



Universidad Católica de Oriente

Centro de Estudios Territoriales

Página | 1

**AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN
MASA E INUNDACIONES ZONA URBANA**

MUNICIPIO DE GUARNE

JUNIO DE 2014

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
1. OBJETIVOS.....	12
1.1 Objetivo General.....	12
1.2 Objetivos Específicos	12
2. METODOLOGÍA.....	13
2.1 Amenaza por Movimiento en Masa.....	13
2.2 Amenaza por Inundación y Torrencialidad	15
2.3 Vulnerabilidad	16
2.3.1 Vulnerabilidad Social.....	16
2.3.2 Vulnerabilidad Económica.....	17
2.3.3 Vulnerabilidad Física.....	18
2.3.4 Densidad de Población	18
2.3.5 Vulnerabilidad Total Movimientos en Masa E Inundaciones	19
2.4 Riesgo	19
3. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO.....	21
4. COMPONENTES DE LA AMENAZA	22
4.1 Hipsometría.....	22
4.2 Pendientes	23
4.3 Precipitación	25
4.4 Coberturas	25
4.5 Geología.....	29
4.5.1 Geología Regional.....	29
4.5.2 Geología Estructural.....	30
4.5.3 Material Superficial	32
4.6 Geomorfología	40
4.6.1 Geomorfología Regional	40
4.6.2 Geomorfología Local	42
5. DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA	55
5.1 Estudios Anteriores E Historial De Eventos Pasados	55
5.2 Diagnóstico	58

6. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA	64
6.1 Amenaza Movimiento En Masa	64
6.2 Amenaza Por Inundación.....	69
6.3 Amenaza Sísmica.....	71
6.3.1 Evidencias de Actividad Neotectónica	74
7. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD	76
7.1 Vulnerabilidad Social	76
7.2 Vulnerabilidad Económica.....	77
7.3 Vulnerabilidad Física	79
7.4 Densidad de Población.....	81
8. ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	83
8.1 Vulnerabilidad Total Movimiento En Masa	83
8.2 Vulnerabilidad Total A Inundación Y Torrencialidad.....	85
9. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO.....	86
9.1 Riesgo Por Movimiento En Masa	86
9.1.1 Sector Salida a Montañés.....	88
9.1.2 Sector El Sango	88
9.1.3 Sector El Salado	89
9.1.4 Sector Hamburgo	90
9.1.5 Sector La Brizuela	92
9.1.6 Sector La Charanga	96
9.1.7 Sector Salida San Felipe	97
9.1.8 Barrio Camilo Torres y Alrededores del Cementerio	98
9.1.9 Barrio Alcores	100
9.1.10 Barrio San Vicente Vía Circunvalar	101
9.1.11 Barrio La Candelaria.....	102
9.1.12 Barrio María Auxiliadora	102
9.1.13 Barrio Centro Plaza	104
9.1.14 Barrio San Antonio II	105
9.2 Riesgo Por Inundación.....	108
9.2.1 Quebrada La Mosca.....	112
9.2.2 Quebrada Montañés.....	122

9.2.3 Quebrada Basto Norte	123
9.2.4 Quebrada Basto Sur	124
9.2.5 Quebrada La Charanga	127
9.2.6 Quebrada La Brizuela	128
9.2.7 Quebrada San Felipe	130
9.2.8 Drenajes Secundarios	131
10. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA	133
10.1 Aptitud Geológica Para Uso Y Ocupación Del Suelo	133
10.2 Establecimiento De Retiros Y Ronda Hídrica	136
10.2.1 Ronda Hídrica De La Quebrada La Mosca	136
10.2.2 Ronda Hídrica Otras Quebradas Urbanas	137
10.2.3 Retiro A Nacimientos	137
11. FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO	139
11.1 Políticas	141
11.2 Estrategias	142
11.3 Fase De Conocimiento Del Riesgo	143
11.3 Fase De Reducción Del Riesgo	144
11.4 Fase Del Manejo Del Desastre	147
12. RECOMENDACIONES	149
12.1 Corto Plazo (Menos de un año)	149
12.2 Mediano Plazo (De uno a tres años)	151
12.3 Largo Plazo (Más de tres años)	152
13. BIBLIOGRAFÍA	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Panorámica de la zona urbana del municipio de Guarne	21
Figura 2. Modelo de elevación y perfil del relieve de la zona urbana	22
Figura 3. Pendientes de la zona urbana del Guarne	23
Figura 4. Precipitación en la zona urbana de Guarne	25
Figura 5. Cobertura superficial de la cabecera urbana de Guarne	26
Figura 6. Pastos en las vertientes inclinadas en La Charanga y La Brizuela	27
Figura 7. Bosques y pastos en la Salida a Piedras Blanca y la Brizuela	27
Figura 8. Área construida de la cabecera urbana de Guarne	28
Figura 9. Mosaico de plantaciones, bosques y pastos en el Sango y San Isidro	28
Figura 10. Cultivos en San Felipe y suelo descubierto en El Sango	29
Figura 11. Vía terciaria en la Brizuela y Autopista Medellín - Bogotá.....	29
Figura 12. Lineamientos y diagrama de rosas en los alrededores de Guarne ..	31
Figura 13. Material geológico superficial en la cabecera de Guarne	33
Figura 14. Características del saprolito ígneo en el barrio Plaza Centro	34
Figura 15. Depósitos de vertiente sobre el saprolito ígneo en Hamburgo	35
Figura 16. Saprolito de los niveles de terrazas altas en El Salado y La Brizuela	36
Figura 17. Estratigrafía de las terrazas medias en San Vicente y La Brizuela ..	37
Figura 18. Estratos arenosos del quinto nivel de terraza cerca a Camilo Torres	37
Figura 19. Arenas y gravas imbricadas en las terrazas bajas de La Mosca.....	38
Figura 20. Depósitos finos de inundación de la quebrada Montañés	39
Figura 21. Características de las cenizas volcánicas sobre el saprolito ígneo ..	39
Figura 22. Marco geomorfológico regional del municipio de Guarne	40
Figura 23. Geomorfología de la zona urbana del municipio de Guarne	43
Figura 24. Escarpe San Nicolás cerca de la cabecera de Guarne	43
Figura 25. Filos de alta pendiente en La Brizuela y en La Honda	44
Figura 26. Escarpe de baja pendiente en la vereda Montañés	44
Figura 27. Panorámica del altiplano de Rionegro en la zona urbana de Guarne	45
Figura 28. Características del relieve en las colinas alineadas de Cerro La Cruz	46
Figura 29. Flancos de alta pendiente en colinas de la vereda Montañés	47
Figura 30. Características de las concavidades de primer orden en Guarne	47
Figura 31. Relación entre las superficies de los diferentes depósitos de ladera	48
Figura 32. Depósitos de vertiente en la vereda La Charanga y Hamburgo	49
Figura 33. Relación entre los depósitos aluviales y colinas en El Sango	50
Figura 34. Llanura aluvial de la quebrada La Mosca en la zona urbana.....	51
Figura 35. Llanura aluvial y socavación en la quebrada Montañés	51

Figura 36. Terrazas medias en la margen derecha de la quebrada La Mosca .	53
Figura 37. Terrazas bajas de las quebradas La Mosca y La Brizuela	54
Figura 38. Escarpe de terrazas aluviales en los alrededores del cementerio ...	54
Figura 39. Zonificación de riesgos y amenaza por MASORA (1999-2011)	55
Figura 40. Zonificación geológica zona urbana de Guarne, FOPREVE (1994)	56
Figura 41. Proporción de procesos en el municipio de Guarne	58
Figura 42. Cantidad de movimientos en masa por barrio	58
Figura 43. Ubicación y tipo de proceso de remoción en la zona urbana	61
Figura 44. Inundaciones y socavación lateral por cuenca	62
Figura 45. Número de sitios críticos por barrio o sector	63
Figura 46. Amenaza por procesos de remoción en la zona urbana de Guarne	64
Figura 47. Amenaza media en terrenos con moderada pendiente y pasturas ..	65
Figura 48. Amenaza alta por cortes en Hamburgo en la vereda La Brizuela	66
Figura 49. Amenaza alta a deslizamientos en los alrededores del cementerio.	67
Figura 50. Amenaza alta a deslizamientos por malos tratamientos urbanísticos	67
Figura 51. Amenaza muy alta por inadecuados cortes civiles	68
Figura 52. Amenaza por inundación y torrencialidad zona urbana de Guarne .	69
Figura 53. Sismicidad en el departamento de Antioquia.....	71
Figura 54. Intensidad y sismos registrados en cercanía de Guarne.....	72
Figura 55. Rasgos morfotectónicos de las traza paralelas de la falla La Mosca	74
Figura 56. Evidencias de actividad tectónica reciente de la falla La Mosca	75
Figura 57. Vulnerabilidad social en cada barrio del municipio de Guarne	76
Figura 58. Estratos socioeconómicos en la zona urbana de Guarne	77
Figura 59. Vulnerabilidad económica en el casco urbano de Guarne	78
Figura 60. Calidad de las construcciones en la zona urbana de Guarne.....	79
Figura 61. Regular calidad constructiva de las viviendas en Guarne	80
Figura 62. Vulnerabilidad física en la zona urbana de Guarne	80
Figura 63. Densidad de población por barrios de la zona urbana de Guarne ...	81
Figura 64. Crecimiento de la cabecera urbana de Guarne de 1993 a 2013	82
Figura 65. Vulnerabilidad total ante movimientos en masa en Guarne.....	83
Figura 66. Vulnerabilidad ante fenómenos de inundación y torrencialidad.....	85
Figura 67. Riesgo por movimiento en masa en la zona urbana de Guarne.....	86
Figura 68. Deslizamientos que afectan vías veredales en Montañés	88
Figura 69. Zonas inestables y casas en alto riesgo en El Sango	89
Figura 70. Inestabilidad por el inadecuado manejo civil en El Salado.....	90
Figura 71. Erosión y deslizamientos en la vía que conduce a Piedras Blancas	90
Figura 72. Panorámica del predio Hamburgo antes de su intervención en 1993	91
Figura 73. Zonas de alto riesgo por deslizamiento y erosión en Hamburgo.....	92
Figura 74. Taludes inestables en las vías terciarias de La Brizuela	93
Figura 75. Zona inestable y deslizamientos sobre terrazas antrópicas.....	94
Figura 76. Panorámica del proceso en masa regional en La Brizuela	95

Figura 77. Zona de alta inestabilidad en la parte media de La Brizuela.....	95
Figura 78. Zona de alto riesgo por remoción en masa en La Charanga	96
Figura 79. Procesos de remoción asociados a torrencialidad en San Felipe	97
Figura 80. Cárcavas y deslizamientos en la vía veredal parte alta San Felipe .	98
Figura 81. Zonas inestables y casas en riesgo en el barrio Camilo Torres	99
Figura 82. Cárcavas y deslizamientos en los alrededores del cementerio	100
Figura 83. Zona de alto riesgo por deslizamiento en la urbanización Alcores.	101
Figura 84. Problemas de erosión e inestabilidad en la vía circunvalar.....	102
Figura 85. Deslizamientos sobre la vía urbana en la parte alta de La Candelaria	102
Figura 86. Zonas de alto riesgo por deslizamientos asociadas a socavación .	103
Figura 87. Casas en alto riesgo por deslizamiento en flancos de alta pendiente	104
Figura 88. Malas prácticas constructivas y erosión intensa en Centro Plaza ..	105
Figura 89. Zona de alto riesgo por cortes en áreas de alta pendiente	105
Figura 90. Deslizamientos por socavación e incisión de la Qda. San Felipe ..	106
Figura 91. Proceso erosivos de alta complejidad por inadecuados cortes civiles	107
Figura 92. Zona de alto riesgo mitigado y potencial en San Antonio II	108
Figura 93. Taludes inestables en la vía que sale a la planta de tratamiento ...	108
Figura 94. Mapa de riesgo por inundación de la zona urbana de Guarne	109
Figura 95. Minería artesanal sobre el cauce de la quebrada La Mosca.....	112
Figura 96. Casas y obstrucciones sobre la llanura de inundación en El Sango	113
Figura 97. Socavación en la desembocadura de la Qda El Salado a La Mosca	113
Figura 98. Socavación lateral y obras de contención en La Cabaña	114
Figura 99. Canalización parcial de la quebrada La Mosca y sus tributarios....	115
Figura 100. Inundación por tributarios e invasión de la llanura en el Triangulo	115
Figura 101. Casa y vía en alto riesgo de colapso por socavación lateral intensa	116
Figura 102. Inestabilidad por vertimientos e invasión de la llanura aluvial	116
Figura 103. Inundaciones por deficiente alcantarillado en La Ramada	117
Figura 104. Invasión llanura por llenos antrópicos y socavación en puente....	118
Figura 105. Intervención del cauce por obras en la unidad deportiva	118
Figura 106. Zona de alta inundación e invasión de cauces en San Francisco	119
Figura 107. Socavación en cercanía de la desembocadura de la Qda Basto Sur	120
Figura 108. Invasión de la llanura y socavación lateral en el barrio San Antonio	121
Figura 109. Afectaciones en la llanura aluvial en la parte baja de San Antonio	122
Figura 110. Amplia llanura aluvial de la Qda Montañés e invasión por viviendas	122

Figura 111. Disminución del canal e inundaciones por intervención antrópica	123
Figura 112. Obras individuales y llenos antrópicos sobre la llanura de aluvial	124
Figura 113. Socavación lateral intensa y afectación sobre la vía a La Mulona	124
Figura 114. Baja capacidad por rectificación y antropización del cauce	125
Figura 115. Zona de alto riesgo de inundación y torrencialidad.....	126
Figura 116. Subsistencia en la vía e invasión de la llanura de la Qda Bastico	126
Figura 117. Alto riesgo de inundación por invasión del cauce de la quebrada	127
Figura 118. Socavación e invasión del cauce de la quebrada La Charanga ...	128
Figura 119. Obras de paso e intervenciones sobre la quebrada La Brizuela ..	129
Figura 120. Amplia llanura y afectaciones ambientales en la Qda La Brizuela	130
Figura 121. Intensa socavación lateral en la quebrada San Felipe y obras	131
Figura 122. Obras de drenaje insuficientes e invasión de ronda hídrica	132
Figura 123. Zonificación geológica del suelo en el municipio de Guarne	133
Figura 124. Componentes de la gestión del riesgo	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valor ponderación de los temáticos de amenaza y su origen	13
Tabla 2. Valores de reclasificación de los parámetros de amenaza.....	14
Tabla 3. Reclasificación de las variables de amenaza por inundación	16
Tabla 4. Factores que componen la vulnerabilidad social	17
Tabla 5. Valores de vulnerabilidad social y estrato socioeconómico.....	17
Tabla 6. Reclasificación de los valores del mapa de calidad constructiva.....	18
Tabla 7. Ponderación para el cálculo de la vulnerabilidad total	19
Tabla 8. Calculo del riesgo por fenómenos geológicos.....	20
Tabla 9. Unidades Geomorfológicas en la cabecera del municipio de Guarne .	42
Tabla 10. Nomenclatura y altura de las terrazas aluviales en el Oriente Cercano	52
Tabla 11. Historial de eventos pasados en la zona urbana de Guarne.....	57
Tabla 12. Procesos de remoción por barrios y área de afectación.....	60
Tabla 13. Criticidad de las cuencas urbanas del municipio de Guarne.....	63
Tabla 14. Valores de aceleración y amenaza sísmica en la región CORNARE	73
Tabla 15. Densidad de población en la zona urbana del municipio de Guarne	82
Tabla 16. Determinación de ronda hídrica y retiro a nacimientos	138

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la zona urbana de Guarne se encuentra ubicada sobre varios niveles estables de terrazas aluviales de la quebrada La Mosca. Sin embargo, la inadecuada planeación, la falta de conocimiento del territorio y los bajos índices de calidad de vida de sus habitantes, provocaron el asentamiento desorganizado de varios barrios en zonas altamente inundables, especialmente en la margen izquierda de la quebrada La Mosca. La autopista Medellín – Bogotá, generó acceso y desarrollo a los pobladores de la región, no obstante, encajó el perímetro urbano, incidiendo en la ampliación de la cabecera hacia la margen izquierda de la quebrada La Mosca, en donde se tienen zonas de alta pendiente y afluentes susceptibles a generar avenidas torrenciales.

El aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos durante los últimos años sobre la cabecera de Guarne, ha dado como resultado la intensificación de fenómenos geológicos y la ocurrencia de procesos de remoción en masa, erosión concentrada, inundaciones y avenidas torrenciales que afectan las vertientes y las cuencas en su conjunto, colocando en peligro la vida y bienes de los habitantes más vulnerables y el entorno natural, repercutiendo en la calidad de vida y desarrollo del municipio de Guarne.

La gestión del riesgo es la base fundamental para el correcto ordenamiento territorial, ya que con ella se ponen al descubierto las fortalezas y debilidades del territorio y sus habitantes. Es por ello que dentro del marco de la actualización del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Guarne 2013 – 2027 y siguiendo los lineamientos promulgados en la Ley 1523 de 2012 se realiza este trabajo de identificación y evaluación de la amenaza vulnerabilidad y riesgo por fenómenos geológicos, como insumo fundamental para la construcción del plan de gestión del riesgo de Guarne, el cual es un instrumento que comprende un conjunto de acciones, destinadas a la prevención y a la mitigación del riesgo.

Este estudio comprende el análisis detallado de los factores que conforman la amenaza por movimientos en masa e inundaciones, al igual que la evaluación de la vulnerabilidad; que en conjunto hicieron posible la delimitación de zonas de riesgo y áreas destinadas a protección, al igual que zonas aptas para la expansión de la zona urbana del municipio. Además, dentro de este trabajo se analizó el panorama de la amenaza sísmica del municipio, donde se muestran varios indicios de terremotos antiguos en cercanía a la cabecera y la vulnerabilidad física de sus estructuras. Igualmente se dimensionaron y evaluaron desde el punto de vista ingenieril, 82 puntos afectados por eventos desastrosos, en donde se recomiendan las soluciones pertinentes para cada punto, las cuales pueden llevarse a cabo mediante proyectos conjuntos entre la administración municipal, los bomberos oficiales y CORNARE.

Se espera que con el conocimiento del riesgo aportado en este trabajo, junto con los proyectos propuestos para su reducción, Guarne se convierta en un

municipio resiliente, con la capacidad para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de manera oportuna y eficaz ante un futuro desastre.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- Analizar, evaluar y mapificar los componentes para identificación de riesgo por los fenómenos geológicos de movimiento en masa e inundación en la cabecera urbana del municipio de Guarne.

1.2 Objetivos Específicos

- Articular la gestión del riesgo con la gestión ambiental y el ordenamiento territorial, como proceso fundamental para el desarrollo sostenible en el municipio de Guarne.
- Realizar el diagnóstico de las afectaciones por procesos erosivos, donde se dimensionen y propongan las soluciones pertinentes a los sitios críticos.
- Identificar principales factores antrópicos que desencadenan fenómenos geológicos como inundaciones y movimientos en masa.
- Generar con este trabajo conocimiento del riesgo por fenómenos geológicos, para la formulación del plan de gestión del riesgo municipal, orientado hacia el aumento de la resiliencia, la prevención, atención y recuperación después de desastres.
- Recolectar información de tipo geológico, geomorfológico y estructural con el fin de actualizar la información que se encuentra en las bases de datos de las entidades gubernamentales de la región.
- Evaluar el panorama de la amenaza sísmica para el municipio de Guarne, ya que existen en los alrededores de la zona urbana evidencias neotectónicas de sismos recientes en el periodo geológico que ha afectado al territorio.

2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la evaluación del riesgo, toma como base el estudio de la zonificación a escala rural de los municipios del Oriente Antioqueño realizado por CORNARE (2012), Además, se hicieron varias visitas detalladas de campo para lograr un análisis cualitativo del riesgo por fenómenos geológicos a partir de la utilización del método indirecto, el cual consiste en analizar la interrelación entre las características y condiciones que presenta el terreno y las condiciones sociales, para identificar la potencialidad de ocurrencia de un evento desastroso.

La determinación del riesgo se hace a partir de dos parámetros fundamentales, en primer lugar, la evaluación de las condiciones naturales y la susceptibilidad del terreno ante la ocurrencia de fenómenos geológicos que unidos en una sola variable se denomina “amenaza” y por otro lado se tiene “vulnerabilidad”, como la suma de diferentes factores sociales que determinan el grado de exposición de una comunidad, sus administradores y sus bienes ante la ocurrencia de un evento desastroso.

2.1 Amenaza por Movimiento en Masa

El mapa de amenaza por procesos de remoción en masa, es un raster de 5 m de resolución, resultado a partir de un análisis multivariable, de diferentes factores que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Valor ponderación de los temáticos de amenaza y su origen

Temático	Valor (%)	Origen Cartografía
Pendientes	25	Curvas de nivel a partir de CORNARE y Municipio de Guarne
Precipitación	10	IDEAM y CORNARE
Material Superficial	10	Elaboración propia con recorridos de campo e INGEOMINAS (2005)
Cobertura	15	Elaboración propia con recorridos de campo y levantamiento 1:2000 de ortofoto zona urbana
Geomorfología	19	Elaboración propia con recorridos de campo y Cartografía de Gallego (2013)
Procesos Erosivos	21	Elaboración propia con recorridos de campo

El mapa de amenaza y los demás temáticos, se unificaron en el sistema de coordenadas Geoides de referencia WGS 84 y el sistema de proyección MAGNA Colombia Bogotá –UTM.

Los diferentes mapas fueron reclasificados con valores de 1 a 5 (desde muy bajo hasta muy alto), para lograr un resultado que separe los registros, en virtud de su mayor o menor probabilidad para la ocurrencia de un movimiento de masa. A continuación se muestran los valores de reclasificación (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de reclasificación de los parámetros de amenaza

Temático	Valor
Pendientes	
0% - 5% Muy Baja	1
5% - 12% Baja	2
12% - 35% Media	3
35% - 75% Alta	4
>75% Muy Alta	5
Precipitación	
< 1875 mm Baja	2
1913 mm - 1951 mm Media	3
1951 mm - 1990 mm Alta	4
Material Superficial	
Saprolito de Roca Metamórfica	4
Saprolito de Roca Ígnea	3
Saprolito Depósitos de Vertiente	4
Saprolito de Terraza Aluvial	3
Depósitos de Vertiente	5
Depósito de Terraza Aluvial Nivel 6	3
Depósito de Terraza Aluvial Nivel 5	2
Depósito de Terraza Aluvial Nivel 4	2
Depósito de Terraza Aluvial Nivel 3	1
Depósito de Terraza Aluvial Nivel 2	1
Depósito de Terraza Aluvial Nivel 1	1
Depósitos Aluviales	1
Depósito Aluviotorrencial	1
Llenos Antrópicos	5
Cobertura	
Área Construida	1
Vía Pavimentada	1
Vía Destapada	3
Bosque y Rastrojo	2
Plantaciones y Frutales	3
Pastos	4
Cultivos Transitorios	5
Suelo Descubierta	5
Temático	
Valor	
Geomorfología	
Filo de Alta pendiente	5
Filo de Baja Pendiente	4
Cima de Colina	1
Rampa de Colina	2
Flanco de Colina	4

Superficie Inclínada de Depósito de Vertiente Nivel 2	3
Superficie Inclínada de Depósito de Vertiente Nivel 1	4
Escarpe Depósito de Vertiente	5
Escarpe Depósito Aluvial	4
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 9	2
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 8	2
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 7	1
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 6	1
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 5	1
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 4	1
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 3	1
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 2	1
Superficie Horizontal de Terraza Aluvial 1	1
Superficie Inclínada de Terraza Aluviotorrencial	1
Superficie Horizontal de Llanura Aluvial	1
Terrazas y Superficies de Llenos Antrópicos	4
Procesos Erosivos	
Deslizamiento Complejo	5
Deslizamiento Planar	5
Deslizamiento Rotacional	5
Deslizamiento Por Socavación Lateral	5
Flujo de Lodos y Escombros	5
Reptación	4
Cárcavas y Surcos	4

2.2 Amenaza por Inundación y Torrencialidad

Las áreas susceptibles a ser afectadas por el aumento del nivel de agua en las corrientes que cruzan la zona urbana de Guarne en periodos de alta pluviosidad se concentran principalmente sobre las llanuras aluviales y sobre las áreas con inadecuadas obras de drenaje y alcantarillado. Es por ello, que la metodología utilizada para el cálculo de la amenaza se basa en la cartografía a detalle 1:2.000 de las unidades geomorfológicas, en especial las llanuras aluviales y aluviotorrenciales de los diferentes afluentes.

Se definieron tres parámetros de amenaza por inundación, el primero como zona altamente inundable, la cual fue levantada a detalle en los recorridos de campo y comparada con la mancha de inundación del periodo de retorno de los 100 años de la quebrada La Mosca, realizada mediante estudios hidrológicos por CORNARE (2013).

El segundo parámetro es la zona altamente torrencial, la cual hace parte de las áreas donde los afluentes presentan un alto gradiente, cuencas estrechas y alargadas, además, condiciones hidrológicas que favorecen las crecientes súbitas y la alta remoción de material; junto con la alta amenaza a deslizamientos en las vertientes que ayudan a la obstrucción de los cauces.

Por último, se definió la zona probablemente inundable, la cual hace parte de las áreas libres que son resultado de la intersección entre la llanura aluvial y la zona altamente inundable; estas áreas, debido a su topografía y formación

geológica presentan una susceptibilidad media a inundación y aunque muchas no hacen parte de la memoria histórica de inundaciones en la zona urbana, existe una considerable posibilidad de presentarse nuevamente en el futuro.

Posteriormente, el mapa de amenaza se convirtió en formato raster, para el cálculo del riesgo y fue reclasificado con los siguientes valores (Tabla 3).

Tabla 3. Reclasificación de las variables de amenaza por inundación

Amenaza Inundación	Valor	Correspondiente Periodo de Retorno
Altamente Inundable	5	Periodo de Retorno de los 100 años
Altamente Torrencial	5	Periodo de Retorno de los 100 años
Probablemente Inundable	3	Inundaciones de menos de 8.000 años (*)

(*) Es la edad mínima de los horizontes de las cenizas volcánicas que cubren la topografía de la región, exceptuando las superficies horizontales de las llanuras aluviales, es por ello que se considera que las llanuras aluviales tiene como máximo esta edad.

2.3 Vulnerabilidad

Desde la perspectiva de los desastres, existe una relación intrínseca entre la marginalidad económica y la vulnerabilidad, ya que la disminución de esta última está ligada en gran medida a la intervención de las necesidades básicas de desarrollo. Es por ello que los factores sociales y económicos de cada una de las familias de una población son los parámetros más relevantes a la hora de evaluar y determinar la resiliencia ante un desastre.

El procedimiento realizado para identificar la vulnerabilidad global de la zona urbana de Guarne, se basó en la metodología propuesta por CORNARE (2012), en donde mediante los datos adquiridos a partir de las encuestas de PRODEPAZ (2012), SIRPAZ (2007) y el SISBEN, se zonificó para cada uno de los barrios las vulnerabilidades social, física y económica.

La vulnerabilidad total entonces, fue resultado de la zonificación por barrio concatenada con datos prediales, de estratificación socioeconómica, calidad constructiva y densidad de población de la zona urbana y expansión de Guarne.

2.3.1 Vulnerabilidad Social

Esta vulnerabilidad fue resultado de la suma de cuatro factores: el primero de ellos, relacionado con el número de población vulnerable, de la cual hacen

parte los niños menores de 13 años, los ancianos mayores de 60 años, las personas discapacitadas, las mujeres gestantes y madres cabezas de familia.

El segundo factor se enfoca en el índice de analfabetismo de la población; el tercero tiene que ver con la organización barrial y finalmente la cuarta, como la comunidad ha participado de manera activa en la formulación de planes de desarrollo y propuestas para el bienestar de sus localidades. Los valores ponderados determinantes de la vulnerabilidad social se muestran a continuación (Tabla 4).

Tabla 4. Factores que componen la vulnerabilidad social

Factor de Vulnerabilidad Social	Valor %
Población Vulnerable	30
Analfabetismo	10
Organización Comunitarios	30
Participación Comunitaria y Visión del Territorio	30

2.3.2 Vulnerabilidad Económica

Está compuesta por información de empleos e ingresos de las familias de cada barrio en la zona urbana, específicamente se determinaron cuantas familias percibían menos de un salario mínimo, un salario mínimo completo y más de un salario mínimo; además, la cantidad de personas que se encuentran desempleadas, empleadas y subempleadas. Con la información se obtuvo el porcentaje de los ingresos entre el total de familias y el porcentaje de empleos por el número total de personas. La ponderación para el mapa final fue de 60% para los ingresos y 40% para el ítem de empleos.

Luego, se accedió a la información de los estratos socioeconómicos de cada predio de la zona urbana y de expansión del municipio, los cuales varían entre estrato 1 a 4 y según la reclasificación quedaron ponderados como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5. Valores de vulnerabilidad social y estrato socioeconómico

Estrato Socioeconómico	Valor de Vulnerabilidad Social
1	5 (Muy Alta)
2	4 (Alta)
3	3 (Media)
4	2 (Baja)

La vulnerabilidad social final, fue producto de la unión de la vulnerabilidad social del barrio con la calificación dada a los predios según su estrato socioeconómico.

2.3.3 Vulnerabilidad Física

Para su evaluación se partió de los datos de saneamiento básico y calidad de vivienda recogidas de las encuestas de PRODEPAZ, en donde debido al alto porcentaje de cubrimiento de saneamiento de la zona urbana de Guarne, se le dio un valor de ponderación bajo de 10% y se le asignó un 90% al ítem de calidad de vivienda, que evalúa el número de casas que necesitan mejoras, junto con las viviendas ubicadas en zonas de riesgo. Luego, se realizó una suma ponderada de estos dos datos para obtener un valor de vulnerabilidad por barrio.

Posteriormente, se realizó la intercepción de la zonificación por barrio con los datos de calidad constructiva de cada vivienda de la zona urbana, los cuales fueron obtenidos de las fichas electrónicas catastrales de la Gobernación de Antioquia y levantamiento de fachadas en campo. Por lo tanto, el resultado obtenido muestra la calidad constructiva de cada predio y en las demás áreas el valor de la vulnerabilidad física general del barrio.

La tabla 6, muestra los valores de reclasificación utilizados para los datos del mapa de calidad constructiva, el cual reúne los materiales de construcción de las fachadas y los muros de cada estructura.

Tabla 6. Reclasificación de los valores del mapa de calidad constructiva

Calidad Constructiva	Valor Vulnerabilidad Física	Tipo de Material
Área No Construida	1	Lotes destinados a parqueaderos, ganadería, agricultura o engorde
Excelente	1	Mampostería Reforzada: Concreto, Bloque, y Madera Fina
Buena	2	Materiales Combinados: Bloque, Ladrillo y Madera
Regular	3	Mampostería No Reforzada: Ladrillo y Adobe
Mala	5	Materiales Desechos: Tapia, Bareque y Adobe

2.3.4 Densidad de Población

Se elaboró un mapa de densidad de población para cada barrio del municipio de Guarne, donde los datos fueron obtenidos de diferentes fuentes, tales como PRODEPAZ (2012), DANE (2005), datos del SISBEN y por último valores propios de la Alcaldía de Guarne.

Debido a que los rangos de población son estrechos y la nomenclatura de los barrios es confusa en todas las fuentes, la reclasificación se realizó en cinco valores desde muy bajo hasta muy alto mediante un tratamiento estadístico de ruptura natural de la distribución en el SIG Arc-Gis denominado Natural Breaks.

2.3.5 Vulnerabilidad Total Movimientos en Masa E Inundaciones

La vulnerabilidad total es el resultado de la suma ponderada de los archivos raster de las cuatro variables expuestas. Las que presentan mayor detalle de información por predio y barrio, son las de mayor peso en la ponderación.

La vulnerabilidad para movimientos en masa, es la vulnerabilidad del área total del área urbana, junto con la zona de expansión, ya que estas áreas es donde se obtuvo información confiable y actualizada de las variables analizadas. La vulnerabilidad para el análisis del riesgo por inundación, es producto de la intercepción de la vulnerabilidad total de movimientos en masa con el área del mapa de amenaza de inundación, por ende este mapa solo concentra la población vulnerable dentro de la llanura aluvial de los diferentes afluentes que atraviesan la zona urbana.

En la tabla 7, se muestran los valores de ponderación final, para el cálculo de la vulnerabilidad total de la zona urbana del municipio de Guarne, a partir de los demás temáticos expuestos.

Tabla 7. Ponderación para el cálculo de la vulnerabilidad total

Variable	Valor Vulnerabilidad Total (%)
Vulnerabilidad Social	27
Vulnerabilidad Económica	30
Vulnerabilidad Física	27
Densidad de Población	16

2.4 Riesgo

Se entiende por riesgo, como la probabilidad de que ocurra un desastre en un tiempo y modo específico a partir de la conjugación de la amenaza y la vulnerabilidad presentes. Se relacionan las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento. En consecuencia, tanto el riesgo como el desastre, sólo se presentan como producto de la coexistencia en una misma comunidad, de la amenaza y de la vulnerabilidad.

Por consiguiente, los valores para el cálculo de los riesgos por inundación y movimiento en masa, resultaron a partir de la suma ponderada de los valores de amenaza y vulnerabilidad, los cuales se sintetizan en la tabla 8.

Tabla 8. Calculo del riesgo por fenómenos geológicos

Riesgo Movimiento en Masa	
Variable	Valor Ponderación (%)
Amenaza Movimiento en Masa	60
Vulnerabilidad Total	40
Riesgo Movimiento en Masa	
Variable	Valor Ponderación (%)
Amenaza Inundación	60
Vulnerabilidad Total en Llanura Aluvial	40

3. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

El municipio de Guarne está localizado al Oriente de Antioquia, en el extremo norte donde comienza el recorrido de la autopista Medellín – Bogotá sobre el altiplano de Rionegro. El municipio tiene una extensión de 153 km² y un área urbana de 1.28 km², limita por el norte con los municipios de Girardota y Copacabana, por el este con el municipio de San Vicente, por el sur con el municipio de Rionegro, y por el oeste con el municipio de Medellín.

La cabecera urbana se halla en su mayoría sobre las terrazas y la llanura aluvial de la margen izquierda de la quebrada La Mosca, la cual es el eje principal de la cabecera, junto con la autopista Medellín – Bogotá (Figura 1), además, existen algunos barrios construidos sobre los flancos del sistema de colinas alienadas hacia el noroeste que se hallan encajadas dentro de un relieve escarpado de alta pendiente, del cual se desprenden los afluentes Basto Norte, Basto Sur, La Charanga y San Felipe.

Figura 1. Panorámica de la zona urbana del municipio de Guarne



En los últimos años, ha existido un crecimiento acelerado de la población urbana de Guarne, impulsada por diferentes factores, siendo los más influyentes la construcción de aeropuerto José María Córdova y la ampliación de la autopista Medellín – Bogotá, lo cual ha provocado el asentamiento e industrialización en el corredor vial, así mismo por su cercanía a Medellín y su clima favorable, Guarne ha sido apetecido por los nuevos pobladores que encuentran en el municipio una zona estratégica de desarrollo por su locación.

Aunque existen zonas de alta estabilidad en los alrededores del cementerio municipal, el corredor de la autopista ha servido de barrera para el crecimiento del municipio hacia dicho sector, lo que ha conducido a la expansión de su suelo urbano hacia el costado oriental, sobre los flancos de las colinas altas y las laderas de moderada pendiente en el noroeste de la cabecera.

