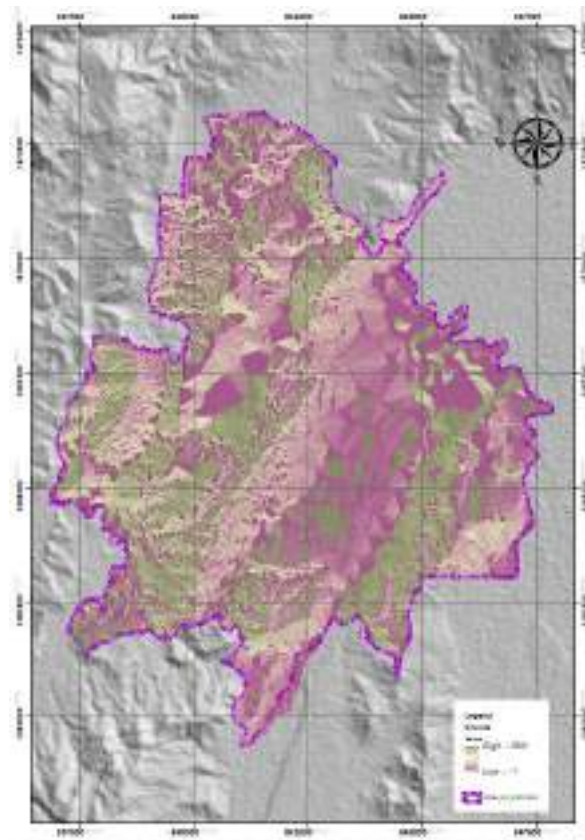
Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.9.3.10 Orientación (ORIENT)

La orientación, está definida como la dirección de exposición de la ladera en un punto y que representa la dirección de la máxima pendiente calculada para cada celda. Se calcula a partir del ángulo existente entre el norte geográfico y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en un punto dado. Se trata de una variable derivada del MDE, cuantitativa, continua y con un rango de valores de 1 a 360 grados, aunque también se representan como una malla regular de punto flotantes. La orientación indica de manera indirecta la situación de una ladera en cuanto a su insolación y, por lo tanto, si una ladera se encuentra húmeda o seca con mayor frecuencia. También se puede interpretar en términos de cantidad de vegetación (por ejemplo, en zonas umbrías suele existir más bosque o matorral y una mayor estabilidad de la formación superficial por la presencia de raíces). La orientación de la ladera también influirá en la cantidad de lluvia recibida, según la dirección de avance de los frentes nubosos.

Gráfica 209. Variable ORIENT



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.10 Análisis estadístico discriminante

El análisis discriminante se realiza con el fin de encontrar las variables que mejor separen los grupos de casos estables de los inestables, dado un número de variables independientes y sus combinaciones lineales.

Para la realización de dicho análisis se debe tener en cuenta las fases anteriores, para la selección de una muestra aleatoria y los posteriores análisis estadísticos que se describen a continuación

Dentro del análisis se cuentan con 172 datos, válidos y 0 perdidos. En primera instancia se observa valores estadísticos de mínimo, máximo, media y desviación estándar de los datos; cuyos resultados se resumen a continuación.

Tabla 39. Resultados de los análisis estadísticos descriptivos

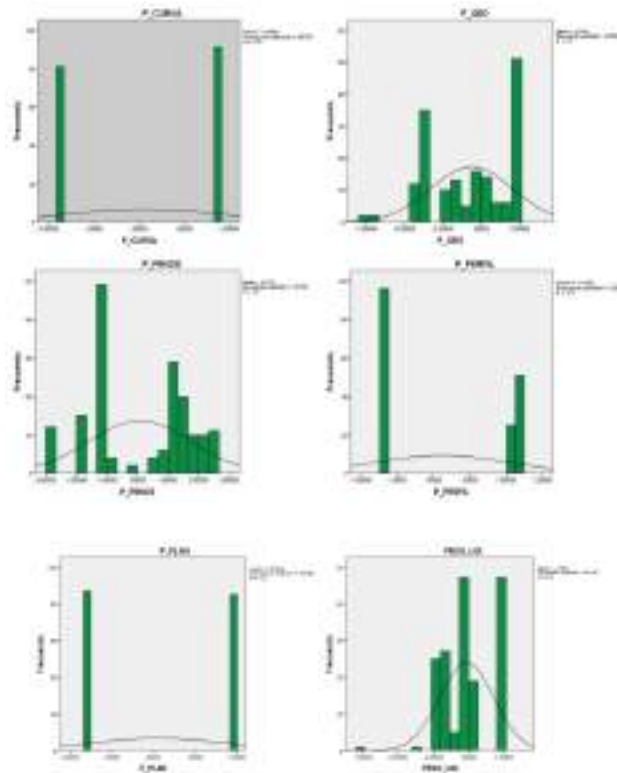
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
P_COBER	172	-9,27882	1,30204	-,4289575	1,90198180
P_DISPLIE	172	-2,19277	,01458	-,0207813	,23920960
P_FILL	172	-8,10234	,88291	-,0251532	,79438808
P_CURVA	172	-,85874	,89013	,0580107	,86755063
P_FALL	172	-,39194	,07096	-,0024383	,05940524
P_INSOL	172	-,51898	3,85539	,1977521	1,13411746
P_GEO	172	-7,50486	2,53595	-,6170113	2,65341956
P_PEND	172	-1,49842	3,16330	,1464551	1,52315969
P_PENDS	172	-2,78621	2,60096	,0713241	1,67752467
P_PERFIL	172	-,70756	1,17285	,1159905	,92842349
P_PLAN	172	-,78313	,92481	,0594405	,85491906
P_RUGOS	172	-,15859	2,07860	,0625265	,66962353
PESO_UGI	172	-7,36316	2,53538	-,1467268	1,91169183
P_ORIENT_1	172	-,75643	,70102	-,0443815	,51887822
N válido (por lista)	172				

Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Se observa que las variables con menor desviación estándar corresponden a las variables de Distancia a Fallas, distancia a pliegues (DISTPLIE), orientación (ORIENT), fill (FILL) y rugosidad (RUGOS).



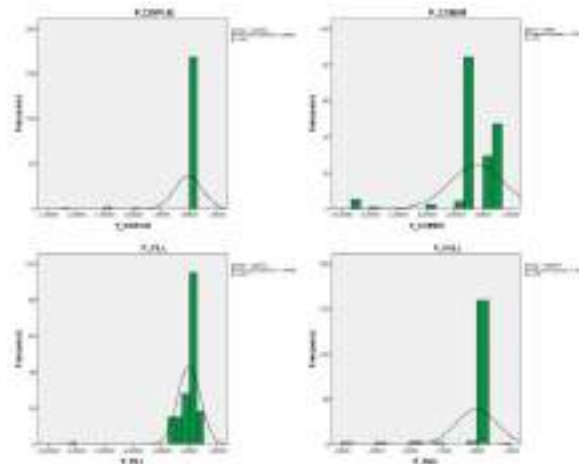
Gráfica 210. Histogramas de distribución de las variables CURVAR, UGI (GEO), PENDS, PERFIL (PROFILE), PLAN, UGI



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las variables CURVAR, GEOMORF, PENDS, PERFIL, PLAN y UGI presentan distribución normal

Gráfica 211.. Histogramas de distribución de las variables DISPLIE, COBER, FILL y DISTFAL

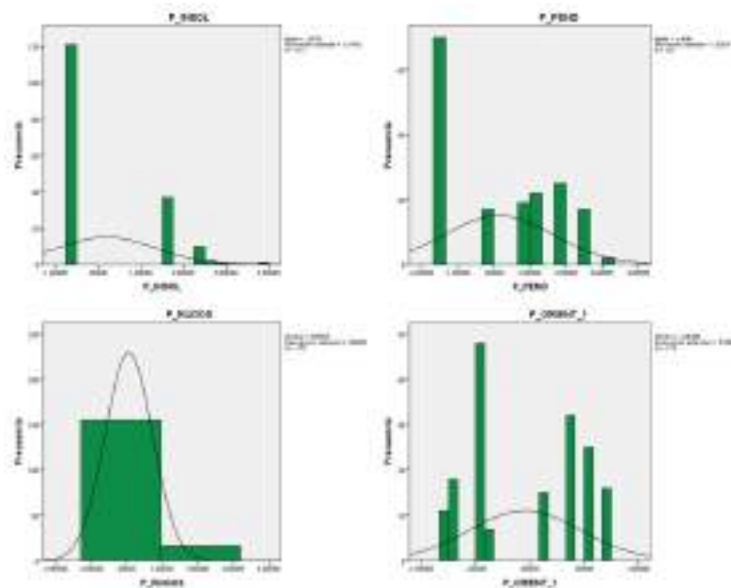




Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las variables Distancia a Pliegues (DISTPLIE), Coberturas (COBER), Fill (FILL), distancia a Fallas (DISTFAL), tienen una distribución con un sesgo negativo muy marcado., mientras que las variables insolación (INSOL), Pendiente (PEND), Rugosidad (RUGOS), Orientación (ORIENT), presentan sesgo positivo.

Gráfica 212. Histogramas de distribución de las variables INSOL, PEND, RUGOS, ORIENT



Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Se realiza una depuración de los datos, donde se parte de un chequeo del ajuste a una distribución normal de las variables, identificando si todas las variables se ajustan a una distribución normal mediante un test Kolmogorov – Smirnov (KS), el uso de la media y la desviación estándar de las muestras; para finalizar con la corrección mediante distribuciones lognormales.

Conforme a los valores K-S y su significancia, se determina que aquellos valores de alto K-S y nula significancia deberán ser transformadas según su sesgo. Se realizó la transformación de variables con sesgo positivo o negativo, donde aquellas variables con sesgo positivo se ajustaron a una distribución normal con ayuda del LOG en base 10; por otro lado, las variables con sesgo negativo fueron evaluadas según su cuadrado o cubo



Tabla 40. Resultados del análisis de Kolmogorov – Smirnov (KS)

		UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD
UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD

Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

De lo anterior se concluye que las variables transformadas no muestran una mejor distribución normal por lo cual se toman las variables originales.

Antes de realizar la priorización de las variables, se realiza un análisis de dependencia de todas de las variables, ya que las variables que finalmente son utilizadas no deben tener un alto grado de dependencia (98%), por lo que no son recomendables las dependencias lineales, ya que los factores de interés son los que tienen asociada una mayor varianza.

Del anterior análisis se realiza un descarte de variables por dependencia, usando las pruebas de *Test T* y *OneWay*

Tabla 41. Resultados de las pruebas OneWay y ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PESO_UGI	Entre grupos	263,734	19	13,881	5,841	,000
	Dentro de grupos	361,187	152	2,376		
	Total	624,931	171			
P_RUGOS	Entre grupos	46,655	19	2,551	13,691	,000
	Dentro de grupos	28,020	152	,184		
	Total	76,676	171			
P_PEND	Entre grupos	387,682	19	20,416	351,000	,000
	Dentro de grupos	8,841	152	,058		
	Total	396,723	171			
P_GEO	Entre grupos	634,338	19	33,386	8,909	,000
	Dentro de grupos	569,611	152	3,747		
	Total	1203,949	171			
P_INSOL	Entre grupos	179,532	19	9,449	35,541	,000
	Dentro de grupos	46,412	152	,296		
	Total	219,944	171			
P_FALL	Entre grupos	,067	19	,004	,996	,469
	Dentro de grupos	,537	152	,004		
	Total	,603	171			
P_COBER	Entre grupos	131,108	19	6,950	2,152	,008
	Dentro de grupos	487,182	152	3,257		
	Total	618,598	171			

Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los resultados anteriores muestran mejores resultados para las variables de Unidades geológicas para la ingeniería (UGI), Rugosidad (RUGOS), Pendientes (PEND), Geomorfología (GEOF), Insolación (INSOL) y Coberturas (COBER). Con base a estos resultados, estas son las variables con las cuales se trabajará en el análisis bivariado descrito a continuación.



1.1.1.11 Análisis bivariado (valor de información)

El método se basa en el principio según el cual el análisis de las relaciones entre los procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa observados y las características físicas de los terrenos donde ellos ocurren (geología, geomorfología, pendientes, rugosidad, etc.) nos darían la clave para identificar otras zonas potencialmente inestables. La metodología de asignación de pesos consiste en cruzar la información sobre ocurrencia de fenómenos de erosión en masa y procesos erosivos (mapa de procesos) con los diferentes mapas temáticos y de esta manera determinar la importancia relativa de cada una de las variables involucradas en el análisis. En el presente caso se utilizó la metodología denominada “valor de información” (*information value method*) o índice estadístico desarrollado por (Yin & Yan, 1988). La asignación de pesos a las diferentes variables se realiza con base en la siguiente ecuación:

$$W_{i} = \ln (\text{Denclas } i / \text{densidad total})$$

Donde

W_{i} = Peso asignado a la variable i .

\ln es el logaritmo natural

Denclas i = densidad de deslizamientos para la variable i . Se traduce en número de eventos por unidad de área para la variable i .

Densidad total = densidad de fenómenos erosión y remoción en masa para el área de estudio. Se traduce en número de eventos por unidad de área para la zona de estudio.

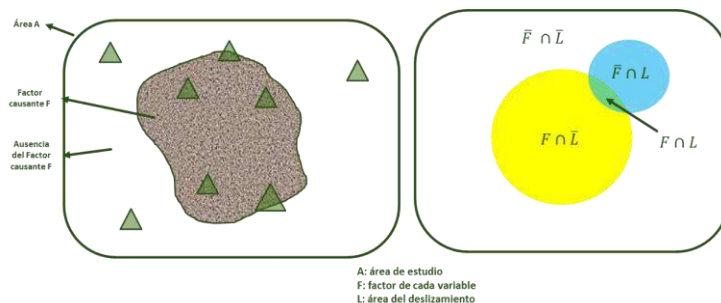
El grado de susceptibilidad para cada unidad de análisis es calculado con base en la sumatoria de los pesos individuales.

$$\text{Susceptibilidad} = W_{i}UGI + W_{i}GEOF + W_{i}COBER + W_{i}RUGOS + W_{i}INSOL + W_{i}PEND + W_{i} \dots$$

Se señala que el uso del logaritmo de cociente de densidades permite establecer de manera más clara la importancia relativa de cada una de las variables. Si el valor de densidad para la variable es mayor que el valor de densidad para el área de estudio, el resultado será positivo. En el caso contrario el resultado es negativo. Es decir, mientras más positivo sea el valor obtenido más importante es la variable para explicar la ocurrencia de deslizamientos. En el caso contrario, mientras más negativo sea el valor obtenido más importante es la variable para explicar la ausencia de deslizamientos.



Gráfica 213. Cálculo de pesos. A la izquierda un mapa del factor más influyente (F) en la ocurrencia de movimientos en masa, y a la derecha el diagrama de Ven en el cual se muestra la relación espacial entre los factores causantes y los movimientos en masa



Fuente: Modificado de Bonham – Carter, 2002

A partir de lo descrito anteriormente, se realizan los cálculos de pesos para cada variable; a continuación, se presenta un ejemplo de cálculo de pesos para las variables UGI y GEOMORF

1.1.1.11.1 Variable Unidades geológicas para la ingeniería (UGI)

Dentro de la evaluación de la variable UGI se observó que el parámetro más influyente es el suelo transportado de depósitos de ladera, con un peso de 2,53, puesto que corresponde a un material inestable muy meteorizado, sobre el cual se dan la mayoría de movimientos en masa encontrados; mientras que los suelos aluviales del cauce activo del municipio son los menos influyentes en la ocurrencia de estos eventos.

Tabla 42. Calificación de la variable UGI

UGI	Wi
Roca intermedia de areniscas masivas friables del Grupo Guayabo	-1,1051457
Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera.	-3,4821231
Roca intermedia de intercalaciones de arenisca y lodolitas del Grupo Guayabo	0,3468773
Roca muy blanda de lodolitas de León	-0,5300801
Suelos aluviales de cauce activo	-7,3631615
Suelos aluviales de Terrazas Bajas	-2,3571229
Suelos aluviales de Terrazas Medias	-1,9753406
Suelos aluviales de Terrazas Altas	-2,2801077
Roca blanda con predominancia de lodolitas del Grupo Guayabo	-0,3260189
Suelo Transportado De Depósito De Ladera	2,53537685

Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.1.11.2 Variable Geomorfología (GEOMORF)

Para la variable de geomorfología, el parámetro más influyente según el análisis y la correlación con la ocurrencia de movimientos en masa corresponde a los cortes verticales en ladera y a los depósitos de ladera, puesto que son los elementos geomorfológicos donde se presenta mayor recurrencia de estos procesos morfodinámicos.