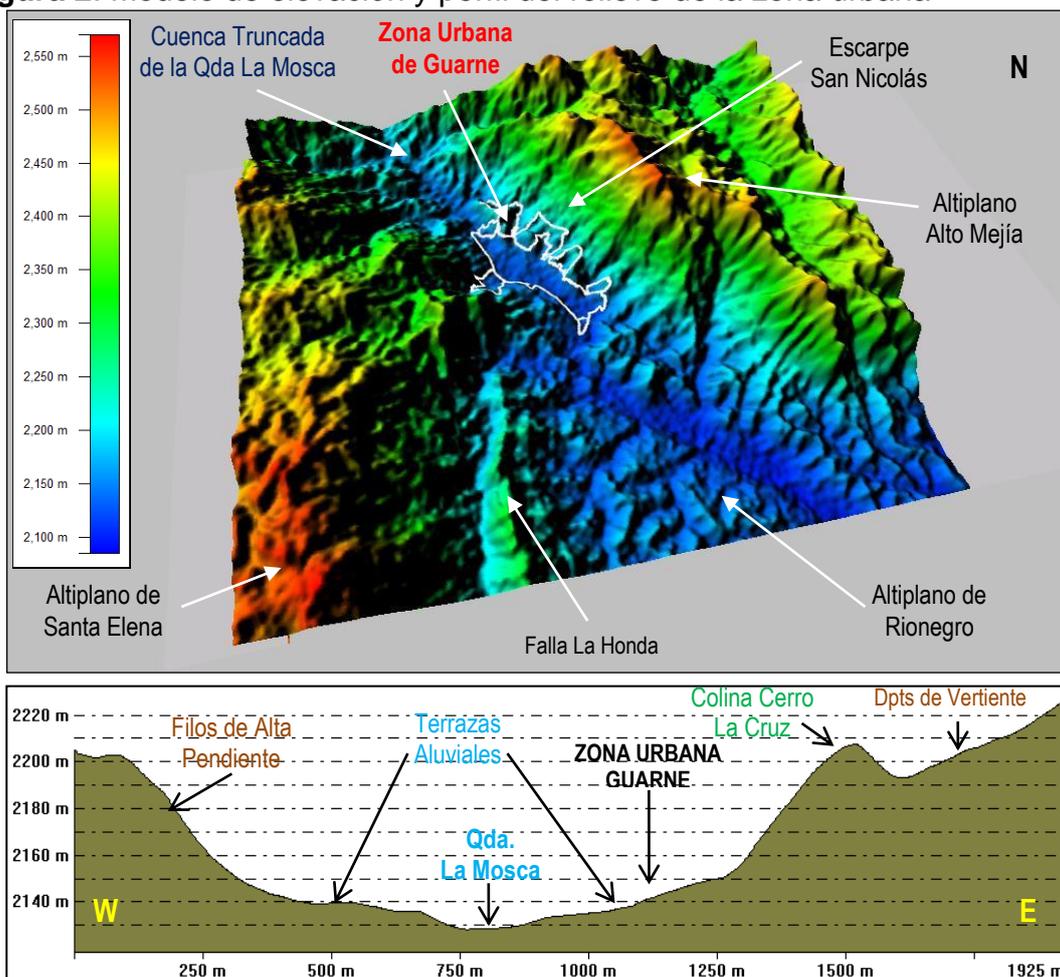
4. COMPONENTES DE LA AMENAZA

4.1 Hipsometría

El análisis hipsométrico se realizó con base en la visualización e interpretación de histogramas de frecuencia de los modelos de elevación digital, en los que se compara el número de celdas por cada valor en altura, es así como, se puede apreciar el comportamiento y los rasgos geomorfológicos generales del terreno identificando grandes segmentos correspondientes a los distintos sub-relieves dentro de la zona urbana de Guarne.

Mediante modelos de elevación digital de 30 m, 5 m y 2 m de resolución se realizó un análisis estadístico de las alturas que componen la cabecera urbana de Guarne, concluyendo que dentro del perímetro urbano y de expansión existe una mínima altura de 2120 msnm, una altura máxima cercana a 2225 msnm y una altura promedio de 2160 msnm. El relieve relativo máximo encontrado varía entre 30 m y 70 m siendo ésta altura cercana a la altura promedio de las colinas altas que componen el altiplano de Rionegro, ubicadas en el extremo oriental y al sur de la cabecera (Figura 2).

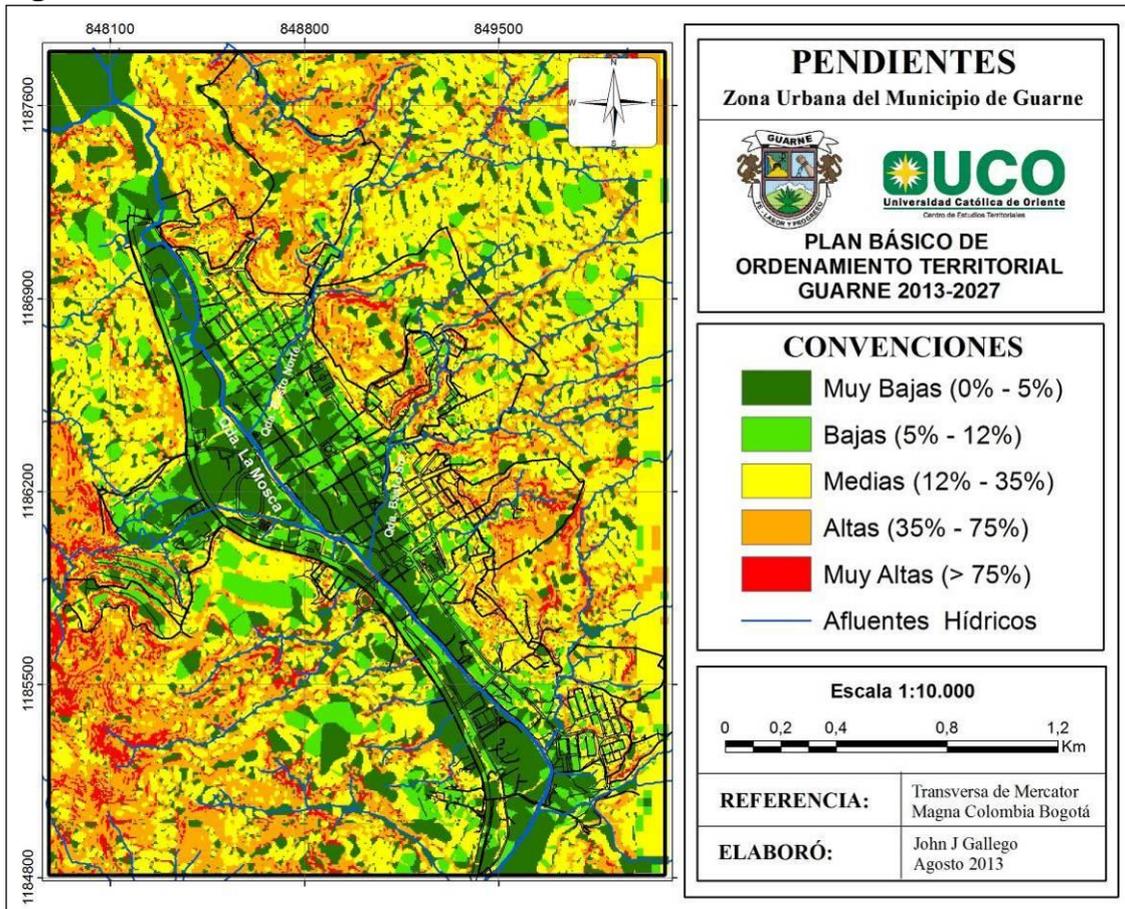
Figura 2. Modelo de elevación y perfil del relieve de la zona urbana



4.2 Pendientes

La cuantificación de la máxima inclinación de una vertiente es lo que denominamos la pendiente, la cual es una herramienta que permite zonificar los diferentes segmentos de relieve de una manera más clara y objetiva. Utilizando ArcGis se realizó un mapa de pendientes de la zona de análisis dado en porcentajes que muestra distintos rangos de zonificación (Figura 3). Este mapa se elaboró mediante un modelo de elevación digital generado a partir de curvas de nivel cada 2 m para la zona urbana y cada 5 m para la demás área de análisis.

Figura 3. Pendientes de la zona urbana del Guarne



El histograma de frecuencias de las pendientes muestra una distribución espacial unimodal asimétrica con tendencia a las pendientes bajas, en donde se tiene una pendiente promedio de 12% y una pendiente máxima de 78%.

El rango de pendientes bajas entre 0 % a 12 % representa más del 70% del perímetro urbano, en general estas áreas corresponden a las superficies aluviales de las terrazas de la quebrada La Mosca y sus tributarios. El intervalo de pendientes de 12 % a 75 %, es el más significativo en las zonas de expansión al oriente de la zona urbana y está relacionado con los flacos de las colinas y algunos segmentos de moderada inclinación de los depósitos de vertiente en La Charanga y Montañés.

A continuación se hace una descripción detallada de los rangos de pendientes en la zona urbana.

 **Pendientes Muy Bajas (0% - 5%).** Son las pendientes predominantes de las llanuras aluviales en el recorrido que hace la quebrada La Mosca por la cabecera urbana en los barrios La Cabaña, Unidad Deportiva, San Antonio y San Francisco, además hace parte de las superficies de las terrazas en los barrios San Vicente, Centro y la parte baja del barrio Plaza Centro. Igualmente se presentan en las llanuras de las quebradas El Salado y La Brizuela, en sus desembocaduras a la quebrada La Mosca.

 **Pendientes Bajas (5% - 12%).** Estas zonas corresponden a superficies planas y suaves que se concentran al igual que las pendientes muy bajas en el área de influencia de las quebradas La Mosca, La Brizuela y la parte media baja de las quebradas Basto Norte y Basto Sur. De este grupo hacen parte también las cimas de las colinas, las terrazas aluviales altas en la margen derecha de la quebrada La Mosca y los terraceos antrópicos en cercanías a *New Stetic*. Los barrios que tienen esta inclinación son San Vicente, Santo Tomas, Santa Ana, La Brizuela y los alrededores del cementerio municipal.

 **Pendientes Medias (12% - 35%).** Son las pendientes dominantes en las afueras del perímetro urbano. Se asocian a las superficies inclinadas de depósitos de vertiente, rampas alargadas y algunos segmentos de las cimas de las colinas. Se encuentran especialmente hacia el oriente de la zona urbana en las salidas para Yolombal, Montañés y La Clara, así mismo, son comunes en la margen derecha de la quebrada La Mosca, cubriendo gran parte de la vereda La Brizuela y el barrio Camilo Torres.

 **Pendientes Altas (35% - 75%).** Se presentan como un área homogénea en los escarpes de alta inclinación y a los filos alargados en La Brizuela y La Honda. Además, se encuentran cubriendo más del 80% de los flancos de las colinas en los barrios Alcores, Plaza Centro, La Palma María Auxiliadora, La Candelaria y la zona de expansión en la vereda Montañés.

 **Pendientes Muy Altas (> 75%).** Los rangos de pendiente dentro de este rango son escasos y solo representan un 5% del total de las pendientes, corresponden a los territorios más abruptos de la cabecera urbana, algunos dados por taludes verticales generados por malas prácticas civiles como en Plaza Centro y La Brizuela y otros asociados a las vertientes altas del escarpe en la Brizuela y La Honda. Igualmente, existen algunas zonas de muy alta pendiente en los escarpes de los depósitos de vertiente y las terrazas aluviales en la parte baja del Cerro La Cruz, Montañés, La Mulona y La Charanga.

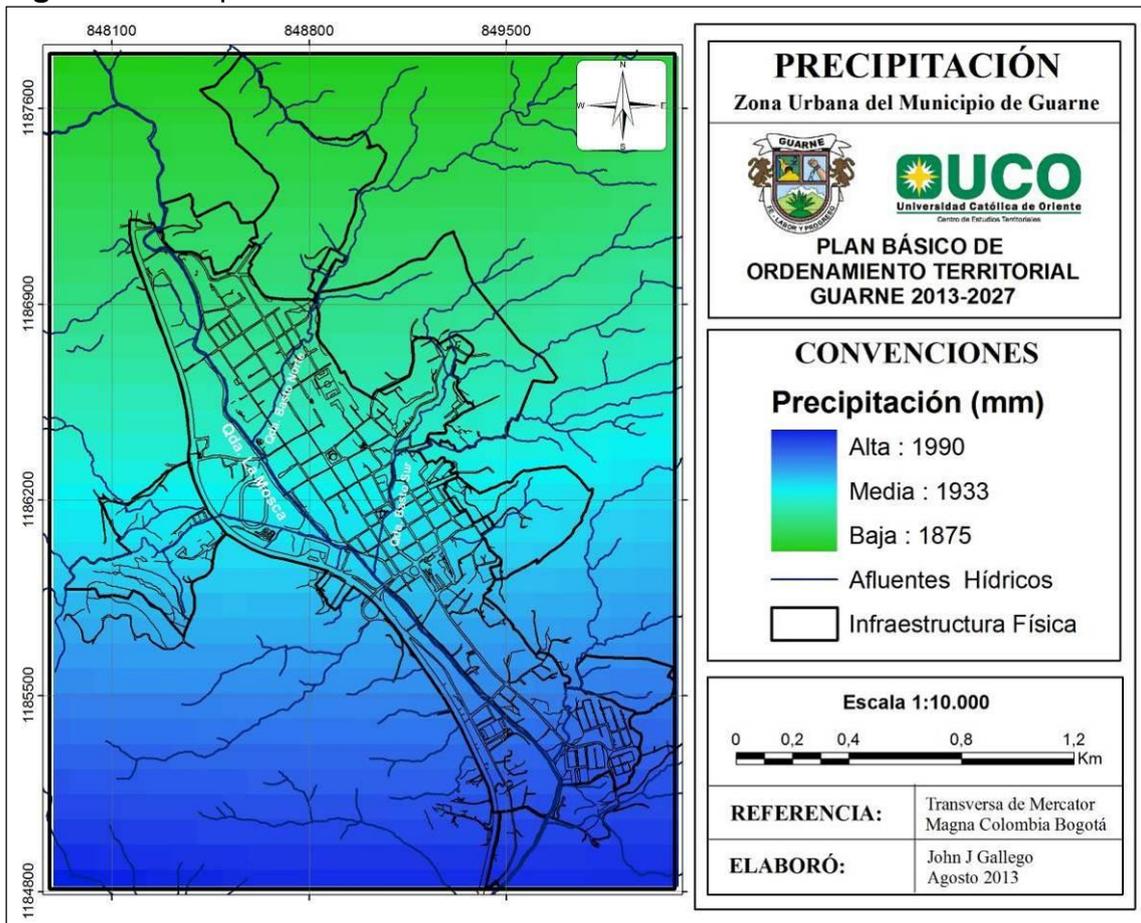
4.3 Precipitación

La distribución de la precipitación en la zona urbana de Guarne, se da a partir de tres rangos definidos, dispersados secuencialmente en franjas alargadas modeladas de norte a sur y de extensión lateral muy uniforme.

Por el sector norte cerca al cañón del Rio Medellín, se inicia con el rango de menor valor con 1875 mm y termina con el rango de mayor valor 1990 mm al suroriente de la cabecera urbana. Dentro de los municipios del Oriente Cercano, Guarne ha sido reconocido como uno de los que presenta mayor intensidad en su precipitación.

Procedentes del Cañón del Rio Medellín ascienden corrientes calientes que encuentran una barrea topográfica en las cerros en los alrededores del municipio de Guarne, configurando una zona de precipitación importante en la parte alta de la cuenca de la quebrada La Mosca. (Figura 4).

Figura 4. Precipitación en la zona urbana de Guarne



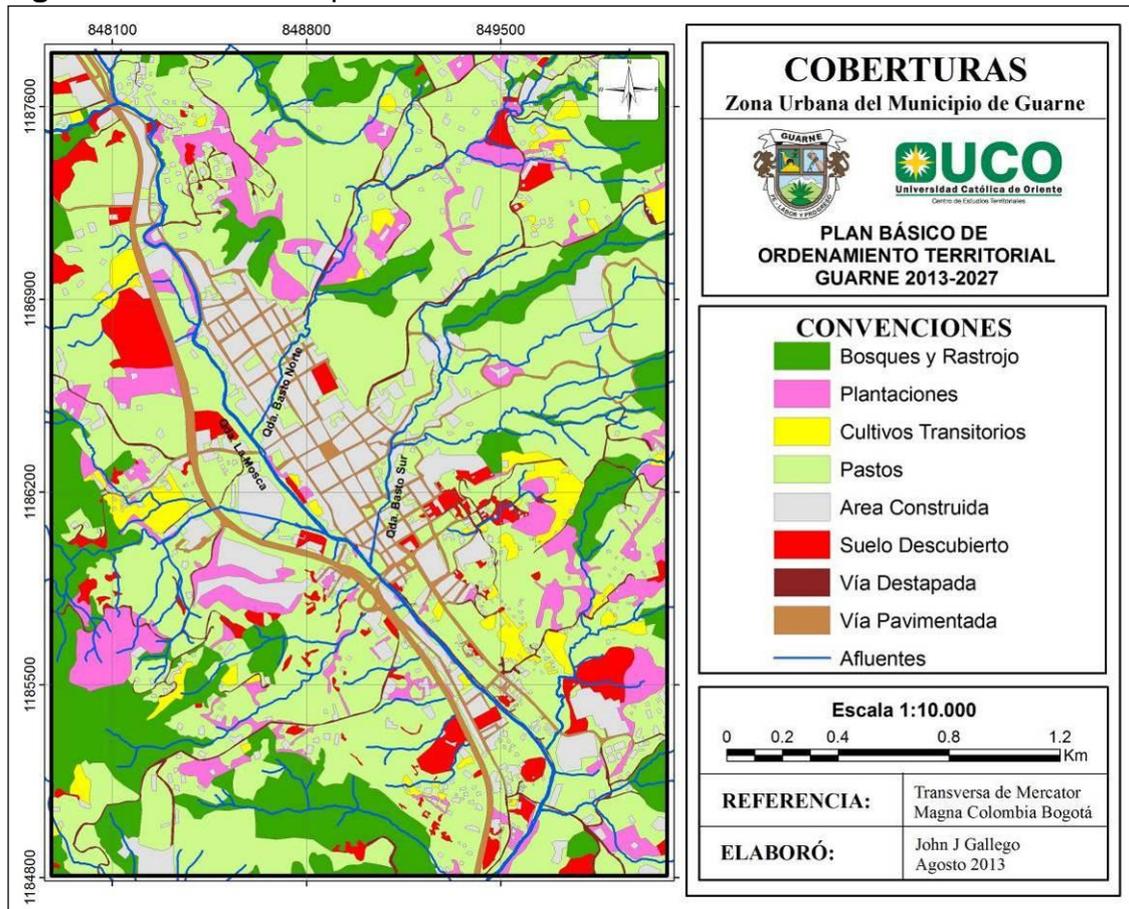
4.4 Coberturas

El papel de la vegetación en la estabilidad del suelo radica en el efecto mecánico del sistema radicular de las plantas y arbustos que favorecen la estabilidad de las laderas al incrementar la resistencia del suelo a deslizarse.

Además, la vegetación influencia en la estabilidad de las laderas mediante la reducción de la humedad del suelo por evapotranspiración e interceptación.

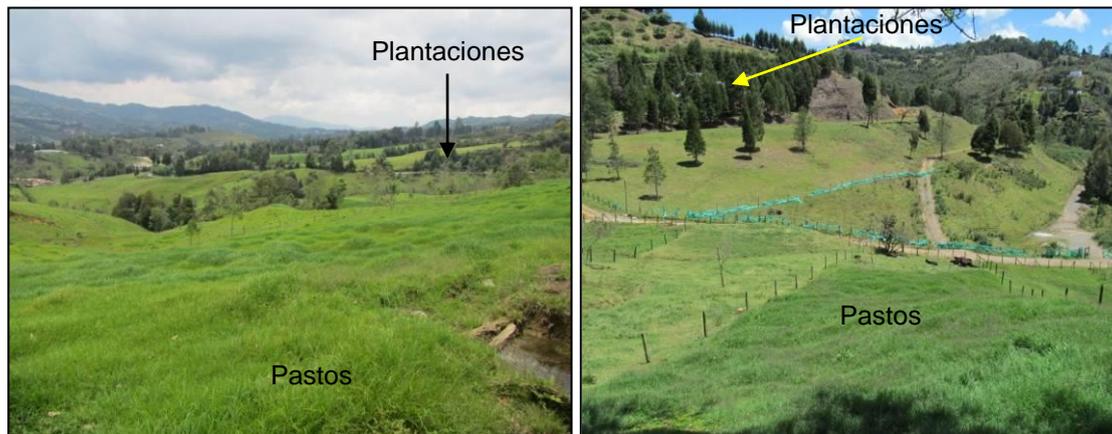
Gracias a las observaciones realizadas durante los recorridos de campo y al levantamiento detallado de la ortofoto municipal a escala 1:2000, se concluyó que las coberturas existentes en el territorio son: pastos, bosques, plantaciones, rastrojos, áreas construidas, vías terciarias, vías pavimentadas, cuerpos de aguas, cultivos y suelo desnudo (Figura 5).

Figura 5. Cobertura superficial de la cabecera urbana de Guarne



La cobertura dada por pastos es la que tiene mayor área dentro en los alrededores de la zona urbana de Guarne con aproximadamente un 50% del territorio, representando un área cercana a los 3.5 km². Esta cobertura prevalece tanto en las zonas de baja pendiente de las llanuras aluviales, como en las vertientes de moderada pendiente en La Charanga y los alrededores del Cementerio, a manera de cultivos abandonados o predios deforestados para pastoreo (Figura 6).

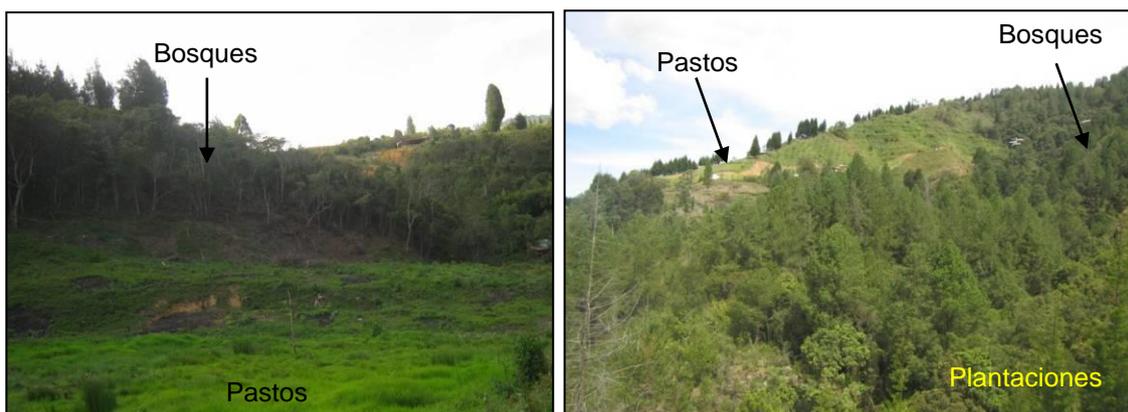
Figura 6. Pastos en las vertientes inclinadas en La Charanga y La Brizuela



Las pasturas se implementan de forma extensiva, alterando las propiedades físicas del suelo tornándolos más susceptibles a deslizamientos y reptación, ya que es evidente en los potreros ubicados en laderas de moderada pendiente procesos erosivos con formaciones de caminos y escalones por terraceo de ganado

La segunda cobertura preponderante en la zona de análisis está dada por bosques, bosques intervenidos y rastrojos, los cuales suman un área mayor al kilómetro cuadrado y se localizan en varios sectores. Los primeros y de mayor magnitud, se hallan en la vereda La Brizuela, en donde forman un corredor que va desde la vereda La Honda hasta llegar al Parque Arví, además se encuentran a manera de bosques galería o relictos en las veredas La Charanga, Montañés y La Mulonas, así como en los alrededores del Cementerio. Debido a la presión agrícola y pastoril gran parte de este territorio estratégico para la biodiversidad de la zona ha sido reemplazado (Figura 7).

Figura 7. Bosques y pastos en la Salida a Piedras Blanca y la Brizuela



Con un área de 0.9 km² se tiene la cobertura dada por las áreas construidas, las cuales representan un 15% del total de territorio analizado, estas áreas se encuentran totalmente transformadas y en ellas se han canalizado varios afluentes hídricos que sumado a la construcción de las viviendas han formado un compilado de cemento y ladrillo.

El tejido urbano de Guarne es homogéneo y bien trazado, tiene un área aproximada de 0.65 km², distribuidos en varios barrios y sectores, en los cuales es común encontrar un mosaico de edificios y pastos en la parte trasera de las viviendas y en los lotes no construidos (Figura 8).

Figura 8. Área construida de la cabecera urbana de Guarne



Otra cobertura importante en los alrededores de la zona urbana de Guarne, está dada por las plantaciones, las cuales tiene un área de 0.5 km² y están ligadas a los bosques y pasturas a manera de mosaicos, siguiendo límites prediales o en áreas de mayor magnitud destinadas a aprovechamientos forestales (Figura 9).

Figura 9. Mosaico de plantaciones, bosques y pastos en el Sango y San Isidro



En la cuenca de la quebrada San Felipe y algunos segmentos de La Brizuela, es común encontrar coberturas dadas por cultivos limpios, en donde existen inadecuadas prácticas agropecuarias, dadas por remoción y labranza continua del suelo. Las principales especies que se asocian a esta actividad son: papa, zanahoria, tomate, además de remolacha, repollo, frijol, entre otros (Figura 10).

Igualmente, existen en el territorio áreas desprotegidas de vegetación, en donde es común encontrar procesos erosivos y alta inestabilidad. Estas zonas descubiertas de suelo tienen un área dentro de la zona de estudio cercana a 0.3 km² y en su mayoría son producto de malas intervenciones civiles como el Hamburgo, San Antonio II, El Sango y las Salidas a Piedras Blancas y El Salado (Figura 10).

Figura 10. Cultivos en San Felipe y suelo descubierto en El Sango



Por último, los cuerpos de aguas y las vías dentro del área de análisis, representan un porcentaje cercano al 6%. Guarne, tiene una buena infraestructura vial dada por vías terciarias pavimentadas o destapadas en buen estado y el corredor de doble calzada de la autopista Medellín – Bogotá (Figura 11).

Figura 11. Vía terciaria en la Brizuela y Autopista Medellín - Bogotá



Los cuerpos de agua, están dados por los recorridos de la quebrada La Mosca y sus principales afluentes, así como numerosos lagos y represamientos en la parte baja de las vaguadas de escorrentía, ubicados principalmente en las veredas La Charanga, Montañés y La Brizuela. Estos cuerpos de aguas son destinados a usos agrícolas, piscícolas y actividades recreativas.

4.5 Geología

4.5.1 Geología Regional

El marco geológico regional de Guarne, está conformado por gneises y anfibolitas pertenecientes al grupo de rocas metamórficas del Complejo El Retiro, la cuarzdiorita del Batolito Antioqueño y depósitos no consolidados dados por depósitos de vertiente y aluviales que conforman varios niveles de terrazas, junto con cenizas volcánicas que se encuentran recubriendo la región, excepto las llanuras aluviales inundables y las zonas de alta pendiente.

- **Gneis.** Esta unidad fue denominada por INGEOMINAS (2005) como el Gneis de La Ceja y comprende las rocas en el nacimiento de la quebrada El Salado y algunos tramos en la vereda La Hondita. Localmente se encuentra plegada y presenta intercalaciones con gneises miloníticos y cuarcitas. Los gneises se encuentran alterados, tomando colores anaranjados, pardos, rojos y grises con bandas y manchas amarillas; localmente presentan segregaciones de cuarzo lechoso a lo largo de sus planos de foliación.

- **Anfibolitas.** Es la unidad metamórfica de mayor extensión en el Oriente Cercano y hace parte de la Anfibolita de Medellín. Aparece profundamente meteorizada y su perfil generalizado de meteorización se compone de un nivel de suelo de color crema a gris claro que localmente presenta incidencia de cenizas volcánicas. La estructura en las anfibolitas varía entre gnéisica y esquistosa, pudiendo ser masivas localmente, algunas veces bandeada. La composición mineralógica de las anfibolitas está dada por hornblenda y plagioclasa con cantidades menores de minerales como magnetita e ilmenita.

- **Batolito Antioqueño.** Es la principal unidad de rocas ígneas que aflora en la región, cubriendo un área aproximada de 7.800 km². La baja resistencia a la alteración de las rocas del Batolito Antioqueño origina un perfil de meteorización muy profundo, 10 a 100 m, donde es común encontrar bloques esféricos residuales parcialmente meteorizados, que en conjunto forman un paisaje de colinas subredondeadas de baja altura, en Guarne, sobresalen una franja estrecha colinas saprolíticas paralela a la quebrada La Mosca. Una de las características fundamentales del Batolito Antioqueño es su homogeneidad litológica donde cerca del 95% ha sido clasificada como cuarzdiorita.

- **Depósitos No Consolidados.** En la región se pueden encontrar depósitos aluviales y terrazas a lo largo de los cauces de los canales actuales del río Negro y las quebradas La Mosca, La Honda, entre otras. Igualmente se han identificado hasta 9 niveles de terrazas aluviales, las cuales tienen edades variables entre 300 mil y 2 millones de años, la más alta encontrada en la vereda La Brizuela. Los depósitos de vertiente, se componen principalmente de varias generaciones de flujos de lodo y escombros ubicados en la base de los escarpes regionales, algunos de los cuales se encuentran meteorizados y consolidados por su antigüedad.

4.5.2 Geología Estructural

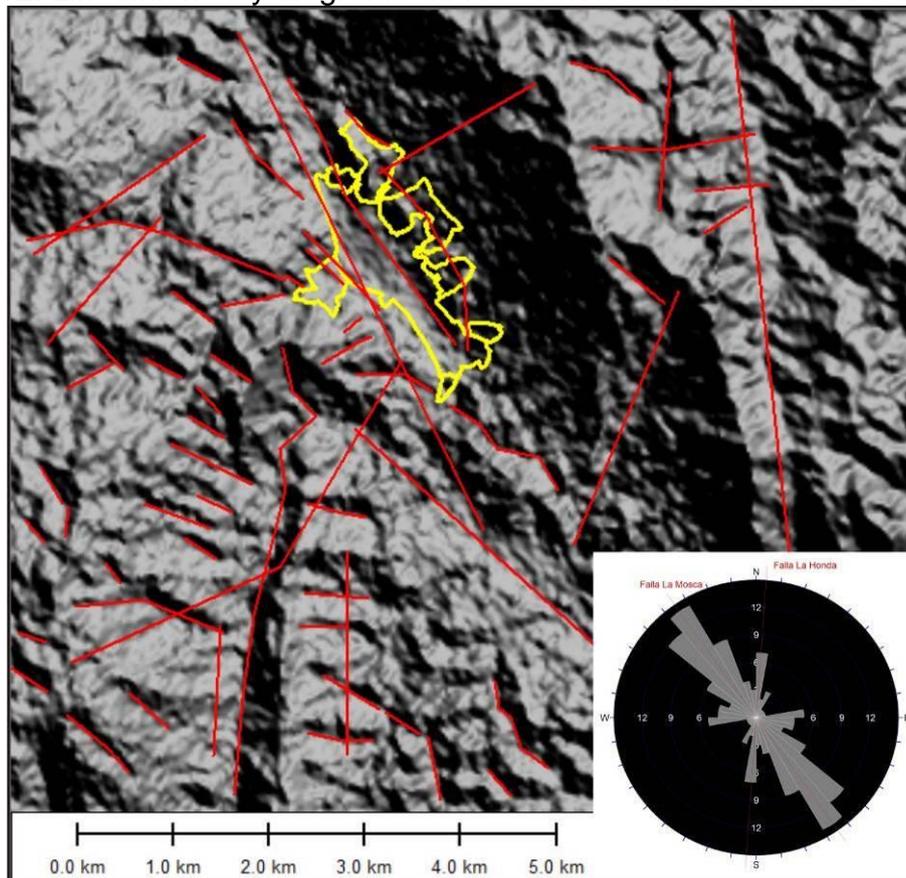
La Cordillera Central en Antioquia, se encuentra bajo la influencia de los Sistemas de Fallas Cauca – Romeral al occidente de la cordillera y Palestina al oriente, conservando hacia el centro del departamento un elipsoide encajado en medio de estos dos grandes sistemas de fallas de dirección NS y limitado al

norte por el Sistema de Fallas de Espíritu Santo. En este elipsoide se destaca la presencia de superficies de erosión; que son una secuencia de altiplanos escalonados, algunos de los cuales tienen un basculamiento al suroriente.

En el Oriente Antioqueño tiene mayor influencia el Sistema Palestina del cual sobresalen fallas con dirección N45-60W, destacándose las fallas Cocorná, Nare, Calderas y Bizcocho. Sin embargo, en el norte del altiplano de Rionegro, existe una fuerte influencia del sistema de fallas de Belmira con tendencia N30W y sistema de fallas Rodas – La Acuarela, relacionado con Romeral, con una dirección preferencial NS, en los límites entre Guarne y Medellín.

En los alrededores de la cabecera urbana de Guarne se fotointerpretaron los lineamientos estructurales y los tramos de drenaje alineados en una longitud mayor a 500 m en un radio de 8 km y con esta información se hizo el diagrama de rosas donde se muestran las principales direcciones de alineamiento, que para el análisis estructural indica el patrón radial de diaclasamiento del Batolito Antioqueño y las rocas metamórficas, junto con las fallas existentes (Figura 12).

Figura 12. Lineamientos y diagrama de rosas en los alrededores de Guarne



Según el diagrama de rosas, las principales estructuras heredadas a considerar cuando se realicen cortes civiles a los taludes están dentro de los rangos: N30W, N10W y N80E, las cuales deben tenerse en cuenta para garantizar la estabilidad de los taludes con factores de seguridad mayores a 1.2.

El principal rasgo estructural en la zona urbana de Guarne, está dado por la falla La Mosca (Gallego, 2013), la cual genera una zona de debilidad con un ancho cercano a 1.4 km, de donde sobresalen al menos dos trazas paralelas con dirección N30W, cada una con longitud de 5 km en promedio. Esta falla es sinistral inversa, aunque en algunos sectores muestra también una componente normal.

Existen evidencias morfotectónicas en la zona de análisis de esta estructura, destacándose el alineamiento generado por el sistema de colinas del Cerro La Cruz en la margen izquierda de la quebrada La Mosca, el escarpe en contrapendiente y los lomos en gancho que se encuentran hacia los flancos orientales de las colinas en límites morfológicos con los depósitos de vertiente provenientes de la vereda La Mejía. Así mismo sobre el saprolito de estas colinas, se evidenció la zona de fallamiento de 2.8 m de ancho, en donde se encontró una importante cantidad de óxido de manganeso, segregación de cuarzo y vetas centimétricas de cuarzo lechoso paralelas a la zona de fractura, las cuales se encuentran desplazadas.

En la margen derecha de la quebrada La Mosca, es donde existe los mayores rasgos de la falla La Mosca, en donde se tienen silletas alineadas, cambios en la dirección y en la gradiente por saltos en la quebrada La Brizuela, en este mismo sector se encuentran evidencias disidentes de actividad neotectónica asociada a esta falla. Se hallan afectaciones, dadas por desplazamientos verticales y cabalgamientos en los depósitos de terrazas aluviales y flujos de lodos y escombros, así también como ruptura en la capa de cenizas volcánicas que pone en evidencia la actividad reciente de esta estructura. Asociadas a estas evidencias existen estructuras secundarias con dirección EW y N40E, lo cual sugiere que las estructuras en la zona pueden entenderse dentro de un comportamiento *Riedel*.

Otra estructura importante y con gran expresión morfotectónica es la falla La Honda, la cual controla el cauce de la quebrada del mismo nombre. Esta estructura tiene una dirección NS, una longitud mayor a 10 km y tiene relación al norte con la falla La Mosca. En sus vertientes se evidencian algunos rasgos como facetas triangulares y silletas alineadas, así como indicios de una estructura *pull apart*, donde sobresalen espesos depósitos aluviales encajados en vertientes de alta pendiente.

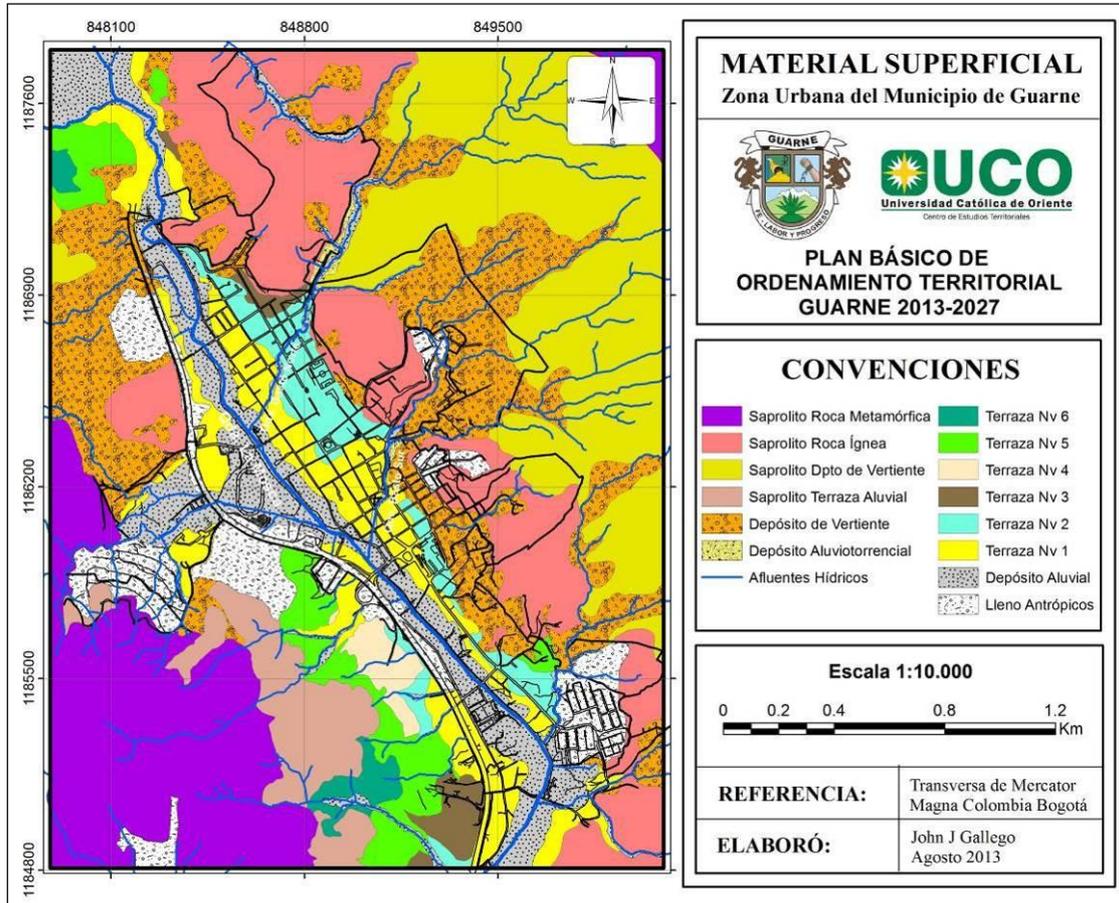
Las fallas La Mosca y La Honda se encuentran en la zona de contacto geológico entre las rocas metamórficas del complejo El Retiro y el Batolito Antioqueño, el cual en este sector aparenta ser tectónico y no intrusivo como en la mayoría de los contactos estudiados del batolito. Además, estas estructuras hacen parte del escarpe San Nicolás que sirve de separación entre las superficies de erosión o altiplanos de Santa Elena y Rionegro.

4.5.3 Material Superficial

La geología es un factor muy importante a la hora de evaluar la susceptibilidad ante fenómenos geológicos, ya que las estructuras tectónicas y controles estructurales se asocian en muchos casos a zonas de alta inestabilidad en las

laderas, como la existente entre la vereda La Clara y el Alto de La Virgen, relacionada con la falla La Mosca. No obstante, a la hora de evaluar la amenaza por movimientos en masa, los materiales superficiales (Figura 13) son los de mayor influencia, los cuales interactúan con la atmósfera, se erosionan, disgregan y deslizan.

Figura 13. Material geológico superficial en la cabecera de Guarne



- Saprolito Roca Metamórfica

Representa el 15% del área de análisis y dentro de esta unidad se agrupan los saprolitos de gneises y anfibolitas, ubicados en el suroccidente de la cabecera urbana en La Brizuela y La Honda. Estos suelos son rojizos y muestran un desarrollo irregular con tamaño de grano fino y en ocasiones arenoso, dependiendo de la cantidad de cuarzo. El perfil de meteorización típico de estas rocas se describe a continuación:

Suelo Orgánico. Horizonte rico en materia orgánica de 30 cm de espesor, de color negro en el techo y pardo oscuro en la base; deleznable y con textura arcillo-limosa, además, tiene abundantes raíces y restos de material vegetal.

Cenizas Volcánicas. Este suelo tiene textura limoarcillosa, es de color pardo y presenta una cantidad importante materia orgánica. Tiene estructura prismática con abundantes grietas, es friable y presenta restos de cristales y vidrio.

Horizonte VI. Suelo residual de 40 cm de espesor, color gris claro a blanco, consistencia suave, no plástico, húmedo, débilmente cementado.

Horizonte V. Roca extremadamente meteorizada con un espesor promedio de 1.50 m, color blanco moteado de negro, deleznable, consistencia firme, no plástico, húmedo, débilmente cementado.

Horizonte IV. Roca altamente meteorizada, color gris moteado y rojiza, deleznable, consistencia firme, no plástico, húmedo, débilmente cementado, al que no se le pudo determinar el espesor.

- Sapolito Roca Ígnea

El espesor y la textura de los horizontes pertenecientes al perfil de meteorización de la cuarzodiorita del Batolito Antioqueño, está condicionado por la relación erosión-meteorización, que es producto de la evolución geomorfológica y el levantamiento tectónico durante la Orogenia Andina. En Guarne el sapolito ígneo es profundo, con una textura limoarenosa, en la que es común encontrar diaclasas heredadas. La Figura 14, muestra lo homogéneo del sapolito ígneo en el barrio Plaza Centro, además se observan las estructuras heredadas y los inadecuados cortes civiles que comprometen su estabilidad.

Figura 14. Características del sapolito ígneo en el barrio Plaza Centro



El perfil generalizado se describe a continuación según la clasificación de Dearman (1991).

Horizonte VI. Espesor variable entre 1 y 5 m. Suelo residual de color rojo, amarillo rojizo o amarillo. Limoarenoso de consistencia firme, baja plasticidad y húmedo. Se diferencia fácilmente por el contenido de micas y color intenso.

Horizonte V. Espesor de 5 m. Roca extremadamente meteorizada conservando la estructura original. Las características del material suelto corresponden al horizonte VI. Los bloques, en un porcentaje del 10 al 20 % y de dimensiones métricas, se caracterizan por presentar meteorización diferencial en forma de costras, denominada meteorización esferoidal.

Horizonte IV. Espesor promedio de 10 m, roca altamente meteorizada con más del 50% del material descompuesto a suelo, color amarillo rojizo, textura arenosa limosa, de consistencia firme, baja plasticidad, húmedo y cementación moderada. Se alcanzan a distinguir en los bloques de roca sistemas de diaclasas rellenas por oxidaciones de minerales ferromagnesianos.

Horizonte III. Espesor 8 m. Moderadamente meteorizada con menos del 50% del material descompuesto a suelo. Los bloques se encuentran frescos a ligeramente meteorizados en formas redondeadas.

Horizonte II. Roca ligeramente meteorizada de color blanco moteado y rojizo, masiva y con textura granítica. Se caracteriza por las alteraciones de los minerales ferromagnesianos generando aureolas de color rojizo y cobre. Las diaclasas se encuentran rellenas por oxidaciones de hierro y arcillas.

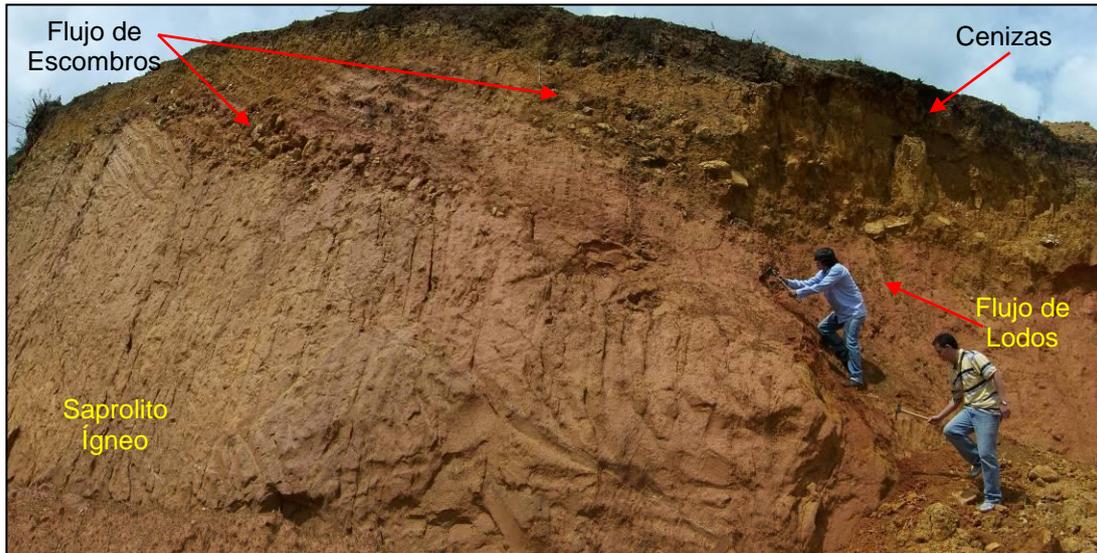
Horizonte I. Roca fresca sin signos de meteorización.

- Saprolito de Depósitos de Vertiente y Depósitos Recientes

Corresponden a depósitos de deslizamientos, flujos de lodo y escombros. La composición general de estos depósitos es de bloques heterométricos de rocas embebidos en una matriz arenosa o limoarcillosa de color rojizo. Estos depósitos se hallan en la ladera oriental de la cabecera y en la vereda La Brizuela, poseen una morfología superficial ondulada de pendientes suaves a moderadas, en ocasiones los bloques son descubiertos por los procesos erosivos generando una superficie de bloques que ayuda a identificar fácilmente el depósito.

En la zona se reconocen flujos clasto soportados, que se componen de bloques de tamaño grava de hasta de 20 cm, angulosos a subredondeados, compuestos principalmente por fragmentos de rocas de anfibolita y granodioritas. La matriz del flujo es de tamaño arena gruesa, presenta un color pardo amarillento, es poco cohesivo y muy deleznable. Así mismo, se hallan interdigitados con los flujos de escombros flujos matriz soportados caracterizados por tener una disminución en el tamaño de los bloques con un diámetro máximo de 5 cm, estos bloques son en su mayoría fragmentos de anfibolita y cuarzo lechoso muy angulosos. La matriz tiene una granulometría arcillosa y presenta una tonalidad roja bastante meteorizada.

Figura 15. Depósitos de vertiente sobre el saprolito ígneo en Hamburgo

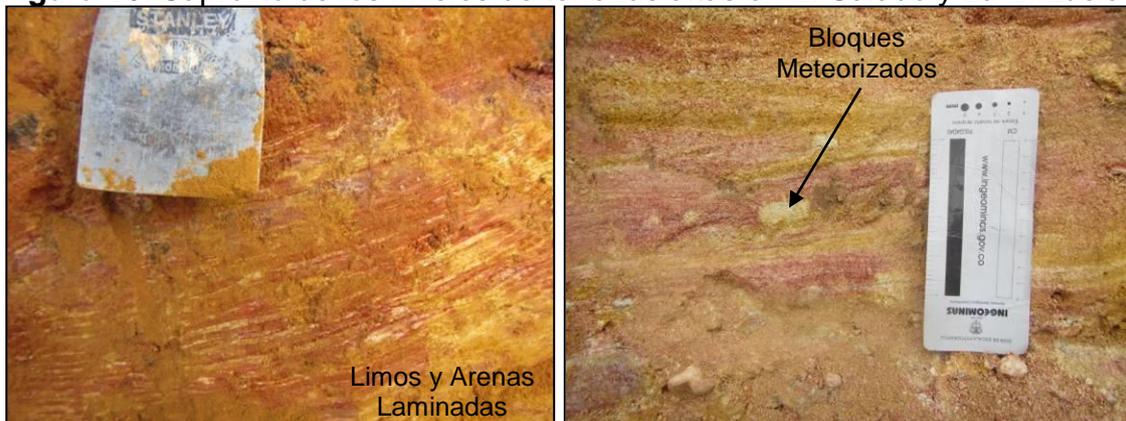


Existen dos generaciones de depósitos de vertiente, la primera se componen de flujos de lodos y escombros altamente meteorizados, en los que se destacan fragmentos fantasma de tamaño centimétrico de coloración rojiza y oxidada, además dentro de esta unidad es común encontrar bloques de gneises parcialmente frescos de forma rectangular, con meteorización sacaroidal, tornándose muy arenosos. Los flujos recientes, se componen de flujos de escombros con una matriz dada por cenizas re trabajadas y saprolitos rocosos, que le dan una coloración naranja y rojiza al depósito.

- Saprolito de Terrazas Aluviales

En la margen derecha de la quebrada La Mosca se identifican hasta nueve niveles de terrazas aluviales. Los niveles superiores (7 al 9) se encuentran altamente meteorizados, se componen de limos y arenas rojizas laminadas y delezna bles, en los que se reconocen bloques embebidos de anfibolitas redondeadas de textura arenosa de 2 cm de diámetro, así como bandas y lentes arcillosos fracturados de color gris bastante compactos (Figura 16).

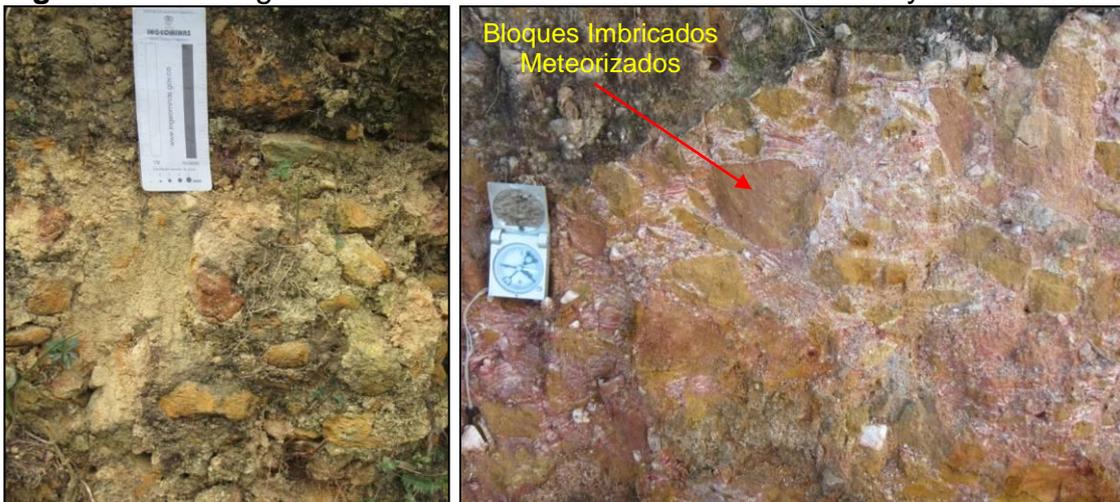
Figura 16. Saprolito de los niveles de terrazas altas en El Salado y La Brizuela



- Depósitos de Terrazas Aluviales Altas

Las terrazas entre el cuarto y el sexto nivel, tiene una textura variable, en donde existen paquetes de gravas meteorizadas en una matriz arenosa y limosa compuesta por cuarzos principalmente con un espesor variable entre 2 m y 7 m. Los clastos presentan en promedio un diámetro cercano a 15 cm, y se componen en más de 70% de bloques de rocas metamórficas. A pesar de presentarse meteorizados, estos detritos subredondeados y subangulosos se muestran imbricados y en discordancia angular con depósitos de arenosos más superficiales (Figura 17).

Figura 17. Estratigrafía de las terrazas medias en San Vicente y La Brizuela



En la superficie de las terrazas de los niveles medios, es común encontrar bloques dispersos de cuarzo lechoso subredondeados con un diámetro de 15 cm en promedio. Las terrazas medias, tienen un espesor entre 5 m y 7 m, siendo una de las más espesas, además se encuentran cubiertas de cenizas volcánicas y depósitos de vertiente. Los estratos inferiores de estas terrazas se componen de arcillas y gravas, sin embargo, hacia el techo se encuentran paquetes arenosos compactos, en los que se observan algunos bloques de óxidos y cuarzos embebidos (Figura 18). De los niveles cuatro a siete se extrajo gran parte del oro artesanal durante la época colonial en Guarne.

Figura 18. Estratos arenosos del quinto nivel de terraza cerca a Camilo Torres



- Depósitos de Terrazas Aluviales Bajas

Los niveles bajos de terraza están ligados a la llanura aluvial de la quebrada Mosca y se hallan principalmente en la margen izquierda de la quebrada, cabe anotar que gran parte de la cabecera urbana yace sobre estas unidades.

Estos depósitos corresponden a remanentes de anteriores niveles de sedimentación, en donde los sitios más altos son los más antiguos, normalmente contienen suelos más evolucionados y están cubiertos por cenizas volcánicas. Los materiales que componen las terrazas bajas se componen de paquetes de gravas imbricadas intercaladas con lentes de arenas grises y rojizas laminadas, en algunos casos con estratificación cruzada.

Figura 19. Arenas y gravas imbricadas en las terrazas bajas de La Mosca



Las terrazas tienen un espesor promedio de 2.2 m y reposan discordantemente sobre el saprolito del Batolito Antioqueño. Estos materiales son bastante friables y poco cohesivos, además presentan altos valores de humedad relativa.

- Depósitos de Llanura Aluvial y Aluviotorrencial

Están estrechamente relacionados a los drenajes naturales, se destacan los aluviones de las quebradas La Mosca, El Salado, La Brizuela, y los torrenciales de Basto Norte y San Felipe. Su ubicación corresponde a los tramos donde los procesos de sedimentación son favorecidos por una disminución del gradiente hidráulico. Corresponden a cuerpos alargados localizados a lo largo de los drenajes activos. Morfológicamente se caracterizan por presentar superficies planas y generalmente sin inclinación, en algunos casos fuertemente disectadas. Los materiales aluviales, se componen principalmente de capas laminadas de limos y arenas cuarzosas de espesores variables de color café y blanco, las cuales tienen un alto contenido de humedad y moderada resistencia. Así mismo, se reconocen materiales finos de textura arcillosa y turberas en las zonas pantanosas (Figura 20)

Figura 20. Depósitos finos de inundación de la quebrada Montañés

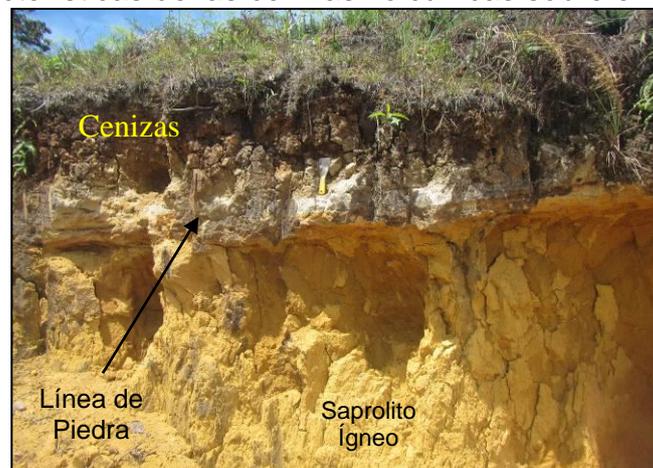


- Suelos y Cenizas Volcánicas

En el municipio de Guarne es común encontrar un depósito continuo de cenizas volcánicas meteorizadas, formadas por acumulaciones de productos volcánicos provenientes del complejo Ruiz-Tolima. El estudio de suelos del Departamento de Antioquia, muestra que los suelos del altiplano de Rionegro son Andisoles en los sectores de topografía más suave y en las laderas de pendientes fuertes Inceptisoles en menor profundidad efectiva. Regionalmente las cenizas volcánicas presentan un contenido de Arcillas en un 74% Clase FA; Limo en un 20% con un pH 5,2; Arena en un 6% y Materia Orgánica con un 21,8 % de la totalidad del suelo.

Toro y Hermelín (2000), proponen la división de la unidad estratigráfica superior en siete subunidades, tres de las cuales son netamente volcánicas y las otras son suelos orgánicos transicionales. En la zona de estudio es común encontrar también la línea de piedra, que es un horizonte de acumulación propio de regiones tropicales y subtropicales, constituido por clastos que van desde arena hasta gravas de tamaño centimétrico, los clastos están compuestos usualmente por materiales resistentes a la meteorización como cuarzo y nódulos de hierro (Figura 21).

Figura 21. Características de las cenizas volcánicas sobre el saprolito ígneo



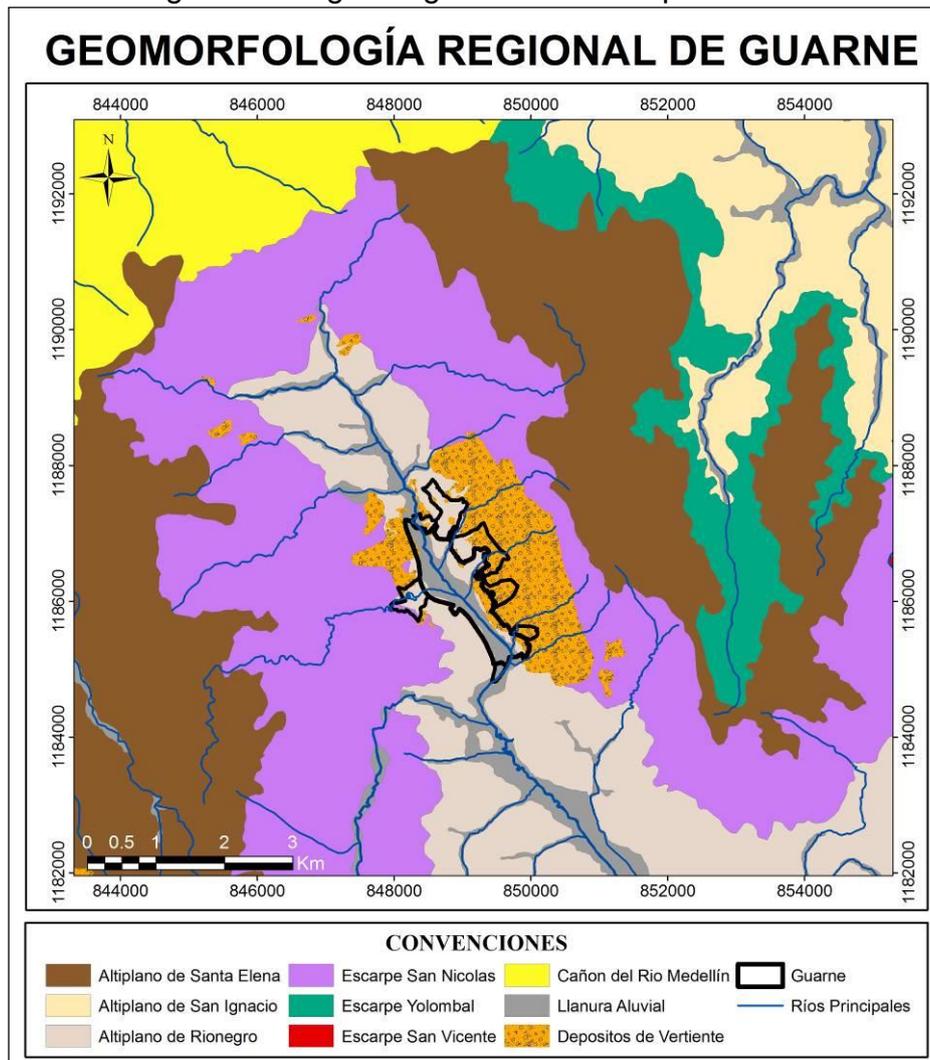
4.6 Geomorfología

4.6.1 Geomorfología Regional

Los principales relieves de primer orden que conforman el centro de Antioquia son las superficies de erosión, los escarpes que las separan y los cañones que las degradan o las segmentan. A su vez cada una de estas unidades muestra un conjunto de relieves de segundo orden que se pueden agrupar a partir de los relieves de primer orden.

La cabecera urbana de Guarne se halla dentro dos unidades geomorfológicas regionales: el escarpe San Nicolás y la superficie de erosión de Rionegro (Figura 22). El altiplano de Rionegro tiene aproximadamente 170 Km² y se encuentra entre 2000 msnm y 2220 msnm, tiene una forma irregular mostrándose alargado hacia el municipio de Guarne y El Retiro y una forma de herradura que tiende hacia el sureste en el municipio de La Ceja, además, esta superficie se presenta basculada hacia el Este.

Figura 22. Marco geomorfológico regional del municipio de Guarne



La superficie de Rionegro se caracteriza por su homogeneidad altitudinal en la que no se evidencian grandes desniveles, sin embargo, son claros los avances perimetrales de sus principales afluentes, mostrándose algunos tramos estrechos y alargados tal como se observa en las cabeceras de las cuencas de la quebrada La Mosca y La Marinilla. Así mismo, existen rasgos erosivos de formación de bahías como las cabeceras de las cuencas de las quebradas La Pereira, Cimarronas y La Marinilla, estas geoformas se pueden considerar como una etapa erosiva avanzada dentro del modelado del relieve de esta zona del departamento de Antioquia (Gallego, 2013).

Este altiplano está conformado por un sistema de colinas equi-altitudinales, modeladas en espesos perfiles de meteorización de material areno-limoso producto de la descomposición de la cuarzodiorita del Batolito Antioqueño y que llegan a medir hasta 100 m de espesor, además, la superficie de erosión está cubierta por extensos depósitos aluviales y una capa de cenizas volcánicas de espesor 2 m.

La segunda unidad de primer orden que constituye la geomorfología de Guarne es el escarpe San Nicolás, que separa el altiplano de Santa Elena de la superficie de Rionegro, tiene una altura promedio de 400 m y se divide en tres estructuras diferentes, pero correlacionables geomorfológicamente.

La primera estructura presenta un marcado control estructural NS por el sistema de fallas de La Honda, esta unidad se localiza al noroeste de la quebrada Mosca en la Veredas Batea Seca y Los Salados de Guarne; este segmento del escarpe se extiende a lo largo de la vía que conduce de Guarne al aeropuerto internacional, pasando por las veredas Sajonia y El Tablazo en Rionegro, extendiéndose hacia sur en cercanías de la represa de la Fe en el municipio de El Retiro.

El segundo segmento se localiza en los límites de los municipios de La Ceja, El Carmen y La Unión, en esta zona el escarpe presenta una forma en herradura, mostrándose bastante degradado y con una gran acumulación de depósitos de vertiente en la base del escarpe. La tercera estructura se identifica al este de la quebrada La Mosca, a partir del Alto de La Sierra avanza por el valle de la quebrada La Mosca hasta la vereda Chaparral, tiene una dirección continua NNW, además, se asocian números depósitos de vertiente en la cabecera de Guarne.

Igualmente, en la región existen extensos depósitos aluviales asociados a los principales afluentes de la zona que conforman varios niveles de terrazas de diferentes alturas y pequeños valles asociados a drenajes cortos que han formado concavidades de primer orden. Geomorfológicamente las terrazas son un conjunto de geoformas de baja pendiente, de tope plano a semiplano, que en la región pueden observarse como un conjunto de 9 niveles escalonados estrechos asociados a las fuentes hidrográficas.

4.6.2 Geomorfología Local

En los alrededores de la cabecera urbana de Guarne, se tienen tres unidades geomorfológicas regionales de primer orden, la primera son las llanuras y terrazas aluviales de las quebradas La Mosca y sus afluentes, la segunda es el relieve colinado alto ligado al altiplano de Rionegro y tercero son los segmentos del escarpe San Nicolás de alta y baja pendiente, del cual hacen parte también extensos depósitos de vertiente ubicados en ambos márgenes de la quebrada Mosca. Así mismo, las modificaciones antrópicas han provocado cambios en el relieve por llenos en las llanuras aluviales y cortes en los saprolitos que conforman las colinas y los filos pendientes.

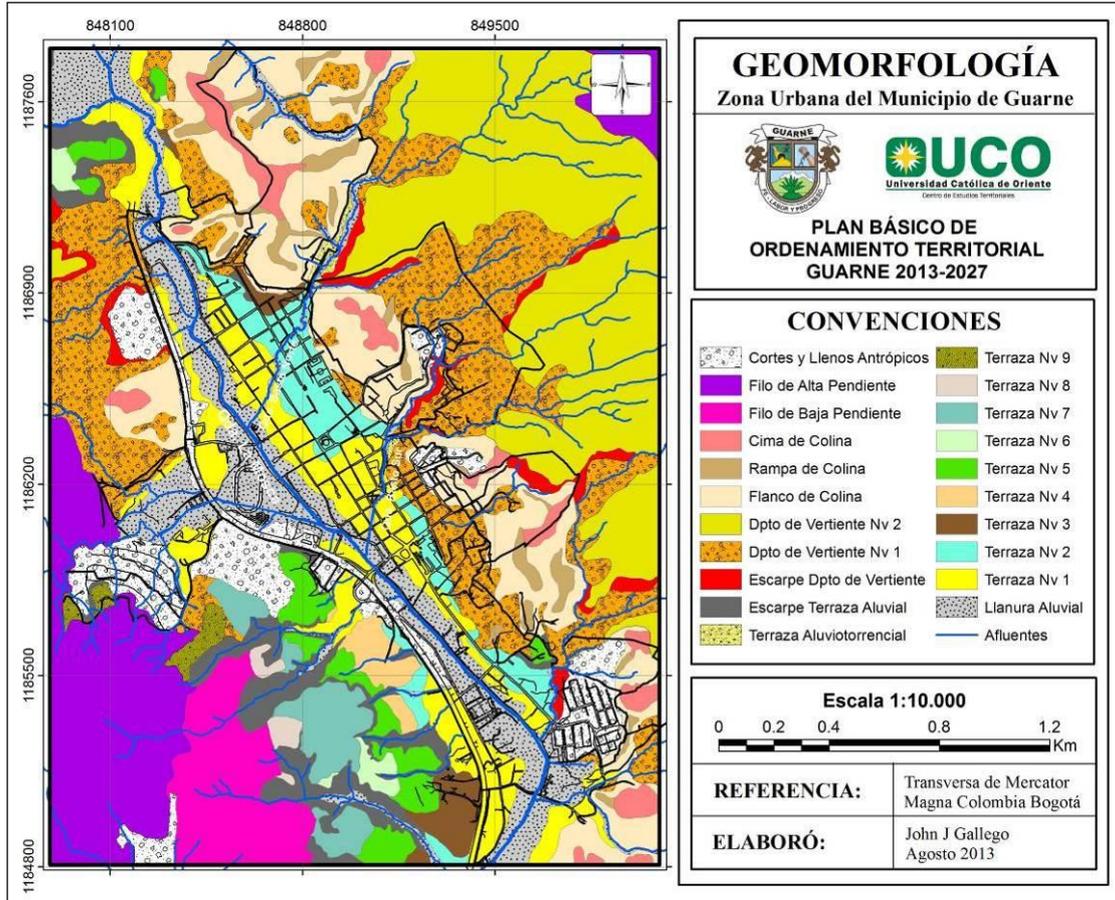
La tabla 9 muestra las unidades geomorfológicas de la zona urbana de Guarne, junto con los subrelieves relacionados.

Tabla 9. Unidades Geomorfológicas en la cabecera del municipio de Guarne

Relieve de Primer Orden	Relieve de Segundo Orden	Subrelieve
SUPERFICIE DE EROSIÓN RIONEGRO	Unidas de Colinas Altas	Cima
		Rampas
		Flancos
		Concavidad de Primer Orden
ESCARPE SAN NICOLÁS	Filo de Alta Pendiente	Superficies en Roca y Vertientes Largas
	Filo de Baja Pendiente	Vertientes Cortas
DEPÓSITOS NO CONSOLIDADOS	Gravitacionales	Superficie Ondulada Nivel 2 de Depósitos de Vertiente
		Superficie Inclinada Nivel 1 de Depósitos de Vertiente
		Escarpe de Depósito de Vertiente
	Terrazas	Superficie Ondulada de Terrazas Aluviales Niveles del 7 al 9
		Superficie Plana de Terrazas Aluviales Niveles del 1 al 6
		Escarpe de Terrazas Aluviales
	Aluviales	Superficie Inclinada Depósitos Aluviotorrenciales
		Planicie Aluvial
	Llenos	Cortes y Llenos Antrópicos

La Figura 23 muestra la cartografía detallada de las diferentes unidades geomorfológicas y los subrelieves relacionados en los alrededores de la zona urbana y de expansión del municipio de Guarne.

Figura 23. Geomorfología de la zona urbana del municipio de Guarne



- Escarpe San Nicolás

El escarpe San Nicolás en los alrededores de la zona urbana de Guarne tiene una altura promedio de 350 m. Es una estructura mórfica compleja, producto de la segmentación que ha sufrido por la entrante erosiva de la cuenca truncada de la quebrada La Mosca y sus tributarios, además, en este escarpe son diferenciable los segmentos de alta pendiente asociados a remoción, y de baja pendiente que hacen parte de extensos depósitos de vertiente (Figura 24).

Figura 24. Escarpe San Nicolás cerca de la cabecera de Guarne



Morfológicamente esta unidad se puede dividir en dos relieves de segundo orden relacionados con los procesos morfodinámicos y su grado de pendiente. Por tanto, para la zona de análisis esta unidad se divide en filos de baja y alta pendiente que se describen a continuación:

Filo de Alta Pendiente. Es la geoforma que más aporta a susceptibilidad terreno ante movimientos en masa, ya que posee pendientes por encima del 60%, así también como un escaso perfil de meteorización (Figura 25). En algunos sectores debido a su abrupto relieve, es común encontrar superficies modeladas en rocas metamórficas fracturadas. Estos filos forman un sistema de cuchillas y serranías alienadas con cimas estrechas y flancos cóncavos profundos altamente incizados por aguas estacionales.

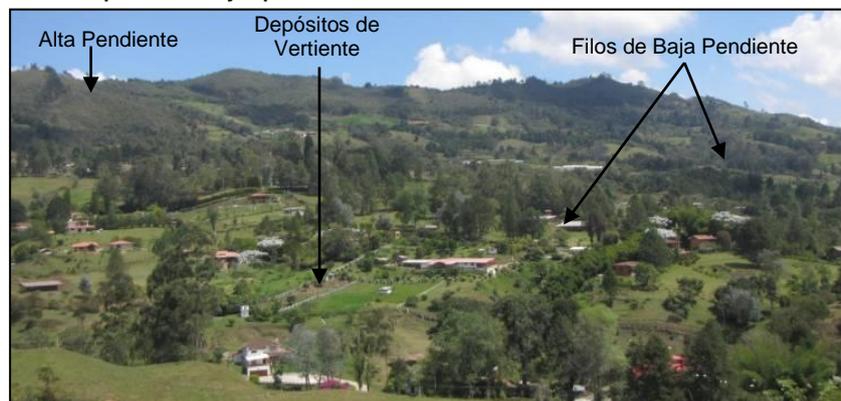
Figura 25. Filos de alta pendiente en La Brizuela y en La Honda



Los filos de alta pendiente se hallan en la parte alta de la vereda La Honda, La Brizuela y la parte alta de la vereda La Mulona, La Charanga y Montañés.