Tabla 43. Calificación de la variable GEOMORF

Nomenclatura	Descripción	Wi	Área (Ha)
Aca	Canal artificial	-6,379989	23,46247
Acvl	Corte vertical de ladera	2,99242293	5,672263
Ale	Laderas explanadas	-0,9086171	215,580235
Alella	Laderas explanadas con llenos antropogénicos	-4,9449863	5,931549
Aoi	Obras de ingeniería	2,46901416	4,982279
Dc	Cimas	-6,248134	20,579037
Ddla	Depósitos de lavado	-7,5931195	78,966158
Decmm	Escarpe de corona principal de movimiento en masa	1,23993521	14,449138
Ded	Escarpes denudacionales	2,31644666	70,789008
Dld	Lomas denudadas	-1,5888925	154,733924
Dlde	Lomo denudacional	-7,1602229	51,198911
Dldi	Lomeríos disectados	-0,1201635	198,585195
Dle	Ladera erosiva	-0,2038548	15,805638
Dlm	Laderas moderadas	-2,4565057	234,961607
Dli	Laderas inclinadas	0,48189129	114,486151
Dlo	Laderas ondulada	-1,9971904	556,279763
Dlsh	Laderas subhorizontales	-0,6730115	71,17221
Dmo	Montículos y ondulaciones denudacionales	-1,7450217	902,604543
Dts	Terrazas sobreelevadas	-2,4588254	455,30054
Fbla	Barra lateral	-0,1008708	0,042975
Fblo	Barra longitudinal	-4,0528136	2,295027
Fbp	Barras puntuales	-5,1018842	6,556638
Fbt	Barra transversal	-1,9585883	0,288221
Fca	Cauce o lecho actual del río	-6,9927092	43,480578
Fntb	Nivel de terraza bajo	0,56043846	56,282433
Fpi	Planicie o llanura de inundación	-0,358488	339,57956
Ftae	Escarpes de terraza de acumulación	-6,452708	25,234352
Ftan	Terraza de acumulación antigua	-4,198625	855,935338
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	-3,3565264	2297,49705
Scce	Cima estructural	0,82601766	39,935436
Selc	Ladera de contrapendiente de espinazo	1,58712179	67,313951
Sele	Ladera estructural de espinazo	-1,1075238	173,487715



Nomenclatura	Descripción	Wi	Área (Ha)
Sgf	Gancho de flexión	-5,6185793	10,966026
Sle	Ladera estructural	-7,0395344	45,472702
Slf	Lomo de falla	-0,4677919	36,709717
Sife	Escarpe de línea de falla	1,48091022	76,36178
Sloe	Lomo estructural	-2,5265968	34,182592
Sloebc	Lomo estructural bajo de longitud corta	-7,1181977	49,086562
Slp	Lomo de presión	-7,5048566	72,275891
Ssalc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	1,0639535	40,478313
Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal	-0,3957213	250,443168
Ssaled	Ladera estructural de sierra anticlinal denudada	-6,9167799	40,136275
Ssif	Silla o silleta de falla	-5,5581713	10,319216
Dh	Hondonadas	0,35102542	129,466612
Ddl	Depósitos de ladera	2,53595182	215,580235

Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

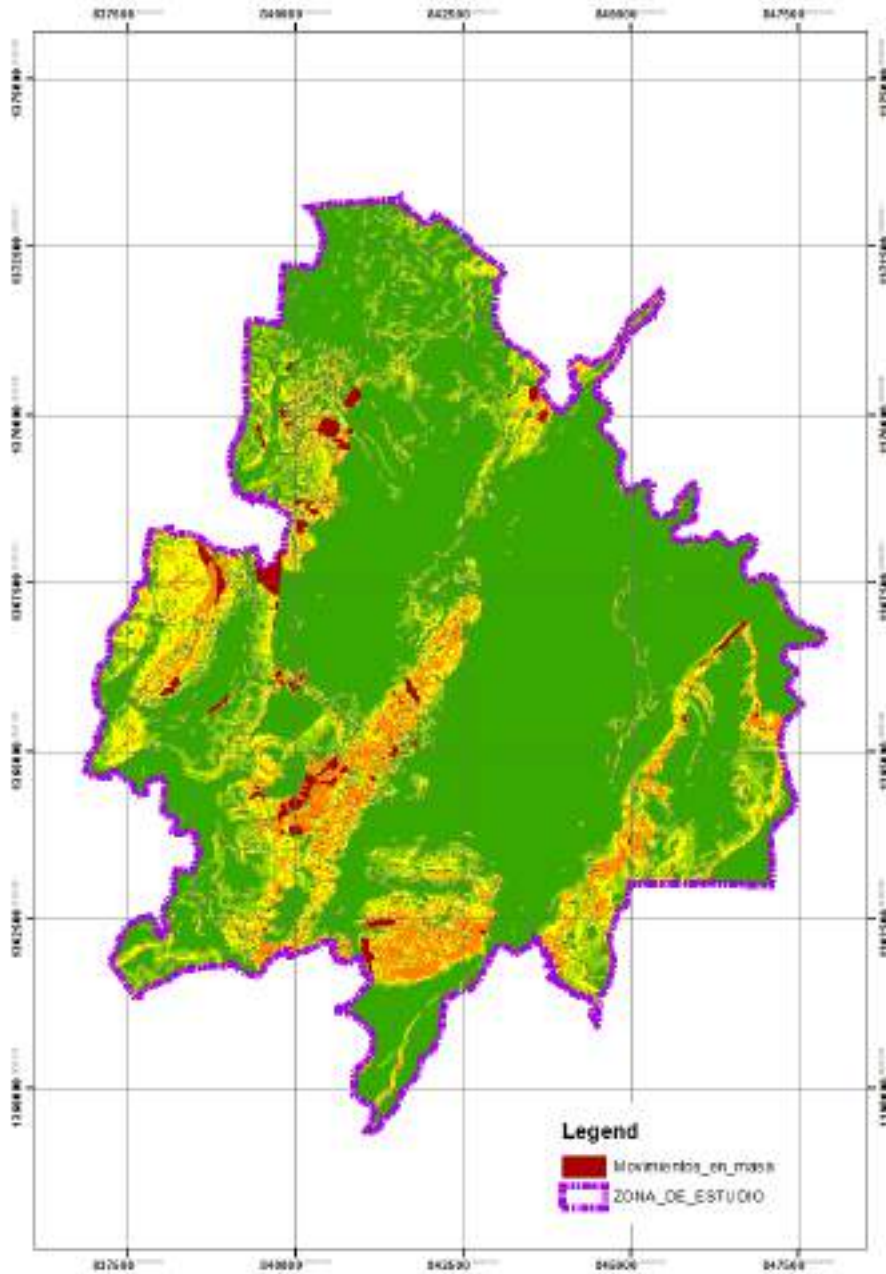
1.1.1.12 Zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa

Según la metodología descrita, cada una de las variables debidamente categorizadas, tanto geométricas como temáticas, se cruzan por separado con la variable de movimientos en masa. El análisis estadístico de cada uno de estos cruces arroja, como un primer resultado parcial, los mapas de pesos o índices W_i . A continuación, se muestra una comparación entre los pesos W_i de la variable de pendientes (PEND) y la distribución de movimientos en masa.

Con el cálculo de todos los pesos, se realiza una sumatoria algebraica de todas las variables, para obtener así el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa.



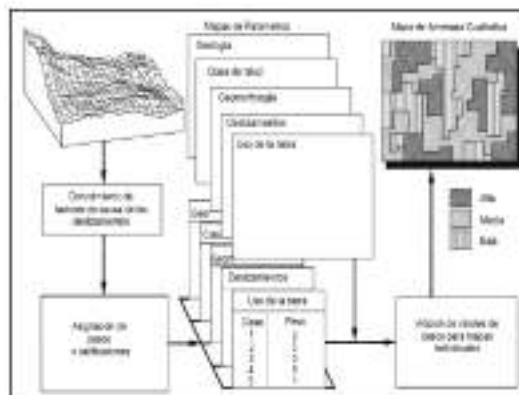
Gráfica 214. Distribución espacial de pesos (W_i) para la variable PEND: Se observan de color rojo los pesos positivos más altos para esta variable, los cuales coinciden con la ubicación de los principales polígonos de movimientos en masa para el Municipio



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.



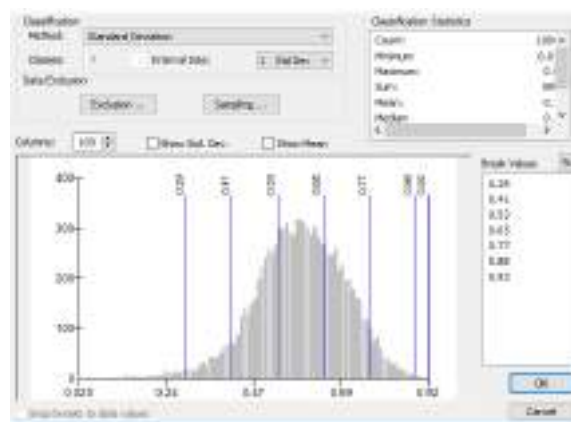
Gráfica 215. Metodología análisis de pesos de evidencia



Fuente: Tunner y McGuffey 1996

Los índices calculados fueron reclasificados mediante el método de desviación estándar, el cual establece los límites de las categorías dependiendo de lo alejado que se encuentren del valor medio, lo cual es útil para identificar casos extremos (Zonas de susceptibilidad alta).

Gráfica 216. Clasificación por el método desviación estándar para susceptibilidad a movimientos en masa



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

El resultado puede apreciarse en la Gráfica 217 para el área urbana y de expansión del municipio de Cúcuta. Se puede observar la categorización de la susceptibilidad a movimientos en masa en cinco categorías: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta. Observando que las categorías de susceptibilidad alta y muy alta coinciden con zonas de alta pendiente, geformas denudacionales de ladera, o depósitos de ladera, y además sobre material inestable (depósitos de ladera), y con una cobertura vegetal pobre que permite que el terreno se erosione de una forma más rápida, y se pierda estabilidad en los taludes. Las zonas de susceptibilidad media corresponden a geformas donde se presentan de manera poco frecuente movimientos en masa, las pendientes son iguales o menores a 30° y la unidad geológica para la ingeniería corresponden a roca intermedia o dura.



1.1.1.13 Zonificación de la amenaza por movimientos en masa

Las amenazas que afectan a una región se zonifican a partir de la integración de la susceptibilidad y la probabilidad de que un factor detonante como precipitaciones o sismos afecte a las zonas susceptibles desencadenando eventos que afecten la seguridad de sus habitantes. A continuación, se realiza un análisis de los factores desencadenantes.

1.1.1.13.1 Factores desencadenantes

Los principales factores naturales desencadenantes de movimientos de remoción en masa son los terremotos y las precipitaciones elevadas (Wieczoreck 1996; Guzzetti et al. 2005). En las inestabilidades desencadenadas por los terremotos intervienen factores relacionados con la liberación de energía del terremoto y su propagación (magnitud, distancia del terremoto, aceleración sísmica, atenuación, etc.), parámetros propios de resistencia de la ladera (cohesión y fricción de los materiales), condiciones de estabilidad iniciales, tipología del movimiento y comportamiento deformacional de los materiales durante la vibración sísmica (licuefacción, colapsos) (Rodríguez-Peces et al. 2008). Terremotos de magnitud moderada pueden causar movimientos de ladera con un porcentaje elevado de daños (Keefer 1984), fundamentalmente desprendimientos (Vargas 2002; Rodríguez-Peces et al. 2008), sin embargo, no está clara la relación entre la magnitud del terremoto y la generación de movimientos de ladera (Rodríguez-Peces et al. 2008).

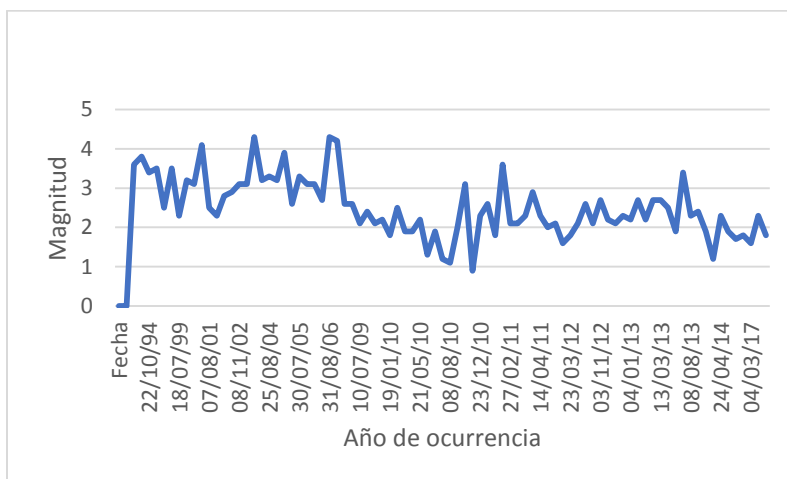
Para producir inestabilidades de consideración se necesitan terremotos grandes ($M_w > 6.5$) (Rodríguez-Peces et al. 2008). El umbral inferior de magnitud de un terremoto que pueda generar movimientos de ladera se podría estimar en 4 (Vargas 2002) si bien, este trabajo no cita ninguna referencia concreta de movimientos generados para un terremoto de esa magnitud, el menor de los ejemplos que presenta es el terremoto de Daly City, California de 1957, de magnitud 5.3.

Con todo, se ha analizado el registro facilitado por la red sismológica nacional, de terremotos actuales e históricos de la zona. Se comprueba que, de los 85 terremotos que se tiene constancia entre 1993 y 2017, únicamente 4 presentan una magnitud superior a 4.0, y ninguno superior a 5.0 (figura 65); además, tres de ellos tienen el hipocentro a una profundidad de más de 30 km. Se puede deducir la nula asociación entre los epicentros, los movimientos de remoción en masa y la baja magnitud de los terremotos. Por tanto, dada la baja magnitud de los terremotos y la nula asociación con los movimientos de ladera, unido a la baja correspondencia entre los terremotos y los desplazamientos de Newmark (Rodríguez-Peces et al. 2008), no cabe esperar que los terremotos sean un factor desencadenante de movimientos de ladera en la actualidad, al menos de importancia y con carácter regional.





Gráfica 218: Ocurrencia de sismos en el municipio de Cúcuta desde el año 1993 a 2017



Fuente: Red Sismológica Nacional 2017.

1.1.1.13.1.1 Precipitación

La lluvia es el principal factor detonante de los movimientos de remoción en masa en la región y por eso merece un análisis detallado de su influencia. Para dicho análisis se tomaron datos suministrados por el IDEAM con los valores máximos de precipitación de 24 horas desde el año 1980 hasta 2015.

El total de precipitación en 24 horas permitió evaluar la probabilidad de excedencia asociada a un periodo de retorno, mediante la ecuación propuesta por (Bedient y Huber 1992) citado en (Vieux & Philip, 2004) (ecuación 1), la cual determinó si las precipitaciones máximas registradas de cada evento podrían ser excedidas en un periodo de tiempo (T), como se expresa a continuación

$$P. Excedencia = P(x > X) = \frac{1}{T}$$

Ecuación 1

En este sentido, dado que la función de distribución de probabilidad $F(X)$ (ecuación 2), correspondiente a la probabilidad de excedencia tomó valores iguales o inferiores a cierto número X , la probabilidad de que en un periodo de tiempo T , el valor de la variable aleatoria de precipitación sea excedida, está dada por la función complementaria de $F(X)$ (ecuación 3), como se evidencia a continuación:

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}$$

Ecuación 2





$$P(x > X) = 1 - F(X) = \frac{1}{T}$$

Ecuación 3

Una vez establecida la probabilidad, se determinó la cantidad de precipitación asociada al periodo de retorno T , para ello se utilizó la función de distribución de Gumbel (Gumbel, 1994) (ecuación 4), distribución que calcula la probabilidad de que se produzca un evento extraordinario de precipitación intensa a partir de una muestra de datos, en este caso, la cantidad de precipitación en 24 horas.

$$F(X) = e^{-e^{-d(\chi - \mu)}} \quad \text{con } \mu = \gamma - 0,450047 * S \quad d = \frac{1}{0,779696 * S}$$

Ecuación 4

1.1.1.13.1.1 Relación de fenómenos de remoción en masa con precipitación máxima de 24 horas

Efectuada una investigación documental sobre procesos de remoción en masa y/o inundaciones dejando víctimas en la ciudad de Cúcuta, se pudo establecer que las precipitaciones máximas de 24 horas que han excedido los 100 mm han detonado movimientos de remoción en masa. (Gráfica 219) (Tabla 44)

1.1.1.13.1.2 Probabilidad de excedencia y periodo de retorno

Una vez elaborado el cálculo de precipitaciones máximas probables para diferentes periodos de retorno (Tabla 45) se elaboró una tabla relacionando el periodo de retorno con las precipitaciones probables en 24 horas (Tabla 46) donde se puede interpretar que existe un 80% de probabilidad de que en un lapso de 5 años una cantidad de precipitación en 24 horas, alcance los 100 mm. En este sentido, la probabilidad aumenta mientras más aumenta el periodo de retorno, lo cual, bajo las condiciones climáticas registradas en 1980-2015, la probabilidad de que precipite una cantidad mayor o igual a 100 mm en 24 horas es alta para los próximos 5 años; lo anterior es un riesgo potencial para la generación de procesos de remoción en masa en el área, ya que, según lo interpretado en este trabajo las precipitaciones máximas superiores a 100 mm han ocasionado serios problemas a diversas comunidades del área de Cúcuta.



Gráfica 219: Eventos de remoción en masa registrados en medios nacionales. Estos procesos morfodinámicos se han activado durante fuertes temporadas invernales con precipitaciones de 24 horas mayores a 100 mm.



Fuente: UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



UNIÓN TEMPORAL
PLANEANDO
CÚCUTA



ALCALDÍA DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA



Interventoría POT
MUNICIPIO DE CÚCUTA



Tabla 44: Valores de precipitación máxima de 24 horas para el periodo 1980-2015

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1980	41.9	13.6	20.4	12.3	25	7.7	4	7.5	60	22.8	65	56.5	65
1981	4.4	35.6	11.3	73.3	73.7	18.2	6.2	21.6	52.7	19.8	21.6	21.2	73.7
1982	24.3	24.7	8.7	26.9	29.2	6.4	12.7	16.2	23.6	54.6	24	20	64.6
1983	3	11.7	26.1	64.6	35.7	12.1	12.6	9.9	7.3	30.1	33.3	29.2	64.6
1984	19	1.5	20.8	58		6.6	10		35.7	22.5	53.4	12.5	58
1985	9.5	9.7	24.1	56.3	25.5	7.3	12.2	8.9	6.4	98.7	38.2	47.2	96.7
1986	23.7	72.3	8.1	59.7	52.6	10.8	13.1	23.8	27.4	71.3	11.2	4.2	72.3
1987	34.8	28.1	96.8	5.5	97.7	7.2	9.8	4	9.5	64	38	10.2	97.7
1988	17.4	12.5	9.9	5.8	40	13.9	6.6	16.2	75	95.5	80.6	43	95.5
1989	8.4	27.3	80	4.7	25.9	13.9	13.7	17.2	29	15.5	39.6	33.2	80
1990	11.8	16.4	13	57.8	32.8	6.9	8.8	29.1	20.1	91.6	40.8	56.6	91.6
1991	14.5	5.2	50.2	20.6	26.6	7.3	4.4	4.5	15.4	36.8	6.2	5.3	50.2
1992	17.8	8.5	1.7	54.7	2.2	11.8	8.3	21	62	14	33.9	54	62
1993	17.3	4.3	10.6	17.4	23.2	9.7	9.2	3.4	18.8	11.3	48.8	0.9	48.8
1994	36.8	13.3	36.8	19.9	17.4	12.6	29.8	30.2	46	65.3	44	12.5	65.3
1995	0	30	30.8	55	36.5	13.8	2.1	40.1	9.5	29	20.5	14	55
1996	18.2	12.4	15.3	10.1	14.1	12.4	16.5	14.9	12.7	50.4	50.7	30	50.7
1997	42	34.6	18.6	36.6	9.5	10.7	12.2	7.3	6.1	39	9.8	10.1	42
1998	4.4	5.4	36.5	29.8	49	11.6	17	22.7	34.4	17.6	69	53.5	69
1999	38.8	37	28	115.4	28.6	7.4	6.1	28.2	35	77.5	92.3	54.1	115.4
2000	82.6	9.6	17.7	6.9	15.1	11.3	11	8.4	19.5	41	65.1	0.8	82.6
2001	0.9	2.6	23.3	31.6	5.5	4.4	13.6	3.5	16.8	49.2	53.1	53	53.1
2002	2.5	11.7	60	118.1	57.8	27.7	10	1.9	47.5	21	5.3	12.7	118.1
2003	19.6	20.8	61.6	62.5	5.1	44	4.3	3.8	4.1	39.8	84.6	32.7	84.6
2004	3.7	12.6	17.6	106.9	38.6	3.3	5.8	8	19.6	28.5	58	20.9	106.9
2005	61.9	87.8	9.9	20.8	99.6	74.3	14.4	9.9	14.5	35.4	51	45.3	99.6
2006	73.9	35.4	28.3	34.8	11.5	13	5.3	3.9	6.4	30.3	25.4	53.5	73.9
2007	1.9	13.4	23.4	9.6	16.7	6.3	1.8	94.7	22	36.7	67	14	94.7
2008	13.4	17	14.9	14.3	36.4	9	46.9	61.4	11.4	54	36.3	39	61.4
2009	29.4	41.5	42.9	35.8	61	8.5	7.5	15.3	6.5	35	48	6.8	61
2010	0.9	3.9	9.8	30	18.4	9.5	25.6	4.8	48	28.2	108.7	168.4	168.4
2011	93.2	29.6	12.8	22.6	57.9	24.9	11.4	14	77	22	90	50	93.2
2012	20.7	3.2	32.3	20.4	96	6.1	9.9	3.7	2.9	73.7	15.2	8.2	96
2013	41	79.6	5.2	30.8	72.8	6.2	9	22.4	3.5	15.8	48	31.3	79.6
2014	18.7	8	36	16.8	27.4	23.4	6.7	8.5	16	14.1	72.3	2.1	72.3
2015	8.7	21	39.1	66	5.1	16.3	14.5	6.6	65	3	6	8	65
MAX	93.2	87.8	96.8	118.1	99.6	74.3	46.9	94.7	77	98.7	108.7	168.4	168.4

Fuente: IDEAM 2015

Tabla 45: Calculo de valores de precipitación máxima probable para diferentes periodos de retorno y diferentes horarios, aplicando la metodología de Gumbel.