Filo de Baja Pendiente. Son superficies que varían entre 45% y 60% de pendiente, ubicadas en la parte baja de los filos de alta pendiente. Estas unidades se componen de filos cortos paralelos al escarpe de alta pendiente y vertientes de moderada pendiente como evidencia del retroceso erosivo del escarpe (Figura 26). Igualmente, existe una estrecha relación entre este subrelieve y depósitos de vertiente antiguos, ya que ambos se hallan en la zona de depositación del escarpe.

Figura 26. Escarpe de baja pendiente en la vereda Montañés



- Altiplano de Rionegro

Esta superficie de erosión tiene una pendiente entre 15° y 20° y presenta un relieve colinado que regionalmente hace parte de una superficie de forma cóncava alargada rellena con depósitos aluviales, con un ancho promedio de 750 m en los alrededores de la cabecera de Guarne (Figura 27). En la zona urbana de Guarne, se distingue un grupo de colinas altas paralelas a la dirección de la quebrada La Mosca especialmente hacia la margen izquierda desde la entrada de la vereda La Clara hasta el sector del Alto de La Virgen.

Figura 27. Panorámica del altiplano de Rionegro en la zona urbana de Guarne



Unidad de Colinas Altas. En la cabecera de Guarne existen dos grupos de colinas, las primeras presentan de forma alargada con dirección N30W, flancos cóncavo-convexos de alta pendiente y una cima plana; donde dicha elongación coincide con la dirección de flujo de la quebrada La Mosca. Este grupo de colinas alineadas y equialtitudinales, tiene una altura promedio de 2200 msnm, correlacionable con la altura de la terraza aluvial más alta encontrada en el sector, además, hacen parte de los rasgos morfotectónicos de la Falla La Mosca, ya que existe una contrapendiente marcada y lomos en gancho en sus rampas hacia el flanco oriental en límites con los depósitos de ladera.

El otro grupo se constituye de colinas aisladas, que se hallan especialmente en la margen derecha de la quebrada La Mosca, a manera de remanentes erosivos de diferentes alturas. Estas colinas presentan cimas estrechas y convexas, así como flancos cóncavos en los que es común encontrar cicatrices de deslizamientos y depósitos de vertiente.

En los alrededores de la zona urbana, el sistema colinado tiene un relieve relativo entre la cima y su base de 50 m en promedio. Debido a la superposición de relieves y a la acción erosiva de los afluentes no conservan características individuales, y es por ello que detalladamente cada colina se componen de cuatro elementos mórficos que son de mayor a menor altura: cimas, remanentes de rampa, flancos y concavidades de primer orden, todas ellas como geoformas recientes formadas a partir de procesos erosivos.

- **Cimas.** Son las partes superiores de las colinas y los últimos relictos de estructuras de relieve anteriores de segundo orden. En la zona de estudio se encuentran a una altura variable entre 2200 msnm y 2235 msnm, se presentan de forma subredondeada a plana, son estrechas mostrando amplitudes que varían entre 25 y 70 m, tienen una pendiente entre 0° y 5° y desde el punto de vista geotécnico es la zona más apta para ser urbanizadas, debido a su estabilidad y la poca frecuencia de procesos erosivos.

- **Rampas.** Es un subrelieve horizontal a subhorizontal con pendiente entre 0° y 20° que se encuentra circundando la cima de la colina y está a una menor altura que ésta. Corresponde a una zona de transición entre la cima y los flancos dada por un cambio en la pendiente del terreno.

La extensión de este elemento alcanza algunas decenas de metros y se ubican entre 8 y 15 m por debajo de las cimas y debido a su pendiente tendida y homogénea representa una zona altamente aprovechable urbanísticamente. Es común encontrar rampas desconectadas de la cima, separadas por escarpes de antiguos deslizamientos y por flancos con pendientes mayores a 35% (Figura 28).

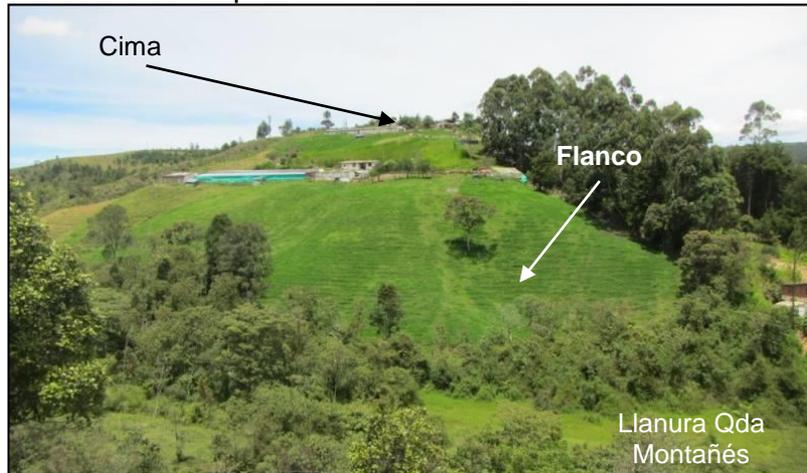
Figura 28. Características del relieve en las colinas alineadas de Cerro La Cruz



- **Flancos.** Los flancos consisten en paredes alargadas de pendientes mayores a 30° , con variaciones laterales cóncavas-convexas a lo largo de su longitud. En la zona de estudio, se muestran pendientes de 25° - 42° en las convexidades y 25° - 35° en las concavidades, en esta unidad es donde se encuentra la totalidad de los segmentos con pendientes restrictivas. Los flancos son la transición entre las rampas y las terrazas o llanuras aluviales de los afluentes.

Debido a la alta pendiente que esta unidad presenta, se tiene poco espesor del suelo orgánico y una capa de ceniza volcánica de menor espesor comparada con la encontrada en la cima, lo que deja el suelo altamente susceptible a procesos de remoción en masa y es allí donde se identificaron mayoritariamente procesos erosivos por terraceo de ganado y cicatrices de deslizamientos antiguos (Figura 29). Los flancos de mayor pendiente dentro la zona urbana se halla en El Sango, Plaza Centro y el barrio Alcores.

Figura 29. Flancos de alta pendiente en colinas de la vereda Montañés

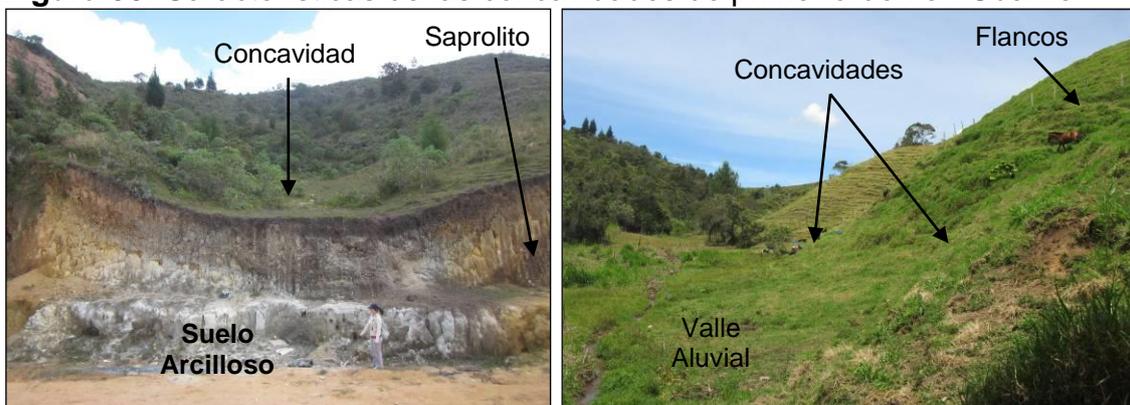


-Concavidades de Primer Orden. Son geformas distintivas encajadas en los flancos de las colinas del altiplano disectado, su aspecto corresponde al de una superficie cóncava y amplia, en donde se diferencian claramente varios elementos mórficos. Como parte de ellas, se incluyen además corredores cóncavos estrechos, así como desplomes de túneles y de chimeneas. En las concavidades de mayor tamaño el elemento mórfico dominante es el fondo plano, con un perímetro con forma de pera (Arias, 2007).

En estas concavidades no existe ninguna manifestación activa de la dinámica aluvial de los afluentes hídricos. El fondo plano de la concavidad presenta condiciones hidromórficas, asociadas con la surgencia de aguas subterráneas provenientes de las colinas que las circundan, procesos de erosión laminar y depositación de coluvios.

Asociado a estas concavidades resaltan procesos erosivos como desplomes y carcavamientos, así como afloramiento del nivel freático en promedio a 1 m de profundidad. En la Figura 30, se muestra un suelo arcilloso y gleisado que hace parte de una concavidad de primer orden en la parte baja del Cerro La Cruz y la relación entre un valle aluvial, los flancos de alta pendiente y las concavidades en las colinas altas de la vereda Montañés.

Figura 30. Características de las concavidades de primer orden en Guarne

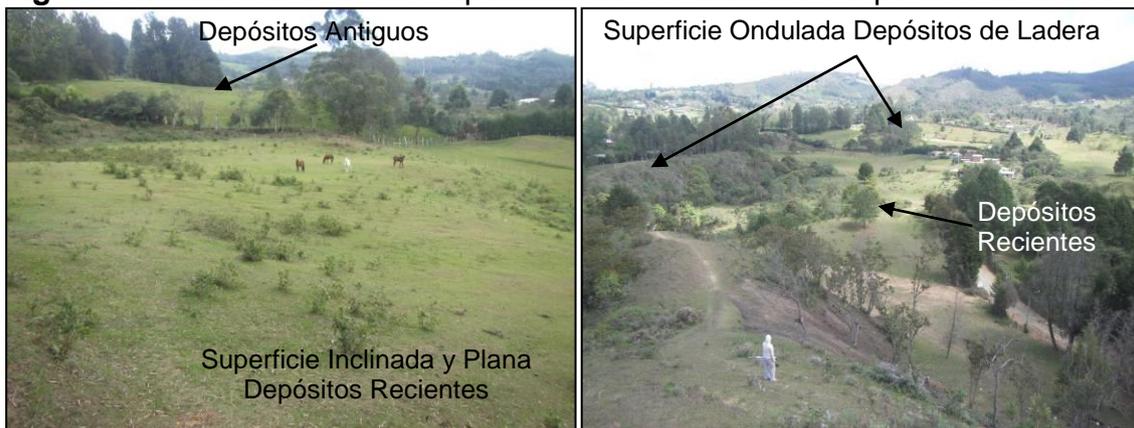


- Depósitos Gravitacionales

Superficie Ondulada de Depósitos de Vertiente. Hace parte del segundo nivel de depósitos de vertiente que se identificó en los alrededores de la zona urbana de Guarne, con una altura entre 4 m y 8 m sobre la unidad más reciente. Esta unidad muestra una morfología ondulada sin grandes desniveles, a manera de fillos bajos alargados con dirección EW que se encuentran envueltos por una generación de depósitos de ladera más recientes. Algunas de estas superficies se encuentran desconectadas de la unidad principal de depósitos ondulados ubicada en la parte media y alta del escarpe San Nicolás, lo que sugiere una importante incisión dada por erosión fluvial y tectónica en algún momento del periodo geológico reciente.

Estas superficies están modeladas en saprolitos metamórficos retrabajados que hicieron parte de depósitos de flujos de lodo y tierra principalmente, bastante compactos y cubiertos por cenizas volcánicas. En la Figura 31, se muestra la relación morfológica entre la unidad reciente de depósitos y los fillos alargados que hacen parte de las superficies onduladas de depósitos antiguos en la salida a las veredas La Charanga y La Mulona.

Figura 31. Relación entre las superficies de los diferentes depósitos de ladera



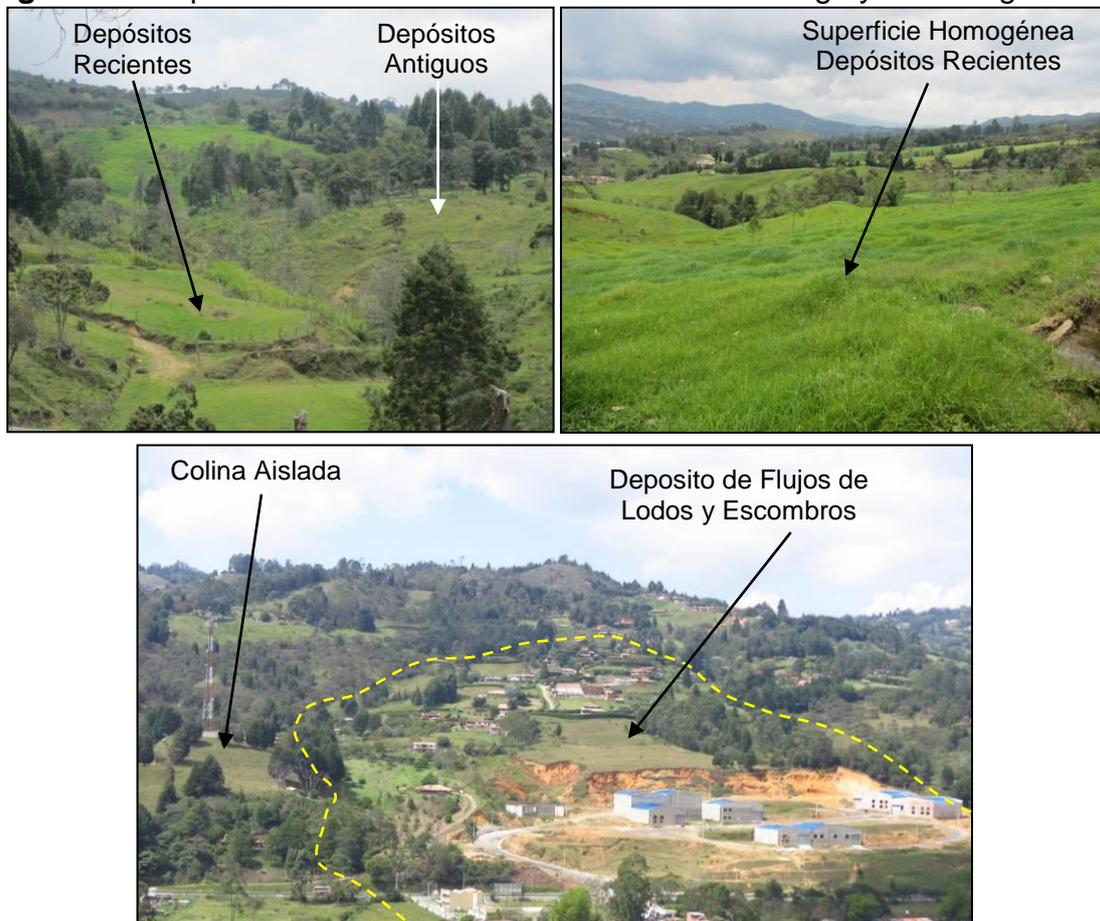
Esta unidad geomorfológica presenta aceptables condiciones de estabilidad, ya que no se observan cicatrices de deslizamientos u otro proceso erosivo activo en sus superficies, sin embargo, existe la probabilidad de encontrar procesos de terraceo de ganado, tubificación y erosión profunda en estos suelos, por lo que unas adecuadas obras de drenaje se hacen indispensable, si se piensa desarrollar urbanísticamente estos sectores.

Superficie Inclinada de Depósitos de Vertiente. Dentro de este grupo se encuentran las superficies subhorizontales de los depósitos de deslizamientos, flujos de lodos y escombros más recientes y con menos grado de incisión que las superficies onduladas. Geomorfológicamente son superficies de acumulación que se localizan en las partes bajas de los flancos de las colinas con forma convexa y en la parte baja del escarpe San Nicolás en ambas márgenes de la quebrada La Mosca.

Estos depósitos se caracterizan por presentar bloques rocosos en superficie, tienen un espesor variable y la mayoría se encuentran cubiertos por una capa de 1 m de ceniza volcánica. Estas superficies de acumulación varían entre 10° y 20° de inclinación y desde el punto ingenieril son zonas de baja aptitud para ser desarrolladas, ya que en ellas se concentran procesos de subsidencia e inestabilidad, junto con una alta concentración de humedad.

En los alrededores de la cabecera de Guarne esta unidad se halla distribuida en todos los sectores, concentrándose en tres regiones específicas, la primera es hacia el oriente de la cabecera sobre el escarpe San Nicolás en la parte baja de las veredas La Charanga, Montañés y La Mulona. El otro sector es La Brizuela, donde existe un depósito de ladera con una superficie homogénea de más 900 m de longitud y el último depósito se halla en la parte alta de los barrios El Sango, Plaza Centro, Alcores y San Antonio II, sobre los flancos de las colinas formando una superficie moderadamente pendiente (Figura 32).

Figura 32. Depósitos de vertiente en la vereda La Charanga y Hamburgo



La transición entre los depósitos antiguos y recientes está marcada por un escarpe inestable subvertical de 8 m de altura en promedio, en donde es común encontrar procesos de remoción en masa activos y afloramiento de bloques rocosos, así también como reptación. Estos escarpes se encuentran generalmente labrados por afluentes secundarios como el encontrado en el barrio María Auxiliadora, generado por la incisión de la quebrada La Charanga.

- Depósitos Aluviales

Las superficies de los depósitos aluviales son una de las geoformas de mayor notoriedad en los alrededores de la zona urbana de Guarne, ya que se identifica la amplia llanura de la quebrada La Mosca y hasta nueve niveles de terrazas aluviales. Estas geoformas se depositaron de manera discordante sobre el saprolito ígneo que compone los flancos de las colinas altas, como se observa en la Figura 33 en la parte norte de la cabecera urbana de Guarne.

Figura 33. Relación entre los depósitos aluviales y colinas en El Sango



Planicie Aluvial. También denominada como zona de encharcamiento, es la zona de inundación constante de los afluentes hídricos y desde el punto de vista urbanístico es totalmente restrictiva. Es una superficie plana, homogénea que se encuentra a menos de dos metros de altura respecto al nivel base de la quebrada La Mosca y un metro del cauce de las quebradas Basto Norte, San Felipe, Basto Sur, El Salado y La Brizuela.

En algunos sectores el suelo que compone la planicie aluvial es pantanoso, constantemente saturado y está compuesta por materiales detríticos blandos y plásticos de tamaño arcilloso-limoso principalmente.

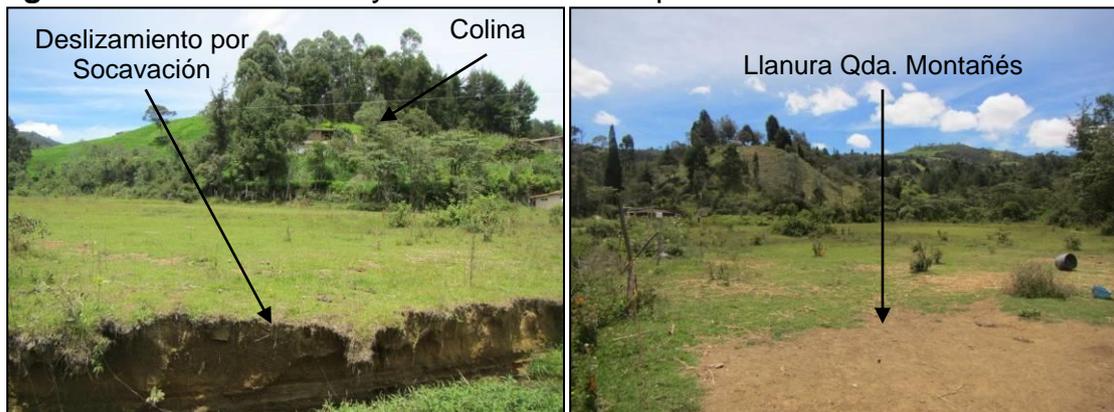
La llanura de la quebrada La Mosca dentro de la zona de análisis es una franja alargada y continúa en ambas márgenes de la quebrada de más de 2 Km de largo, con un ancho variable entre 60 m y 380 m en la desembocadura de la quebrada La Brizuela (Figura 34). Esta superficie plana está parcialmente urbanizada y su superficie ha sido sometida a múltiples intervenciones, como explanaciones y conformación de llenos mal compactados. Según lo observado en campo, la mayor parte de los llenos se encuentran cubriendo la planicie de la margen izquierda entre los barrios San Vicente y San Francisco.

Figura 34. Llanura aluvial de la quebrada La Mosca en la zona urbana



Algunos afluentes secundarios de la quebrada La Mosca también presentan amplias llanuras aluviales, como las encontradas en las desembocaduras de las quebradas El Salado, La Brizuela y Montañés (Figura 35). Estas geofomas se encuentran sometidas a procesos de socavación lateral de orillas y además, deslizamientos menores que favorecen la sedimentación de sus cauces.

Figura 35. Llanura aluvial y socavación en la quebrada Montañés



- Terrazas Aluviales

Geomorfológicamente las terrazas son un conjunto de geofomas de baja pendiente, de tope plano a semiplano, que en la región pueden observarse como un conjunto varios niveles escalonados estrechos asociados a las fuentes hidrográficas (Gallego, 2013).

Regionalmente la cuenca de la quebrada La Mosca se puede dividir en tres segmentos, la parte alta, está influenciada por el régimen recto de la quebrada, en esta zona se encuentran numerosos depósitos de vertiente, la llanura aluvial es estrecha y se encuentran principalmente terrazas de nivel dos en ambas márgenes de la quebrada, en este sector se halla la cabecera municipal del municipio de Guarne.

La parte media de la cuenca se denota a partir de las inmediaciones de la desembocadura de la quebrada La Honda a La Mosca, en este sector la llanura

aluvial se amplía y además, se presentan varias terrazas altas de niveles cinco y seis principalmente, restringidas a la margen derecha de la quebrada. En la parte baja de la cuenca se toma desde la apertura del valle aluvial en el Hipódromo hasta su desembocadura en el río Negro, en esta zona la llanura aluvial alcanza hasta más de 500 m de ancho y también se observan varios remanentes de terrazas de nivel siete y ocho en la vereda La Laja y en cercanías al sector Belén.

En la región se identifican distribuidos aleatoriamente nueve niveles de terrazas aluviales, sin embargo en los alrededores de la cabecera urbana de Guarne, es el único sector del Oriente Cercano, donde se agrupan los nueve niveles, los cuales tiene una separación respecto a la quebrada La Mosca, tal y como lo muestra la nomenclatura de las nueve terrazas propuesta por Gallego (2013).

Tabla 10. Nomenclatura y altura de las terrazas aluviales en el Oriente Cercano

Nomenclatura	Altura sobre el afluente principal (m)
RT-9 Terraza La Brizuela Guarne	80-90
RT-8 Terraza Vda Belén Marinilla	60-65
RT-7 Terraza Vda La Laja Rionegro	50-55
RT-6 Terraza Llano Grande	40-45
RT-5 Terraza La Macarena	30-35
RT-4 Terraza Universidad Católica de Oriente	20-25
RT-3 Terraza Salida La Mulona Guarne	12-17
RT-2- Terraza Cabeceras Guarne-La Ceja	7-12
RT-1 Terraza Parque Rionegro	1-5
Llanura o Planicie de Inundación	0

Superficie Ondulada de Terrazas Altas. Dentro de este grupo se tienen las superficies de las terrazas de los niveles entre el siete y el nueve. Estos depósitos de terraza están formados generalmente por arenas, limos y arcillas meteorizadas de color rojizo sepultados por depósitos de ladera y cenizas volcánicas. Se asocian a la quebrada Mosca, La Brizuela y El Salado, son superficies onduladas que difícilmente se reconocen en la topografía, ya que se confunden con las rampas alargadas de los filos de baja pendiente y superficies de depósitos de vertiente.

Estas geoformas se hallan únicamente hacia la margen derecha de la quebrada La Mosca, además, son poco preservadas y según las dataciones de Page y James (1981), tienen una edad variable entre 1 M.a y 2.4 M.a.

Superficies Planas de Terrazas Medias y Bajas. Terrazas originadas por la depositación de material en las barras puntuales de antiguos meandros que posteriormente fueron abandonados, los cuales se presentan como cuerpos

aislados y disectados; dentro de esta unidad se agrupan las terrazas desde el nivel seis hasta el más bajo. Los primeros niveles de terraza junto con el quinto nivel, son los mejor preservados y de mayor extensión en la zona urbana de Guarne (Figuras 36 y 37).

Figura 36. Terrazas medias en la margen derecha de la quebrada La Mosca



Figura 37. Terrazas bajas de las quebradas La Mosca y La Brizuela



Escarpe de Terraza. Está unidad se conforma de franjas alargadas paralelas a los afluentes secundarios de la quebrada La Mosca que labran su cauce sobre los depósitos de las terrazas aluviales. Estos escarpes subverticales son producto de erosión hídrica laminar intensa sobre la superficie de las terrazas y carcavamiento remontante desde la desembocadura de los afluentes estacionales, hasta la parte media de las cuencas.

Las superficies planas y cóncavas que componen los escarpes, son producto de la acción morfodinámica y erosión por aguas de escorrentía por la pérdida de la cobertura boscosa de la zona. Estas franjas se hallan principalmente en el margen derecha de la quebrada La Mosca, a manera de gargantas inestables que alcanzan alturas entre la base de la cárcava y las terrazas de más de 25 m de altura (Figura 38).

Figura 38. Escarpe de terrazas aluviales en los alrededores del cementerio



Estos escarpes muestran un alto deterioro erosivo provocado también por la remoción dada por la minera artesanal en periodos pasados, inadecuada disposición de aguas residuales y depositación de lodos antrópicos sobre segmentos de los taludes subverticales.

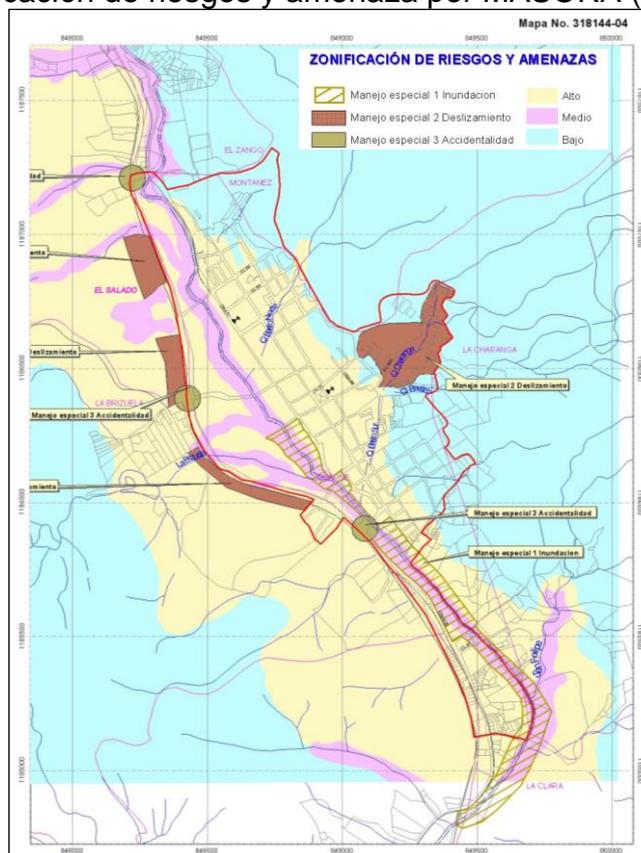
5. DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA

5.1 Estudios Anteriores E Historial De Eventos Pasados

Desde la década de los años sesenta, los habitantes recuerdan en sus memorias inundaciones en la cabecera urbana del municipio de Guarne y en las veredas Chaparral y Toldas por la quebrada La Mosca y algunos de sus afluentes. Sin embargo, la década de los noventa fue la más crítica, en donde era común durante cada invierno fenómenos de inundación y remoción en masa en los barrios construidos en las márgenes de la quebrada La Mosca.

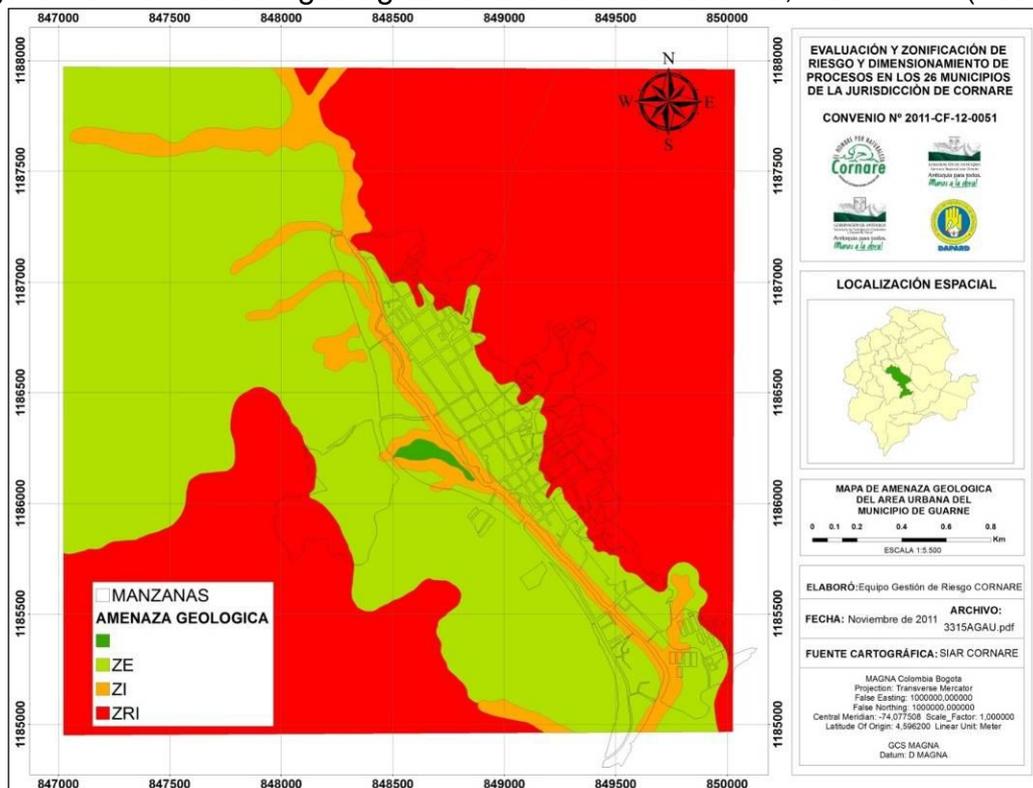
En los años 1993 y 1994, la secretaría de desarrollo de la comunidad de la gobernación de Antioquia FOPREVE, hizo un estudio detallado y delimitó las áreas de riesgo, restricciones y zonificación geológica, así también como el análisis de las amenazas antrópicas y naturales, destacando los barrios La Candelaria, San Antonio y el sector News Stetic como los más críticos. Seguidamente MASORA en 1999, en la formulación de las zonas de riesgo para el PBOT, define que la mayor parte del casco urbano se halla en amenaza alta, la amenaza media restringida a los afluentes hídricos y la baja en la periferia de la cabecera. Identificó como zonas críticas a deslizamientos, el sector La Candelaria y los taludes inestables en la autopista Medellín – Bogotá, igualmente, cartografió dos sitios periódicamente inundables en los barrios San Francisco y San Antonio hasta la planta de tratamiento (Figura 39).

Figura 39. Zonificación de riesgos y amenaza por MASORA (1999-2011)



CORNARE (2012), realizó la evaluación y zonificación de riesgos en las áreas rurales del municipio, además, revaluó de manera parcial la zonificación hecha por FOPREVE (1994) (Figura 40). Constatando que la problemática que ha existido en varios sectores, en la actualidad es de mayor criticidad, debido a la falta de acciones por parte de las administraciones y al aumento de la densidad de población asentada.

Figura 40. Zonificación geológica zona urbana de Guarne, FOPREVE (1994)



Según la zonificación de FOPREVE (1994), las áreas inestables se concentran hacia márgenes de las quebradas La Mosca, El Salado, La Brizuela, y San Felipe. Además, se cataloga la totalidad de las veredas La Charanga, Montañés, La Mulona y La Brizuela como de inestabilidad potencial y por último, la zona estable comprende desde el sector norte de La Brizuela y gran parte de la cabecera urbana de Guarne.

Es claro que las zonas de alto riesgo existentes en la cabecera del municipio de Guarne, no son recientes, ya que desde hace tiempo se hace referencia a estos sitios críticos. Por lo tanto, la ocurrencia actual es el resultado de la intensificación de la amenaza ante inundaciones y deslizamientos y el aumento de la población vulnerable. Sin embargo, es notorio también la afectación y deterioro de antiguas áreas estables, en especial en los alrededores de Hamburgo y la quebrada San Felipe, donde los inadecuados tratamientos urbanísticos han provocado escenarios de riesgo afectando la población.

En la Tabla 11, se muestra el historial de eventos reportados ante CORNARE y en trabajos específicos desde 1990 hasta 2012, en donde se data la existencia de 8 inundaciones, 8 procesos de remoción en masa y una avenida torrencial.

Tabla 11. Historial de eventos pasados en la zona urbana de Guarne

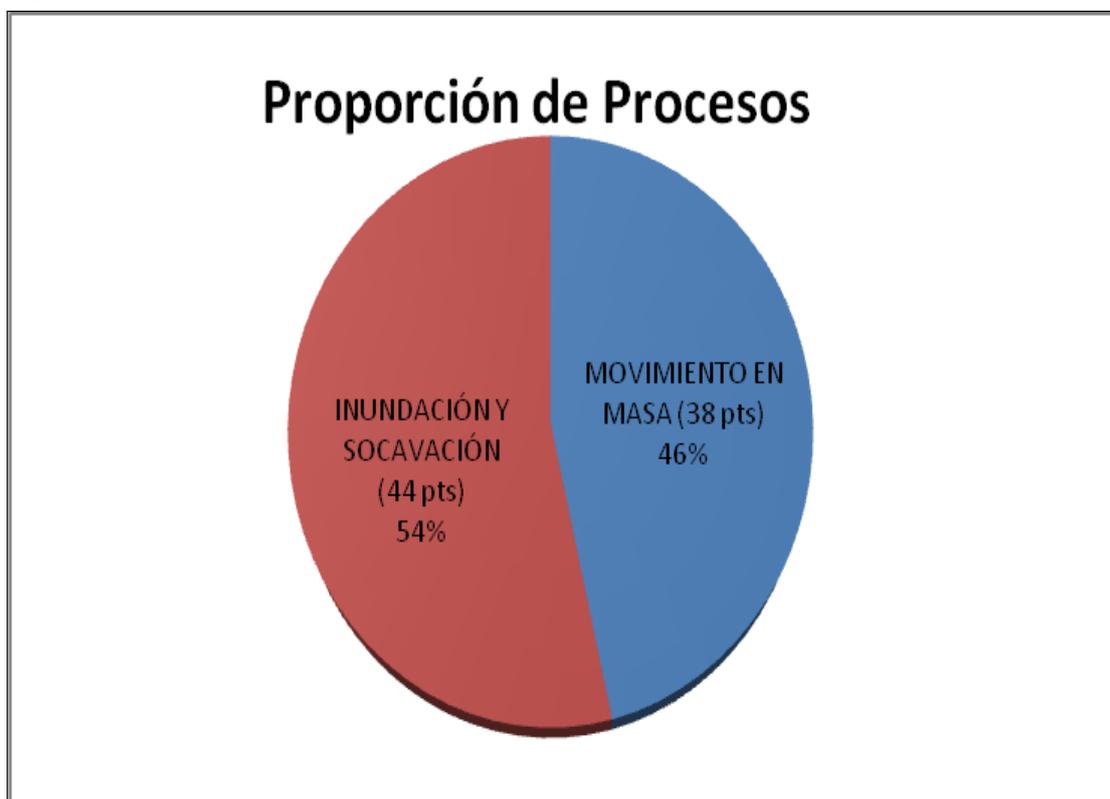
Fecha	Barrio / Sector	Tipo de Evento
1990	La Brizuela – New Stetic	Carcavamiento y Deslizamiento
1994	Vía Yolombal – La Charanga	Deslizamiento
1994	La Cabaña – Pasa bocas Margarita	Inundación
1994	Antiguo Matadero	Inundación
Junio 1996	Montañés	Deslizamiento
Julio 1997	El Sango	Deslizamiento y Socavación
Octubre 1997	María Auxiliadora	Deslizamiento y Socavación
Diciembre 1997	Desde San Francisco hasta la antigua estación de bombeo de EPM	Inundación
Noviembre 2003	San Antonio y San Vicente	Inundación
Abril 2007	Santo Tomas, San Antonio y La Cabaña	Inundación
Mayo 2010	San Antonio, La Candelaria y Santo Tomas	Inundación y Vendaval
Noviembre 2010	El Sango	Deslizamiento
Abril 2011	La Charanga	Deslizamiento
Mayo 2011	La Brizuela	Inundaciones
Mayo 2011	La Brizuela	Deslizamiento
Octubre 2011	La Charanga, San Antonio II y San Felipe	Avenida Torrencial
Noviembre 2012	Montañés	Inundación

5.2 Diagnóstico

Para la identificación de las zonas de alta amenaza ante los diferentes fenómenos analizados en la cabecera municipal, sin lugar a dudas la geomorfología fue fundamental y gracias a los estudios de amenaza realizados anteriormente, sumados a las evaluaciones de los estudios del POMCA de la quebrada La Brizuela e HIDRAMSA en la quebrada La Mosca, se logró identificar a detalle las áreas críticas por inundación y procesos de remoción en la zona urbana y de expansión de Guarne.