Horario	Coeficiente (P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración y Períodos de Retorno)	2	3	10	25	50	75	100	500 años
24	K19 = 91%	83.117	108.68	125.38	146.94	162.78	171.90	178.1	214.8402917
18	K18 = 89%	75.672	96.901	114.28	133.71	148.13	156.51	162.44	195.504619
12	K12 = 80%	66.526	86.946	103.47	117.56	130.22	137.59	142.8	171.8721926
8	K8 = 68%	56.646	73.904	85.397	98.917	110.69	116.96	121.38	146.8913617
6	K6 = 61%	50.726	66.296	76.688	89.632	99.295	104.91	109.81	131.8526486
5	K5 = 57%	47.366	61.609	71.613	83.753	92.784	98.032	101.76	125.4589379
4	K4 = 52%	43.241	56.515	65.383	76.407	84.645	89.433	92.822	111.7169252
3	K3 = 46%	38.252	49.594	57.768	67.591	74.878	79.114	82.111	98.82661072
2	K2 = 39%	32.431	42.396	49.977	57.306	63.434	67.076	69.616	83.78769317
1	K1 = 30%	24.947	32.609	37.676	44.081	48.834	51.596	53.051	64.48207221

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.





Tabla 46: Análisis de probabilidades de que precipitaciones de 24 horas mayores a 100 mm se produzcan en los próximos 5 años. De la tabla se deduce que existe un 80% de probabilidad de que se produzca.

Periodo de Retorno	$F(X)= 1/T$	$F(X)= 1-(1/T)$	PMP 24 hrs
2	0.5	0.5	83.2
5	0.2	0.8	108.7
10	0.1	0.9	125.6
25	0.04	0.96	146.9
50	0.02	0.98	162.8
75	0.013	0.98	172.0
100	0.01	0.99	178.5
500	0.002	0.99	214.8

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta.

1.1.1.14 Categorización de la amenaza

El término amenaza se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino, en un área dada y en un período de tiempo específico (UNDRO-UNESCO, 1979 y UNCRD, 1987).

Cuando se habla de probabilidad de ocurrencia de un proceso de remoción en masa, se debe tener en cuenta que su dimensión temporal a escala regional es función de los mecanismos disparadores detonantes y del tiempo de ocurrencia. La identificación de las áreas amenazadas se realizó mediante fórmulas matemáticas modeladas en el SIG, teniendo en cuenta la matriz presentada en la Tabla 47 donde se combina la susceptibilidad con la probabilidad de ocurrencia del factor detonante lluvia tal como fue analizado en el capítulo anterior.

Los resultados obtenidos en el SIG para los mapas de amenaza fueron confirmados en el campo, especialmente en aquellas zonas calificadas como de alta amenaza. Estos mapas tienen cierto grado de incertidumbre, debido a que existen variables de calificación no muy precisas como los rangos empleados en las fórmulas del modelo y la escala de trabajo. De esta manera los límites entre zonas de diferente amenaza son graduales y aproximados.



Tabla 47: Calculo de la amenaza por fenómenos de remoción en masa interpretada con el factor detonante lluvia. La probabilidad de que eventos de lluvias con precipitaciones máximas de 24 horas sean mayores a 100 mm, es considerada alta dentro de los próximos 5 años y estos pueden activar procesos morfodinámicos en terrenos susceptibles.

	% PROBABILIDAD				
	MB	B	M	A	MA
SUSCEPTIBILIDAD	20%	40%	60%	80%	100%
MB	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B
M	M	M	M	M	A
A	M	M	A	A	A
MA	M	M	A	A	A

Esta categorización se asocia a las características del terreno evaluadas como lo son la geología, geomorfología, cobertura de tierras, pendientes, distancias a las estructuras, entre otras; donde su relación se describe a detalle en la siguiente tabla:

Tabla 48. Categorización de la amenaza por movimientos en masa (Características del material y de la zona)

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN
AMENAZA ALTA	Zonas donde se encuentren litologías con características susceptibles a los movimientos en masa, como alto grado de meteorización, dureza baja, fabrica menos consistente, pendientes altas (muy escarpado), geoformas principalmente denudacionales, con procesos morfodinámicos activos principalmente de deslizamiento de alta pendiente, baja o nula cobertura del suelo, zonas con mayor incidencia de las estructuras de plegamiento y fallamiento.
AMENAZA MEDIA	Zonas donde se encuentran litologías con características moderadas ante la susceptibilidad a los movimientos en masa, como rocas ligeramente meteorizadas, dureza intermedia, fábrica de materiales consolidados, pendientes moderadas (inclinado a empinado), geoformas principalmente denudacionales y estructurales, con procesos denudacionales activos de menor incidencia (Caída de tierra o detritos y reptación del suelo), cobertura baja a alta con moderada densidad, suelos con material parental de rocas sedimentarias consolidadas y zonas con moderada incidencia de las estructuras de plegamiento y fallamiento.
AMENAZA BAJA	Zonas donde se encuentran litologías con características no favorables ante los movimientos en masa, como bajo grado de meteorización, dureza alta, fabrica masiva, pendientes bajas (Planas a moderadamente inclinadas), geoformas principalmente fluviales, sin actividad morfodinámica activa, alta y densa cobertura del suelo.
SIN AMENAZA	Áreas con pendientes menores de 5ª, con geoformas principalmente fluviales, sin actividad morfodinámica activa, aunque no tienen restricciones para su desarrollo pueden presentar fenómenos puntuales de subsidencia, debido a que están formados en su mayoría por suelos transportados de origen fluvial.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



La amenaza por movimientos en masa en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta según los rangos utilizados para la categorización se divide en amenaza alta, media y baja. Las áreas menos afectadas son las correspondientes a las comunas 1 y 2, así como las áreas con pendientes menores a 5º (Gráfica 220). Estas áreas se asocian con zonas de pendientes planas, las cuales presentan la menor susceptibilidad a este tipo de fenómeno y, geomorfologías de origen fluvial principalmente, donde no se presenta una actividad morfodinámica apreciable. Estas áreas demarcadas como de amenaza baja y sin amenaza, aunque no tienen restricciones para su desarrollo, podrían presentar fenómenos de subsidencia, lixiviación, asentamientos diferenciales puntuales y licuefacción en eventos muy críticos (alta saturación+sismo), debido a que están compuestas en su mayoría de suelos transportados no consolidados y en menor grado roca blanda de lutitas, las cuales pueden ser susceptibles a estos fenómenos, por lo tanto, para su desarrollo deben cumplir con las normas vigentes establecidas en la NSR10.

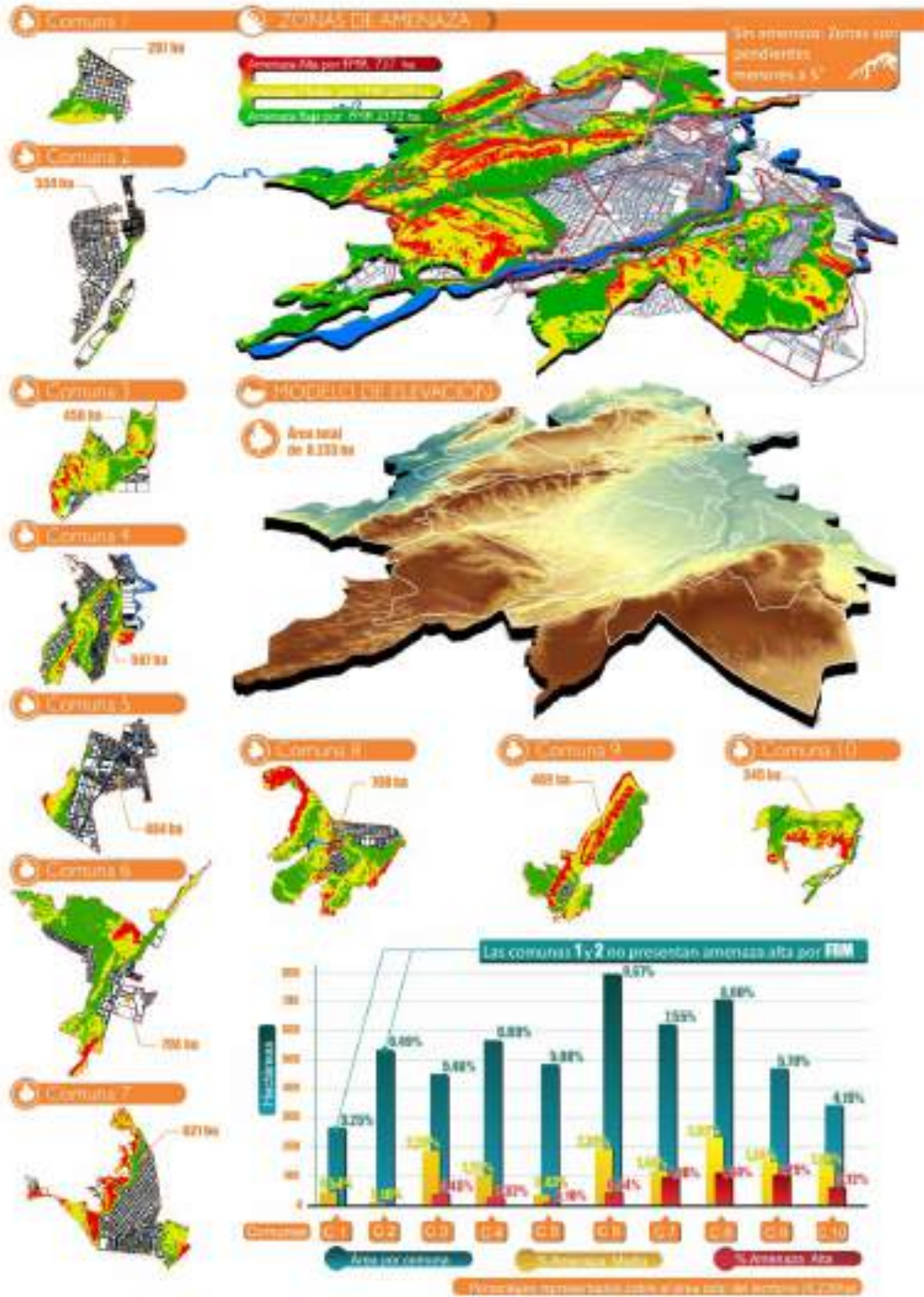
Las zonas de amenaza media se concentran en los sectores donde se presentan pendientes moderadas hacia las áreas de expansión del noroeste, oeste y sur; principalmente relacionados con los rasgos fisiográficos más importantes como lo son el Cerro de San Luis, el Cerro Jesús Nazareno, el límite sur del Barrio Doña Nidia, los cerros del Barrio San Rafael y la extensión sur del Cerro del Tasajero. Las comunas donde es más recurrente esta categoría de amenaza son las comunas 6 y 8 (Gráfica 220)

Por último, la amenaza alta se concentra principalmente en los sectores donde hay actividad morfodinámica actual, además de presentar alta susceptibilidad por los parámetros evaluados; donde las poblaciones que se localizan hacia el Cerro de Atalaya son las más afectadas, seguidas de los cerros al sur, en el barrio San Rafael, las laderas del margen este del Cerro Jesús Nazareno, los depósitos de laderas del sector noroeste, las zonas que comprenden la extensión más sur del Cerro del Tasajero y los escarpes del Cerro San Luis. Las comunas 7, 8, 9 y 10 son las que evidencian mayores problemas de remoción en masa.





Gráfica 220: Afectación de los fenómenos de remoción en masa discriminados por comunas en el área urbana del Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.



1.1.2 Amenaza por inundación

Teniendo en cuenta el análisis de los eventos históricos ocurridos en la cuenca, y los principales cuerpos de agua alrededor de la cabecera Municipal del Municipio de Cúcuta, entre los que se destacan el Río Táchira, el Río Pamplonita, la Quebrada Brujera, Quebrada Tonchalá, Canal Bogotá y La Cañada; además del particular relieve de la zona, el cual muestra zonas con morfologías ligeramente planas a onduladas, se observa que los eventos de inundaciones que se presentan en la cuenca, se dan principalmente por las altas precipitaciones, que a su vez aumentan la escorrentía de aguas lluvias, por lo que se dan desbordamientos en los márgenes de los drenajes.

1.1.2.1 Metodología susceptibilidad a inundaciones

Se realizó una identificación de las geoformas más susceptibles a presentar inundaciones, estas fueron categorizadas según la relación con la actividad fluvial (antigua, efímera o activa). Las variables que se tuvieron en cuenta para definir la susceptibilidad a inundaciones en el área urbana del Municipio de Cúcuta fueron los elementos geomorfológicos, correspondiente a geoformas generadas a lo largo de un sistema fluvial como resultado de los procesos erosivos y de acumulación que varían en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos, las cuales según sus características nos permitirán definir las áreas más susceptibles.

Tabla 49. Calificación de la susceptibilidad de los elementos geomorfológicos para el área urbana del Municipio de Cúcuta

NOMENCLATURA	GEOFORMA	AREA	SUSCEPTIBILIDAD
Aca	Canal artificial	23.46247	Alta
Acvl	Corte vertical de ladera	5.672263	Baja
Ale	Laderas explanadas	215.580235	Baja
Alella	Laderas explanadas con llenos antropogénicos	5.931549	Baja
Aoi	Obras de ingeniería	4.982279	Baja
Dc	Cimas	20.579037	Baja
Ddl	Depósitos de ladera	336.32116	Baja
Ddla	Depósitos de lavado	78.966158	Baja
Decmm	Escarpe de corona principal de movimiento en masa	14.449138	Baja
Ded	Escarpes denudacionales	70.789008	Baja
Dh	Hondonadas	129.466612	Baja
Dld	Lomas denudadas	154.733924	Baja
Dlde	Lomo denudacional	51.198911	Baja
Dldi	Lomeríos disectados	198.585195	Baja
Dle	Ladera erosiva	15.805638	Baja
Dli	Laderas inclinadas	114.486151	Baja
Dlm	Laderas moderadas	234.961607	Baja
Dlo	Laderas ondulada	556.279763	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja



NOMENCLATURA	GEOFORMA	AREA	SUSCEPTIBILIDAD
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Baja
Dlsh	Laderas subhorizontales	71.17221	Media
Dmo	Montículos y ondulaciones denudacionales	902.604543	Baja
Dts	Terrazas sobreelevadas	455.30054	Baja
Fbla	Barra lateral	0.042975	Alta
Fblo	Barra longitudinal	2.295027	Alta
Fbp	Barras puntuales	6.556638	Alta
Fbt	Barra transversal	0.288221	Alta
Fca	Cauce o lecho actual del río	43.480578	Alta
Fntb	Nivel de terraza bajo	56.282433	Media
Fpi	Planicie o llanura de inundación	339.57956	Media
Ftae	Escarpes de terraza de acumulación	25.234352	Baja
Ftan	Terraza de acumulación antigua	855.935338	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Baja
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2297.49705	Media
Sce	Cima estructural	39.935436	Baja
Selc	Ladera de contrapendiente de espinazo	67.313951	Baja
Sele	Ladera estructural de espinazo	173.487715	Baja
Sgf	Gancho de flexión	10.966026	Baja
Sle	Ladera estructural	45.472702	Baja
Slf	Lomo de falla	36.709717	Baja
Slfe	Escarpe de línea de falla	76.36178	Baja
Sloe	Lomo estructural	34.182592	Baja
Sloebc	Lomo estructural bajo de longitud corta	49.086562	Baja
Slp	Lomo de presión	72.275891	Baja
Ssalc	Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	40.478313	Baja
Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal	250.443168	Baja
Ssaled	Ladera estructural de sierra anticlinal denudada	40.136275	Baja
Ssif	Silla o silleta de falla	10.319216	Baja

Fuete: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los elementos geomorfológicos más susceptibles de inundarse son aquellos que presentan muy bajas pendientes y además están ligados al desarrollo fluvial del Municipio. Algunas zonas de depresión que, durante la época de alta pluviosidad, presentan encharcamientos debido a que son pobremente drenadas.

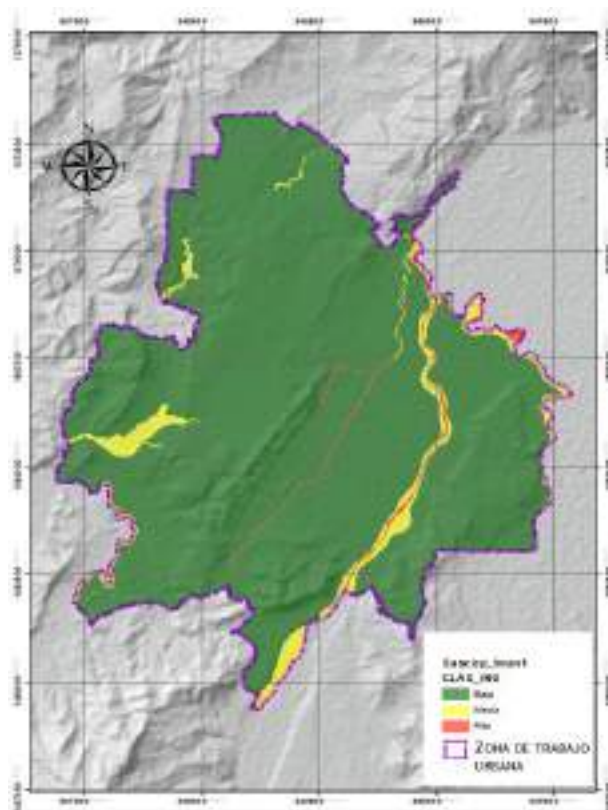


Por lo anterior, los elementos geomorfológicos correspondientes a canales artificiales, barras laterales, barras longitudinales, barras puntuales, barras transversales presentan una alta susceptibilidad. Las terrazas, barras, y planicies son el resultado de corrientes fluviales (como Río Pamplonita, Río Táchira, Quebrada Tonchalá, Quebrada Brujera; la presencia e interacción de todas estas fuentes hídricas genera procesos de erosión

1.1.2.2 Análisis de la zonificación de la susceptibilidad a inundaciones

De manera general el casco urbano del Municipio de San José de Cúcuta, está caracterizado por presentar alturas de 370 m.s.n.m. Como resultado del análisis geomorfológico se obtiene el mapa de susceptibilidad a inundaciones, el cual muestra un 0,93 % (76.662938 hectáreas) catalogado como susceptibilidad alta a inundaciones; dentro de esta categoría se encuentran los canales artificiales, barras laterales, barras longitudinales, barras puntuales, barras transversales, pues son unidades con un bajo relieve, relacionadas a la dinámica fluvial reciente; un 4.82 % se encuentra en amenaza media, y finalmente el 94.25% del territorio se encuentra en susceptibilidad baja a inundaciones (7761.969806 Hectáreas).

Mapa 8. Susceptibilidad a inundaciones del casco urbano del Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



1.1.2.3 Metodología amenaza por inundaciones

Para la zonificación de la amenaza por inundaciones se realizó una categorización y calificación para cada una de las variables que detonan la ocurrencia de inundaciones, teniendo en cuenta la variabilidad climática que presentan los fenómenos de la Niña en la cuenca y se cruzó con la zonificación de susceptibilidad generada. La zonificación de la amenaza se efectuó por medio de un análisis geomorfológico – histórico, donde la categorización de se realizó teniendo en cuenta la temporalidad de los eventos de inundación.