De acuerdo a lo observado en el reconocimiento de campo en la zona urbana del municipio de Guarne, se identificaron 82 puntos críticos, de los cuales 38 puntos se relacionan con procesos de remoción en masa y 44 de inundación y torrencialidad (Figura 41).

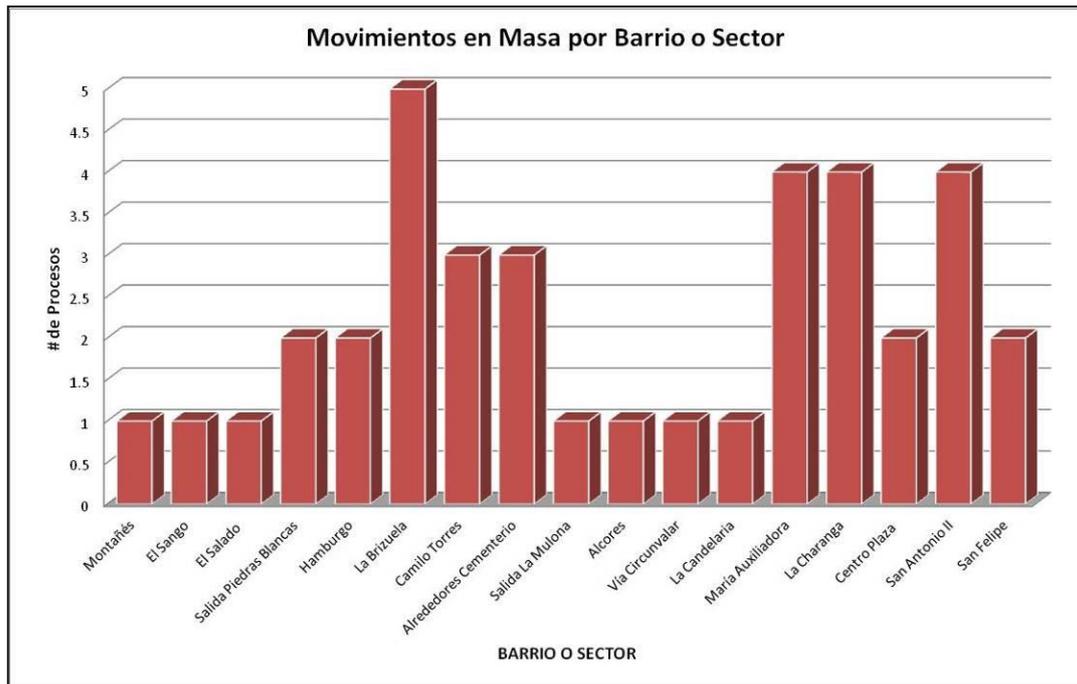
Figura 41. Proporción de procesos en el municipio de Guarne



Según lo observado, se concluye que los lugares que presentan mayor afectación por movimientos en masa son las riberas de las quebradas La Charanga, Basto Sur, San Felipe y La Brizuela, así como también algunos segmentos de los barrios María Auxiliadora, San Antonio II y Centro Plaza; en este último, las afectaciones son generadas por inadecuados tratamientos urbanísticos y corte vertical de taludes (Figura 42).

En el Anexo 1, se muestran el dimensionamiento de cada uno de los 82 puntos visitados, en los cuales se especifican las causas y recomendaciones.

Figura 42. Cantidad de movimientos en masa por barrio



Los procesos de remoción en masa son provocados por múltiples factores, destacándose los siguientes:

- Pérdida de cobertura arbórea nativa, la cual ha sido remplazada por cultivos limpios y pasturas, lo que ha favorecido la infiltración de aguas y la formación de procesos de erosión hídrica.
- Existencia de taludes de alta pendiente por cortes civiles inapropiados y manejo inadecuado de los mismos, exponiendo el suelo a la acción erosiva.
- Materiales como depósitos de flujos de lodos y escombros y saprolitos de baja capacidad mecánica que al perder cobertura vegetal, son susceptibles a procesos de remoción.
- Intenso pastoreo que facilita procesos de reptación y terraceo, lo cual genera movimientos lentos del suelo sin una superficie de falla.
- Falta de obras para un adecuado manejo de las aguas de escorrentía en las vías veredales que cruzan la zona urbana.
- Construcción de viviendas en vertientes inestables, lo que aumenta el peso de la ladera, sumado al mal manejo de las aguas residuales y escorrentía.

Dentro de la zona de estudio se identificaron aproximadamente 154 ha con notoria afectación por remoción en masa. Estas áreas en riesgo, están distribuidas en toda la zona, sin embargo, la parte alta de las quebradas San Felipe y La Brizuela, junto con los barrios San Antonio II y María Auxiliadora, son los que concentran mayor cantidad. (Tabla 12).

Tabla 12. Procesos de remoción por barrios y área de afectación

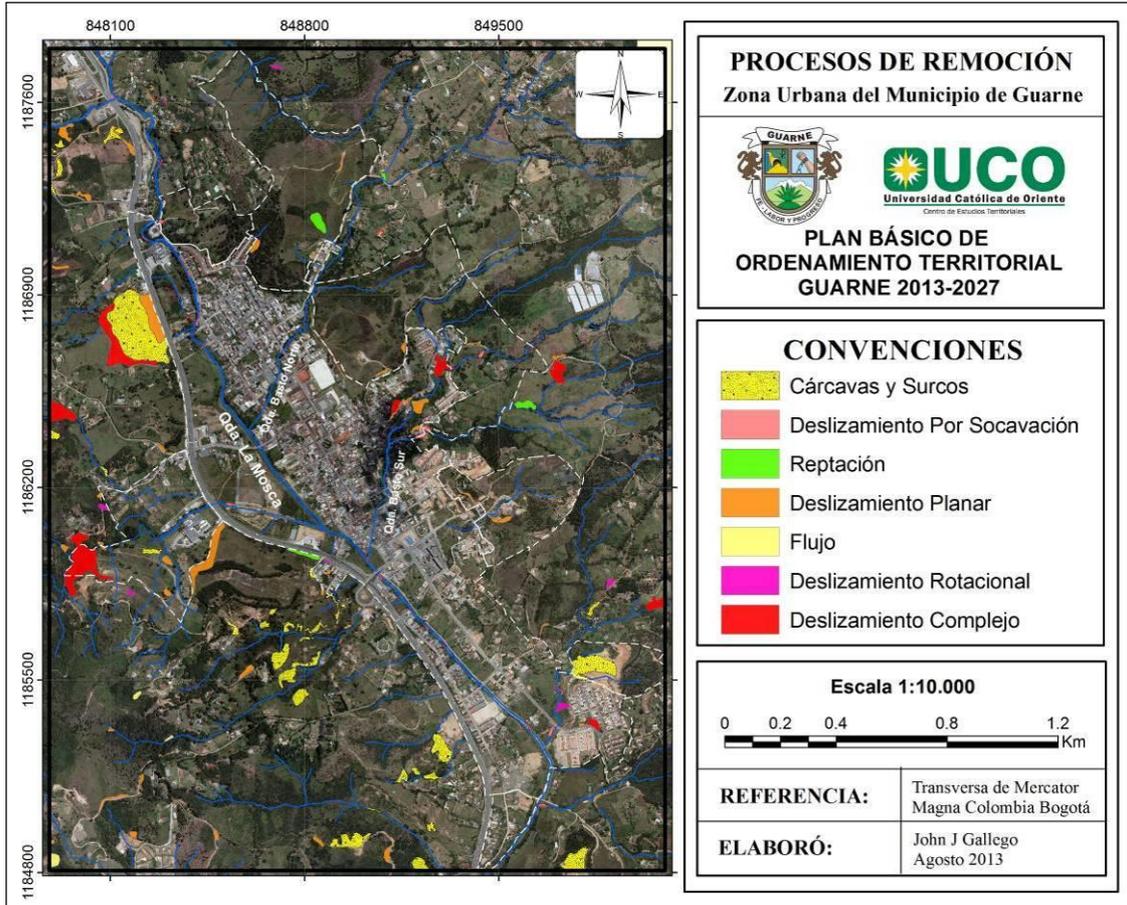
Barrio-Sector	# Procesos de Remoción	Área de Afectación (m ²)	% Afectación
Montañés	1	356	0.2
El Sango	1	655	0.4
El Salado	1	2817	1.8
Salida Piedras Blancas	2	3145	2.0
Hamburgo	2	25217	16.3
La Brizuela	5	37661	24.4
Camilo Torres	3	731	0.5
Alrededores Cementerio	3	14736	9.5
Salida La Mulona	1	1996	1.3
Alcores	1	2570	1.7
Vía Circunvalar	1	904	0.6
La Candelaria	1	1700	1.1
María Auxiliadora	4	6939	4.5
La Charanga	4	4182	2.7
Centro Plaza	2	1180	0.8
San Antonio II	4	20705	13.4
San Felipe	2	28964	18.8
Total	38	154458	100.0

En la zona de análisis se identifican siete tipos de procesos de remoción y erosión superficial, los cuales se concentran en sectores específicos, ya que su formación depende de la unidad geomorfológica y el material superficial.

Los procesos erosivos están representados por cárcavas y surcos, localizados mayoritariamente en los alrededores del cementerio, sobre los taludes pendiente de los escarpes de las terrazas aluviales, además existen numerosos cortes civiles que detonaron cárcavas de gran magnitud, como las encontradas en San Antonio II, La Brizuela y cortes civiles en El Salado.

El proceso de remoción más común en la zona, son los deslizamientos planares, restringidos a los cortes civiles de vías veredales como en La Brizuela y María Auxiliadora. Las zonas de mayor criticidad y afectación se asocian a procesos complejos y flujos, donde se combinan diferentes fenómenos como los encontrados en las márgenes de la quebrada La Charanga, el barrio San Antonio II y algunos sectores de La Brizuela. Los deslizamientos rotacionales son poco frecuentes, no obstante algunos se observan en El Sango y la parte alta de la quebrada San Felipe. Los fenómenos de reptación son comunes sobre los depósitos de vertiente en la vereda La Charanga, donde el sobrepastoreo y el terraceo de ganado son intensos. Por último, a lo largo de las márgenes de las quebradas urbanas, es usual encontrar deslizamientos por socavación lateral y desplomes como los observados en los barrios San Vicente y La Cabaña (Figura 43).

Figura 43. Ubicación y tipo de proceso de remoción en la zona urbana



Debido al alto gradiente de las quebradas urbanas de Guarne, se tiene una amenaza moderada a inundaciones y alta a torrencialidad. Sin embargo, por la falta de capacidad hidráulica de las obras de canalización y puentes, junto con la invasión de la llanura aluvial por varias construcciones, recurrentemente se generan desbordamientos e inundación que afectan algunas viviendas; esta problemática se agrava por las basuras y escombros que son arrojados obstruyendo los cauces, especialmente en las quebradas La Charanga, Basto Norte y Sur.

Sin lugar a dudas, las inundaciones son el evento desastroso que más población ha afectado en la zona urbana de Guarne y que además sus daños permanecen en el registro histórico de los habitantes. Desde la década de los noventas, existen registros de inundaciones por la quebrada La Mosca, la cual ha sufrido modificaciones severas por las intervenciones al cauce de sus tributarios, como la canalización de los trayectos urbanos de las quebradas Basto Norte y Sur. Los eventos por inundación y torrencialidad en la zona de estudios se generan por varios factores, como:

- Urbanismo sin planificación y control sobre las rondas hídricas de los afluentes, además, problemas de alcantarillado y obras de drenaje. Es común encontrar las tuberías descargándolos en a un nivel inferior del nivel de aguas de los afluentes en periodos de creciente.

- Bajas condiciones de mecánicas del suelo ribereño, ha provocado intensa socavación de orillas, intensificado por la pérdida de la cobertura boscosa y reemplazamiento por pasturas.
- Intervención antrópica y sectorial del cauce, sin las medidas de mitigación pertinentes aguas abajo, además deficiente capacidad hidráulica de los puentes antiguos y demás obras de paso.
- Contaminación y vertimiento de aguas residuales, al igual que basuras en los cauces de las quebradas, favoreciendo el estrechamiento del cauce y el aumento del nivel base e incisión del afluente.
- Instalación de llenos antrópicos y botaderos de escombros sobre la llanura de inundación, irrumpiendo con el régimen natural de circulación de aguas en la llanura y disminuyendo los disipadores de inundaciones.
- Características naturales de las cuencas torrenciales en la parte norte de la cabecera urbana, las cuales nacen en la parte alta, tienen un cauce estrecho, en donde el volumen de agua concentrado supera la capacidad de cauce principal.
- Altas precipitaciones causadas por fenómenos climáticos, como por ejemplo La Niña en los años 2010 y 2011.

Mediante las visitas de campo se identificaron los sectores críticos en los recorridos de los diferentes afluentes que cruzan la zona urbana, los cuales se concentran en primer lugar en las cuencas de las quebradas La Mosca y Basto Sur, seguidos por las quebradas Bastos Norte, La Charanga, San Felipe y La Brizuela (Figura 44 y Tabla 13).

Figura 44. Inundaciones y socavación lateral por cuenca

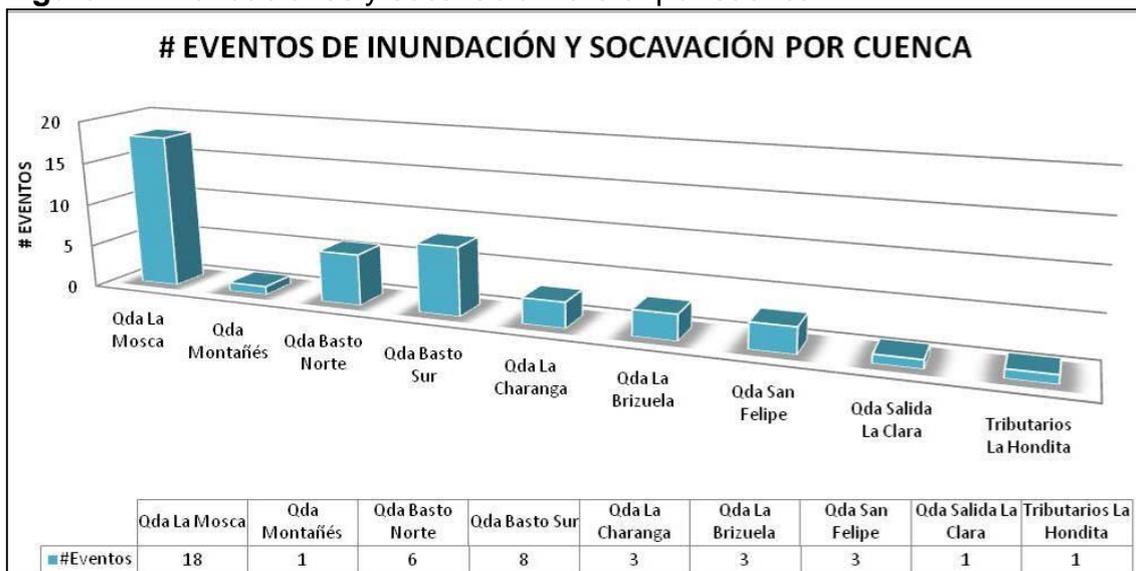


Tabla 13. Criticidad de las cuencas urbanas del municipio de Guarne

CUENCA	CRITICIDAD
Quebrada La Mosca	Alta
Quebrada Montañés	Alta
Quebrada Basto Norte	Media-Alta
Quebrada Basto Sur	Media-Alta
Quebrada La Charanga	Muy Alta
Quebrada La Brizuela	Muy Alta
Quebrada San Felipe	Muy Alta
Quebrada Salida La Clara	Baja
Tributarios La Hondita	Muy Baja

Los barrios y sectores que presentan mayor afectación por inundación en la zona urbana de Guarne, se hallan en la margen izquierda de la quebrada La Mosca, destacándose los barrios San Francisco, San Vicente, La Cabaña, El Sango, San Antonio I y La Brizuela.

Así mismo, los fenómenos de avenida torrencial tienen mayor probabilidad de ocurrencia y afectación en las cuencas de las quebradas San Felipe, Basto Norte y La Charanga. En la Figura 45, se muestra la compilación de áreas críticas por inundación, torrencialidad y socavación en la zona urbana de Guarne evaluados en este trabajo.

Figura 45. Número de sitios críticos por barrio o sector



6. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

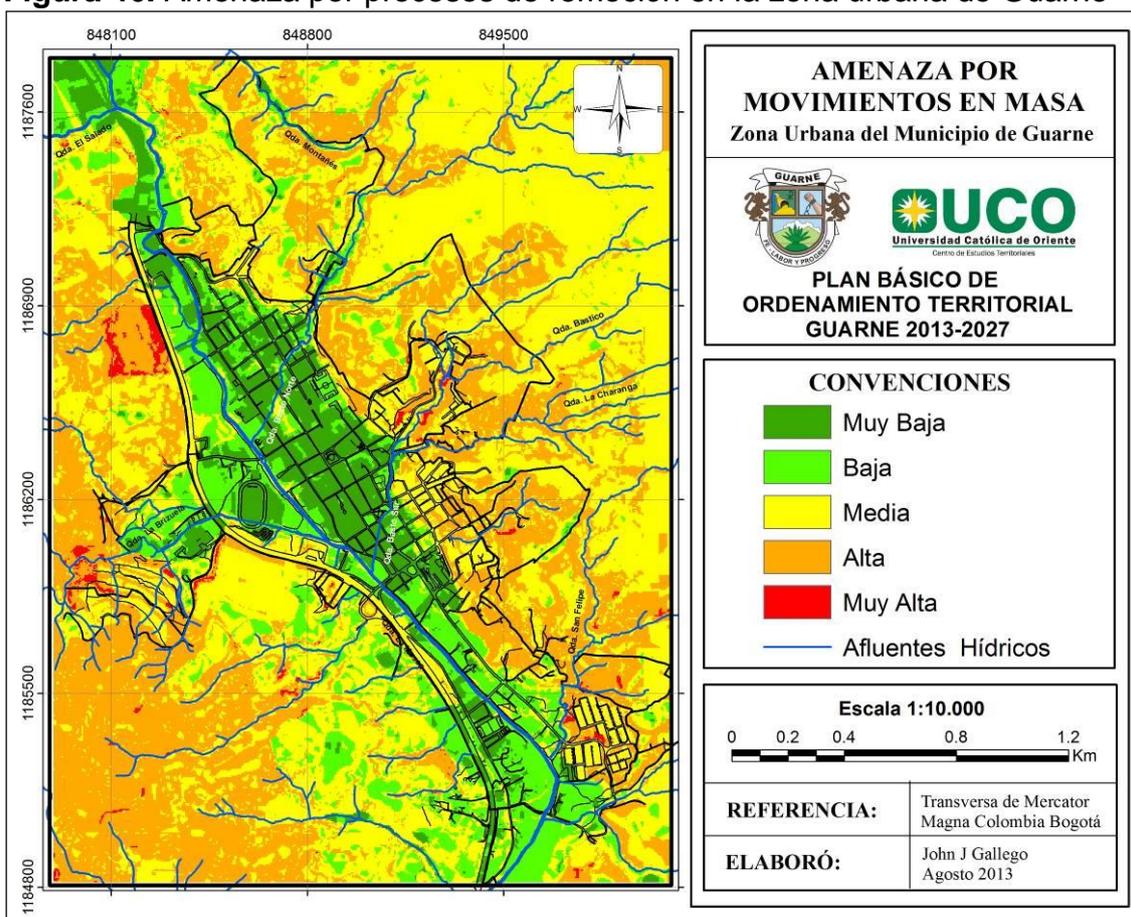
Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada, además en su zonificación se representa la recurrencia estimada y ubicación geográfica de eventos probables. En este capítulo se muestran los resultados de zonificación de la amenaza, tal y como se expuso en la metodología.

6.1 Amenaza Movimiento En Masa

Dentro de los procesos de remoción identificados y mapificados se tiene como los más recurrentes, los deslizamientos planares, rotacionales y complejos, seguidos de la reptación, los deslizamientos por socavación lateral.

Para entender los resultados gráficos de este trabajo de zonificación, mediante el método de álgebra de mapas o análisis multivariable, es fundamental visualizar como cada una de los rangos de la clasificación representan una serie de potencialidades y restricciones. A continuación se expone la interpretación de los cinco niveles de amenaza por remoción trabajados.

Figura 46. Amenaza por procesos de remoción en la zona urbana de Guarne



Amenaza Muy Baja: Áreas caracterizadas por tener condiciones de estabilidad altas, dado por sus condiciones de baja pendiente, adecuada cobertura y geformas planas. Dentro de la cabecera urbana este rango representa un 10% del territorio y se concentra en el sector El Salado, Unidad Deportiva y el centro de la zona urbana en los barrios San Vicente, Santo Tomas y Centro.

Amenaza Baja: Esta distribuye de manera uniforme por el área cartografiada de las llanuras y terrazas aluviales de los diferentes afluentes en el casco urbano de Guarne, al igual que los segmentos planos de las terrazas aluviales en los alrededores del cementerio. Son zonas de baja recurrencia de deslizamientos y estables por sus condiciones de baja pendiente, escasos procesos erosivos y cobertura dada por áreas construidas, rastrojos y pastos bien manejados que actúan como una barrera ante la acción de los procesos de erosión hídrica. Representa un 12% del territorio y se concentran en la parte baja de La Brizuela junto con los barrios San Antonio, La Cabaña, Unidad Deportiva y San Francisco.

Amenaza Media: Dentro de esta categoría se tienen niveles de estabilidad moderados debido a la posible ocurrencia de eventos de remoción en masa, dependiendo principalmente de la intensidad de las precipitaciones sobre estas zonas y los cambios drásticos en el uso del suelo. Hacen parte del 37% del territorio analizado y se distribuyen especialmente sobre los terrenos del relieve ondulado de los depósitos de vertiente en La Charanga, Montañés y La Mulona y las superficies planas de las terrazas aluviales en la margen derecha de la quebrada La Mosca, en los alrededores del cementerio en La Hondita y la parte más sur de La Brizuela. La susceptibilidad ante procesos de remoción está condicionada por los usos del suelo, que comprende ganadería extensiva, malas prácticas agropecuarias e inadecuados manejos de las aguas servidas y de escorrentía de las viviendas existentes y futuras urbanizaciones o condominios.

En la Figura 47, se muestra como la incidencia de la cobertura acelera o protege una ladera ante procesos de remoción en masa.

Figura 47. Amenaza media en terrenos con moderada pendiente y pasturas

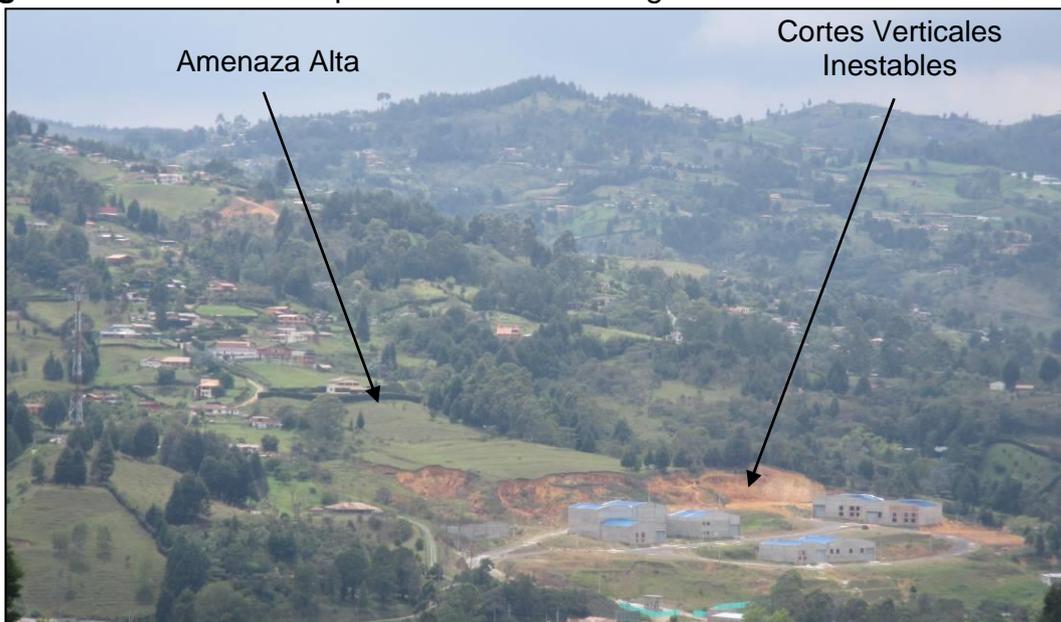


Amenaza Alta: En este nivel se encuentra en zonas que tienen un grado de susceptibilidad alto a presentar problemas de estabilidad y movimientos en masa. Son áreas que por sus altas pendientes y bajas condiciones mecánicas del material superficial, favorece la ocurrencia de procesos de remoción, siendo más probables, en las laderas donde se ha remplazado la cobertura boscosa por pasturas y en donde se han realizado inadecuados manejos civiles.

Representa un 36% del territorio y se concentra especialmente en las zonas de alta pendiente en La Brizuela y La Hondita, así como la parte alta de los barrios Laurent, Plaza Centro y San Antonio II, donde los cortes civiles han provocado un alto deterioro del suelo. Igualmente, esta calificación hace parte de los flancos de alta pendiente de las colinas y los escarpes de los depósitos de vertiente en Montañés, La Mulona y La Charanga.

Un ejemplo claro del aumento de la amenaza por inadecuados tratamientos civiles, son los cortes e inadecuados manejos hidráulicos en las obras del parque empresarial Hamburgo (Figura 48).

Figura 48. Amenaza alta por cortes en Hamburgo en la vereda La Brizuela



Otra acumulación importante de amenazas altas ante deslizamientos y procesos erosivos, se encuentra a lo largo de los escarpes de las terrazas aluviales en los alrededores del cementerio municipal. Muchas de estas áreas degradadas por minera artesanal han quedado descubiertas de vegetación con buena capacidad de retención, lo que sumado a las altas pendiente de los taludes de los escarpes, han favorecido la generación de deslizamientos planares y desgarres en periodos de alta precipitación como el ocurrido en el año 2011 (Figura 49).

Aunque muchos de los procesos morfodinámicos encontrados, mostraban una auto-recuperación, debido al aislamiento y a la evolución natural de las

cárcavas, es claro que las acciones antrópicas como quemas controladas, sobrepastoreo y cortes civiles aceleran estos fenómenos.

Figura 49. Amenaza alta a deslizamientos en los alrededores del cementerio



En las áreas de alta pendiente donde se construyen fincas de recreo, es común la utilización de llenos antrópicos como medida para el aumento del área útil construible; estos llenos generalmente no son compactados, son mal seleccionados y no tienen obras para un buen funcionamiento hidráulico. Adicionalmente, esta acción, en la mayoría de los casos se hace sin adecuados parámetros técnicos, lo que induce en el aumento de la amenaza y la susceptibilidad del terreno ante la generación de un proceso de remoción en masa.

En la Figura 50, se observan algunos llenos antrópicos erosionados como parte de construcciones en los alrededores de La Hondita y el cementerio.

Figura 50. Amenaza alta a deslizamientos por malos tratamientos urbanísticos



Amenaza Muy Alta: Este nivel de amenaza se relaciona directamente con los procesos de remoción en masa activos y dimensionados

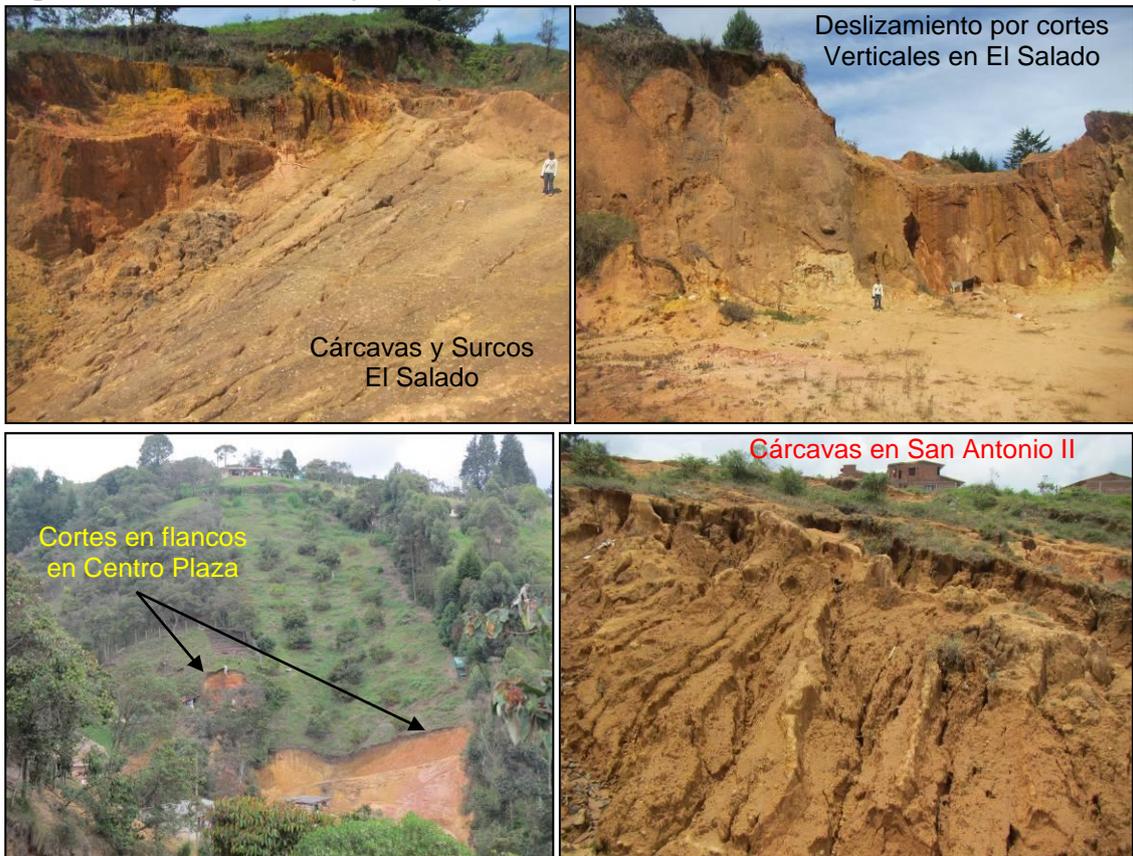
en esta zonificación, se asocian también a suelos descubiertos por cortes civiles y malas prácticas agropecuarias.

Dentro de este grupo se encuentran las áreas más susceptibles a desequilibrios físicos del suelo y tienen enormes restricciones, además, se distribuyen de manera aleatoria y representan un 5% de la zona de estudio. Sin embargo, es común encontrarlas a lo largo de las márgenes inestables de los afluentes secundarios de la quebrada La Mosca, notoriamente en las quebradas La Brizuela, El Salado, La Charanga y San Felipe.

Se localizan principalmente en algunos segmentos de Hamburgo, La Brizuela, y en los barrios La Candelaria y San Antonio II, asociados también a deficientes tratamientos civiles tanto para la apertura de vías como en la construcción de viviendas.

Estas zonas están ligadas a las áreas de alta amenaza, ya que su deterioro, puede ocasionar o favorecer la ocurrencia de deslizamientos, como se muestra en la Figura 51, donde la pérdida de la cobertura vegetal y de la capa de cenizas volcánicas, coadyuva a la detonación de deslizamiento y/o procesos erosivos como cárcavas y surcos en El Salado, Centro Plaza y San Antonio II.

Figura 51. Amenaza muy alta por inadecuados cortes civiles



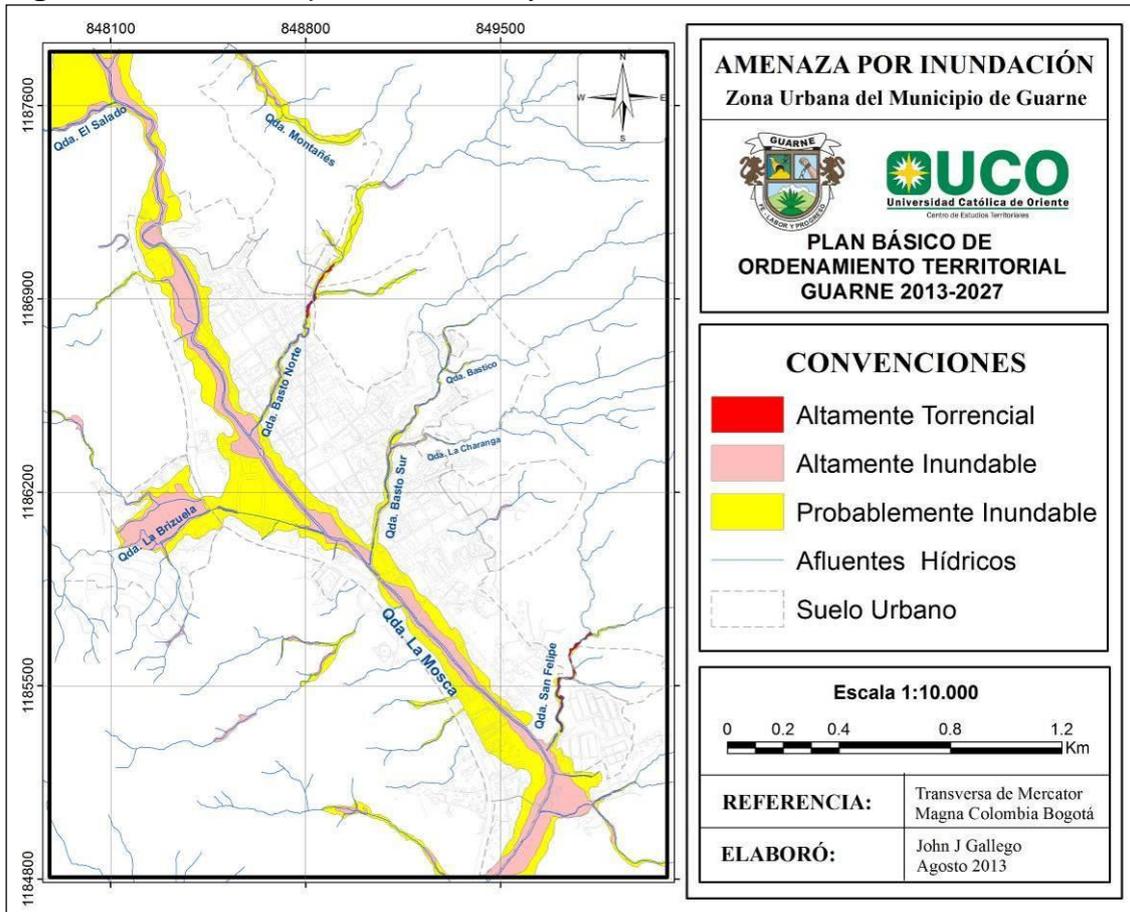
6.2 Amenaza Por Inundación

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (Municipio de Medellín, 2009)

Los fenómenos de inundación, se presentan únicamente en las llanuras aluviales y en las áreas de baja pendiente, que por falta de alcantarillado o su mantenimiento, favorece la acumulación de aguas y generación de encharcamientos e inundaciones. En este trabajo la zonificación de las amenazas por inundación, se restringe a las llanuras aluviales, ya que para el segundo escenario, el fenómeno será evaluado desde el punto de vista del riesgo porque allí los factores de vulnerabilidad física son los determinantes.

Con base en la cartografía de la llanura de los afluentes hídricos en la cabecera de Guarne, se realizó una zonificación mostrada en la Figura 52. Esta amenaza se califica en tres variables: zonas altamente inundables, probablemente inundables y zonas altamente torrenciales.

Figura 52. Amenaza por inundación y torrencialidad zona urbana de Guarne





Zona Altamente Inundable: Son áreas que en épocas de alta pluviosidad tienden a inundarse, corresponde a la mancha de inundación de la tasa de retorno de 100 años de los afluentes principales del casco urbano de Guarne. Esta mancha fue levantada geomorfológicamente y comparada con las manchas realizadas para la quebrada La Mosca por CORNARE e HIDRAMSA en diferentes periodos mediante parámetros hidráulicos e hidrológicos.

En este nivel de amenaza los problemas de desbordamiento e inundación son frecuentes y periódicos. Son las zonas más susceptibles y presentan restricciones, que involucran medidas drásticas para ser controladas. No es recomendable la utilización de estos sectores para asentamientos de población, no obstante, tiene un alto potencial turístico para establecimiento de parques lineales, estructuras de conservación y tratamiento integrales en las áreas urbanizadas.

Esta franja se distribuye de manera uniforme a lo largo de todos los cauces de los afluentes, en Basto Norte, Basto Sur, Montañés, La Charanga y San Felipe presenta un ancho promedio de 15 m. Sin embargo, esta franja es más amplia en la quebrada La Mosca en los tramos desde la entrada de La Cabaña hasta la calle 52 y desde la calle 44 hasta la salida a La Hondita, donde alcanza un ancho mayor a 64 m en la margen izquierda de la quebrada, así mismo en la desembocadura e la quebrada La Brizuela alcanza un ancho de 150 m.



Zona Altamente Torrencial: Las quebradas torrenciales se encuentran principalmente en la margen izquierda de la quebrada La Mosca, en la zona de análisis corresponde a dos franjas de 230 m y 500 m de las quebradas Basto Norte y San Felipe respectivamente en la parte media baja de las cuencas, además también es común en tributarios menores de las quebradas Basto Sur y La Charanga.

Debido al inadecuado uso del suelo y las altas pendientes en el nacimiento de la quebrada San Felipe y al efecto de fenómenos hidrometeorológicos intensos que superan valores de precipitación pico en pocas horas, existe una alta probabilidad de ocurrencia de fenómenos torrenciales en la parte baja de este afluente.



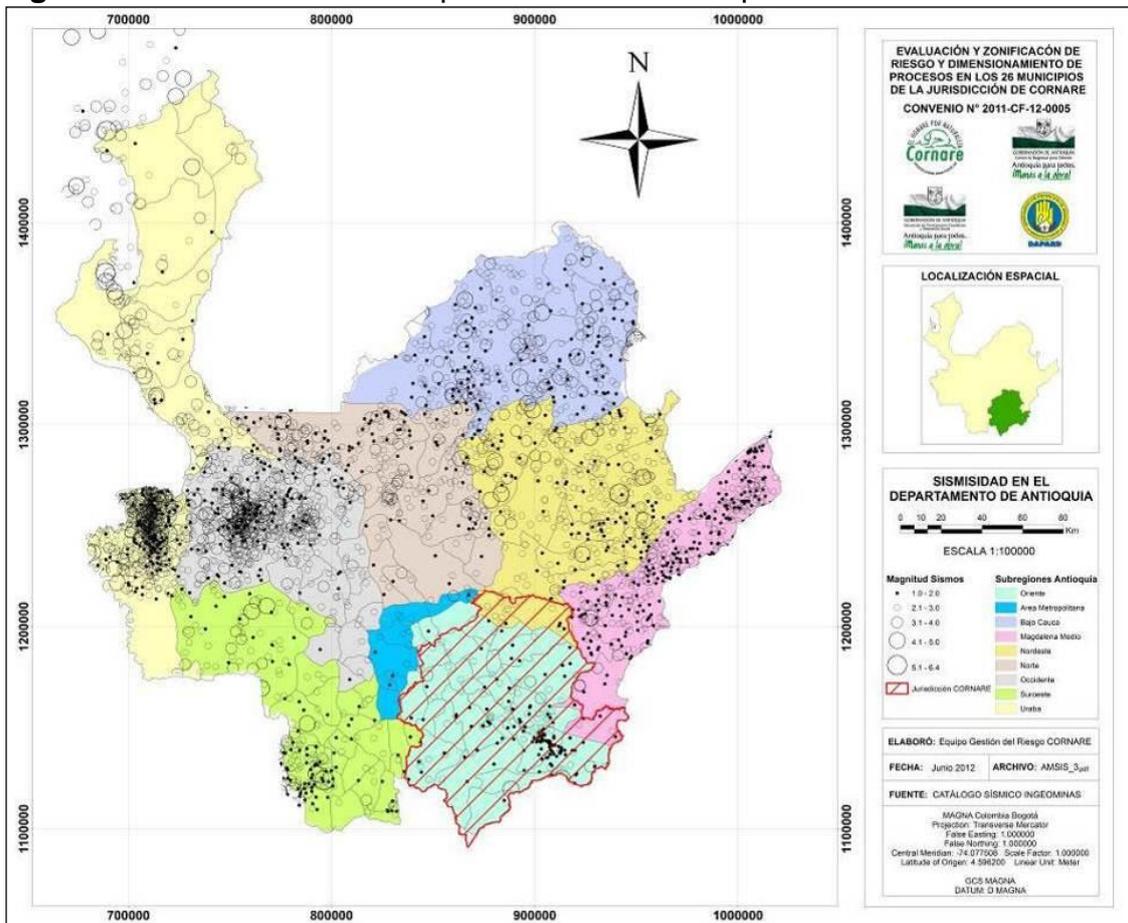
Zona Probablemente Inundable: Corresponde a las llanuras aluviales y zonas de baja pendiente que no se interceptaron con la mancha de inundación $T_r=100$; en estas áreas es probable la ocurrencia de fenómenos de inundación, ya que su formación geológica así lo evidencia. En este nivel de amenaza se encuentran áreas periféricas de las llanuras y que tienen un grado de susceptibilidad medio a presentar problemas de desbordamientos. Dentro del perímetro urbano las mayores áreas dentro de esta calificación se hallan en los barrios La Ramada, San Antonio y San Vicente por la carrera 52.

6.3 Amenaza Sísmica

El conocimiento de los factores que influyen en la amenaza sísmica, es el primer acercamiento a la hora de la evaluación del riesgo ante fuertes movimientos telúricos. En el Oriente Antioqueño, existen condiciones que prevén distintos escenarios, donde se verían afectadas las poblaciones y sus estructuras y por tanto en esta región la amenaza sísmica no debe tomarse como una probabilidad sino como un hecho al cual la comunidad y los entes administrativos deben prepararse.

En el departamento de Antioquia existe una concentración de sismos en todo su territorio (Figura 53), siendo los de mayor magnitud registrados en la subregión Occidente y se asocian con los sistemas de fallas de Cuaca-Romeral y Murindó. En la subregión del Nordeste, especialmente en el Bagre y Zaragoza, se presenta una actividad sísmica importante, con una profundidad intermedia a superficial, que ha liberado algunos sismos con magnitud hasta de 6,0 en la escala de Richter y que tiene una estrecha relación con la actividad del Sistema de Fallas de Palestina. En el Oriente Antioqueño sobresalen sismos distribuidos de magnitud promedio entre 2 y 3, desatancándose una alta concentración entre los municipios de San Francisco y San Luis. Estos datos muestran que la región presenta algún grado de actividad y no debe considerarse como asísmica (Gallego y González, 2013)

Figura 53. Sismicidad en el departamento de Antioquia

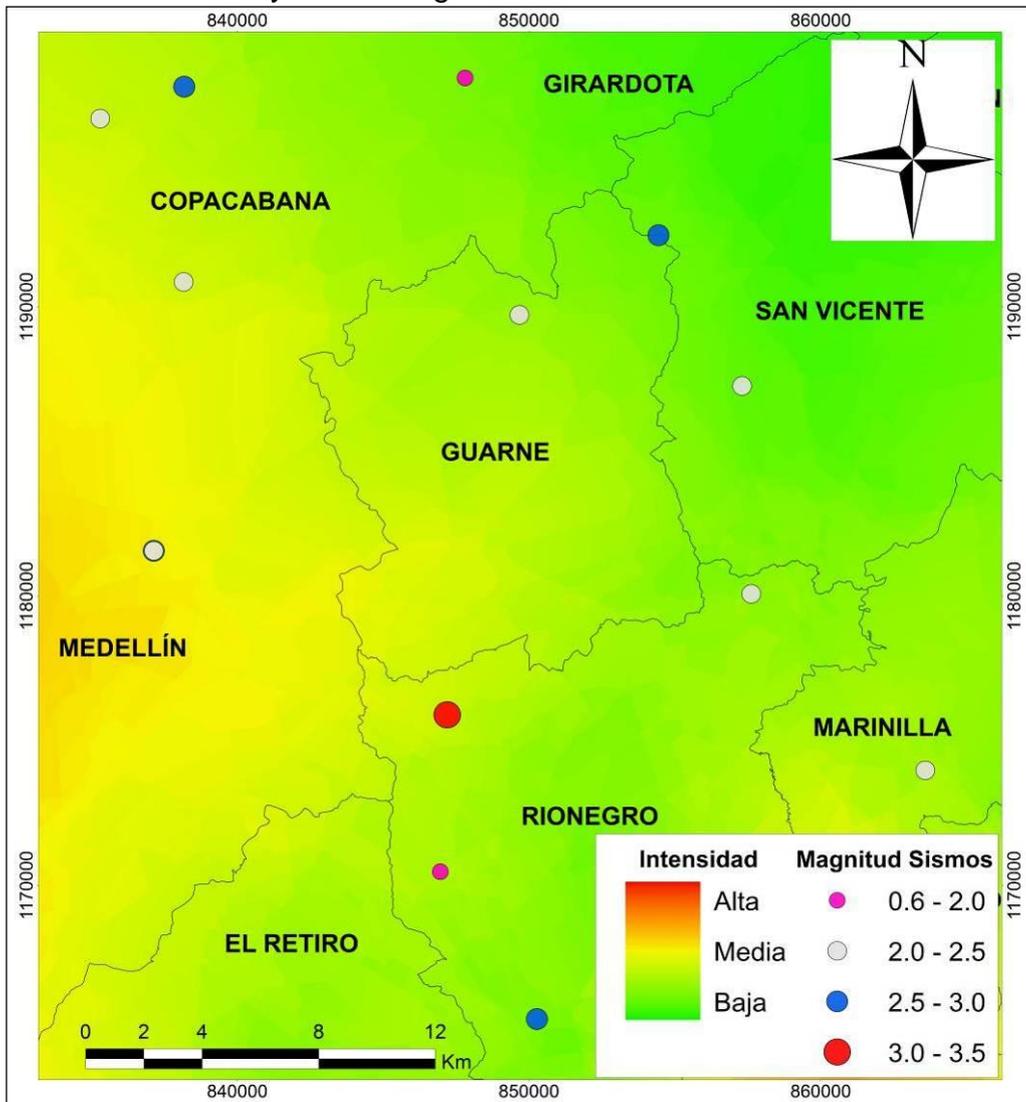


En los municipios de la jurisdicción de CORNARE se han registrado 252 sismos hasta febrero de 2012, los cuales tienen magnitud variable entre 0.6 y 4.5 en la escala de Richter y profundidades entre 0 y 400 Km, siendo los superficiales los más comunes con profundidades menores a 40 Km.

Los municipios del Valle de San Nicolás, han sido considerados como asísmicos, sin embargo existen registros de eventos sísmicos con magnitud entre 2 y 3, asociados a la falla La Honda y La Mosca, entre Rionegro, San Vicente y Guarne, además, han ocurrido algunos sismos en los límites entre el Carmen de Viboral con La Unión, El Santuario y Cocorná.

Adicionalmente, el mapa de intensidad ante la ocurrencia de un evento proveniente de cualquier fuente sísmica cercana, dentro o fuera del departamento de Antioquia, muestra que para el municipio de Guarne se tiene una calificación entre media y baja, siendo las mayores hacia los límites con Medellín y Rionegro (Figura 54).

Figura 54. Intensidad y sismos registrados en cercanía de Guarne



Según la zonificación de la amenaza sísmica NSR 2010, existe un núcleo en el centro de la región CORNARE de amenaza intermedia que tendría una aceleración de 50 a 100 gales por encima de la gravedad, especialmente para los municipios de las regionales Valles de San Nicolás y algunos de Aguas y Porce-Nus. Luego se tiene una curva concéntrica para aceleraciones entre 100 y 150 gales de mayor amenaza, que cubre la mayor parte de la jurisdicción, especialmente los municipios de la regional Paramos y Bosques. Y por último, se tiene una curva concéntrica de amenaza intermedia a alta que puede experimentar aceleraciones entre 150 y 200 gales, que cubre a Puerto Triunfo, Sonsón Parte Baja, parte de San Carlos, San Rafael y San Roque.

El municipio de Guarne presenta una amenaza intermedia y según los últimos estudios, se prevé sismos internos menores de 3.5 en la escala de Richter y la mayor amenaza externa son sismos con magnitud mayor a 8 provenientes de las sismofuentes de Murindó y Urrao.

Tabla 14. Valores de aceleración y amenaza sísmica en la región CORNARE

MUNICIPIO	FALLAMIENTO	MAGNITUD INTERNOS	PGA (g)	MAYOR AMENAZA	MAGNITUD EXTERNO	PGA (g)	AA ASDA	Aa NSR 2010	Av	Ae	Ad	Amenaza NSR 2010
ALEJANDRÍA	Probable	4.2	0.02	Ituango	8.3	0.15	0.18	0.15	0.2	0.09	0.05	Intermedia
CONCEPCIÓN	Probable	4.2	0.04	Ituango	8.3	0.17	0.21	0.15	0.2	0.1	0.05	Intermedia
SAN ROQUE	Probable	4.4	0.07	Ituango	8.3	0.16	0.19	0.15	0.2	0.08	0.05	Intermedia
SANTO DOMINGO	Probable	4.1	0.06	Ituango	8.3	0.17	0.23	0.15	0.2	0.09	0.05	Intermedia
ABEJORRAL	Probable	4.3	0.07	Urrao	8.2	0.16	0.22	0.2	0.25	0.13	0.07	Alta
ARGELIA	Probable	2.8	0.02	Urrao	8.2	0.13	0.16	0.15	0.2	0.12	0.07	Intermedia
NARIÑO	Posible	2.3	0.01	Urrao	8.2	0.12	0.17	0.2	0.2	0.12	0.07	Intermedia
SONSÓN	Probable	3.5	0.04	Urrao	8.2	0.14	0.19	0.15	0.2	0.12	0.07	Intermedia
COCORNÁ	Probable	4.1	0.06	Urrao	8.2	0.15	0.19	0.15	0.2	0.11	0.06	Intermedia
PUERTO TRIUNFO	Posible	3.7	0.03	Ituango	8.3	0.09	0.12	0.15	0.2	0.09	0.05	Intermedia
SAN FRANCISCO	Probado	3.7	0.06	Urrao	8.2	0.13	0.17	0.15	0.2	0.13	0.07	Intermedia
SAN LUIS	Probado	4	0.08	Ituango	8.3	0.12	0.15	0.15	0.25	0.12	0.06	Alta
EL PEÑOL	Posible	4.1	0.04	Urrao	8.2	0.16	0.21	0.15	0.2	0.1	0.05	Intermedia
GRANADA	Posible	4.1	0.04	Urrao	8.2	0.15	0.18	0.15	0.2	0.1	0.05	Intermedia
GUATAPÉ	Posible	3.4	0.03	Urrao	8.2	0.15	0.2	0.15	0.2	0.1	0.05	Intermedia
SAN CARLOS	Probado	4.9	0.13	Ituango	8.3	0.13	0.17	0.15	0.2	0.1	0.06	Intermedia
SAN RAFAEL	Posible	3.8	0.03	Ituango	8.3	0.14	0.18	0.15	0.2	0.09	0.05	Intermedia
EL CARMEN	Posible	3	0.02	Urrao	8.2	0.17	0.21	0.15	0.2	0.11	0.06	Intermedia
EL RETIRO	Probable	ND	ND	Urrao	8.2	0.21	0.25	0.15	0.2	0.13	0.07	Intermedia
GUARNE	Posible	3.5	0.03	Urrao	8.2	0.2	0.24	0.15	0.2	0.12	0.06	Intermedia
LA CEJA	Posible	2.8	0.02	Urrao	8.2	0.19	0.23	0.15	0.2	0.13	0.07	Intermedia
LA UNIÓN	Posible	2.3	0.01	Urrao	8.2	0.17	0.21	0.15	0.2	0.12	0.06	Intermedia
MARINILLA	Posible	3.3	0.02	Urrao	8.2	0.18	0.22	0.15	0.2	0.11	0.06	Intermedia
RIONEGRO	Posible	3.3	0.02	Urrao	8.2	0.18	0.22	0.15	0.2	0.12	0.06	Intermedia
SANTUARIO	Posible	4.3	0.05	Urrao	8.2	0.16	0.2	0.15	0.2	0.11	0.06	Intermedia
SAN VICENTE	Posible	4.2	0.04	Urrao	8.2	0.18	0.22	0.15	0.2	0.11	0.06	Intermedia

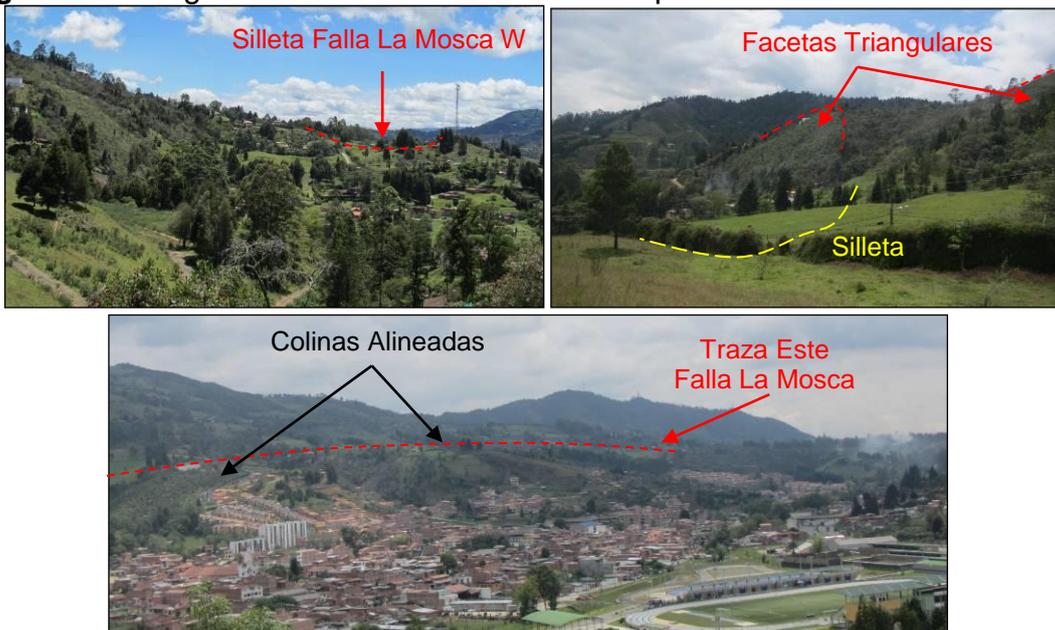
6.3.1 Evidencias de Actividad Neotectónica

En el Oriente Antioqueño se conocen varias investigaciones que han establecido la existencia de actividad neotectónica en la región, donde se ha interpretado en varios sitios la ocurrencia de sismos con magnitud cercana a 6 en la escala de Richter, con edades de ocurrencia que van desde 880.000 hasta 8.000 años, además se estiman periodos de recurrencia de 300.000 años. Estos eventos se asocian a varias estructuras tectónicas de la región que tienen un grado moderado a bajo de actividad, igualmente, se menciona la existencia de fallas ciegas, que se encuentran cubiertas por depósitos aluviales y cenizas volcánicas que en cualquier momento podrían reactivarse y generar sismos importantes (Rendón y otros, 2011 y 2012).

El municipio de Guarne no muestra una notoria actividad sísmica instrumental, no obstante, es donde se concentran las mayores evidencias de actividad neotectónica en el Oriente Cercano. Esta actividad reciente se asociada a las fallas La Honda y La Mosca principalmente, además en los alrededores de la cabecera urbana de Guarne, se reconocen varias trazas paralelas de fallas con dirección N30W y conjugadas EW que afectan y desplazan no solo al saprolito rocosos sino también diferentes paquetes de depósitos de vertiente como flujos de lodo, terrazas aluviales y depósitos de cenizas volcánicas recientes, lo que pone en evidencia el peligro sísmico en la zona.

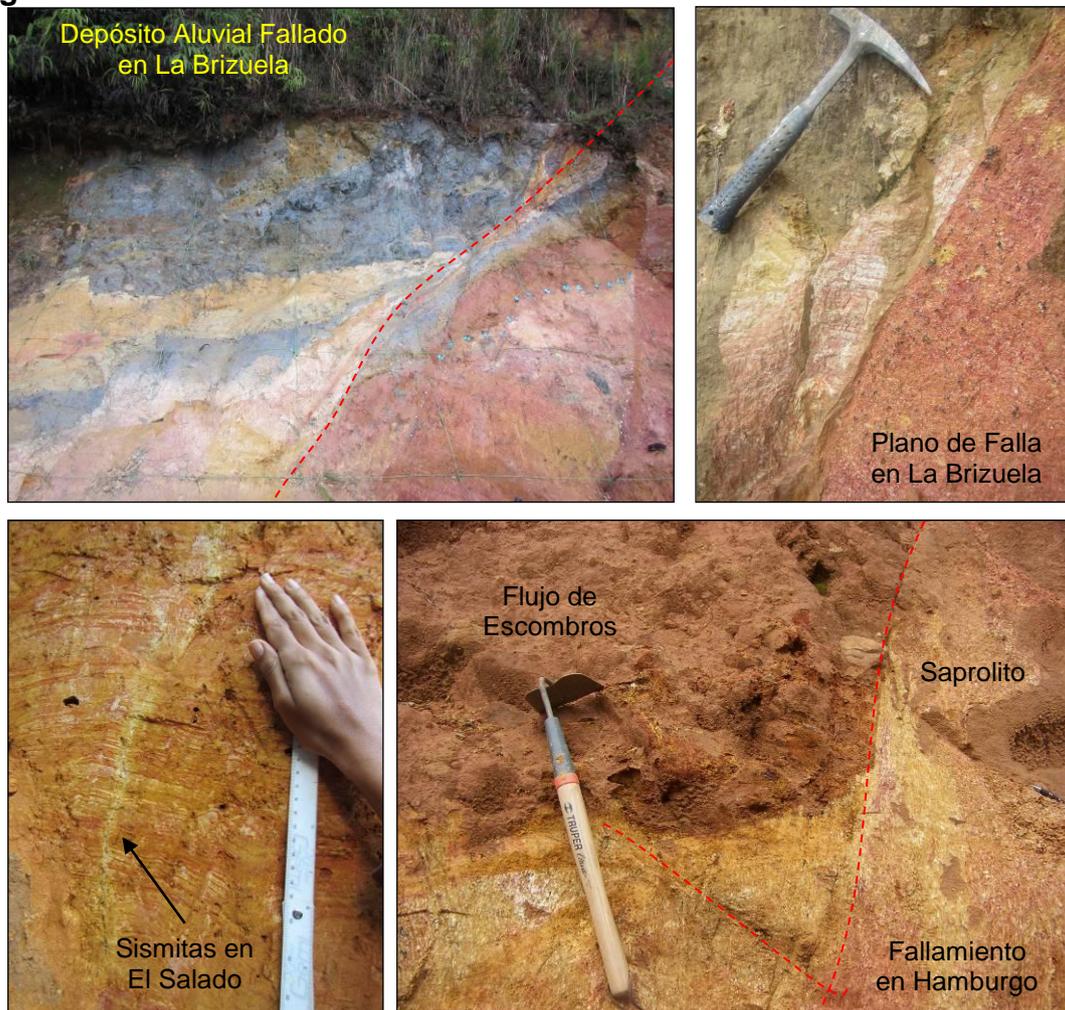
En general, se reconocen varias evidencias de tectónica activa que van desde rasgos morfotectónicos, como se observan a lo largo de la cuenca alta y media de la quebrada La Mosca, destacándose las colinas alineadas del Cerro La Cruz, Silletas alienadas desde la vereda La Brizuela hasta la vereda San Isidro, lomos en gancho en la cuenca de la quebrada La Honda, facetas triangulares en La Honda y La Brizuela, anomalías en el perfil longitudinal y saltos asociados a *nick points* en las quebradas La Brizuela y El Salado (Figura 55).

Figura 55. Rasgos morfotectónicos de las traza paralelas de la falla La Mosca



La Falla La Mosca se compone de varias fallas paralelas de rumbo dextral, con componente principal normal e inversa en algunas trazas satélites. La traza Este se evidencia por los desplazamientos normales asociados a tectonismo en el saprolito ígneo y vetas cuarzosas que se pueden observar en los cortes civiles en los barrios Plaza Centro y Laurent. La traza Oeste está representada por el indicio La Brizuela, en donde existe un afloramiento con clara afectación y desplazamientos neotectónicos producto de sismos recientes en los niveles superiores de las terrazas aluviales de la quebrada La Mosca. Igualmente, la evidencia denominada Hamburgo, muestra el desplazamiento de las capas de cenizas volcánicas y flujos de escombros; esta sitio fue evaluado por Rendón y Otros, (2011 y 2012) y se correlaciona con la evidencia en La Brizuela, que a su vez se liga con un sitio más al norte sobre la vía a Piedra Blancas denominado El Salado, en el cual se vislumbran eventos de licuefacción y sismitas en las terrazas limoarenosas altas de La Mosca (Figura 56)

Figura 56. Evidencias de actividad tectónica reciente de la falla La Mosca



Según las investigaciones en el indicio Hamburgo, se identificaron dos sismos atribuidos a la Falla La Mosca con magnitudes entre 6.54 y 6.56 y edades probables de 880.00 años y 37.000 respectivamente.

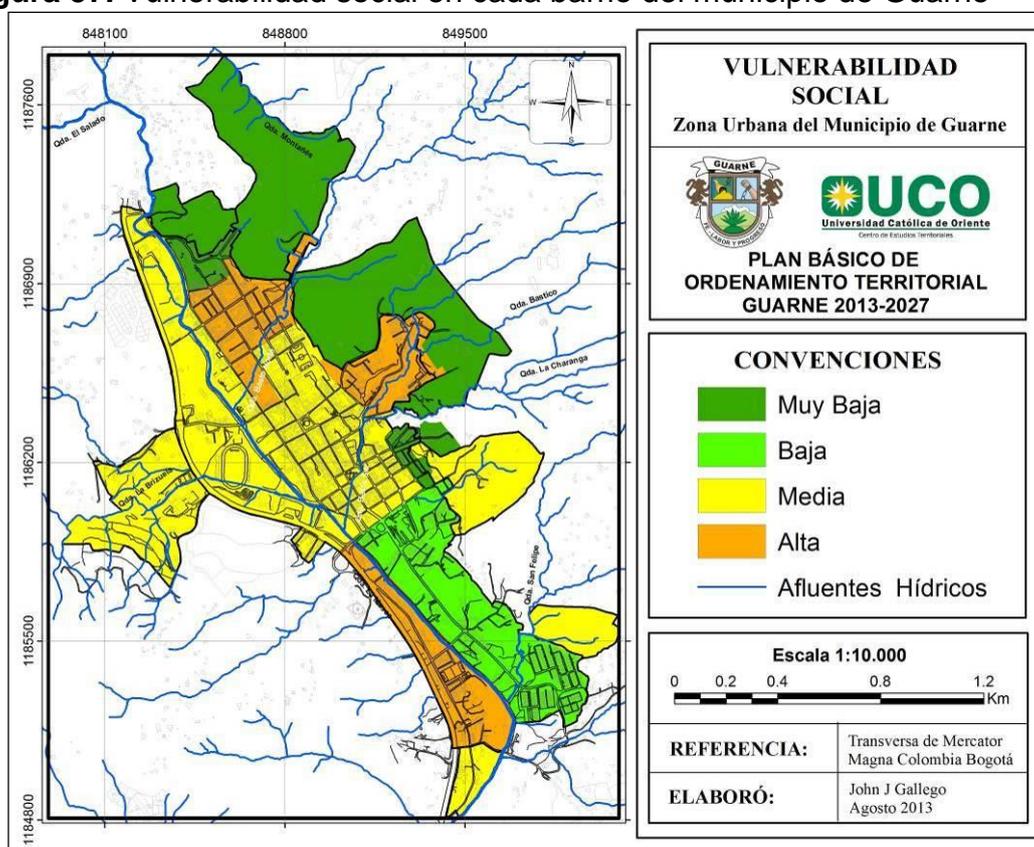
7. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad de un elemento particular de la sociedad está definida como el grado de pérdida que esta pueda sufrir como resultado de una amenaza. La naturaleza de la vulnerabilidad y su evaluación varían según el elemento expuesto representado en personas, estructuras sociales, estructuras físicas o bienes y actividades económicas.

7.1 Vulnerabilidad Social

Históricamente la población marginada ha estado más expuesta al riesgo y a las consecuencias del cambio climático; esta realidad no es ajena en la cabecera urbana de Guarne, en donde se tiene un tejido social débil con bajas condiciones de organización. Gran parte del territorio urbano tiene condiciones de media y baja vulnerabilidad social, no obstante los barrios que presentan una alta vulnerabilidad son: San Vicente, La Candelaria y San Antonio; en estos sectores falta una mentalidad preventiva en la valoración de las amenazas, tratamientos del riesgo y los desastres por parte de la población, además esto se relaciona con la carencia de memoria histórica y la ausencia de la administración para una adecuada administración del riesgo. Así mismo, en estos barrio se dan los mayores problemas de seguridad coligados con atracos y narcóticos, además la población tiene una alta persecución de inseguridad que facilita el aumento de la vulnerabilidad social (Figura 57).

Figura 57. Vulnerabilidad social en cada barrio del municipio de Guarne

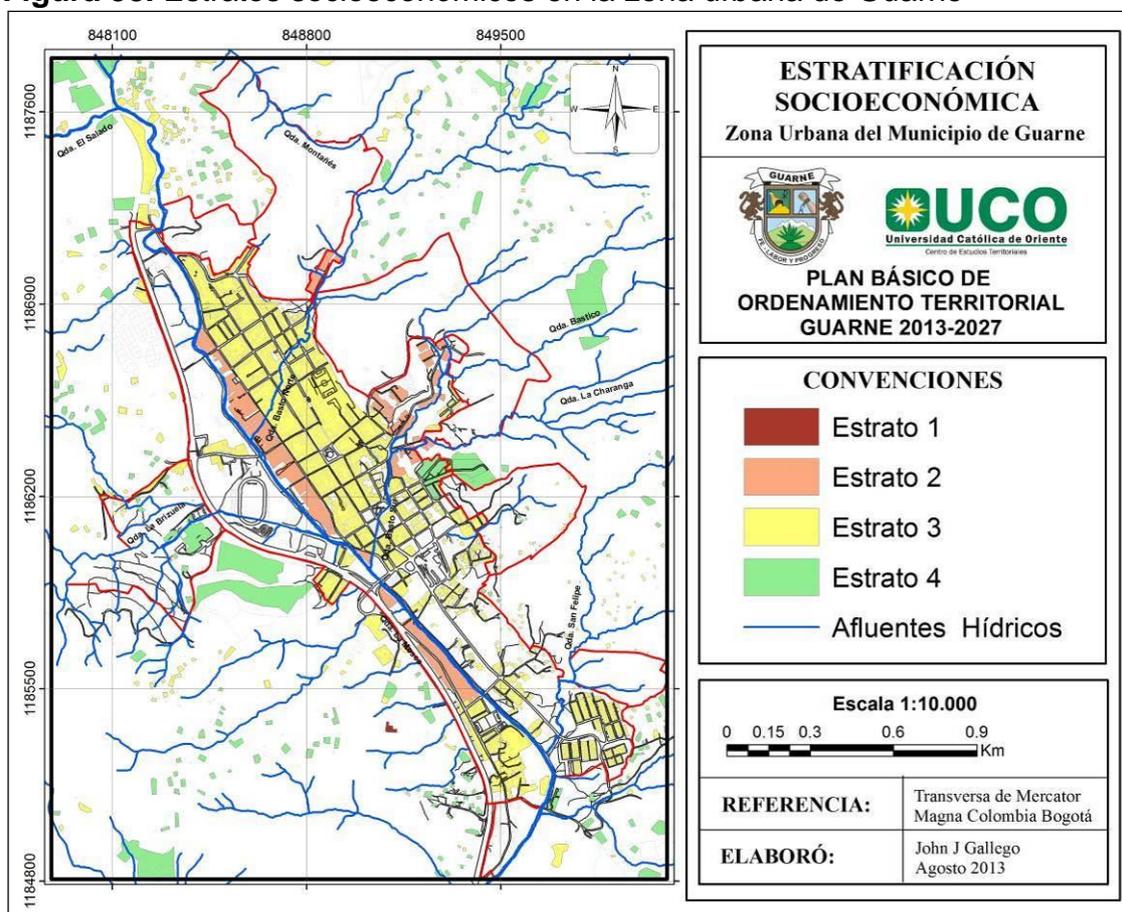


7.2 Vulnerabilidad Económica

Esta variable se construyó a partir de factores prediales de estratificación socioeconómica y valores promedio en los barrios sobre las condiciones de empleo y salario de cada uno de los habitantes.

La zonificación del primer factor (Figura 58), evidenció que el 75% de los predios del casco urbano de Guarne, presenta una estratificación media, un 20% de los predios tiene estrato 2, ubicados especialmente en las riberas de la quebrada La Mosca y solo el condominio El Palmar tiene estrato 4. Así mismo, se identificó que gran parte de las viviendas por fuera de la zona urbana, tienen buenas condiciones socioeconómicas, ya que en su mayoría son fincas de recreo o industrias, sin embargo, existen sectores como El Sango y La Charanga, donde existen viviendas con estrato medio y bajo.