Para la modelización final de los niveles de inundación se han tomado diversos estudios hidrológicos e hidráulicos que estudian los niveles de los cauces fluviales de la zona para diferentes caudales para diversos periodos de retorno. Los estudios hidrológicos, permiten a través del análisis lluvia-escorrentía, obtener la variación temporal de los caudales líquidos y sólidos. De igual forma los estudios hidráulicos, permiten a través del análisis hidrodinámico de los ríos, describir y analizar el tránsito del flujo a través de los cauces y planicies ribereñas, con el propósito de evaluar el comportamiento de los caudales líquidos y sólidos, que se obtienen del estudio hidrológico. En este caso, además de los caudales, se hace énfasis en variables tales como profundidad, velocidad del flujo, concentración de sedimentos y contaminantes, y su comportamiento cuando ocurren los desbordamientos y las inundaciones.

Gráfica 221. Metodología para la evaluación de amenazas por inundación



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las variables que se tuvieron en cuenta para analizar amenazas por inundación fueron los estudios hidrológicos e hidráulicos de diversas corrientes fluviales en la región, la localización de eventos históricos y la categorización de la susceptibilidad de inundaciones.

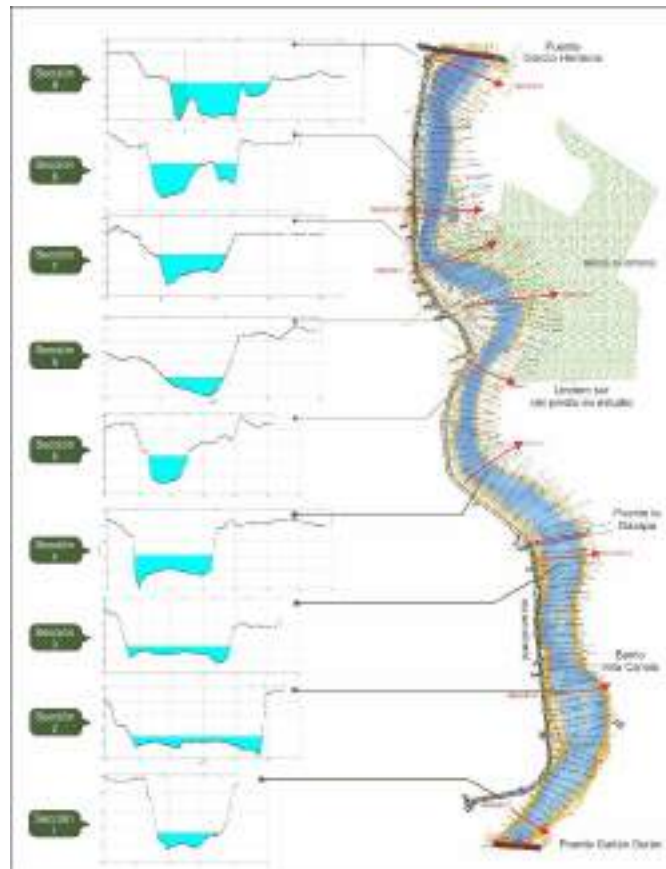


1.1.2.4 Estudios hidrológicos e hidráulicos en el área urbana de Cúcuta.

La corriente principal que atraviesa el área urbana del municipio de Cúcuta es el río Pamplonita, en sus riberas constantemente se realizan obras de mitigación debido a su poder socavante; estos estudios de mitigación con sus correspondientes modelos hidráulicos han permitido trazar con buen nivel de detalle la mancha de inundación en el mapa de amenazas.

Los alcances del estudio de inundabilidad y protección del cauce en el sector la Gazapa se presentan en la Gráfica 222. Este documento tuvo como objetivo, determinar las zonas inundables del río Pamplonita en las fronteras físicas entre el Puente Gaitán Durán y Puente García Herreros, realizando un análisis de la geomorfología del cauce aguas abajo del Puente La Gazapa además de un modelamiento hidráulico que obtuvo caudales en un punto específico para diversos periodos de retorno (10, 25, 50 y 100 años).

Gráfica 222: Estudio de inundabilidad sobre el río Pamplonita entre el Puente Gaitán Durán y el Puente García Herreros.

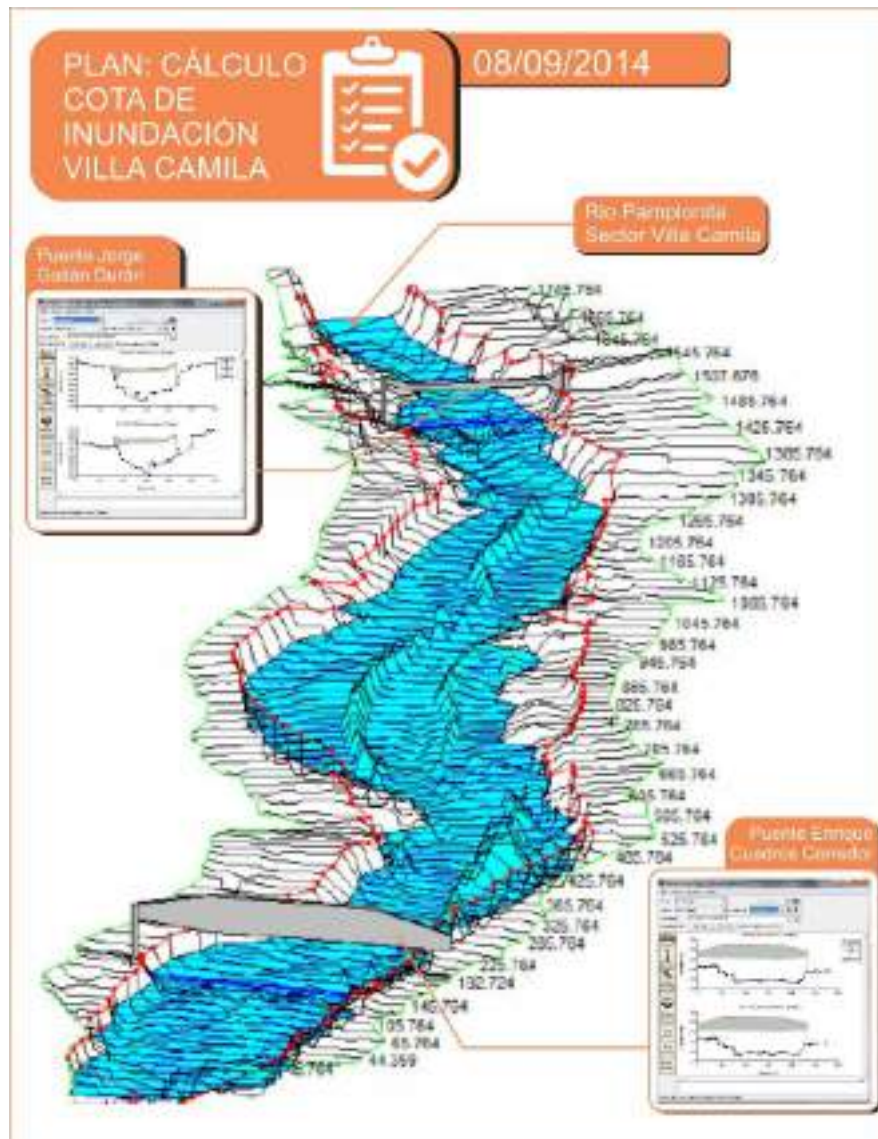


Fuente: HIDRAFORCIS S.A.S 2013, Modificado por UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA.



De la misma forma, en el estudio denominado: “Recuperación de la Margen Derecha del río Pamplonita del Sector Villa Camila”, se tomó como base y dato de entrada inicial el caudal perteneciente al valor de 505.90 m³/s. Se evaluó la capacidad hidráulica efectiva de las áreas transversales del Río Pamplonita para transportar dicho caudal usando cada uno de los perfiles transversales de la topografía del proyecto. Se estableció así, la línea de Inundación del proyecto para un periodo de retorno de 100 años (Gráfica 223)

Gráfica 223: Calculo de cotas de inundación para un periodo de retorno de 100 años en el estudio sobre Recuperación de la Margen Derecha del Río Pamplonita del Sector Villa Camila.



Fuente: Contrato de Consultoría N° 0593 de 2014. Alcaldía de San José de Cúcuta.



Para el estudio ejecutado por CORPONOR que analizó la incidencia hidráulica del río Pamplonita sobre la estabilidad del talud en los sectores: margen derecha sectores Club Tenis, Portobello y Villa Camila, las láminas alcanzaron los 4.94 m. para un caudal de 505.9 m³/s a una TR=100. (Tabla)

Tabla 50: Láminas de agua calculadas en el río Pamplonita para diferentes periodos de retorno. El caudal de 505.9 m³/s corresponde a la TR: 100 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	Lamina de agua (m)
K0+000.00													
La Talanquera	11	PF 1	252.41	296.91	300.46	298.97	300.59	0.005752	1.56	161.39	61.63	0.31	3.55
La Talanquera	11	PF 2	311.06	296.91	300.83	299.16	300.97	0.005813	1.69	183.85	62.57	0.32	3.92
La Talanquera	11	PF 3	369.71	296.91	301.16	299.33	301.32	0.005876	1.81	204.76	63.44	0.32	4.25
La Talanquera	11	PF 4	447.25	296.91	301.57	299.55	301.76	0.006391	1.93	232.12	69.3	0.34	4.66
La Talanquera	11	PF 5	505.9	296.91	301.85	299.71	302.06	0.006336	2.01	251.7	69.81	0.34	4.94
K0+050.00													
La Talanquera	10	PF 1	252.41	296.76	300.22		300.33	0.004541	1.42	177.49	66.38	0.28	3.46
La Talanquera	10	PF 2	311.06	296.76	300.58		300.7	0.004663	1.54	201.6	67.74	0.29	3.82
La Talanquera	10	PF 3	369.71	296.76	300.91		301.05	0.004728	1.65	224.33	68.51	0.29	4.15
La Talanquera	10	PF 4	447.25	296.76	301.31		301.47	0.004817	1.78	251.75	69.45	0.3	4.55
La Talanquera	10	PF 5	505.9	296.76	301.59		301.77	0.004895	1.86	271.36	70.11	0.3	4.83
K0+100.00													
La Talanquera	9	PF 1	252.41	296.61	299.81		300.01	0.008962	1.95	129.49	49.9	0.39	3.20
La Talanquera	9	PF 2	311.06	296.61	300.14		300.37	0.009494	2.13	145.92	51.21	0.4	3.53
La Talanquera	9	PF 3	369.71	296.61	300.44		300.71	0.010031	2.29	161.58	53.11	0.42	3.83
La Talanquera	9	PF 4	447.25	296.61	300.81		301.12	0.010589	2.46	181.53	55.58	0.44	4.20
La Talanquera	9	PF 5	505.9	296.61	301.07		301.4	0.010978	2.58	196.14	57.6	0.45	4.46

Fuente: CORPONOR 2013.

Dentro del estudio de encauzamiento hidráulico de la corriente Quebrada Seca se concluyó a partir de las secciones analizadas, que estas tienen la suficiente capacidad hidráulica para transportar caudales hasta de 100 años de retorno, aunque en ciertas zonas del cauce se abarca el valle izquierdo de la ronda hídrica, situación que presenta riesgo alto a las inundaciones para las personas acentuadas en los sectores específicos de Crispín Duran, Scalabrini y José Bernal, así mismo el cauce exhibe un potencial erosivo e incisivo que no debe despreciarse y cuya evidencia son las rotaciones observadas cuando se recorre el cauce principal por consiguiente las obras proyectadas en este informe deben encaminarse a estabilizar, restaurar y proteger ante inundaciones; este tipo de intervención se llama encauzamiento.

Los sectores aledaños a la quebrada La Cañada en el occidente de la ciudad han presentado episodios de inundaciones y socavación lateral del cauce, por lo que esta quebrada ha sido objeto de estudios para la recuperación y protección de sus márgenes. El estudio hidráulico para determinar sus máximas cotas de inundación utilizó un caudal de 170 m³/s correspondiente a la TR:100 años.

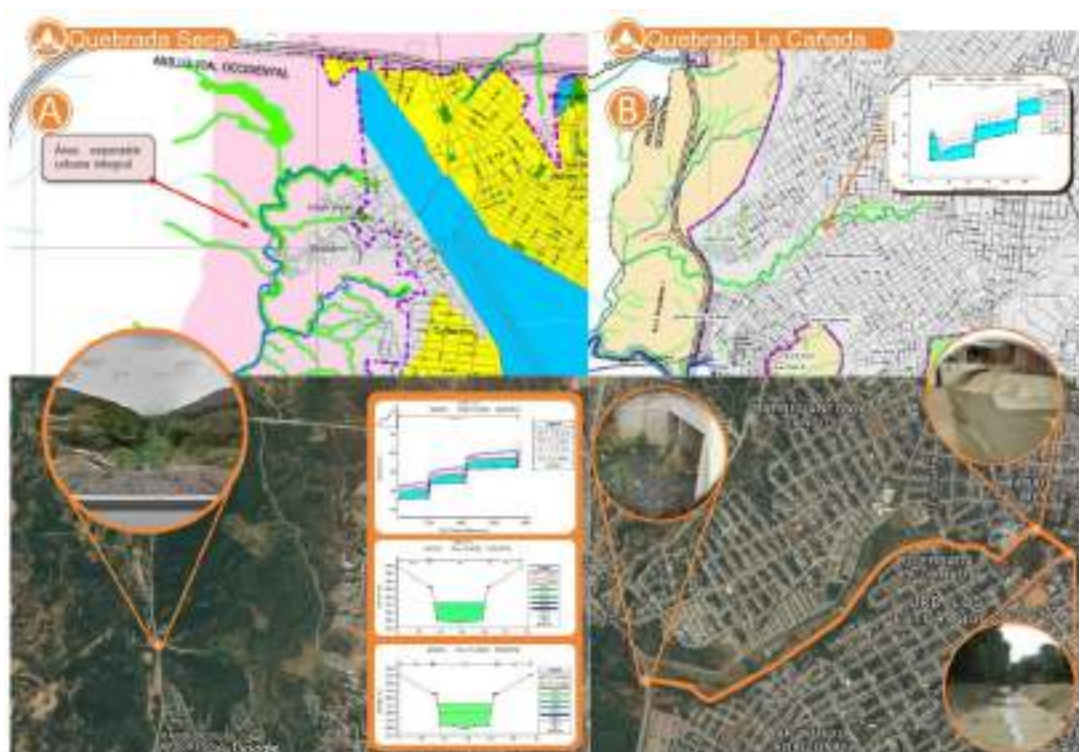


1.1.2.5 Localización de inundaciones históricas

La consolidación de esta información se realiza a partir de la revisión de fuentes secundarias, en las que se describe su ubicación por asociación a proximidad de puntos o zonas de referencia. Permite identificar zonas de amenaza por inundación basada en la frecuencia de ocurrencia, que al integrarse con las zonas de susceptibilidad y relacionarlas con la geomorfología permite definir la zonificación de la amenaza.

De acuerdo con la información disponible, tomada del plan municipal para la gestión de riesgos y desastres, la principal causa reportada para los fenómenos de inundación que se han presentado en el área urbana corresponde a desbordamientos en épocas de alta pluviosidad.

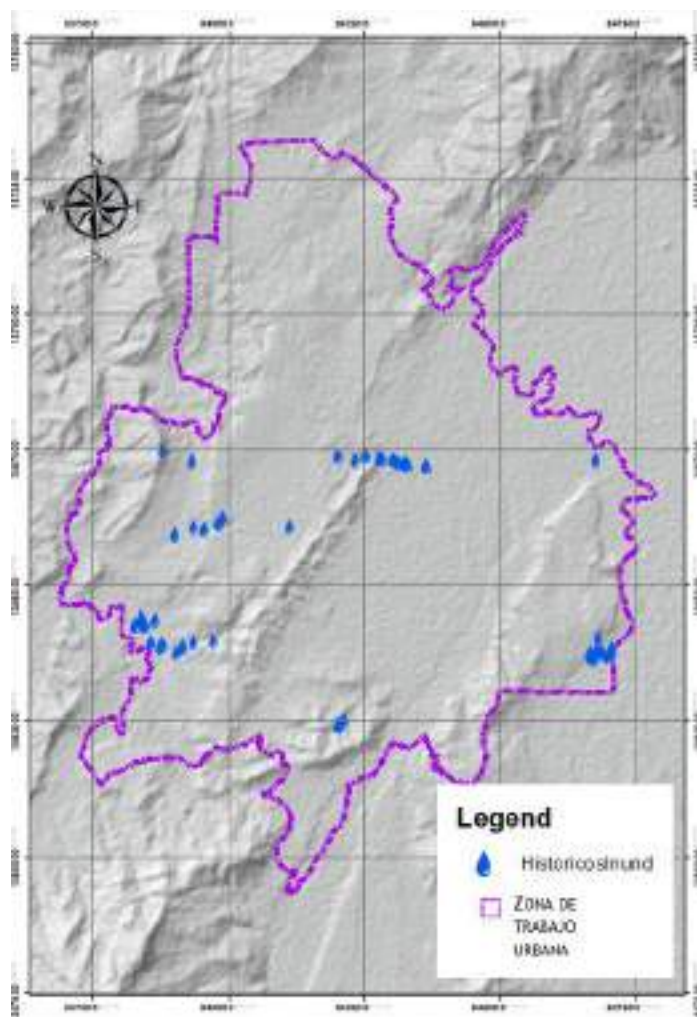
Gráfica 224: Localización de corrientes fluviales con estudios hidrológicos en el occidente del municipio de Cúcuta. A: Quebrada Seca presentó mayores amenazas de inundabilidad en los asentamientos José Bernal y Crispín Duran. B: La quebrada La Cañada presenta mayores problemas de socavación de sus márgenes.



Fuente: Contrato de Consultoría N° 0593 de 2014. Alcaldía de San José de Cúcuta



Mapa 9. Eventos históricos de inundaciones



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017 Basado en los datos del Plan municipal para la gestión de riesgos y desastres.

1.1.2.6 Análisis y validación de la zonificación a inundaciones

La validación de un método es el proceso para confirmar que el procedimiento analítico utilizado para una prueba en concreto es adecuado para su uso previsto; en este caso, el modelo de amenaza por inundaciones en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta. Esta validación se realiza a partir de la interpolación de la amenaza con las zonas que presentan antecedentes históricos de este tipo de evento en la zona de estudio.

La amenaza por inundaciones se categorizo en tres rangos: Alta, Media y Baja, los cuales a su vez asocian características geomorfológicas, de pendientes y de antecedentes históricos específicas; donde su relación se especifica se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 51. Categorización de la amenaza por inundaciones.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN
AMENAZA ALTA	Zona delimitada por la cota máxima del valle, calculado para el caudal creciente de un periodo de retorno menor o igual a 10 años, ya sea por causas naturales o por intervención no intencional causada por el hombre y sus actividades; con una profundidad de lámina de agua, duración, caudal y velocidad con efectos graves potencialmente dañinos.
AMENAZA MEDIA	Zona delimitada por la línea de inundación producida por el desborde de la corriente de agua comprobado por eventos históricos, ya sea por causas naturales o por intervención no intencional causada por el hombre y sus actividades; con una profundidad de lámina de agua, duración, caudal y velocidad con efectos moderados potencialmente dañinos.
AMENAZA BAJA	Zona delimitada por la línea de inundación producida por el desborde de la corriente de agua calculado para el caudal de creciente de un periodo de retorno mayor o igual a 100 años, ya sea por causas naturales o por intervención no intencional causada por el hombre y sus actividades; con una profundidad de lámina de agua con efectos leves potencialmente dañinos.