Figura 58. Estratos socioeconómicos en la zona urbana de Guarne



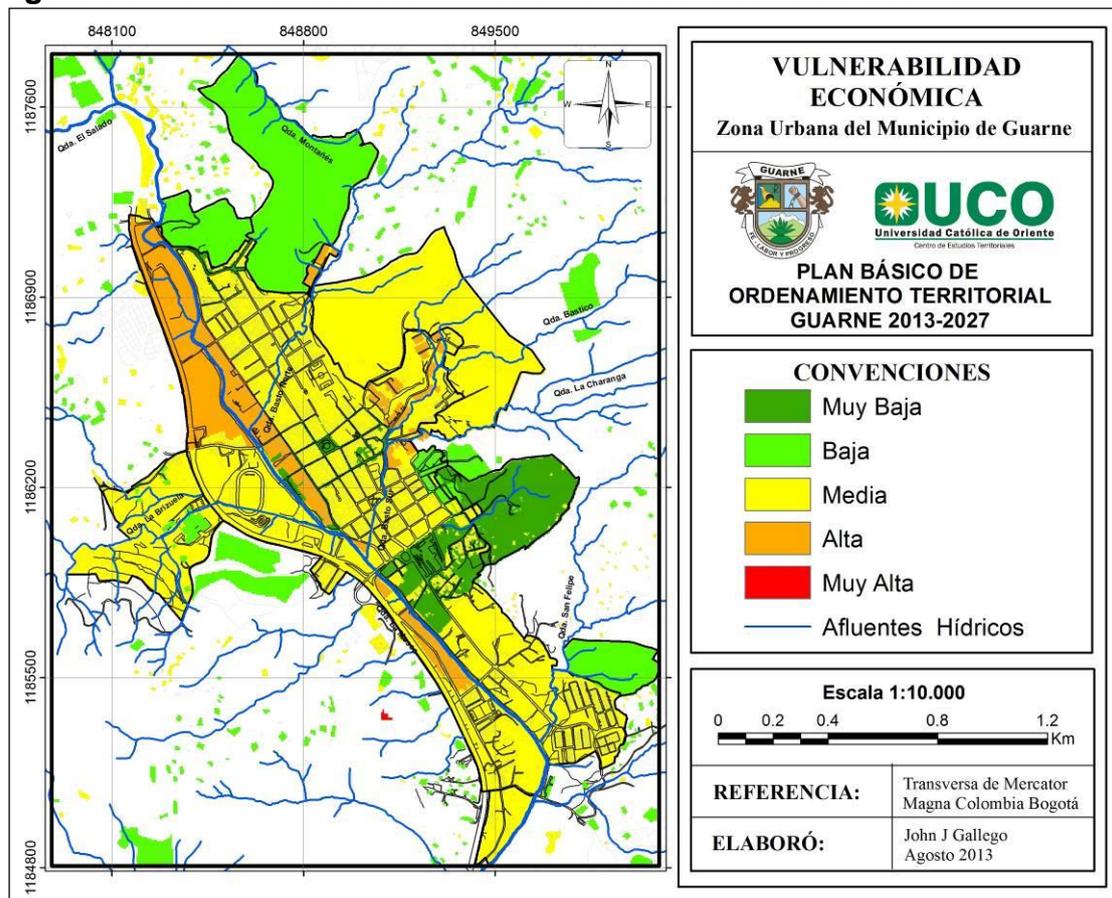
Con base en estos datos se dan a entender dos posibles escenarios, el primero son las moderadas condiciones de pobreza de la población urbana y el segundo relacionado con la desactualización de la información socioeconómica por parte de la administración municipal, lo que generaría un detrimento patrimonial por la ineficiente manera de cobrar sus recaudos tanto en la zona urbana como en la rural.

El resultado final de zonificación de vulnerabilidad (Figura 59), refleja que Guarne tiene condiciones moderadas en este ítem. No obstante, los problemas económicos son de mayor importancia para los habitantes de los barrios ribereños de todos los afluentes que drenan la cabecera, destacándose los barrios La Cabaña, La Ramada y algunas viviendas en María Auxiliadora, La Charanga y La Salida a La Mulona como los más vulnerables económicamente.

En la zona urbana de Guarne, existen pocas oportunidades laborales, ofertas de empleo y aptas condiciones para mejorar el nivel adquisitivo de su gente. Hay entidades que brindan empleo, pero su capacidad de oferta es reducida respecto al número de habitantes que lo requieren; por lo que gran parte de la población labora en las localidades cercanas de Rionegro, Marinilla y la ciudad de Medellín y solo pernocta en la cabecera Guarneña.

La estabilidad municipal se debe al sector solidario, que se transforma en un pilar económico importante para el sostenimiento financiero del municipio. Sin embargo, las variables de empleo y poder adquisitivo de los habitantes del municipio son muy reducidas, el método del rebusque, el jornal y otras actividades como los subsidios del estado, son elementos que contribuyen a la supervivencia humana y los medios de subsistencia de parte de la comunidad para llegar a su posteridad.

Figura 59. Vulnerabilidad económica en el casco urbano de Guarne

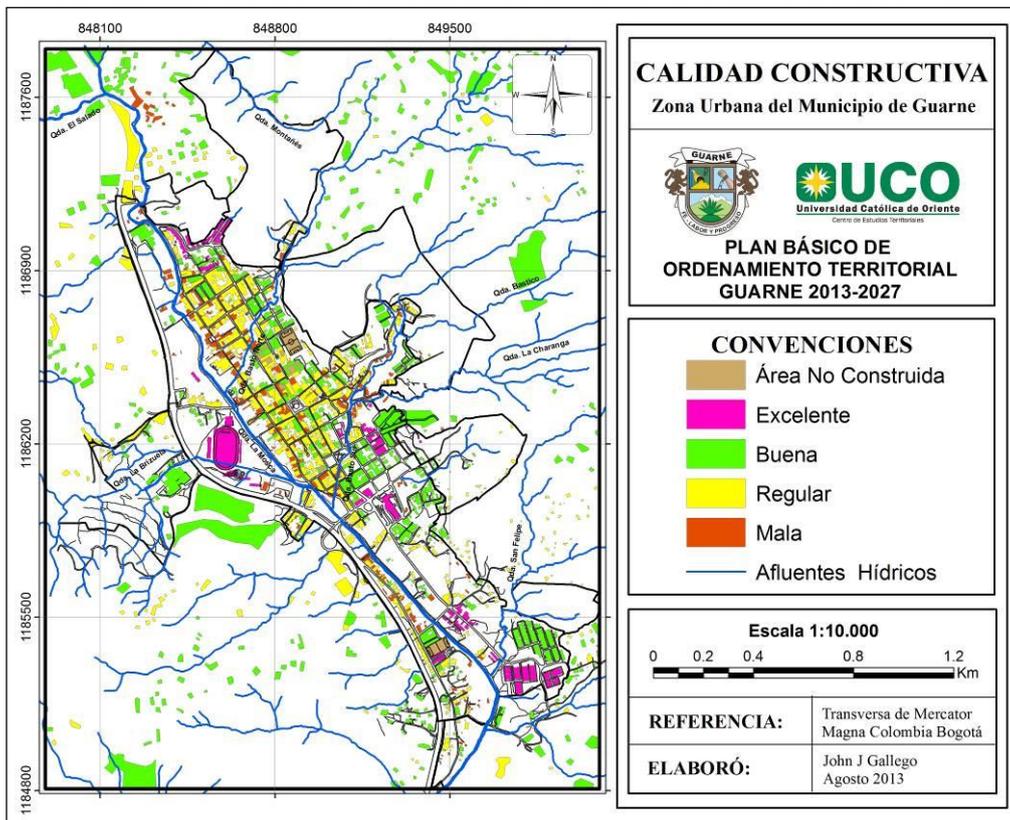


7.3 Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad física evalúa la capacidad sismo-resistente de las edificaciones y el nivel de exposición ante inundaciones y deslizamientos. Esta variable se construyó a partir de la calidad constructiva y de los datos zonales de saneamiento básico en la zona urbana de Guarne. En una primera etapa se realizó un inventario de las fichas catastrales de la cabecera urbana, además se hizo un levantamiento por manzana de las fachadas; debido a la complejidad y heterogeneidad de los materiales en las estructuras civiles, se ponderaron en cinco valores, tomando como referencia el material constructivo predominante para las fachadas y muros de las viviendas.

La infraestructura urbana de Guarne presenta en más de un 50% viviendas que fueron construidas con mampostería no reforzada en adobe y ladrillo, además en la zona céntrica y en el barrio San Antonio es común encontrar casas de un nivel construidas en tapia y bareque, presentando regulares condiciones de calidad. Las construcciones recientes en los barrios Laurent, Alcores, San Antonio II y Plaza Centro, al igual que en la zona rural y las industrias, cumplen en gran medida con las norma sismoresistente NSR-10 y por ende tiene una buena calidad en sus materiales y técnicas de construcción.

Figura 60. Calidad de las construcciones en la zona urbana de Guarne



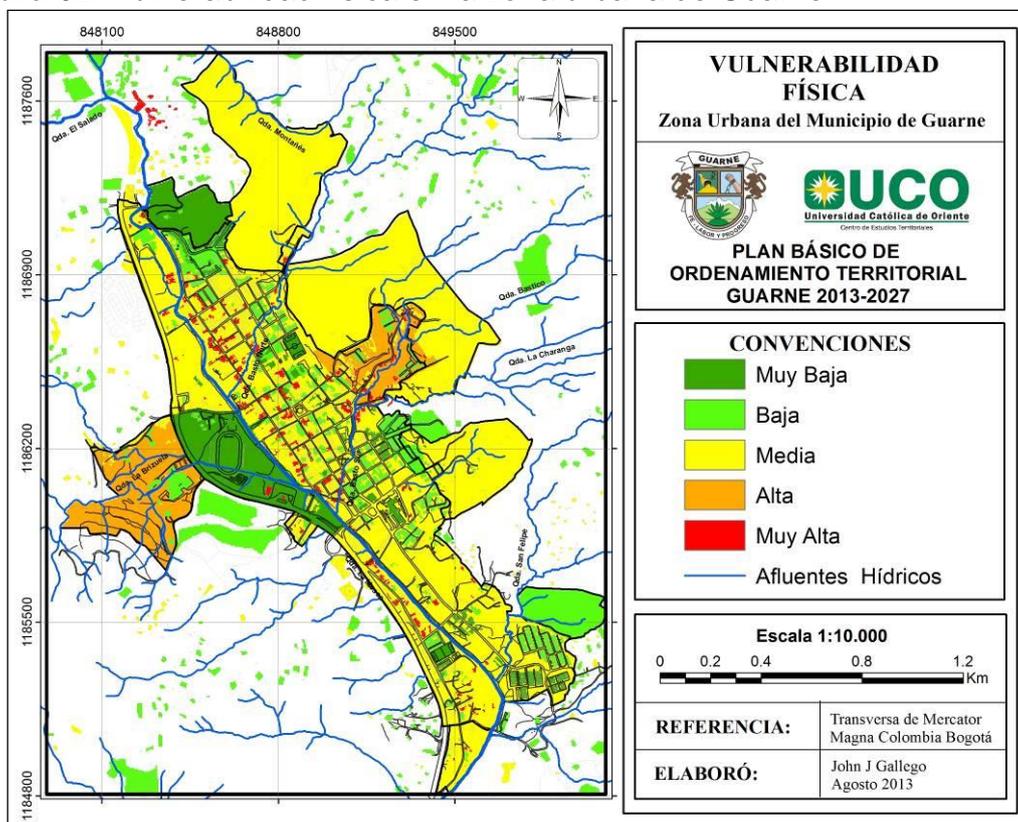
Es común dentro del casco urbano encontrar muchas viviendas de dos o más niveles en zonas de alta pendiente (Figura 61), invadiendo los causes de las quebradas Basto Norte, Basto Sur y La Charanga y sostenidas mediante pilotes de poca profundidad de materiales no aptos.

Figura 61. Regular calidad constructiva de las viviendas en Guarne



En el mapa de la Figura 62, se exponen cuáles son los sectores de mayor vulnerabilidad física de la zona urbana. La Brizuela, María Auxiliadora y La Candelaria, son los que presentan mayor calificación, ligada a las condiciones inestables del suelo y los cimientos de algunas viviendas, así como a la alta pendiente o terrenos anegados donde fueron construidas. Existen también viviendas con mala calidad constructiva con una muy alta vulnerabilidad en centro de la cabecera, ya que ante la ocurrencia de un sismo o un fenómeno de remoción serían las primeras en verse afectadas. La mayoría de los barrios de Guarne, tienen condiciones de vulnerabilidad media, sin embargo existen algunos como San Vicente, que no se tiene una adecuada red de alcantarillado, existe es un sistema de atenuadores antiguos, algunos con filtraciones que generan procesos de subsidencia en algunas viviendas.

Figura 62. Vulnerabilidad física en la zona urbana de Guarne

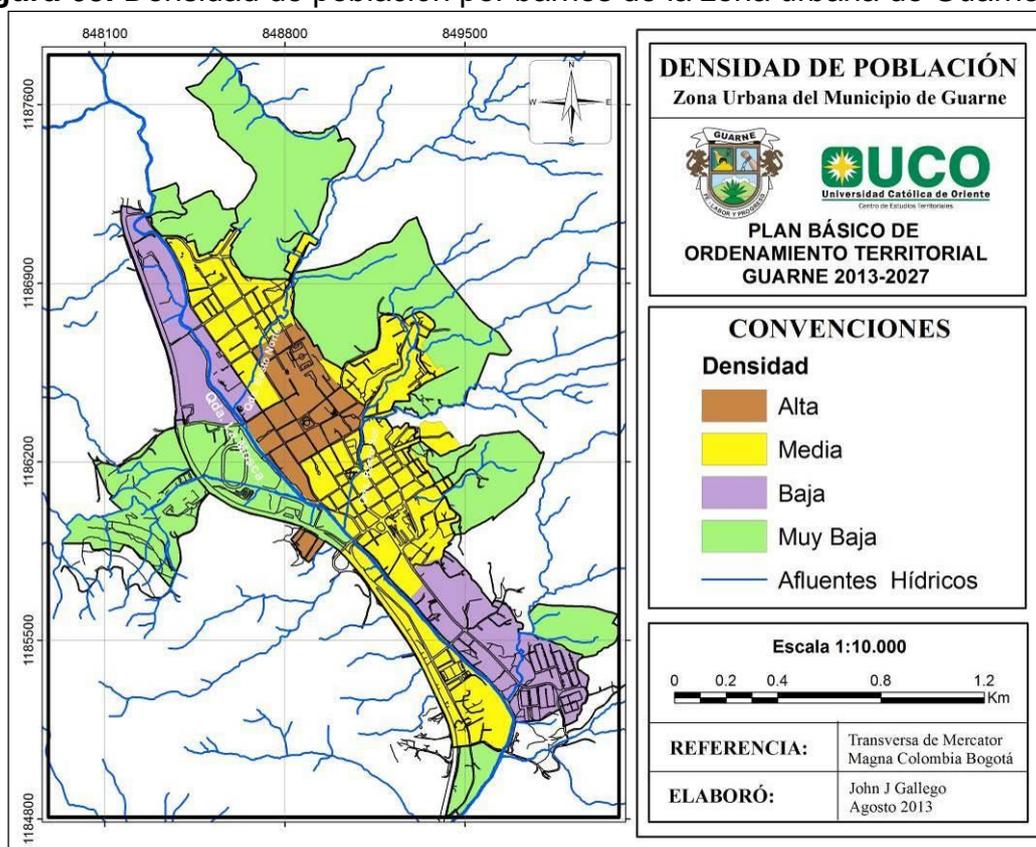


7.4 Densidad de Población

La cabecera urbana de Guarne tiene una baja densidad poblacional comparada con otros centros urbanos del Oriente Cercano, no obstante, las áreas con altas concentraciones urbanas se ligan estrechamente con la construcción desorganizada y baja calidad de vida de los habitantes. Es por ello que esta variable se cuantifico de manera independiente, con el fin de conocer cuáles eran los barrios más vulnerables y de mayor concentración habitacional.

Para la elaboración de este insumo (Figura 63), se recurrió a diferentes fuentes que albergaban datos de población del municipio, como el DANE, PRODEPAZ y el SISBEN. Aunque muchos de estos datos no coinciden con los avalados por las entidades gubernamentales y el actual PBOT, nos dan un acercamiento real del hacinamiento en el municipio y su relación con el manejo de desastres.

Figura 63. Densidad de población por barrios de la zona urbana de Guarne



Las zonas de expansión y los barrios San Antonio II y La Cabaña presentan condiciones de baja densidad. En contraste los barrios centrales son de mayor población, lo cual en gran medida es producto de la liberación de alturas que ha permitido la construcción de viviendas mayores a cuatro pisos en cercanías al parque principal. Sin dudas, otro factor que ha detonado el poblamiento acelerado de la zona urbana de Guarne, es el agotamiento del suelo urbano en Medellín, lo que ha conducido que un importante número de pobladores hayan llegado a Guarne a asentarse de manera definitiva. En la Figura 64, se muestra el contraste de la zona urbana de Guarne en los años 1993 y 2013.

Figura 64. Crecimiento de la cabecera urbana de Guarne de 1993 a 2013



En la Tabla 15, se muestra la densidad de cada barrio y los datos de población utilizados para el cálculo de este factor de vulnerabilidad.

Tabla 15. Densidad de población en la zona urbana del municipio de Guarne

Barrio	Población (Hab)	Área Barrio (m ²)	Densidad
Alcores	735	32172.4	Media
Camilo Torres	394	9546.4	Alta
Centro	3623	117953.7	Alta
Centro Plaza	1325	92384.6	Media
La Cabaña	1487	171537.4	Baja
La Candelaria – María Auxiliadora	2082	97909	Media
Laurent	456	36510.1	Media
San Antonio I	3350	144271.2	Media
San Antonio II	1800	199079	Baja
San Francisco	2307	122130.8	Media
San Vicente	3227	123254.5	Media
Santo Tomas	1867	43376.2	Alta
Unidad Deportiva – La Ramada	319	127118.4	Muy Baja
Expansión Alcores	48	238784.5	Muy Baja
Expansión La Autopista	112	32524.8	Muy Baja
Expansión La Brizuela	245	164919.4	Muy Baja
Expansión La Cabaña	60	56222.7	Muy Baja
Expansión La Charanga	140	285483.9	Muy Baja
Expansión San Antonio I	159	111036.6	Muy Baja
Expansión San Antonio II	3	52933	Muy Baja

8. ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

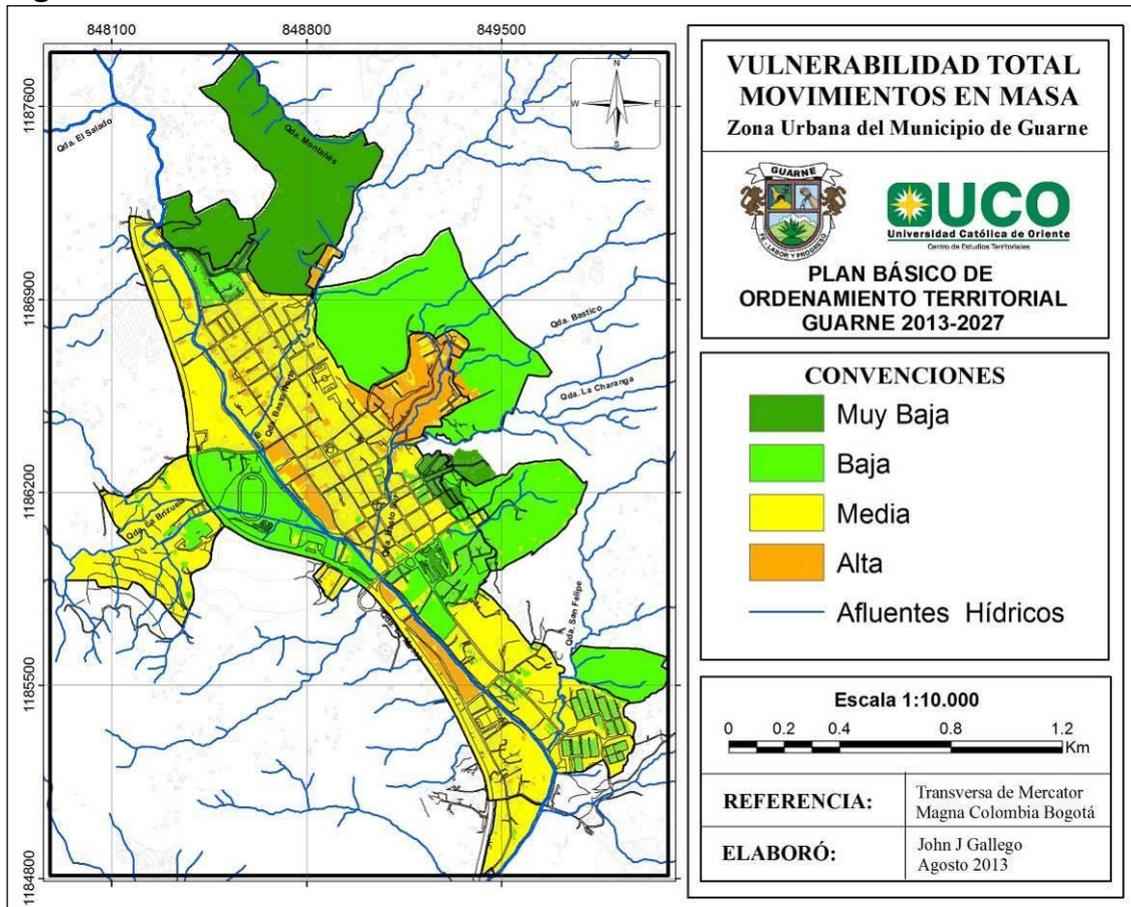
La zona urbana del municipio de Guarne tiene unas condiciones de vulnerabilidad moderadas y bajas en la mayoría de su territorio. Sin embargo existen zonas complejas en todos los sentidos y variables, con unas condiciones sociales y físicas de alta vulnerabilidad, de su población, que se ve intrínseco en la baja condición de vida de sus habitantes y en altos niveles de desigualdad en algunos barrios de la cabecera.

La vulnerabilidad global es el resultado del análisis multivariable de los componentes expuestos anteriormente, ésta evalúa la exposición ante una amenaza de una población en particular, junto con la capacidad de respuesta ante un desastre y la habilidad para enfrentarlo y recuperarse.

8.1 Vulnerabilidad Total Movimiento En Masa

La vulnerabilidad global, al igual que la amenaza y el riesgo se calificó en variables que van desde baja hasta alta. Para la zona urbana de Guarne, la zonificación muestra un patrón por barrio y predio de tendencia media hacia el centro y alta en las periferia de la zona urbana y en las márgenes de las quebradas, tal y como lo muestra la Figura 65.

Figura 65. Vulnerabilidad total ante movimientos en masa en Guarne



 **Vulnerabilidad Muy Baja:** Hace parte de los predios y las áreas construidas con las mejores condiciones económicas y sociales para afrontar un desastre, ya que se componen de estructuras sismoresistentes, construidas con adecuados parámetros técnicos, además, buena organización social y baja densidad poblacional. Los territorios con esta calificación son escasos en la zona urbana, se destacan los predios que componen el condominio El Palmar, algunas viviendas de los barrios Laurent y Alcores, la Plaza de Mercado y las zonas de expansión Alcores II y La Cabaña en el norte de la cabecera.

 **Vulnerabilidad Baja:** Corresponde a predios de baja densidad poblacional en donde no existe una alta exposición de bienes y personas a verse afectados ante procesos de remoción en masa. Son áreas donde la población tiene una alta capacidad de afrontar los desastres y recuperarse rápidamente. Estas zonas se resaltan en La Charanga, Plaza Centro, San Antonio II y el territorio que comprende la Unidad Deportiva, así también como algunos predios industriales en La Brizuela.

 **Vulnerabilidad Media:** Esta categoría es la predominante en el territorio con aproximadamente un 45% de total. Son áreas ubicadas principalmente en la margen izquierda de la quebrada La Mosca y en la zona céntrica de la cabecera, se destacan dentro de este rango los barrios Centro, San Vicente, San Francisco, La Ramada, La Cabaña, parte sur de San Antonio, y La Brizuela. Las condiciones sociales de esta comunidad indican que ante la ocurrencia de un evento, tienen condiciones económicas y sociales moderadas para la superación de una crisis, sin embargo, el deterioro de las condiciones de vulnerabilidad se pueden dar por falta de acciones concretas por parte de la administración municipal en busca de mejorar sus condiciones de seguridad, organización, participación y empleo

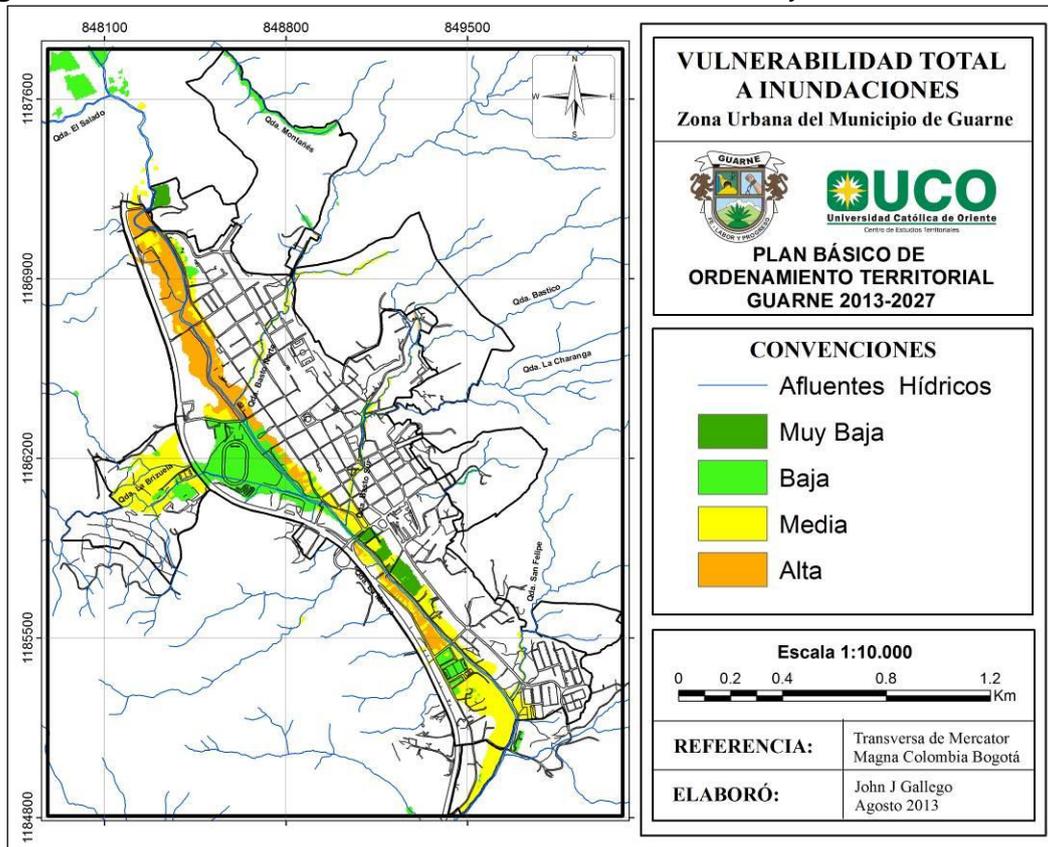
 **Vulnerabilidad Alta:** Son las zonas de mayor problemática en la cabecera urbana y se encuentran de manera dispersa en toda la zona de estudio. Son relevantes en varios sectores, el primero comprende los barrios La Candelaria, La Charanga y María Auxiliadora, el segundo es la parte baja del barrio San Francisco y el tercero en un segmento del barrio San Antonio. Igualmente, se identifican viviendas individuales inmersas en sectores de vulnerabilidad media en los barrios céntricos, allí yacen casas de invasión sobre laderas de alta pendiente, en las márgenes inestables de las quebradas La Mosca, Basto Norte y Basto Sur, además algunas no tienen alcantarillado y no respetan los retiros a las vías veredales como en La Mulona.

Dentro de este rango se conjugan varios factores que hacen que la población y sus viviendas estén altamente expuestas a verse afectadas ante procesos de remoción en masa. Así mismo, son los barrios de menor organización comunitaria y limitados económicamente. En los momentos de crisis por desastres se espera que estas comunidades tengan una resistencia y resiliencia pobre, por lo que debe priorizarse en la atención por parte de los organismos de socorro.

8.2 Vulnerabilidad Total A Inundación Y Torrencialidad

Esta vulnerabilidad en Guarne (Figura 66), solo acoge los predios y características zonales dentro de las llanuras aluviales, ya que son estas infraestructuras las que pueden verse afectadas por crecientes lentas y súbitas.

Figura 66. Vulnerabilidad ante fenómenos de inundación y torrencialidad



La vulnerabilidad baja se encuentra representada en baja proporción por población, viviendas, vías y demás infraestructuras que por las condiciones físicas y económicas, existe alta probabilidad de respuesta oportuna y eficaz ante la ocurrencia de un desastre. Se destacan los predios en la Unidad Deportiva y en los alrededores de la Plaza de Mercado como los menos vulnerables ante inundaciones de la quebrada La Mosca. La vulnerabilidad media es la común en los predios en las márgenes de las quebradas tributarias a La Mosca, además es común encontrar esta calificación en cercanía de la planta de tratamiento y en la parte baja de La Brizuela, donde se tiene una baja densidad poblacional y buena capacidad de las obras de paso.

La vulnerabilidad por inundación y torrencialidad alta, está determinada por las construcciones sobre la llanura inundable y la baja capacidad de respuestas de la población en las áreas circundantes a las quebradas La Mosca, Basto Norte, Basto Sur y San Felipe, así como sus tributarios, permanentes o intermitentes que pueden resultar con mayor grado de daño debido a crecidas súbitas. Los barrios más vulnerables a estos fenómenos son: La Cabaña, La Ramada, San Vicente, San Francisco y San Antonio.

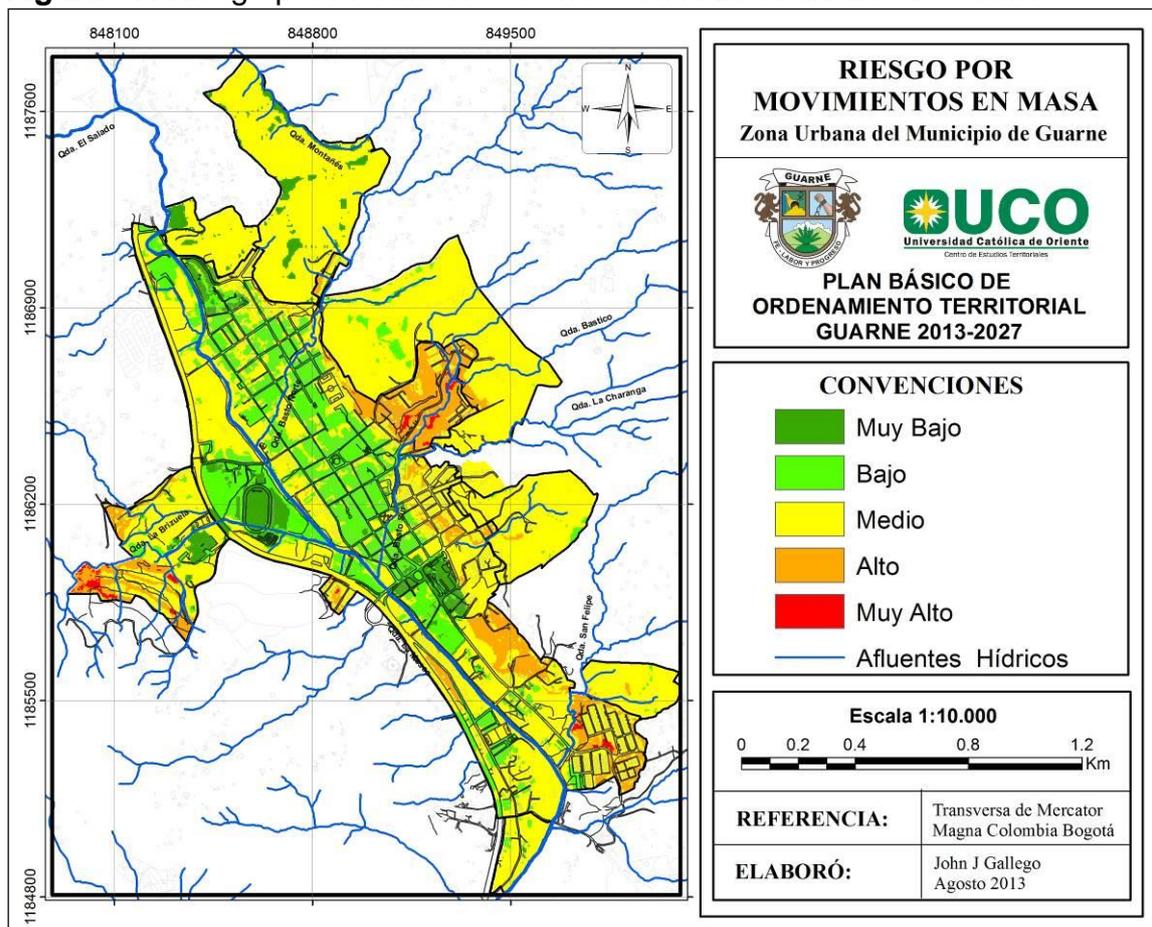
9. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

El riesgo es definido, como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes. Con los datos de la amenaza y vulnerabilidad analizados anteriormente, se realizó la interpretación de los parámetros del riesgo y una zonificación de datos ponderados de inundaciones y movimientos en masa.

9.1 Riesgo Por Movimiento En Masa

El mapa de riesgos por movimiento en masa, es el resultado de la combinación matemática de la amenaza y la vulnerabilidad (Figura 67). En la cabecera urbana de Guarne, dio como resultado regiones con alta preponderancia de riesgo bajo hacia el centro del casco urbano y medio alto hacia los extremos surorientales y occidentales, coincidiendo en gran parte con la mapificación de la amenaza.

Figura 67. Riesgo por movimiento en masa en la zona urbana de Guarne



Muy Bajo y Bajo Riesgo. Son las áreas dentro del territorio con baja probabilidad de ocurrencia y afectación a la población y bienes de la zona

urbana por movimientos en masa y procesos relacionados. Estas zonas se caracterizan por tener una baja pendiente, hacen parte de llanuras aluviales y cimas de colinas estables, así mismo son áreas de baja densidad de población o donde se tienen una alta resiliencia ante estos fenómenos por la sólida estructura social que habita la zona. Sin embargo, es posible la ocurrencia de deslizamientos menores por socavación lateral en las márgenes de las quebradas, además, dependiendo del uso del suelo y el tratamiento ingenieril, se pueden deteriorar estas áreas a una calificación de mayor riesgo. El bajo riesgo representa un 24% del territorio, con un área dentro de las zonas urbana y de expansión de 0.5 km², además se concentra especialmente en el eje central de la cabecera urbana entre las carreras 48 y 52.

 **Medio Riesgo.** Esta zona se caracteriza por la mediana probabilidad de ocurrencia de desastres relacionados con procesos de remoción en masa que puedan llegar afectar a la población. Estas áreas se encuentran condicionadas a los tratamientos civiles del terreno como cortes e instalación de llenos, así también como al inadecuado uso del suelo y a las condiciones de vulnerabilidad de la población, como saneamiento básico y educación sobre el riesgo, ya que los asentamientos ilegales, las construcciones sin planificación, el mal tratamiento de las basuras y el inadecuado manejo de las aguas de escorrentía pueden incidir en el aumento del riesgo. No obstante, si se da un cambio positivo en las condiciones tanto de la resiliencia de la población y disminución de la susceptibilidad del terreno, como por ejemplo, buenas prácticas agropecuarias, reforestación e implementación de alertas tempranas, el nivel de riesgo puede disminuir. Este nivel de riesgo es el de mayor área en la zona urbana, ocupando un 66.6% del total del territorio, distribuyéndose en toda la cabecera, pero con mayor concentración y homogeneidad en las zonas de expansión al oriente del centro.

 **Alto Riesgo.** Son segmentos del territorio en donde existe una alta probabilidad de afectación por la ocurrencia de procesos de remoción en masa, debido a la baja resiliencia de los habitantes, las condiciones de ubicación de viviendas y demás bienes en la parte baja de procesos activos o sobre su área de influencia. Son viviendas e infraestructuras sobre depósitos de vertiente, vaguadas de escorrentía o laderas de alta pendiente, en las cuales no existe una cultura de prevención; allí las condiciones de pobreza y vulnerabilidad aceleran la ocurrencia de un desastre. Estas áreas de alto riesgo se encuentran principalmente en las afueras del casco urbano, en la salida para las veredas circundantes, donde las condiciones de vulnerabilidad de la población son mayores. En la cabecera de Guarne representan un 9% del territorio, con un área aproximada de 0.2 km² y corresponde a segmentos de los sectores La Brizuela, La Charanga y La Mulona, así como algunas zonas en los barrios Camilo Torres, San Antonio II, Plaza Centro y María Auxiliadora.