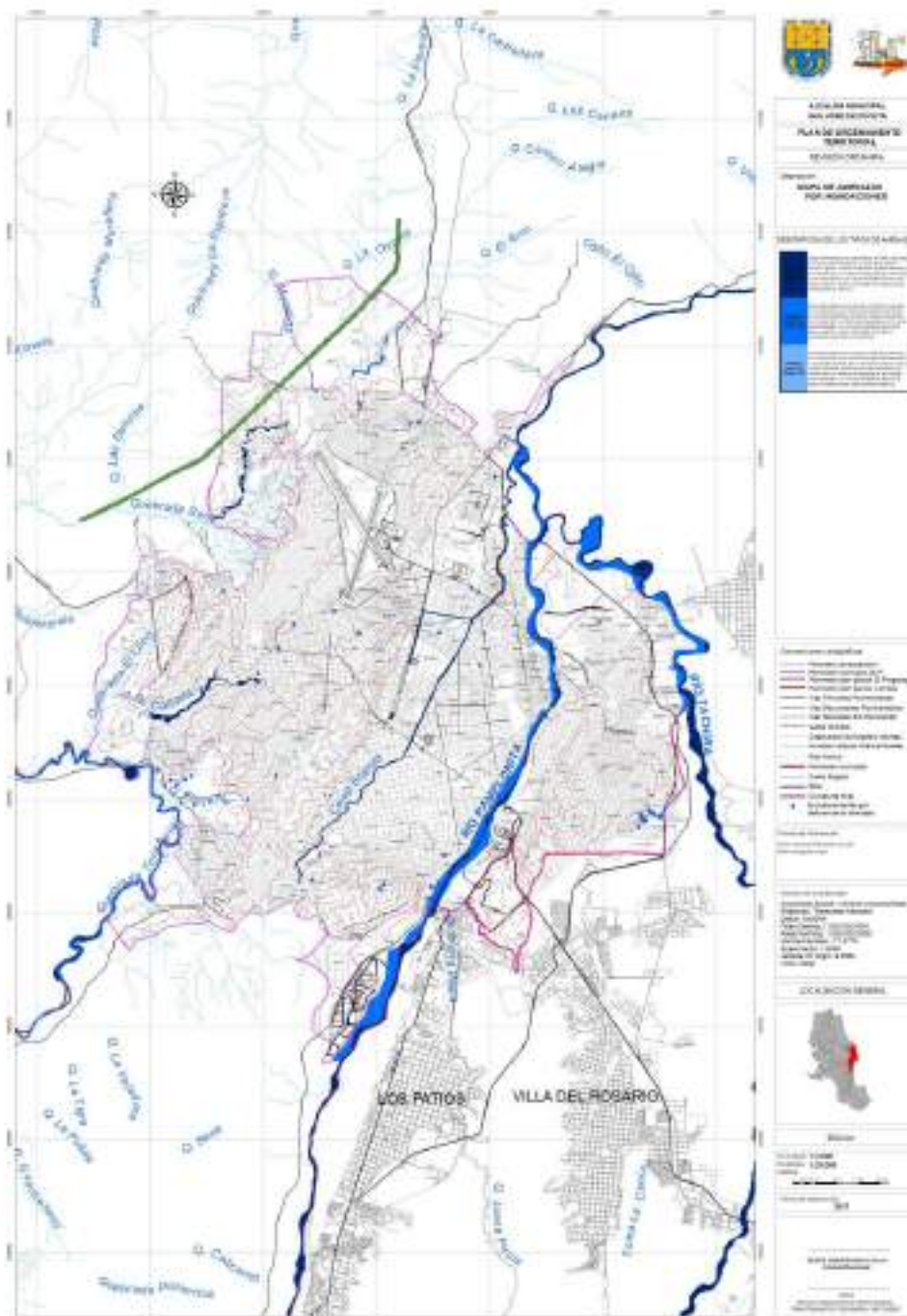
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

De acuerdo con el modelamiento realizado, en la amenaza por inundaciones para el área urbana y de expansión urbana del Municipio de Cúcuta, se clasifican 317.82 Ha de amenaza alta por inundación, las cuales representan el 3.84% del área de estudio, estas zonas corresponden a geoformas de influencia directa de los principales afluentes del Municipio, y en las cuales se han presentado históricamente registros de inundaciones.

Las zonas de amenaza media presentan eventos poco recurrentes de inundaciones, o una influencia no tan directa de los cauces principales; estas corresponden al 4.39 % del territorio. Esta amenaza se encuentra directamente relacionada con la elevación de los índices de precipitación, los cuales aumentan los caudales de los drenajes principales, secundarios e intermitentes, permitiendo invadir las llanuras de inundación de cada uno en los sectores de pendientes planas.



Mapa 10. Amenaza por inundaciones para el casco urbano del Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017





1.2 CONDICION DE AMENAZA

De acuerdo con el artículo 2.2.2.1.3.2.1.4 del decreto 1077 de 2015 *“Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo. La identificación de estas áreas se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta y media sin ocupar en los estudios básicos con aquellas que se consideren como objeto de desarrollo. En todo caso el desarrollo de las zonas de amenaza media y alta sin ocupar quedará sujeto a los resultados de los estudios detallados. Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis en las áreas que serán objeto de estudios detallados.”*

La zonificación de estas áreas se puede observar en el mapa de áreas en condición de amenaza en la siguiente página.

Los barrios que se encuentran dentro de estas zonas corresponden a el barrio Antonia Santos, Tucunaré, La Ermita, Camilo Daza, El Progreso, Virgilio Barco, El Salado, El Cerrito, Alto Pamplonita, Santa Teresita, San Mateo, Bogotá, sectores del barrio Boconó, Caño Fistolo, San Rafael, Cuberos Niño, Alfonso López, Santo Domingo, Palmeras, Doña Nidia y los barrios que tienen lugar en Cerro Atalaya como lo son Cundinamarca, Los Alpes, La Cruz, La Victoria y demás.





Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las medidas a tener en cuenta para estas zonas definidas en condición de amenaza se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 52. Condicionantes de amenaza por movimientos en masa para el área urbana del municipio de San José de Cúcuta.

CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA	
CONDICIONANTES	AMENAZA ALTA POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONOCIMIENTO	1) Los Predios para las zonas de amenaza alta y media deberán Desarrollar estudios detallados de AVR, implementado medidas de mitigación y plan de monitoreo de las obras proyectadas.
	2) La Secretaria de Planeación deberá Desarrollar un sistema de información Geográfico de Gestión del Riesgo.
	3) Desarrollar estudios de A.V.R. de las instalaciones Institucionales y Dotacionales del municipio como centros de salud, escuelas y/o colegios, estación de bomberos y estaciones de Policía y equipamientos o infraestructura de Servicios.
	4) La Administración municipal creara una oficina o Departamento de Gestión del riesgo con las tres componentes de la ley 1523 de 2012.
	5) La Administración municipal Desarrollara el Plan de Emergencias del municipio de San José de Cúcuta.
	6) Evaluar los efectos locales del suelo de acuerdo con las características geotécnicas y geológicas de cada sitio.
	7) La Secretaria de Planeación Municipal Desarrollara un inventario de las actividades mineras e industriales en las zonas alledañas del área de estudio, con el fin de evaluar los riesgos potenciales de cada una de estas actividades.
REDUCCION	1) El municipio Desarrollara obras de control de drenaje para las zonas de ladera o taludes.
	2) Desarrollar estructuras de soporte o estabilización para las zonas de pendientes abruptas con procesos de movimientos masa activo.
	3) Planeación municipal Desarrollara un plan de Mejoramiento Integral de Barrios a los predios ubicados en zona de amenaza alta por movimientos en masa.
PREVENCION Y ATENCION DE DESASTRES	1) El Municipio Implementara una red de monitoreo de inclinómetros y piezómetros en la zona de deslizamientos activos y áreas catalogadas como zonas de amenaza alta por M.M que sea administrado por el grupo técnico del consejo municipal de Gestión del riesgo.
	2) Se solicita a todos los urbanizadores póliza de estabilidad y calidad para los urbanizadores que de acuerdo con sus estudios AVR deban implementar obras de estabilidad, control de erosión y mitigación.
	3) Formular los Planes de emergencias y contingencias o de procedimientos de acuerdo con los niveles de alerta.
	4) Desarrollar un Manual para inspección de edificaciones para antes y después de un desastre.
	5) Desarrollar un manual para la construcción de edificaciones de vivienda de interés prioritario y social.
	6) El desarrollo y fortalecimiento institucional mediante un sistema de monitoreo de inclinómetros y piezómetros para la zona alta del municipio.
	7) Generar procesos de Capacitación mediante información pública y campañas de difusión a los diferentes gremios del municipio.
CONDICIONANTES	AMENAZA MEDIA POR MOVIMIENTOS EN MASA
	1) Desarrollar un sistema de información Geográfico de Gestión del Riesgo.
	2) Desarrollar estudios de A.V.R. de las instalaciones Institucionales y Dotacionales del municipio como centros de salud, escuelas y/o colegios, estación de bomberos y estaciones de Policía y equipamientos o infraestructura de Servicios.
	3) La Administración municipal creara una oficina o Departamento de Gestión del riesgo con los tres componentes de la ley 1523 de 2012.



CONOCIMIENTO	4) Desarrollar el Plan de Emergencias del municipio de San José de Cúcuta.
	5) Evaluar los efectos locales del suelo de acuerdo con las características geotécnicas y geológicas de cada sitio.
REDUCCIÓN	1) Desarrollar medidas no estructurales mediante la organización para atención de emergencias mediante procesos sensibilización y socialización de las amenazas naturales del municipio de San José de Cúcuta.
	2) Desarrollar procesos de participación comunitaria y la gestión a nivel local a cada Junta de Acción comunal.
	3) Desarrollar un manual para la construcción de edificaciones de vivienda de interés prioritario y social.
	4) Implementar en una catedra en la educación formal del municipio.
PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES	1) Se solicita a todos los urbanizadores póliza de estabilidad y calidad para los urbanizadores que de acuerdo con sus estudios AVR deban implementar obras de estabilidad, control de erosión y mitigación.
	2) Formular los Planes de emergencias y contingencias o de procedimientos de acuerdo con los niveles de alerta.
	3) Desarrollar un Manual para inspección de edificaciones para antes y después de un desastre.
	4) Se recomienda que en este tipo de zonas se realice un manejo y uso adecuado de aguas lluvias mediante un sistema de alcantarillado pluvial que evite la ocurrencia de procesos morfodinámicos y conserve las actuales condiciones de estabilidad.
	5) Desarrollar un proyecto de alinderamiento de las zonas de ronda hídrica del municipio y adquisición de predios mediante instrumentos de gestión y planificación.
CONDICIONANTES	AMENAZA MEDIA POR MOVIMIENTOS EN MASA
CONOCIMIENTO	1) Desarrollar Estudios detallados de alcantarillados Pluviales
	2) Desarrollar Estudios de un Plan de Control de Erosión para los Sectores o Barrios Críticos
	3) Desarrollar Estudios De Inventario de Vivienda sobre Asentamientos Subnormales
REDUCCION	1) Todos los proyectos urbanísticos cuya implantación urbanística presenta zonas de drenajes o ronda hídrica deberán desarrollar los respectivos estudios detallados de A.V.R. por inundación con el fin de establecer las zonas de aislamientos y medidas de mitigación a implementar previo a cualquier proceso de licenciamiento urbanístico.
	2) Desarrollar un proyecto de alinderamiento de las zonas de ronda hídrica del municipio y adquisición de predios mediante instrumentos de gestión y planificación.
PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES	1) Se recomienda que en este tipo de zonas se realice un manejo y uso adecuado del suelo que evite la ocurrencia de procesos morfodinámicos y conserve las actuales condiciones de estabilidad.
	2) Todos los proyectos urbanísticos deben desarrollar los estudios geotécnicos de acuerdo con la Norma Sismorresistente.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.3 CONDICIÓN DE RIESGO

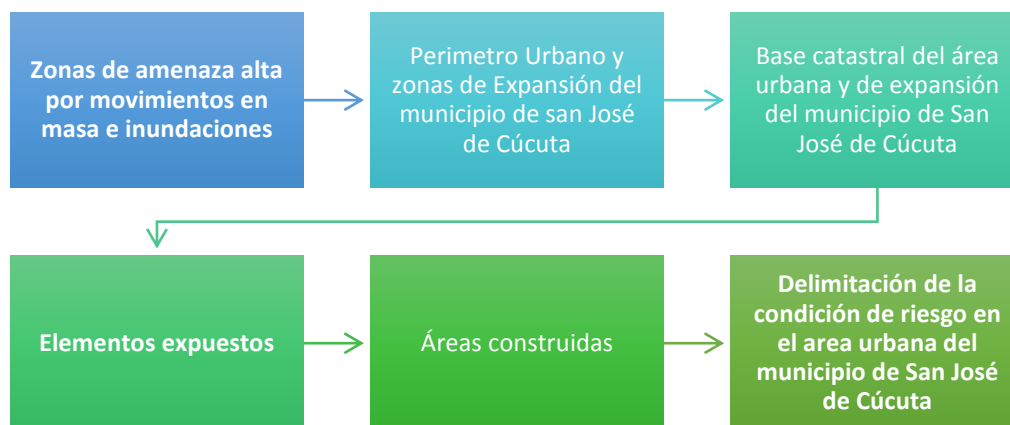
Conforme a lo descrito en el decreto 1807 de 2014, en el que se define la delimitación de las áreas de condición de riesgo como: *“La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales”*.





Por lo anterior, se tomaron las zonas de amenaza alta por movimientos en masa e inundaciones y se interpolaron con la base catastral disponible del POT del 2012 del área urbana y de expansión del municipio de San José de Cúcuta; donde se establecieron los elementos expuestos a dichas amenazas y posteriormente se estableció la condición de riesgo.

Gráfica 225. Metodología para la delimitación de las áreas en condición de riesgo del área urbana del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.3.1 Análisis de los elementos expuestos

Los elementos expuestos a zonas de amenaza alta por movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de San José de Cúcuta corresponden a las viviendas y vías ubicadas en los barrios construidos en cercanías o sobre el escarpe oeste de la terraza de Atalaya, el escarpe oeste y este del Cerro de San Luis, al norte en los barrios de Virgilio Barco y alrededores, al margen este del cerro Jesús Nazareno, sobre los depósitos de ladera al oeste del aeropuerto, al sur en la zona montañosa de San Rafael, entre otros. Los fenómenos de remoción en masa detonados por intensas lluvias son los que más impactan a la región; las inundaciones lentas por algunas corrientes fluviales también son apreciable consideración, aunque con mucha menos proporción que los fenómenos de remoción en masa. Mención aparte merecen los continuos encharcamientos en las áreas de planas y moderadamente planas de la ciudad por causa de la deficiencia del alcantarillado pluvial, los puntos críticos de estos encharcamientos fueron localizados en el mapa de amenazas que acompaña como anexo a este documento.

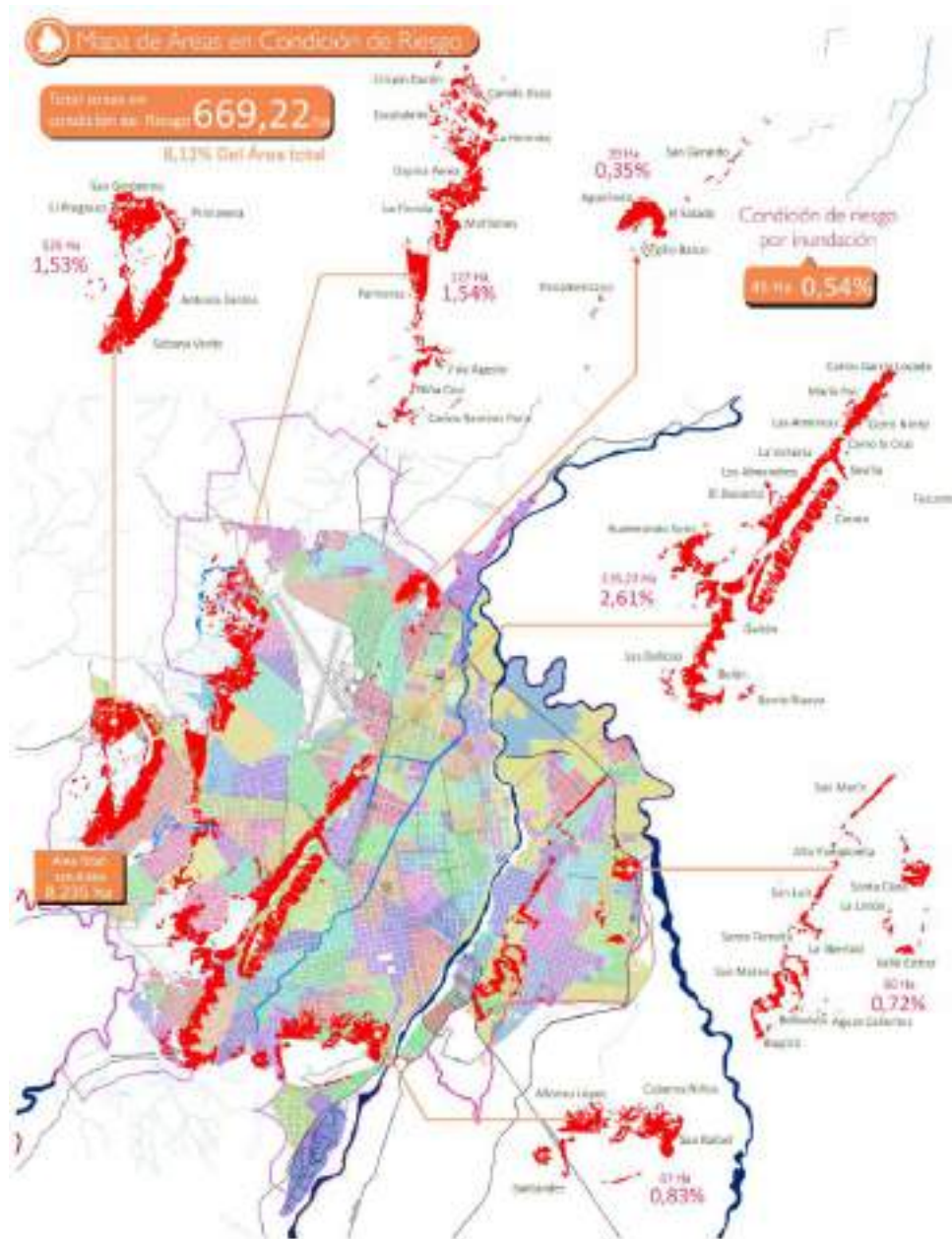
1.3.1.1 Zona del cerro san luis.

En este sector se encuentran expuestas las viviendas y vías de los barrios Bogotá, San Mateo, San Fernando, Santa Teresita, Alto Pamplonita, San Martín, El Higuierón, 13 de marzo, Caño Fístolo,



Santa Clara, Boconó, Santa Ana, Policarpa y Bellavista; que se encuentran en cercanías a las zonas de escarpe de esta expresión fisiográfica o en zonas con procesos morfodinámicos activos. Dentro de los elementos identificados también se encuentra la Escuela oficial San Mateo NY 26.

Mapa 12. Mapa de áreas en condición de riesgo. Los elementos expuestos a riesgo se concentran en los sectores sur y oeste de la ciudad. En menor proporción se encuentra afectado el norte y es este del área urbana del municipio. Los barrios afectados aparecen mencionados en el mapa.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017





1.3.1.2 Zona del rio pamplonita.

Esta zona presenta exposición a zonas de amenaza alta por inundaciones asociada a los cursos del río Pamplonita y el canal Bogotá, en donde se encuentran expuestas los tramos de las vías que cruzan estos drenajes, como lo son la Avenida O, Diagonal Santander, Puente San Luis, Puente la Gazapa, la calle 55N, la Avenida Guaimaral y las demás calles que atraviesan el canal Bogotá.

1.3.1.3 Zona del cerro atalaya

Esta zona presenta la mayor exposición a la amenaza alta por movimientos en masa, viéndose expuestas las viviendas y vías de los barrios Rudesindo Soto, 28 de febrero, El Desierto, Arnulfo Briceño, La Victoria, Sevilla, Cerro Norte, Cerro La Cruz, María Paz, Colinas de La Victoria, Brisas del Corral de Piedra, Carlos García Lozada. En estas zonas también se encuentran las instituciones educativas Carlos R. Paris, Hombres Nuevos No. 60, Hombres y Mujeres nuevos de Pensamiento, San José Obrero, Liceo Monseñor Díaz, Escuela oficial Jesús Obrero y la escuela oficial Laura Vicuña.

1.3.1.4 Zona occidental del aeropuerto.

Resaltan las zonas expuestas del Barrio Tucunaré, La Florida, La Hermita, Buenos Aires, Camilo Daza, Crispín Duran y Escalabrini; además, de las escuelas oficiales de Tucunare Bajo, Gabriel García Márquez y la escuela oficial Urbana El Paraíso.

1.3.1.5 Zona del cerro jesús nazareno.

Las zonas expuestas por alta amenaza a la ocurrencia de eventos de movimiento en masa corresponden a las construcciones sobre el piedemonte del cerro, donde se incluyen viviendas y vías de los barrios Sabana Verde, Antonia Santos, La Primavera y El Progreso.

1.3.1.6 Zona del barrio doña nidia.

Esta zona comprende las zonas expuestas de los Barrios Palmeras y Doña Nidia, los cuales presentan alta amenaza por movimientos en masa; donde al sureste del barrio Doña Nidia, se encuentra la zona de expansión urbana, en la cual se localizan algunas viviendas (Gráfica 226).

Gráfica 226. Viviendas localizadas en zonas de amenaza alta al sureste del barrio Doña Nidia.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



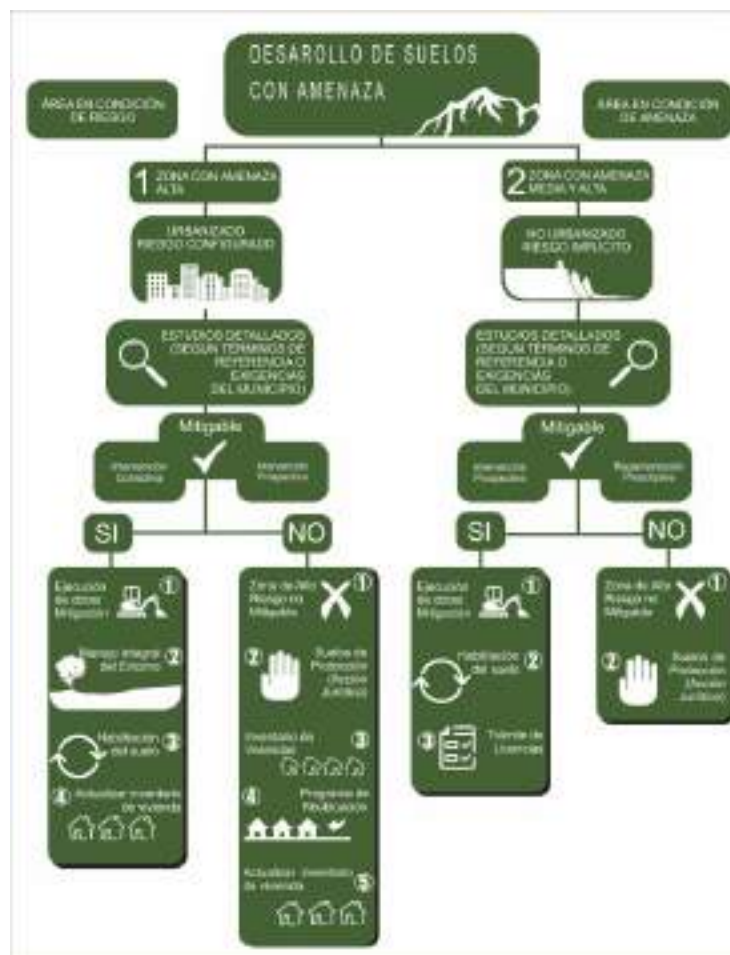
1.3.1.7 Zona sur.

Se encuentran expuestas viviendas y vías de los barrios Belén, Las Delicias, Cañaveral, Barrio Nuevo, La Aurora, Santander, Alfonso López, Cuberos Niños, Santo Domingo y San Rafael.

1.3.1.8 Suelos expuestos a amenazas

El desarrollo de los suelos expuestos a amenazas está condicionado a la elaboración de estudios detallados, los insumos, las escalas de detalle y las metodologías aceptadas son explicadas claramente en el decreto 1807 de 2014. La siguiente tabla presenta un flujograma de los pasos a seguir para el desarrollo de los suelos expuestos a amenazas según la normativa vigente.

Gráfica 227: Flujograma presentando los condicionamientos al desarrollo de los suelos expuestos a amenazas.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA 2017.:



Tabla 53. Programas en Gestión de Riesgo para el Municipio de San José de Cúcuta.

EJES	PROGRAMAS	PROYECTOS
Comprender el Riesgo	Gestión del Conocimiento	Los predios en Amenaza alta y media por M.M deberán Desarrollar estudios detallados de AVR
		Realizar estudios detallados por inundación en los sectores donde se delimiten y zonifiquen las categorías de riesgo con la determinación de aquellas zonas de riesgo alto que se consideren como mitigables y no mitigables y la definición de las medidas de intervención para el desarrollo de las zonas de riesgo mitigable.
		La Administración Municipal Realizar un inventario de las familias y predios localizados sobre zonas de amenaza alta.
		El Municipio Realizará un Inventario de la Tipificación de las Viviendas
		Capacitar y Socializar a los actores sociales protagónicos en la Gestión del Riesgo
		Para las zonas calificadas como de inestabilidad potencial dentro del perímetro Urbano, se hace necesaria una zonificación geotécnica con estudios definitivos como lo exige el Título H de la NSR-10, que comprende estudios de suelo y cartografía 1:500, con el objeto de identificar cuales áreas son aptas para el desarrollo del Municipio.
		Recuperar las áreas que queden desocupadas después de hacer efectivo el proceso de reasentamiento.
Fortalecer la Gobernanza del Riesgo ante los Desastres	Incorporación de las políticas Sectoriales mediante Instrumentos de control	Fijar y formular los lineamientos específicos para el control Urbano
		Desarrollar normas específicas para la construcción informal en la captación y enajenación
		Desarrollar un grupo elite interinstitucional (Fiscalía, alcaldía y CORPONOR)
		Incorporar Normas específicas para la construcción sobre las laderas del Municipio.
Obras Propuestas para el Municipio de San José de Cúcuta	Obras Geotécnicas propuestas	Implementación de canaletas superficiales para el control de los niveles superficiales de escorrentía sobre las zonas de confluencia del flujo superficial y para la recolección de las aguas de los drenes de penetración.
		Realizar canaletas disipadoras en concreto reforzado, para la entrega segura de los niveles de aguas superficiales y las provenientes de los drenes.
		Implementación de baterías de drenes de penetración horizontal, para la recolección de los niveles freáticos dentro del suelo. Estos se ubican estratégicamente sobre las áreas de mayor flujo subterráneo.
		Alcantarillado Pluvial para el manejo de las aguas de escorrentía
		Muro en concreto lanzado con pernos y malla triple torso para los talud.
Plan de Vulnerabilidad y Riesgo	Análisis, Reducción de la Vulnerabilidad y riesgos por afluencia masiva de público	Evaluación de riesgo sísmico por influencia masiva de público en establecimientos institucionales o dotacionales
		Diseño, edición y distribución del manual de construcción de viviendas de interés prioritario urbana.
		Adecuación funcional de escenarios deportivos y culturales con la norma NSR-10
		Divulgación pública sobre vulnerabilidad en eventos masivos.
Reducción del Riesgo	Inspección, seguimiento y control para la prevención de desastres	Inspección, seguimiento y control a suelos de protección
		Implementación de un sistema de red hidrometeorológico mediante sensores remotos, estaciones climatológicas completas y miras limnimétricas al igual que correntómetros
		Implementar una red de piezómetros e inclinómetros sobre las laderas o movimientos en masa activos en la zona del Municipio mediante un sistema de sensores remotos.
Invertir en la Reducción de	Reducción del Riesgo (medidas)	Desarrollar un plan de Mejoramiento de Vivienda
		Formular el Plan de Reducción de obras y Control de Erosión



Desastres para la Resiliencia	estructurantes) y (medidas no estructurantes)	Establecer un Plan de Acción y ejecución de medidas de reducción
		Crear un equipo o departamento Técnico
		Crear un sistema de red para los fallamientos geológicos
		Implementación de una red de monitoreo de inclinómetros y piezómetros de sismógrafos
Atención y Prevención de Desastres	Plan de Atención y Prevención de Desastre	Desarrollar Simulacros para en formas de evacuación y atención
		Socialización y Capacitación
		Identificación de las viviendas en condición de ruinas y desastres
Respuesta a Desastres y Emergencias	Capacitación, construcción, Fortalecimiento y entrenamiento interinstitucional para la respuesta ante emergencia	Implementación de cursos de capacitación.
		Capacitación en funciones de respuesta y coordinación ante emergencia.
		Entrenamiento a nivel institucional, Juntas de Acción Comunal, municipal, intermunicipal.
		Diseño, construcción y operación del centro de capacitación y entrenamiento para la respuesta ante emergencia la defensa civil.
		Implementación de centros municipales de despacho y coordinación de servicios de emergencia.
		Construcción de albergues municipales para atención en casos de emergencia.
		Conformación de centros de reserva.
		Preparación y formación de personal para la evaluación de daños en caso de sismos críticos
Preparación para la Recuperación Post Desastre	Preparación para la evaluación de daños	Formulación de una Metodología para la evaluación de daños.
		Preparación de personal para la evaluación de daños.
	Preparación para la rehabilitación	Conformación de redes de apoyo para la rehabilitación de servicios públicos.
		Reserva de terrenos y diseño de escombreras.
Preparación para la reconstrucción	Preparación para la recuperación de vivienda a nivel municipal.	
	Preparación para la recuperación psicosocial.	

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

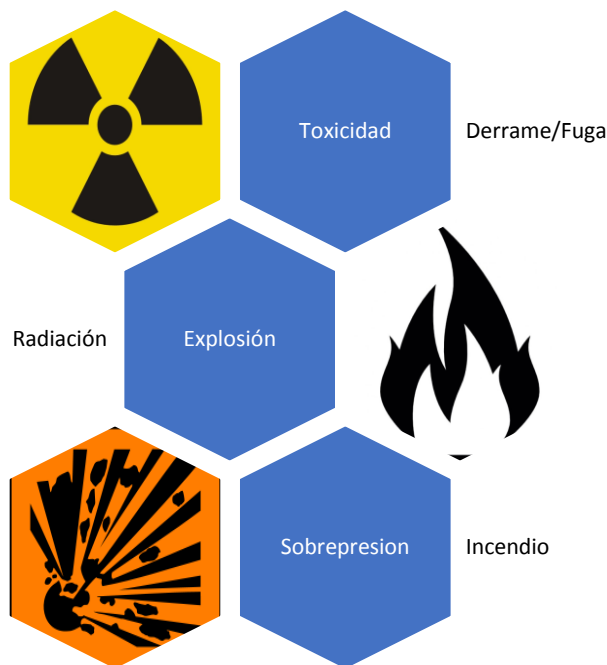
1.3.1.9 Riesgo tecnológico

El riesgo tecnológico es aquel generado durante el funcionamiento de cualquier actividad que suponga consecuencias importantes para las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, dentro o fuera de la instalación, incluidos aquellos que sobrepasen la capacidad de respuesta interna o los que requieran la intervención de dos o más entidades del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres por lo general representa pérdidas potenciales por daños, interrupción, alteración o fallas en el funcionamiento u operación, derivadas del uso o dependencia de equipos, sistemas de distribución, productos, sustancias químicas o biológicos y demás componentes de la tecnología, originados en sucesos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación.

Los sectores que presentan mayor riesgo tecnológico en sus operaciones son el sector minero, energético y de telecomunicaciones



Gráfica 228: Eventos que se pueden presentar por riesgo tecnológico.



Fuente:

Se excluye del alcance del riesgo tecnológico:

- Riesgo asociado con seguridad informática. Solo se tiene en cuenta las instalaciones operativas.
- Los establecimientos instalaciones o zonas de almacenamiento militar.
- Riesgos asociados a las radiaciones ionizantes con origen en sustancias.
- Las armas o agentes de destrucción masiva, por tratarse de competencia de la defensa nacional.
- Los riesgos asociados a agentes biológicos, con excepción de las instalaciones operativas.

1.3.1.9.1 Factores de riesgo

- Deficiencia en los materiales de construcción de las instalaciones.
- Deficiencias tecnológicas en los instrumentos de operación.
- Uso de sustancias químicas peligrosas.
- Fallas en la operación.
- Factor humano.
- Fenómenos naturales.
- Actores externos



1.3.1.9.2 Severidad de los efectos en los eventos tecnológicos.

El efecto de un evento tecnológico se potencializa por lo siguiente:

- Clasificación de peligrosidad de sustancia química.
- Cantidad de sustancia química comprometida.
- Condiciones de operación.

1.3.1.9.3 Severidad de los efectos clasificación de peligrosidad.

Sustancia Peligrosa: Aquella que, por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal, a los bienes y/o al medio ambiente.

Toxicidad: Capacidad de una sustancia de ser letal en baja concentración o de producir efectos tóxicos acumulativos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos. Ej. Cianuros, Sales de metales pesados.

Patogenicidad: Capacidad de un organismo y/o agente patógeno de producir enfermedades infecciosas en seres humanas y en animales susceptibles. Ej. Virus y hongos.

Radiactividad: Fenómeno físico natural, mediante el cual algunas sustancias, elementos y compuestos químicos emiten radiaciones electromagnéticas o corpusculares del tipo ionizante. Ej. Uranio, Carbono 14 y Torio 23.

Inflamabilidad: Capacidad de una sustancia para iniciar combustión provocada por la elevación local de la temperatura. Este fenómeno se transforma en combustión propiamente tal cuando se alcanza la temperatura de inflamación. Ej. Gasolina, benceno y Nitroglicerina en alcohol.

Corrosividad: Proceso de carácter químico causado por determinadas sustancias que desgastan a los sólidos o que pueden producir lesiones más o menos graves a los tejidos vivos. Ej. Ácidos y cáusticos.

Reactividad: Potencial que tienen algunas sustancias para reaccionar químicamente liberando en forma violenta energía y/o compuestos nocivos, ya sea por combinación con otras sustancias, descomposición, detonación o polimerización. Ej. Potasio, Acetaldehído y Óxido de Etileno.

1.3.1.9.4 Normativa

El Riesgo Tecnológico se normaliza mediante la Resolución 1770 del 2013, por la cual se crea y conforma la Comisión Técnica Nacional Asesora de Riesgos Tecnológicos (CNARIT). También por el artículo 82 de la ley que indica que todos los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones están obligados a permitir el acceso y uso de sus redes e infraestructuras al operador que lo solicite en forma inmediata con el fin de atender las necesidades relacionadas con





los motivos de declaratoria de situación de desastre para garantizar la continuidad en la provisión de los servicios y redes de telecomunicaciones.

1.3.1.9.5 Normativa de las franjas y zonas de protección.

Según el acuerdo No 089 de 2011. que adoptó una modificación excepcional al plan de ordenamiento territorial del municipio de San José de Cúcuta se establecen anchos de franja para infraestructura eléctrica, petrolera y de acueducto y alcantarillado de la siguiente forma:

- Líneas de transmisión eléctrica (500 KV.) 64 metros.
- Líneas de transmisión eléctrica (220 KV.) 32 metros.
- Líneas de transmisión eléctrica (110 kv.) 20 metros
- Líneas de transmisión eléctrica (14.5 y 34 kv.) 10 metros
- Infraestructura petrolera (oleoductos, gasoductos y poliductos) 20 metros.
- Línea Matriz de conducción de acueducto 10 metros
- Línea Matriz de conducción de alcantarillado (colectores) 10 metros.

Los suelos próximos a las obras descritas tendrán una categoría de manejo especial dentro de la franja señalada, mientras que el área restante deberá dedicarse al uso que se haya adjudicado en la zona respectiva dentro del Plan de Ordenamiento Territorial.

Tabla 54: Usos para el suelo en las franjas de derecho de vía de obras

Uso principal	Manejo y función ambiental
Usos complementarios	Rehabilitación ecológica, conservación y protección de suelos, agua y recursos asociados
Usos restringidos	Agricultura tradicional sostenible, ganadería extensiva, silvopastoril, infraestructura necesaria para el desarrollo del uso principal y los complementarios
Usos Asignados	

Fuente: Acuerdo 089 de 2011, Artículo 69.

1.3.1.9.5.1 Franjas sobre las líneas de transmisión de energía.

1.3.1.9.5.1.1 Distancias del ancho de la zona de servidumbre en líneas de transmisión.

En la normativa que se implementó en el acuerdo 089 del 2011 en su artículo 69 se contempla un ancho de franja de derecho de vía para líneas de transporte de energía eléctrica de 64 metros para



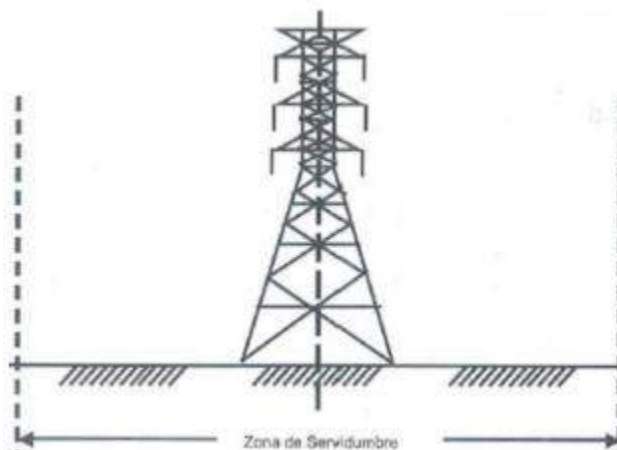
500 kV, de 32 metros para 220 kV, de 20 metros para 110 kV y de 10 metros para 14.5 y 34 kV. Esta reglamentación concuerda con los parámetros de diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02 aprobado en el 2015; donde todas las líneas transporte y distribución de energía eléctrica deben tener una zona de seguridad o derecho de vía con la finalidad de prevenir inducciones eléctricas, afectaciones electromagnéticas con el entorno y facilitar la operación y el mantenimiento. Según esto, las distancias de la zona de servidumbre se establecen a continuación:

Tabla 55: Ancho de las zonas de servidumbre para líneas de transmisión presentado según los Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. 2015. * La distancia del ancho de servidumbre para redes de 7.62, 13.2 y 34.5 kV es sugerida por CENS para redes rurales, a fin de preservar la seguridad, el aislamiento y facilitar el mantenimiento de la línea.

TIPO DE ESTRUCTURA	TENSIÓN (kV)	ANCHO MINIMO (m)
Torres	500	60
Torres	220/230 (2 circuitos)	32
	220/230 (1 circuito)	30
Postes	220/230 (2 circuitos)	30
	220/230 (1 circuito)	28
Torres	110/115 (2 circuitos)	20
	110/115 (1 circuito)	20
Postes	110/115 (2 circuitos)	15
	110/115 (1 circuito)	15
Torres/Postes	57,5/66	15
Postes	34,5/13,2/7,62	10*

Fuente: CENS-EPM 2015

Gráfica 229: Ancho de zona de servidumbre tomado de los Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. Aprobado 2015



Fuente: CENS-EPM 2015



Para las líneas de transmisión con tensión menor o igual a 500 kV que crucen con zonas urbanas e industriales y no puedan cumplir con el ancho de servidumbre de la Tabla 55 se aceptará la construcción de la línea siempre y cuando el POT vigente a la planeación del proyecto lo permita, se realice un estudio de aislamiento que demuestre que no hay riesgo para las personas o bienes de las edificaciones involucradas, las mediciones de campos electromagnéticos para público en general no superen los valores de la Tabla 2, los valores de radio interferencia y ruido acústico no superen los valores establecidos por la autoridad competente y si se cumplen las distancias mínimas horizontales entre el conductor y la edificación de 3.5 m para 57.5 kV, 4 m para 115 kV, 6 m para 230 kV y 8.6 m para 500 kV teniendo en cuenta los máximos movimientos de acercamiento a la edificación que pueda tener el conductor, estas distancias se deben medir entre la proyección vertical más saliente del conductor y el punto más cercano de la edificación.

Tabla 56: 57 Valores límites de exposición a campos Electromagnéticos, umbrales establecidos por la ICNIRP. Tomado de los Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. Aprobado 2015.

TIPO DE EXPOSICION	INTENSIDAD DEL CAMPO ELECTRICO (kV/m)	DENSIDAD DE FLUJO MAGNETICO (mT)
Ocupacional en una jornada laboral de ocho horas	8,3	1
Del público en general de hasta ocho horas continuas	4,16	0,2

Fuente: CENS-EPM. Parámetros de Diseño de Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P bajo la norma CNS-NT-02. Aprobado 2015.

1.3.1.9.5.1.2 Franjas de líneas gasoducto.

Según el acuerdo 089 de 2011, en su artículo 69 se reglamenta un ancho de franja de derecho de vía para Infraestructura petrolera (oleoductos, gasoductos y poliductos) el cual se determinó en 20 metros. Actualmente, la empresa Promotora de Gases del Sur es la encargada de transportar el gas natural por el gasoducto Sardinata – Cúcuta (Norte de Santander); para esta labor se cuenta con un gasoducto en construcción de 4" de diámetro nominal en acero, construido por el derecho de vía de la carretera departamental, intervención de vías públicas, privadas, y servidumbre privada, con longitud de 62.2 Kilómetros. Para el control y bloqueo del gasoducto se cuenta con una serie de válvulas de corte de 4" tipo bola Trunion para brindar seguridad y bienestar a la comunidad.

El Gasoducto Sardinata - Cúcuta está localizado por vías públicas rurales, y servidumbre privada, La jurisdicción o influencia del trazado del Gasoducto inicia en el Punto de Salida Ecopetrol S.A en la vereda Campo Giles, jurisdicción del municipio de Tibú, continuando por la vereda de Miraflores del municipio de Sardinata Norte de Santander, la influencia del gasoducto continúa por el sector de San Miguel del municipio de Tibú, continuando hasta el cruce de vía departamental; de la misma manera se prevé la construcción por servidumbres privadas, hasta la ocupación de la vía pública rural en la vereda la Hortencia del municipio de Cúcuta, el gasoducto realizará el cruce de la vía pública en la vereda Agualasal jurisdicción del municipio de Cúcuta, trasladándose por





servidumbre privada hasta llegar al sector de Asonaranjo, se prevé la realización de cruces de canales y vías del distrito de riego de Asozulia en las veredas de Agualasal, Pedregales y Vega del Potro, hasta llegar a la utilización de vía pública en las veredas Vega del Potro, Campo Hermoso, Patillales, jurisdicción del municipio de Cúcuta. El trazado del gasoducto atraviesa tres afluentes de agua de considerable caudal que son el río San Miguel, el río Sardinata y el río Zulia.

- Especificaciones del Gaseoducto:

Tabla 58: Especificaciones técnicas del Gaseoducto Sardinata-Cúcuta

Diámetro	4"
Longitud	66.2 km
Tubería	Acero API 5L GRADO X42 SCH.40
Departamentos	Norte de Santander
Propietario	Progasur
Operador	Progasur
Espesor Promedio	0.237" SCH.40
Recubrimiento	FBE 100%
Accesorios	ANSI 600
Sistema Telemetría	Monitoreo desde el CPC
Normas	NTC 3728, API, ANSI/ASME B 31.8
Presión de Operación	1200 PSI
Presión Máxima de Operación	1440 PSI (Accesorios ANSI 600)
Capacidad de Transporte	4.637 KPCD
Servidumbre	----
Población Beneficiada Actual	120.401

Fuente: PROGASUR (<https://www.progasur.com.co>)

- Funcionamiento del Gasoducto.

Para el control y bloqueo del gasoducto se cuenta con Cuatro (4) válvulas de bola de 4" de diámetro ANSI 600, y Tres (3) Estaciones. En la actualidad el Gasoducto Campo Sardinata - Cúcuta, se conecta a la Planta de Gas Sardinata - Ecopetrol, en jurisdicción del municipio de Tibú Norte de Santander.

- Amenazas a la comunidad(<https://www.progasur.com.co>) :
 - Fuga de gas.
 - Explosión.
 - Incendio.
 - Impacto sonoro.

Los daños por terceros constituyen una amenaza muy alta con una alta probabilidad de ocurrencia de daños, por consiguiente, se constituye un riesgo muy alto de afectación a la infraestructura y al mismo tiempo, de afectación a las comunidades aledañas.



- **Radio de impacto (RIP)**

La franja de seguridad la cual está basada en el radio de impacto potencial máximo que la norma NTC 5747 establece así: el Radio de Impacto Potencial (RIP): El radio de un círculo dentro del cual una fuga potencial o una rotura de un ducto podría tener impactos significativos por radiación sobre el entorno, las personas o la propiedad.

$$r=0.69*d*vp$$

En donde:

d: diámetro externo del tubo, en pulgadas

p: máxima presión de operación permisible (MPOP) para el segmento evaluado, en psig

r: radio de impacto potencial por radiación en pies

Para el Gasoducto Sardinata (Campogiles) – Patillales (Cúcuta) que tiene un diámetro de 4” y una máxima presión en operación de 1440 PSI. Generaría una franja de seguridad de 31,46 m

La franja de seguridad se debe dividir en dos componentes que sumados sean inferior a 44 metros, uno de proximidad en donde se limite severamente las construcciones en esta zona (derecho de vías), y la otra que conforma una franja de seguridad.

1.3.1.9.5.1.3 Franja paso del oleoducto caño limón - coveñas

La normativa que regula y establece las condiciones generales en la infraestructura de transporte de Hidrocarburos se basa en las normas dispuestas en la ley 1523 de 2012 en concordancia con lo dispuesto en la ley 388 de 1997 tal como:

- Existencia de amenazas y riesgos presentes en el municipio e identificados en el POT.
- Identificación de condiciones de amenaza sobre infraestructura de transporte asociadas a condiciones externas a su operación, tales como construcciones, cultivos, estructuras lineales, etc.
- Medidas técnicas de manejo de amenazas y riesgos municipales.
- Instrumentos e instituciones asociados a la estrategia de gestión del riesgo o si estos se encuentran previstos a futuro.
- Medidas Urbanísticas asociadas al manejo de las amenazas y riesgo, tales como identificación de zonas no urbanizables, prohibición de construcción de edificaciones, limitaciones al uso del suelo, etc.

El acuerdo 089 de 2011 establece una franja para la Infraestructura petrolera (oleoductos, gasoductos y poliductos) de 20 metros. Los suelos próximos a las obras descritas tendrán una categoría de manejo especial dentro de la franja señalada, mientras que el área restante deberá dedicarse al uso que se haya adjudicado en la zona respectiva dentro del Plan de Ordenamiento Territorial.

La disposición, con base en la normativa anteriormente descrita, es de incluir el ancho de la franja de derecho de vía de 20 metros del paso del oleoducto Caño Limón – Coveñas, por las zonas de





expansión urbana y zona rural del Municipio de San José de Cúcuta como zona de amenaza, para así incorporarlo al ordenamiento territorial del municipio.

La infraestructura de transporte de hidrocarburos presente en el municipio de Cúcuta está compuesta por los siguientes elementos:

- Oleoducto Caño Limón - Coveñas.

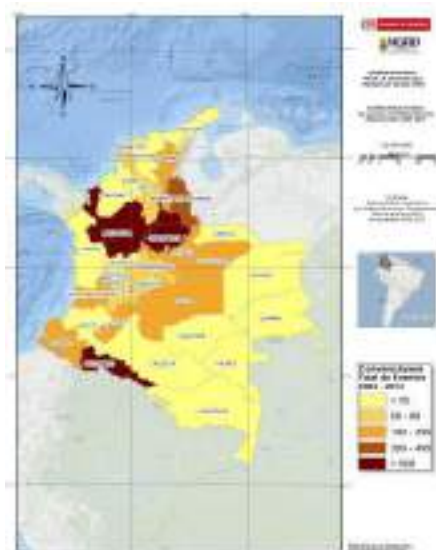
El sistema presente en el municipio tiene una longitud aproximada de 59,6 km e ingresa por el suroccidente desde el municipio de San Cayetano y transcurre hacia el norte al municipio de Tibú, en su recorrido cruza el área de expansión urbana al costado norte, cerca de la pista del aeropuerto Camilo Daza, así como suelos de expansión del municipio y algunas áreas de desarrollo informal.

El paso del oleoducto por el área urbana se caracteriza por la cercanía del asentamiento Paz y Progreso el cual ha venido creciendo con el tiempo y se acerca cada vez más al derecho de vía del oleoducto, así mismo, se destaca el paso por el suelo de expansión del municipio, en el cual ya se han venido urbanizando predios entorno al ducto con el desarrollo de obras viales y de redes que intervienen los derechos de vía.

1.3.1.9.5.2 Panorama del riesgo tecnológico por manejo de hidrocarburos

Según eventos registrados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, en actividades que manejan hidrocarburos, Norte de Santander se encuentra en el rango de 300 a 499 eventos tecnológicos asociados al manejo de hidrocarburos durante el periodo 2008 al 2013.

Mapa 13: Mapa de eventos tecnológicos por manejo de hidrocarburos. Según la Autoridad Nacional de Licencias ambientales ANLA. Norte de Santander del 2008 al 2013 presentó de 300 a 499 eventos.



Fuente: ANLA. 2013



1.3.1.9.5.3 Conos de aproximación de los aeropuertos camilo daza y base militar de la trigésima brigada.

Según el documento guía de uso de suelos, en áreas aledañas a aeropuertos de la Aeronáutica Civil del 23 de febrero de 2009, indica que la autoridad gubernamental en ejercicio de su autonomía de promover el ordenamiento de su territorio y la planeación urbana, debe tener en cuenta los aspectos técnicos y específicos que conllevan la operación y funcionamiento de los aeropuertos y las localidades donde se encuentran ubicados, tales como ruido aeronáutico, plan de zonificación en función del ruido, zonas de incomodidad sonora, áreas de protección al vuelo, restricción y eliminación de obstáculos, focos de atracción de aves y las delimitaciones en cuanto al uso de suelo en las zonas aledañas a los aeropuertos.

1.3.2 Cambio climático en la gestión del riesgo

El cambio climático es un fenómeno natural que ha sido modificado acelerado y alterado por la acción del hombre en las últimas décadas. Afecta a todo el planeta de diferentes formas y en diferente intensidad sin importar qué sociedad o sociedades son las que han contribuido a la alteración de los procesos del medio ambiente directa o indirectamente, siendo así que en muchos casos las comunidades localizadas en zonas tropicales son afectadas y azotadas por veranos secos largos y calurosos un año e inviernos con niveles de pluviosidad muy elevados que pueden arrasarse comunidades enteras el año siguiente, y al mismo tiempo estos países no contribuyen de forma tan crítica al cambio climático como si lo hacen la mayoría de países del primer mundo que por lo general no se ubican en estas zonas tropicales

Para hacer frente al cambio climático se han venido creando organismos internacionales como:

- **La Convención Marco De Las Naciones Unidas De Cambio Climático**
- **El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático**
- **La Conferencia De Las Partes**
- **El Protocolo de Kioto**, El Protocolo divide las partes en dos: los países desarrollados que tienen la obligación de mitigar (países anexo 1) y los países en vía de desarrollo que tienen la obligación periódica de informar sobre el estado de sus emisiones (países no anexo 1) (Gráfica 230). El primero de junio del 2017 El presidente de EE. UU., Donald Trump, anunció la salida del país del Protocolo de Kioto, alarmando a toda la comunidad internacional, por tratarse de uno de los países que más contribuye en las emisiones mundiales de GEI.





Gráfica 230: Posición de países respecto al protocolo de Kioto



Fuente: Protocolo de Kioto

Para hacer frente al cambio climático la meta mundial es evitar el aumento de la temperatura promedio global por encima de los 2 grados centígrados en relación con la temperatura preindustrial. Este límite marca la línea entre un clima cambiante al que podemos adaptarnos y un desajuste climático de consecuencias imprevisibles y sin opción de retorno.

1.3.2.1 Colombia y su compromiso con el cambio climático

Debe haber conciencia que el principio 7 de la Declaración de Río de responsabilidades comunes pero diferenciadas, conlleva a que Colombia como miembro de la asociación de Latinoamérica y el Caribe (ALC), tenga el reto de generar mejor y mayor conocimiento acerca del cambio climático con el objetivo de promover la toma de decisiones acertadas en el manejo del riesgo y la adaptación. Las decisiones que el país toma en materia de infraestructura, zonificación, sistemas productivos, entre otros temas, marcan la senda de desarrollo resiliente en el mediano y largo plazo que tiendan a mejorar la capacidad de respuesta ante fenómenos hidroclimatológicos extremos o que, por el contrario, sea cada vez más sensible a ellos.

El país se dio a la tarea de promulgar la Política Nacional de cambio climático, conformado por La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), la Estrategia Nacional de Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal REDD+ y la Estrategia para la Protección Financiera ante Desastres, adicionalmente creó la Unidad Nacional de Gestión de riesgos y Desastres (UNGRD) y en 2012 expidió la Ley 1523 o Ley de Gestión del Riesgo.



1.3.2.1.1 La Estrategia Colombiana de Desarrollo baja en Carbono (ECDBC)

Es una estrategia de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo, que busca desligar el crecimiento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del crecimiento económico nacional. Esta estrategia se desarrolla a través del diseño y la implementación de planes, proyectos y políticas que tiendan a la mitigación de GEI y simultáneamente, fortalezcan el crecimiento social y económico del país, dando cumplimiento a los estándares mundiales de eficiencia, competitividad y desempeño ambiental.

Los sectores que participan en la ECDBC son Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda, Residuos y Agricultura. La ECDBC se ha venido desarrollando en 5 componentes que describen a continuación:

1.3.2.1.1.1 Escenarios

Su objetivo es identificar y formular alternativas sectoriales de desarrollo bajo en carbono.

Resultados:

- Escenarios inerciales y de mitigación a nivel sectorial a largo plazo.
- Identificación de medidas y potenciales de mitigación.
- Curvas de costos de abatimiento.
- Calculadora de Carbono 2050.
- Escenarios para la contribución prevista y determinada a nivel nacional (iNDC).
- Análisis de cobeneficios de las medidas.

1.3.2.1.1.2 Planeación

Su objetivo es introducir la variable de desarrollo bajo en carbono en la planeación sectorial a partir de las medidas identificadas

Resultados:

- 8 planes sectoriales de mitigación (PAS), compuestos de políticas, programas y medidas que contribuyen al desarrollo bajo en carbono y al crecimiento verde: Energía eléctrica Transporte - Agropecuario Residuos y aguas residuales Hidrocarburos-Minería Industria Vivienda y desarrollo territorial.
- Formulación de un portafolio de NAMAs para Colombia.





1.3.2.1.1.3 Implementación y seguimiento

Su objetivo es impulsar la implementación de los PAS y NAMAs; regionalizar la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono; y monitoreo avances

Resultados previstos:

- Estrategias de implementación de los PAS (Art. 170, Ley 1753/2015 Plan Nacional de Desarrollo).
- Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de medidas en cambio climático.
- Arreglos financieros e institucionales.
- Inclusión del cambio climático en la planificación regional y local.

1.3.2.1.1.4 Construcción de capacidades

Su objetivo es generar capacidades en actores nacionales y locales para abordar la mitigación del cambio climático y sus cobeneficios. Promover el cambio climático en las instituciones como un tema transversal al desarrollo.

Resultados:

- Fortalecimiento de Ministerios para la formulación e implementación de los PAS.
- Fortalecimiento de actores públicos y privados a nivel nacional y local para la implementación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono.
- Creación de alianzas estratégicas con el sector de innovación e investigación.

1.3.2.1.1.5 Plataforma de comunicación y de cooperación internacional

Su objetivo es socializar a través de diversos medios de comunicación los avances de la ECDBC, así como consolidar una red de cooperantes internacionales.

De lo anterior, se tiene que, siendo LA PLANEACION el segundo componente de la ECDBC, el cual tiene como objetivo principal el desarrollo de planes sectoriales de desarrollo bajo en carbono conocidos como Planes de Acción Sectoriales o Planes de Acción Sectorial de Mitigación para el Cambio Climático (PAS), que son un conjunto de acciones, programas y políticas, que permitirán reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) frente a una línea base de emisiones proyectadas en el corto, mediano y largo plazo, representan por lo tanto, una oportunidad para que las acciones de mitigación identificadas en cada sector contribuyan a lograr los objetivos de desarrollo del mismo, generando adicionalmente co-beneficios económicos, sociales y ambientales.

Las medidas (acciones, programas y políticas) que conforman los PAS, han sido priorizadas de acuerdo con cinco criterios establecidos por la ECDBC, los cuales se mencionan a continuación:



1. Contribución de las acciones de mitigación identificadas a los objetivos del desarrollo de sector
2. Potencial de reducción de emisiones.
3. Costos de implementación.
4. Percepción de co-beneficios económicos, sociales y ambientales.
5. Percepción de expertos sectoriales.

El objetivo de los PAS es identificar claramente las prioridades sectoriales de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y sus medios de implementación, para así facilitar su integración en la planeación sectorial y lograr así la reducción de emisiones futuras en los sectores, optando por sendas de desarrollo carbono-eficientes, mientras se maximizan los co-beneficios como incremento de productividad, reducción de costos, transferencia de tecnología, reducción de riesgo de afectación por barreras no arancelarias, generación de empleo, mejoras en calidad de aire y salud, entre otros.

Hasta la fecha han sido aprobados ocho (8) PAS (<http://www.minambiente.gov.co/>) a través del MADS, DNP y en concurrencia con los Ministerios de Transporte MT, de Minas y Energía MME, de Comercio, Industria y Turismo MCIT, de Agricultura y Desarrollo Rural, en lo de sus competencias a saber:

1. PAS de transporte.
2. PAS de Minas.
3. PAS de Energía Eléctrica.
4. PAS de Industria.
5. PAS de Hidrocarburos.
6. PAS de Vivienda.
7. PAS de Residuos Sólidos y Aguas Residuales.
8. PAS Agropecuario.

Estos documentos son dinámicos y están siendo objeto de revisión por parte de cada uno de los sectores con el fin de establecer claramente prioridades de acción para la mitigación de gases de efecto invernadero y diseñar las estrategias de implementación de los mismos.

El Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 (Ley 1753 de 2015), resaltó la importancia de los PAS al establecer que “Los Ministerios de Hacienda, Agricultura y Desarrollo Rural, Minas y Energía, Transporte, Salud y Protección Social, Vivienda, Ciudad y Territorio y Comercio, Industria y Turismo, formularán e implementarán planes sectoriales de adaptación al cambio climático y planes de acción sectorial de mitigación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, los cuales contendrán metas sectoriales cuantitativas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a corto (año 2020) y mediano plazo (años 2025 o 2030).





1.3.2.1.2 La estrategia Nacional de Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal REDD+

El REDD+ es un mecanismo internacional en construcción por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo es ayudar a que las emisiones de dióxido de carbono producidas por la deforestación y degradación de bosques, se reduzcan, para así atenuar el Cambio Climático. Con REDD+ se espera además contribuir a conservar y mejorar los servicios que prestan los bosques y al desarrollo de las comunidades que los habitan o dependen de estos. (<http://www.minambiente.gov.co>)

Dentro de la Estrategia Nacional de Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal REDD+ se observa que Colombia pasó de tener 64.417.000 hectáreas de bosques en 1990 a 58.501.700 hectáreas en el año 2015 ocupando del puesto número 10 en el ranking de países con mayores pérdidas de áreas forestales entre 1990 y (2015 fuente FAO 2015). Esto significa que, en esos 25 años, el país perdió 5,915.300 hectáreas a una tasa promedio de 236.612 hectáreas por año. Aun así, para el año 2010, un poco más del 50% del territorio continental del país está cubierto por bosques (Gráfica 231).

Gráfica 231: Países con mayor pérdida de áreas forestales.



Fuente: Tercer comunicado nacional de cambio climático 2017



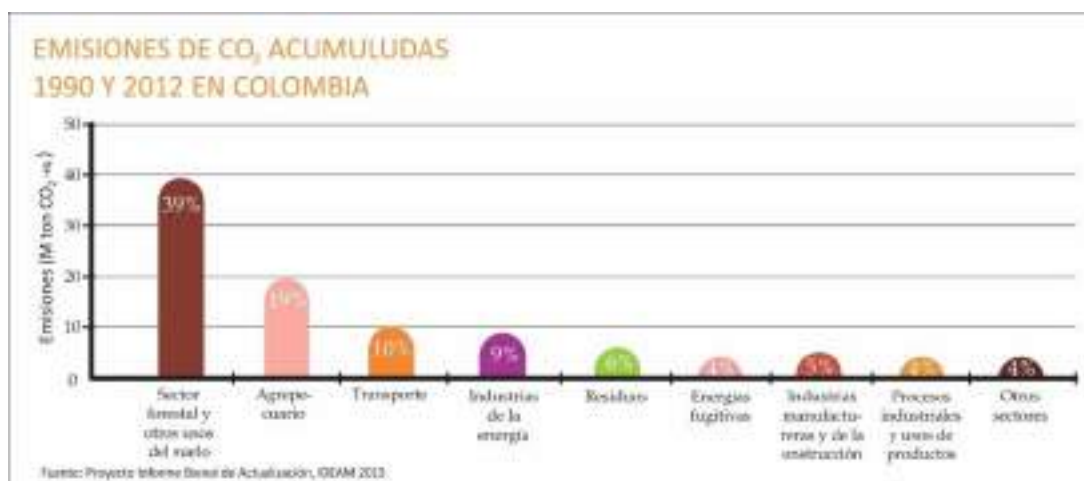
1.3.2.1.3 Análisis de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático en Colombia

Colombia en un esfuerzo interinstitucional del IDEAM, el INVEMAR, el Ministerio de Ambiente, el DNP y la Cancillería, con el apoyo permanente del PNUD, publicó en el 2017 el **Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático**, que presenta un análisis de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático en Colombia, ampliando el entendimiento de la relación clima territorio y mostrando un camino a seguir a los actores con competencia en las regiones que deben implementar medidas de adaptación. (<http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico>)

1.3.2.1.4 Inventario nacional de gases efecto invernadero (GEI)

El IDEAM, en su más actualizado Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) muestra que Colombia, como país de renta media, contribuye con el 0,44% de las emisiones mundiales de GEI, sin embargo, este valor tiende a crecer hasta un 50% en el 2030 según sus proyecciones. A pesar de que Colombia tiene emisiones relativamente bajas con respecto a otros países, sus emisiones acumuladas entre 1990 y el 2012 lo sitúan entre los 40 países con mayor responsabilidad histórica en las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente por la deforestación figura 3.

Gráfica 232: Emisiones de CO₂ acumuladas, 1990 y 2102 en Colombia



Fuente: Proyecto Informe Bienal de Actualización, IDEAM 2015.

Colombia como miembro de la asociación de Latinoamérica y el caribe (AILAC), participa activamente en las negociaciones internacionales de cambio climático, en consecuencia, la contribución de Colombia ha sido orientada hacia los siguientes objetivos.



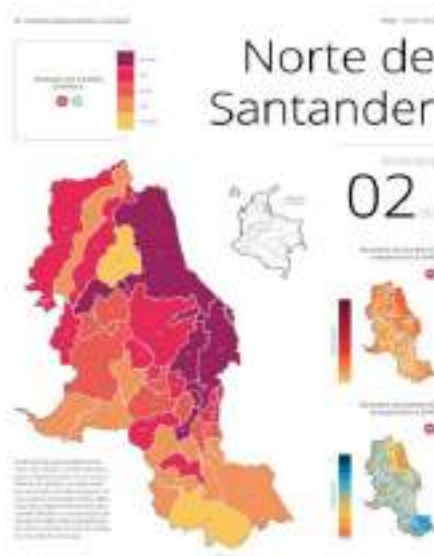
- Colombia pretende reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del país en un 20% con relación a las emisiones proyectadas a 2030.
- Aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa del país, a través de acciones sectoriales priorizadas a 2030.
- Fomentar el intercambio de conocimiento, tecnología y financiamiento para acelerar las contribuciones planteadas en materia de adaptación y mitigación de gases de efecto invernadero.
- De acuerdo, a los resultados del desarrollado en el marco de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, estos muestran que el 100% del país tiene algún grado de Riesgo por Cambio Climático.

Para hacer frente a esta realidad, entre el 2000 y 2010, el país invirtió en promedio 1,1 billones de pesos anuales en acciones asociadas a cambio climático, a partir del 2011 este promedio subió a 1,8 billones anuales (IDEAM 2017).

1.3.2.2 Situación actual del municipio de Cúcuta frente al cambio climático

El municipio de Cúcuta se encuentra en una situación desfavorable frente al cambio climático y se debe tener en cuenta esta problemática en los planes de desarrollo del municipio, con el objetivo de mejorar las condiciones de adaptabilidad al cambio climático y la mitigación de GEI. En la gráfica se puede apreciar como los municipios de Cúcuta, San Cayetano y el Zulia presentan muy alta amenaza al cambio climático. La dimensión que presenta amenaza muy alta es el recurso hídrico.

Gráfica 233: Amenaza por cambio climático en el departamento Norte de Santander

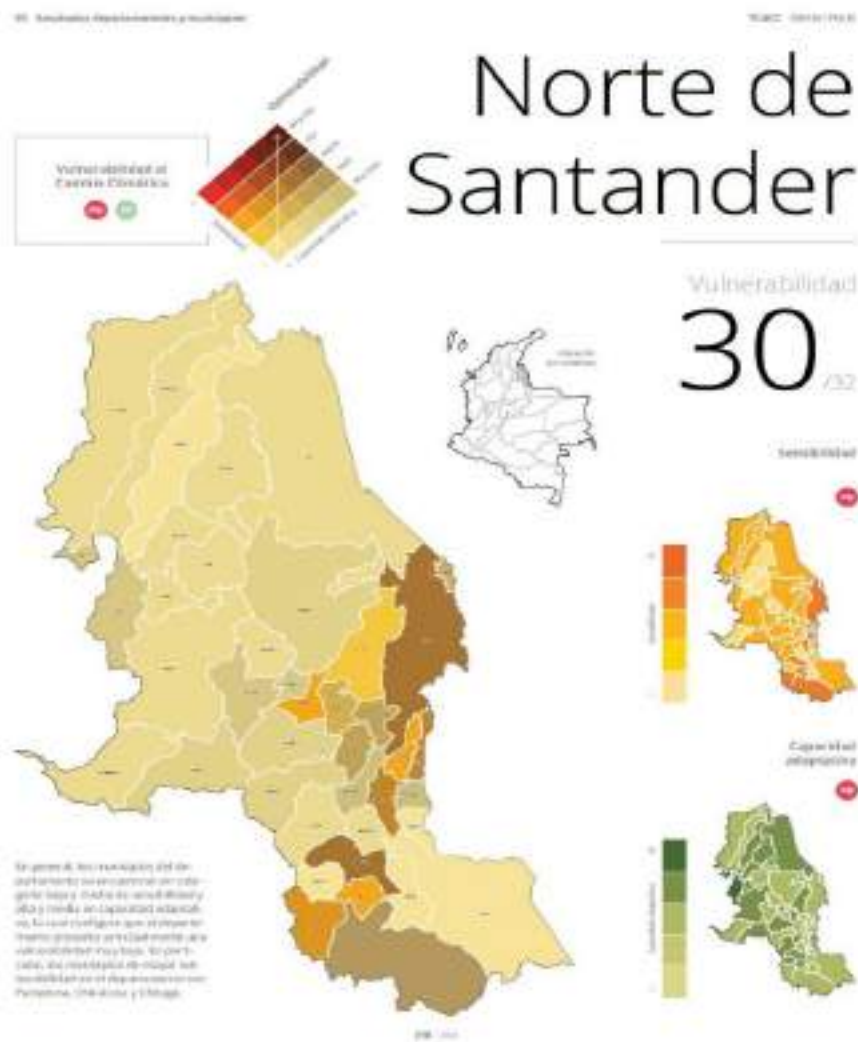


Fuente: Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático 2017



Con respecto a la vulnerabilidad, en general los municipios del departamento se encuentran en categoría baja y media de sensibilidad y, alta y media en capacidad adaptativa lo cual configura que el departamento presente principalmente una vulnerabilidad muy baja. En particular, los municipios de mayor vulnerabilidad en el departamento son: Pamplona, Chinacota y Chitagá. El municipio de Cúcuta presenta alta sensibilidad y capacidad adaptativa media, que conllevan a una media vulnerabilidad al cambio climático (Gráfica 234)

Gráfica 234: Vulnerabilidad por cambio climático en Norte de Santander.



Fuente: Tomado del Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático.

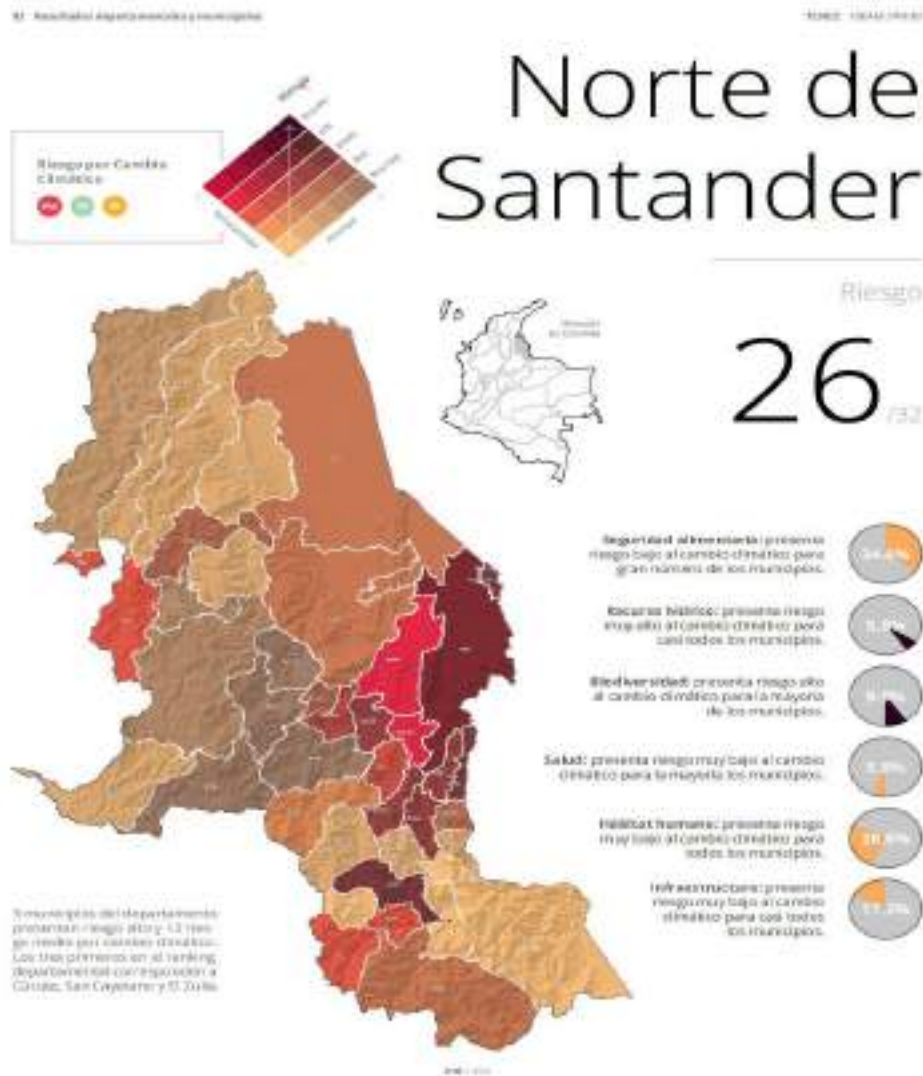




De la Gráfica 235 se deduce que el municipio de Cúcuta hace parte de los tres municipios del departamento que presentan alto riesgo al cambio climático junto con San Cayetano y EL Zulia.

En cuanto a las dimensiones analizadas y referenciadas en la Tabla 59 de contribuciones y valores por dimensión, los temas recurso hídrico, biodiversidad y seguridad alimentaria deben ser los más prioritarios para el municipio y sobre los que se deben implementar acciones para la adaptación y mitigación del cambio climático. Esta información se encuentra extractada en la Tabla 60.

Gráfica 235: Mapa de riesgo por cambio climático en Norte de Santander.

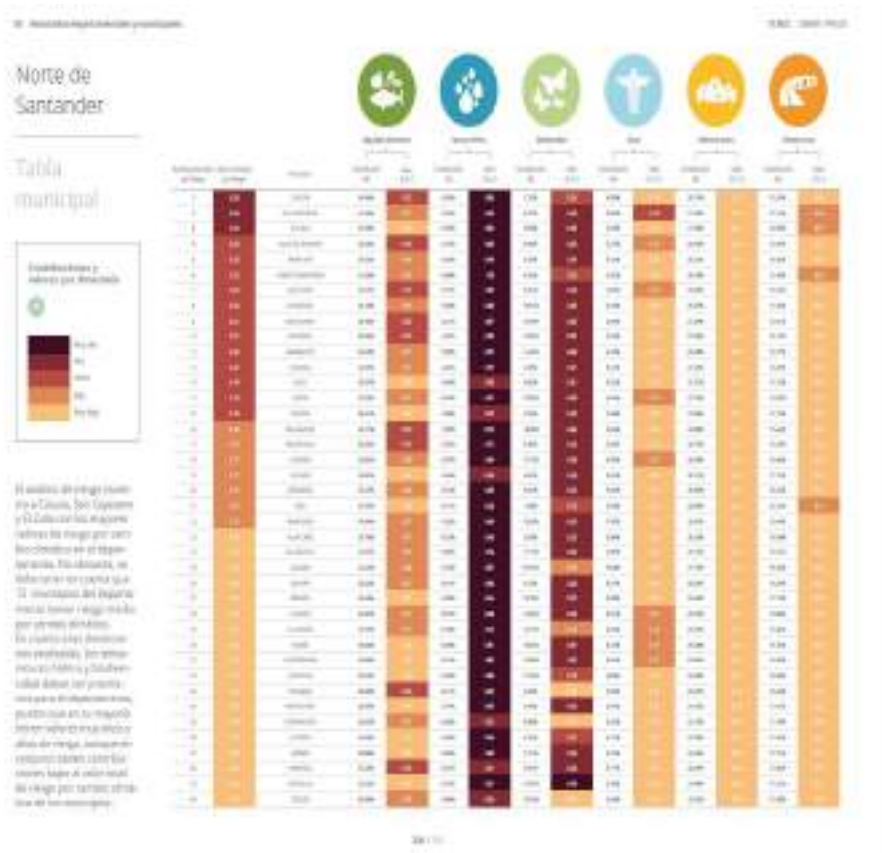


Fuente: Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático.





Tabla 59: Tabla municipal de contribuciones y valores por dimensión



Fuente Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático.

Tabla 60: Tabla de contribuciones y valores por dimensión para el Municipio de Cúcuta

Dimensión	Riesgo	Valor(0-1)	Contribución
Seguridad Alimentaria	Riesgo Medio	0.22	34.94%
Recurso hídrico	Riesgo Muy Alto	0.85	5.50%
Biodiversidad	Riesgo Medio	0.23	7.32%
Hábitat Humano	Riesgo muy Bajo	0.11	28.10%
Salud	Riesgo muy Bajo	0.14	4.88%
Infraestructura	Riesgo muy Bajo	0.16	19.25%

Fuente Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático. Tomado y modificado por UNION TEMPORAL PLANEANDO CUCUTA.



Tabla 61: Acciones para adaptación al cambio climático.

ALGUNAS ACCIONES ASOCIADAS CON LA ADAPTACIÓN RELEVANTES PARA EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

- Conservación de micro cuencas que abastecen el acueducto, protección de fuentes y reforestación de dichas cuencas.
- Adquisición de predios de reserva hídrica y zonas de reserva naturales.
- Adquisición de áreas de interés para el acueducto municipal.
- Reforestación y control de erosión.
- Conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas forestales.
- Pago de servicios ambientales.
- Compra de tierras para protección de micro cuencas asociadas al río Zulia y el río Pamplonita.
- Conservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de ecosistemas diferentes a los forestales

Fuente Tercer Comunicado Nacional De Cambio Climático 2017.