 **Muy Alto Riesgo.** Corresponde a zonas que actualmente presentan procesos de remoción en masa activos que afectan algunas viviendas del casco urbano de Guarne, así también como ejes viales y

terrenos, en los que existe la posibilidad de intensificación y ocurrencia de desastres de mayor magnitud si no se intervienen y socializan en el corto plazo. Estas áreas están ligadas al levantamiento de los movimientos en masa activos descritos anteriormente y en ellas deben acometerse las siguientes medidas: en primer lugar, debe definirse si estas zonas inestables son recuperables o no mediante obras de ingeniería, además, identificar las viviendas que deben ser reubicadas y los terrenos que serán destinados a recuperación y protección. Las zonas de alto riesgo sobre las vías veredales, urbanas y la autopista, deben ser intervenidas ingenierilmente y mitigadas por los organismos encargados. Por último, los predios en alto riesgo destinados a usos agrícolas o silvopastoriles, deben ser destinados a reforestación y protección, especialmente en la parte alta de las quebradas San Felipe, La Charanga y Basto Sur.

A continuación se muestra la problemática del riesgo por procesos de remoción en los diferentes barrios y sectores de la zona urbana, en los que existen particularidades sociales y geológicas a ser consideradas.

9.1.1 Sector Salida a Montañés

En Montañés es común encontrar procesos de remoción en masa en la parte alta de la vereda, asociados a filtración de aguas, erosión profunda y problemas de subsidencia. No obstante en cercanías a la zona urbana, los problemas de inestabilidad son menores y se centran en algunos tramos de las vías terciarias y entradas a viviendas, en donde no existen adecuadas obras de drenaje para las aguas de escorrentía y los afluentes permanentes (Figura 68).

Figura 68. Deslizamientos que afectan vías veredales en Montañés



9.1.2 Sector El Sango

En el sector El Sango, las altas pendientes son un factor intrínseco del territorio, dado por la existencia de flancos alargados y escarpes semiverticales de terrazas aluviales. Una de las principales problemáticas en el sector está relacionada con las viviendas ubicadas en la parte baja de taludes verticales

inestables, los cuales han sido producto del afán constructivo y no calculado de los pobladores.

Sumado a esto, existe un alto deterioro del terreno por el inadecuado manejo de aguas desde la parte alta de la ladera y la invasión por parte de las construcciones de las vaguadas naturales del agua de escorrentía, lo que ha conducido a la sobresaturación del terreno y al aumento del peso del suelo, lo que ha conllevado a su vez a la generación de deslizamientos que han afectado notoriamente a la población más vulnerable del sector (Figura 69).

Figura 69. Zonas inestables y casas en alto riesgo en El Sango

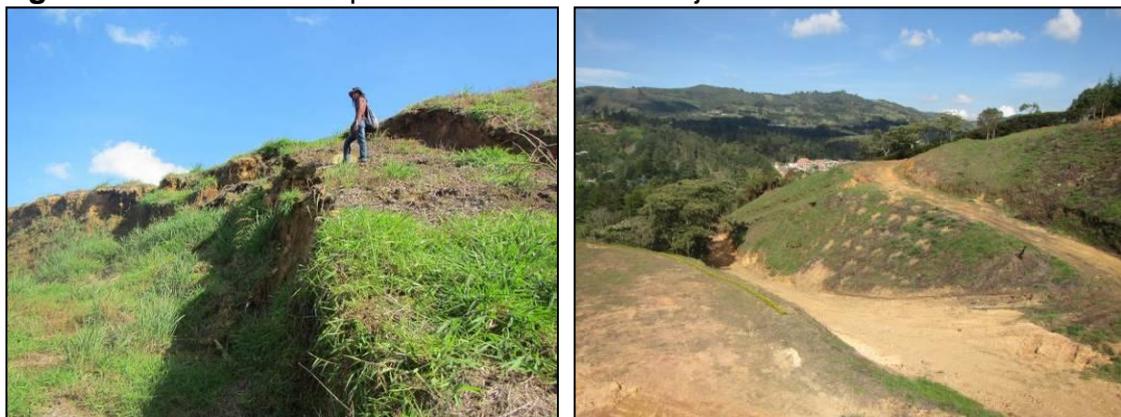


9.1.3 Sector El Salado

Los problemas en la parte baja de El Salado, están relacionados con deslizamientos y procesos erosivos en cortes civiles para futuras parcelaciones e industrias. En la margen occidental de la autopista Medellín-Bogotá existen taludes verticales y suelos descubiertos, en los que es más probable la

ocurrencia de fenómenos de remoción y carcavamiento por la pérdida de las cenizas volcánicas (Figura 70).

Figura 70. Inestabilidad por el inadecuado manejo civil en El Salado



Sobre la vía que conduce a Piedras Blancas, existen deslizamientos activos hacia el costado norte, en una longitud cercana a los 150 m, además de cárcavas en la parte de las coronas de los deslizamientos, producto del mal manejo de las aguas y cortes civiles en las cimas. Estos fenómenos afectan constantemente la banca de la vía y aunque esta tiene aceptables especificaciones y manejos hidráulicos longitudinales, es común observar taludes verticales descubiertos de vegetación y en alto riesgo de colapsar. El tramo en la parte baja de la vía, donde se tienen las afectaciones, fue trazado sobre un escarpe de terraza aluvial, además, en el saprolito ígneo existen diaclasas heredadas que aceleran los mecanismos de remoción (Figura 71).

Figura 71. Erosión y deslizamientos en la vía que conduce a Piedras Blancas

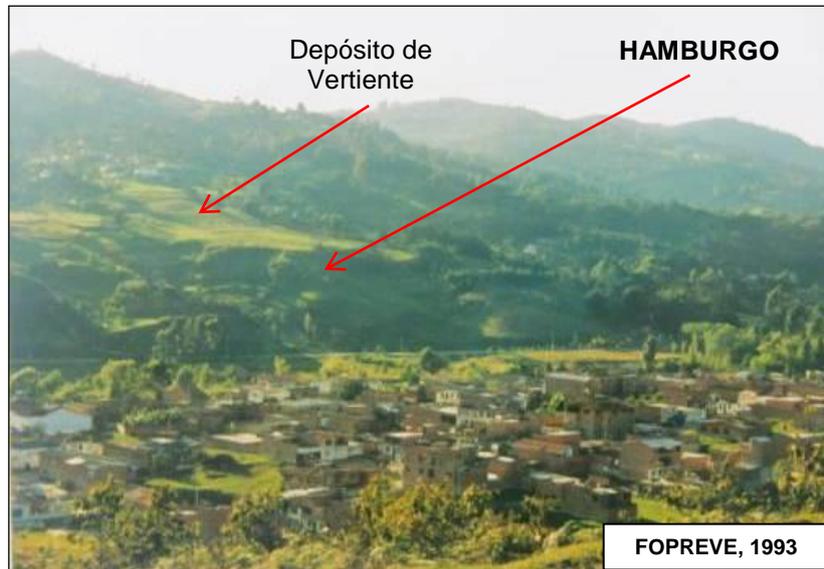


9.1.4 Sector Hamburgo

La problemática que se presenta en Hamburgo es un ejemplo claro de cómo los inadecuados cortes civiles y la falta de conocimiento geológico, generan nuevos escenarios de riesgo y afectaciones irreversibles en el terreno. El predio donde se localiza el parque industrial, hacia parte de una superficie ondulada y moderadamente estable de depósitos de vertiente, en donde es

común la circulación de aguas subterráneas, afloramientos esporádicos del nivel freático y de bloques rocosos no compactados. En la Figura 72, se observan las características del terreno en el sector en 1993, y es claro que la zona donde se localiza hace parte de una superficie de baja pendiente con un escarpe inclinado, generado por los cortes en la construcción de la autopista.

Figura 72. Panorámica del predio Hamburgo antes de su intervención en 1993



Para la construcción del parque industrial se realizaron varios cortes verticales de más de 12 m de alto en busca de nivelar el terreno para una ocupación más eficiente, así como llenos antrópicos. Sin embargo en dichos cortes, se desmembró el sistema hídrico de drenaje natural del terreno proveniente desde la parte alta de la vereda La Brizuela, y por ende los afloramientos de agua en la corona de los cortes favorecieron la inestabilidad, dada por carcavamientos, deslizamientos rotacionales y planares que afectaron gravemente al terreno especialmente las fundaciones de una de las infraestructuras de las bodegas.

En la etapa posterior al corte, no se realizó una adecuada protección del suelo, allí era común encontrar surcos de más de 40 cm de profundidad, sumado a deslizamientos planares a lo largo de diaclasas heredadas en el saprolito que se modelan los taludes verticales. Otro sector crítico en esta área, se halla en el límite con la autopista, en donde gracias a la filtración de aguas desde la parte alta y a la erosión concentrada se generaron múltiples procesos erosivos y de remoción (Figura 73).

Figura 73. Zonas de alto riesgo por deslizamiento y erosión en Hamburgo

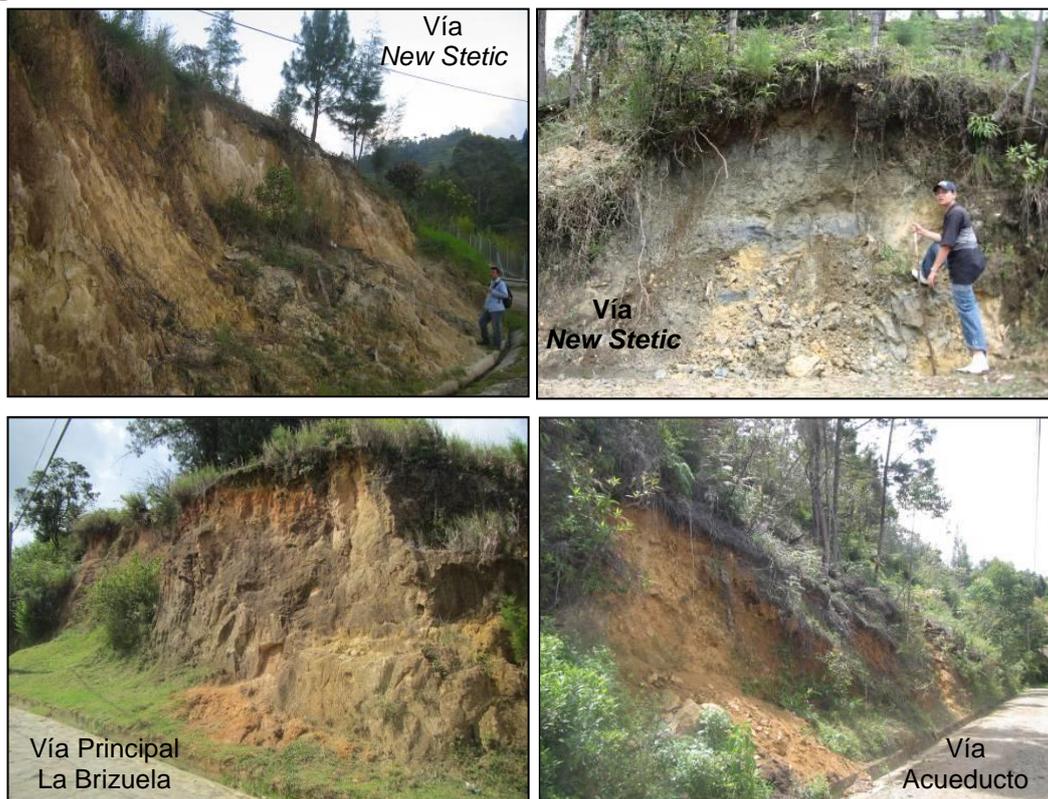


Debido a la problemática, se han realizado varias obras de colección de las aguas filtradas y estabilización de taludes, lo que mejoro notoriamente el factor de seguridad y la calidad geotécnica de los cortes, no obstante, en periodos de alta pluviosidad, se da una alta pérdida y arrastre de suelo, lo que ha conllevado a la colmatación de algunas de las obras transversales de la autopista, además, sin los permisos pertinentes se realizaron zanjas en predios vecinos para conducir las aguas hasta la quebrada La Mosca, provocando ello, socavación lateral y deslizamientos asociados.

9.1.5 Sector La Brizuela

La Brizuela es uno de los sectores más críticos respecto a procesos de remoción en los alrededores de la zona urbana de Guarne desde la década de los noventas. Se identifican allí, múltiples zonas de alto riesgo a movimientos en masa, especialmente a lo largo de todos los ejes viales, en donde los inadecuados cortes, la falta de manejo de las aguas y la alta susceptibilidad del suelo han provocado incluso la pérdida total de la banca en algunos sectores. Las vías con mayor problema son: los taludes inestables sobre la vía al occidente de *New Stetic*, los deslizamientos en la vía de acceso a la vereda por Rica Trucha y las más crítica es la vía que conduce hacia la planta de tratamiento del acueducto municipal, en donde se tienen deslizamientos y flujos de escombros de más de 60 m de largo desde la banca de la vía hasta el cauce de la quebrada La Brizuela (Figura 74).

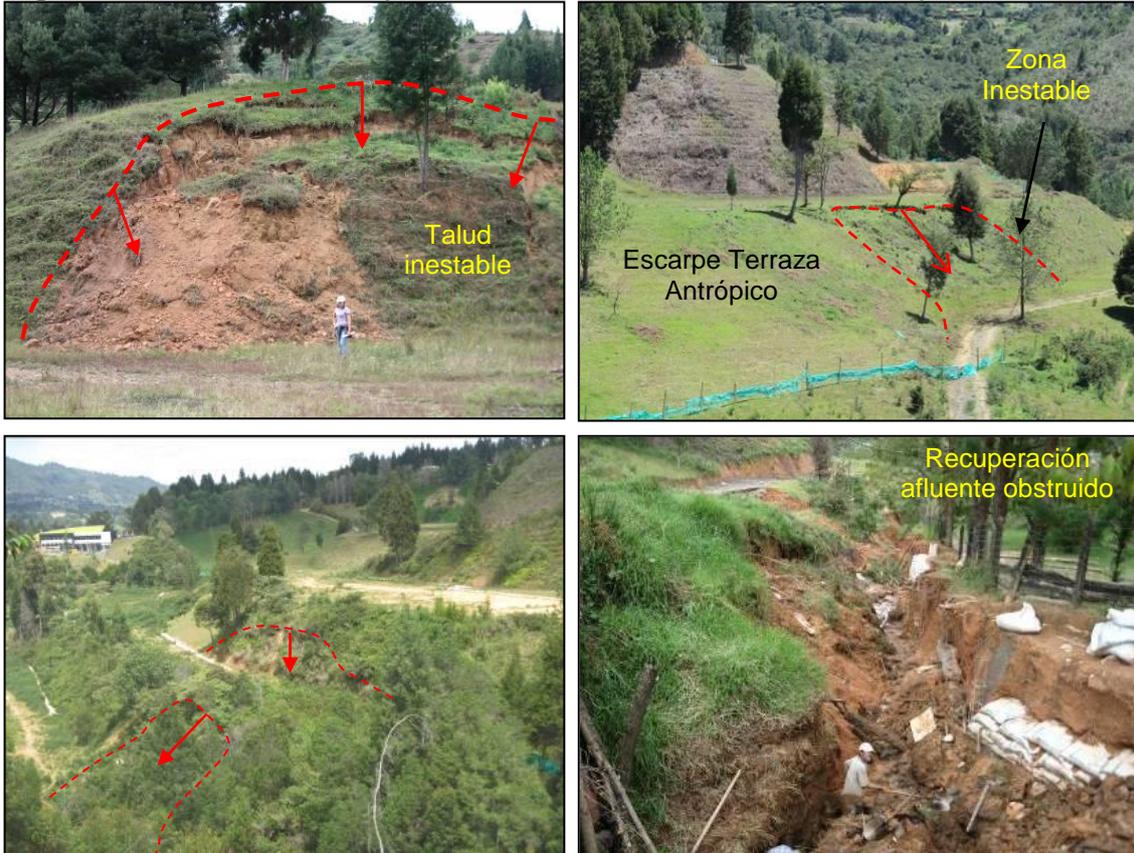
Figura 74. Taludes inestables en las vías terciarias de La Brizuela



La zona de mayor problemática y controversia está dada sobre el terreno al occidente de *New Stetic*, donde se tiene planeada la Urbanización La Brizuela, la cual se piensa como una unidad residencial de interés prioritario. Este predio de siete hectáreas, es un territorio antropizado en donde existe un sistema de terrazas con un ancho promedio de 40 m, en las que es común encontrar procesos de remoción en masa sobre los escarpes de las terrazas generados, especialmente hacia la margen derecha de la quebrada La Brizuela.

Este predio geomorfológicamente se ubica en sector complejo y con alta incidencia morfodinámica, en el límite del altiplano de Rionegro y el escarpe San Nicolás; en esta misma área la quebrada La Brizuela pasa de ser encañonada y labrar su lecho sobre roca a tener un amplio valle aluvial, en donde la socavación lateral se hace frecuente. Según el estudio que realizó la Universidad Nacional (2013), gran parte del predio se encuentra dentro de zonas no aptas y con altas restricciones, ya que durante la adecuación del terreno en periodos pasados, se taparon y obstruyeron las vaguadas de escorrentía y los canales de tres drenajes naturales. Esto provocó la saturación del terreno y el aumento de su gravedad específica, lo que ha conllevado a su deterioro progresivo y disminución de sus condiciones de estabilidad. Aunque se han realizado obras de canalización de afluentes y construcción de box culvert, así como estabilización de taludes, en el predio es frecuente encontrar afloramientos del nivel freático y deslizamientos complejos, en especial hacia la margen de la quebrada, por lo que viviendas con una alta densidad en la zona se hacen inviables por los escenarios de riesgo generados (Figura 75).

Figura 75. Zona inestable y deslizamientos sobre terrazas antrópicas



Las condiciones de estabilidad del sector La Brizuela, se han visto condicionadas en un gran porcentaje a los inadecuados cortes y llenos antrópicos. En el pasado los problemas más notorios se daban en las cárcavas de *New Stetic*, las cuales después de grandes inversiones durante muchos años fueron estabilizadas y se recuperó el terreno para aprovechamiento industrial.

Otra zona crítica está en la parte alta de la vereda, allí, existen viviendas de veraneo construidas sobre depósitos de vertiente y suelos en reptación. Las afectaciones observadas en la parte media de la cuenca, tienen una relación muy estrecha y están asociadas a un proceso regional de remoción en masa en la vertiente occidental del valle de la quebrada La Mosca provocado por el inadecuado uso del suelo en la zona donde se perdió la cobertura vegetal reguladora.

El movimiento en masa se da sobre un depósito de vertiente preexistente que no se encuentra totalmente consolidado compuesto por materiales heterogéneos, esencialmente finogranulares, los cuales son susceptibles por su alta pendiente y demás características geomorfológicas a generar flujos de lodo y escombros (Figura 76).

Figura 76. Panorámica del proceso en masa regional en La Brizuela



El principal detonante e intensificador de la amenaza en este sector de La Brizuela se relaciona con mal manejo del recurso hídrico en la zona, ya que el agua no tiene un canal definido en muchos lugares y existen coberturas dadas por pastos en zonas de nacimientos. La otra consideración, son las intervenciones locales al cauce de los afluentes, así como el manejo del agua de escorrentía tanto en las viviendas como en los segmentos de la vía donde esta es drenada por canales estrechos sin revestimiento (Figura 77).

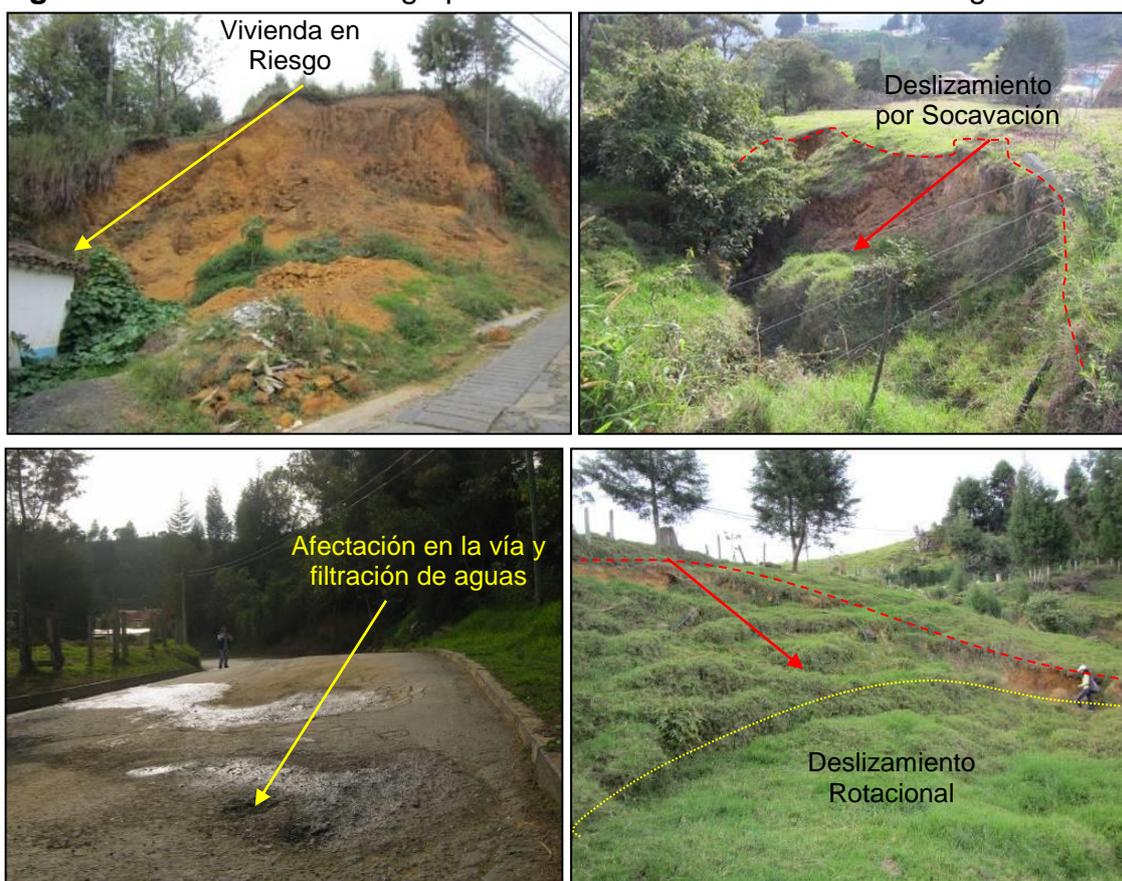
Figura 77. Zona de alta inestabilidad en la parte media de La Brizuela



9.1.6 Sector La Charanga

En la parte baja del sector La Charanga, existen zonas de alto riesgo por deslizamiento, dadas por viviendas ubicadas en la parte baja de taludes inestables, en los cuales han ocurrido procesos de magnitud considerable en los periodos invernales de 2010 y 2011. Varios de estos procesos de remoción están activos y se encuentran ligados a socavación lateral de la quebrada La Charanga y sus afluentes. En la parte alta del sector, también hay procesos de erosión, asociados a la falta de obras de descarga en los *box couverts* de la vía a Yolombal, donde la cobertura del suelo está dada por pastos (Figura 78).

Figura 78. Zona de alto riesgo por remoción en masa en La Charanga



Uno de los problemas de mayor criticidad se encuentra en la vía que conduce a Yolombal, donde existe subsidencia y pérdida parcial de la banca por un deslizamiento rotacional sobre un potrero con evidencias de sobrepastoreo y en cual es común encontrar bloques rocosos en superficies como evidencia de deslizamientos antiguos, zonas de encharcamiento y reptación.

En este mismo sector se halló filtrando tuberías de conexiones individuales de aguas para sumisito, vertimiento de basuras sobre la ladera y filtración de aguas desde la parte alta de la ladera, lo que ha conllevado a la generación un movimiento lento y la formación de un escarpe de deslizamiento de más de 1.10 m. Este proceso es producto de la deforestación en la zona y a inadecuados usos del suelo, así como el mal manejo de aguas de la vía.

9.1.7 Sector Salida San Felipe

Unos de los sectores más críticos que afectan la zona urbana de Guarne, se halla en la parte alta de la quebrada San Felipe, ya que allí, se configuran procesos de remoción en masa que favorecen la generación de avenidas torrenciales. A lo largo del recorrido de la quebrada existen afectaciones en cultivos, bosques y potreros, dados por procesos de remoción complejos que comprenden reptación y deslizamientos rotacionales, los cuales debido a la saturación del suelo detonaron a través de flujos de lodos y escombros.

En el año 2011 ocurrió un evento de avenida torrencial que afectó el puente sobre la vía de la carrera 50; este proceso fue producto de la obstrucción del cauce de la quebrada por deslizamientos con un área de afectación mayor a una hectárea, los cuales fueron detonados por intensas lluvias y deforestación de la parte alta de cuenca, en donde prevalecen coberturas dadas por pastos y plantaciones forestales (Figura 79).

Figura 79. Procesos de remoción asociados a torrencialidad en San Felipe



Actualmente estos procesos de remoción se encuentran activos, ya que no se han realizado intervenciones civiles, además debido a la obstrucción del cauce, por el material depositado, es común observar procesos de erosión profunda que sumado a intensa erosión laminar, intensifican el riesgo en el sector.

A lo largo de la vía veredal que conduce a la vereda La Charanga, específicamente a la parte alta de la quebrada San Felipe, hay varios sitios críticos, dados por deslizamientos en el talud de corte de la vía y cárcavamientos debido a la falta de obras y manejo adecuado de las aguas de escorrentía (Figura 80).

Figura 80. Cárcavas y deslizamientos en la vía veredal parte alta San Felipe



En este sector es común también encontrar procesos de subsidencia del terreno especialmente hacia los nacimientos de los afluentes secundarios, en donde existen sobrepastoreo y erosión profunda sobre depósitos de vertiente heterogéneos y poco consolidados.

9.1.8 Barrio Camilo Torres y Alrededores del Cementerio

El alto riesgo por deslizamientos en el barrio Camilo Torres, se da por las condiciones de amenaza socio-natural en los escarpes de alta pendiente de terrazas aluviales modelados en mayoría en el saprolito ígneo del Batolito Antioqueño. En este sector la problemática radica en las malas técnicas constructivas y falta de educación sobre el riesgo de los habitantes, ya que se han realizado cortes civiles y banqueos anti técnicos con intereses particulares para la ampliación de sus viviendas, lo que ha generado zonas inestables que comprometen la estructura de varias casas en los alrededores.

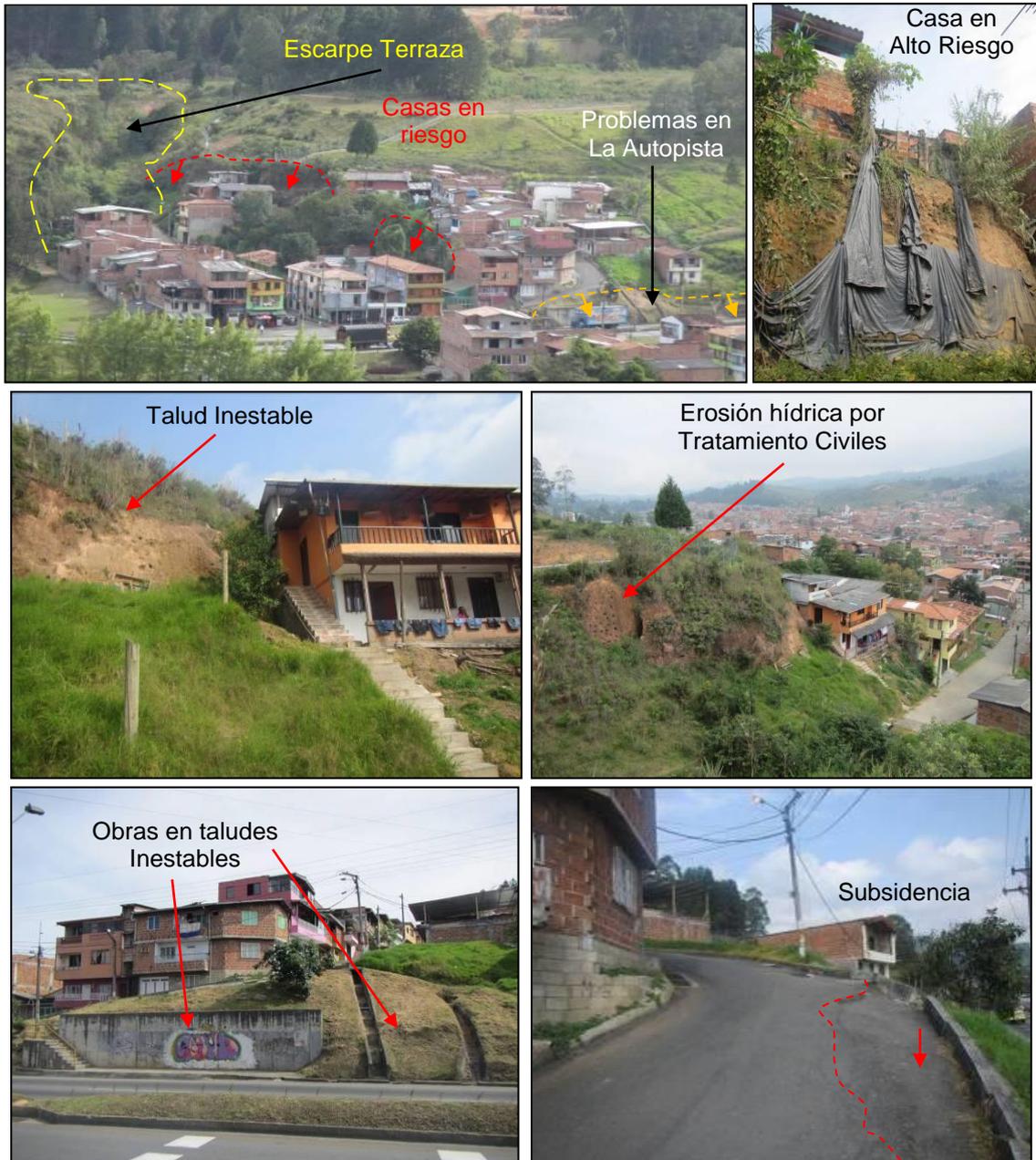
En el barrio hay varios taludes verticales de más de 7 m de alto, descubiertos de vegetación y en los cuales se vierten aguas lluvias de los techos que ayudan a la formación de surcos y cárcavas remontantes. En esta zona el problema no radica en inestabilidad de la base los taludes modelados en saprolito, el cual es un suelo con alta capacidad portante, los problemas se centran en los procesos erosivos desde la corona que generan desestabilización de la corona y deslizamientos planares.

En los alrededores del barrio se han hecho desde la década de los noventa intervenciones en la parte alta, en donde se encuentran superficies planas de terrazas aluviales. Estas zonas han sufrido un gran impacto antrópico desde minera artesanal hasta movimientos de tierra para la instalación de industrias.

Los taludes que limitan en barrio con la autopista Medellín - Bogotá han sido bastante inestables y por ello es común observar subsidencia en las vías

lindantes. Sin embargo, se han realizado varias obras de contención y drenaje, que han logrado menguar el problema el cual radicaba en carcavamientos y sobresaturación del terreno que favorece la formación de movimientos de tierra desde la parte alta de las terrazas (Figura 81).

Figura 81. Zonas inestables y casas en riesgo en el barrio Camilo Torres

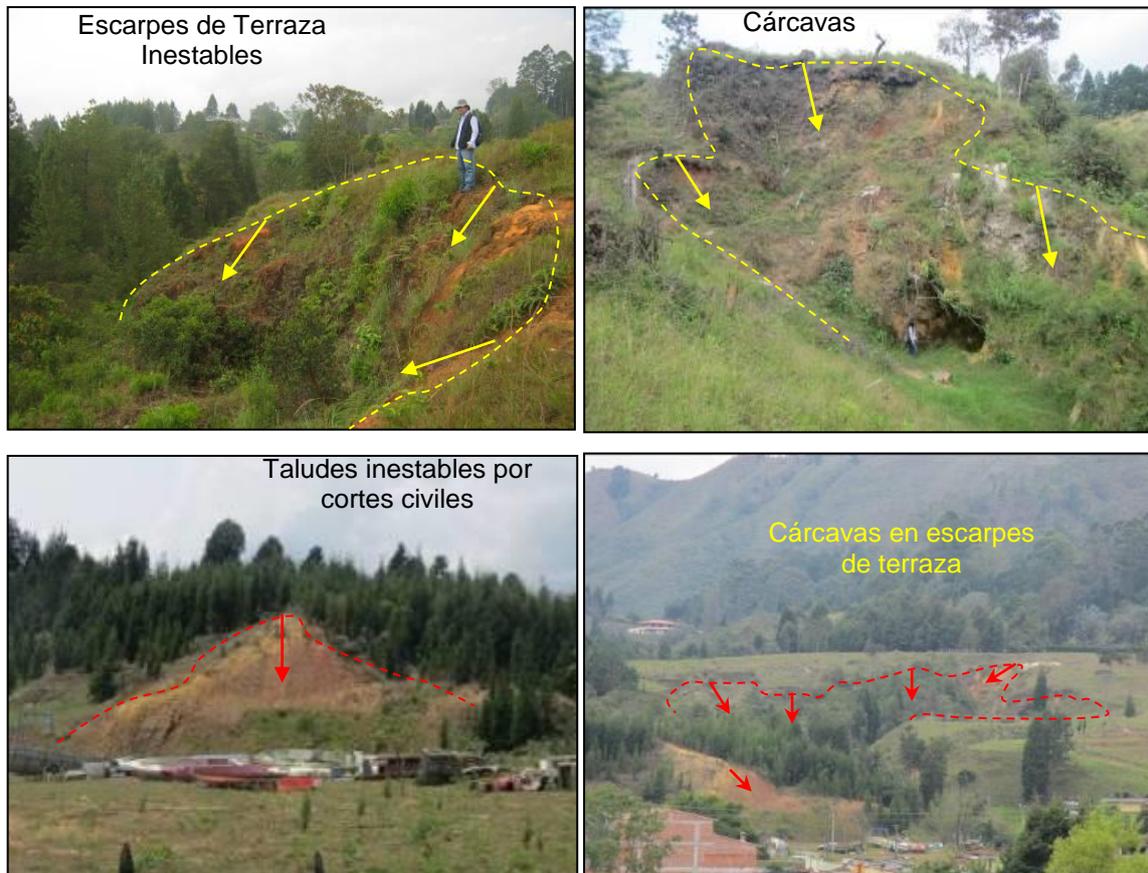


La parte alta del barrio Camilo Torres, representa una de las áreas de mayor potencial para ser desarrolladas a futuro, ya que es un terreno de baja pendiente y buena estabilidad.

No obstante, existen sobre los escarpes de terrazas zonas deterioradas y de alta susceptibilidad a procesos de remoción y carcavamiento por lo que se hace necesario adecuadas obras de alcantarillado y el cumplimiento de las

normas para un buen manejo del suelo durante los movimientos de tierra a la hora de intervenir el área (Figura 82).

Figura 82. Cárcavas y deslizamientos en los alrededores del cementerio



9.1.9 Barrio Alcores

El barrio Alcores se encuentra construido sobre una vaguada de escorrentía en medio de flancos de alta pendiente de una colina saprolítica. Algunas de las viviendas lindan en su parte trasera con un talud semivertical, el cual en el año 2010 sufrió un deslizamiento de gran magnitud; este evento no provocó el colapso de ninguna vivienda, sin embargo, el suelo deslizado tapono segmentos de los patios de las viviendas.

Posteriormente, se realizaron labores de mitigación por parte de la administración municipal, en general se realizó un terraceo e instalación de cuentas perimetrales a las bermas, así como revegetalización con pastos. Adicionalmente, se construyó un muro de contención en la parte trasera de la vivienda afectada y una cuneta en la base del proceso de remoción.

En los análisis de este trabajo, se evidenció que talud vertical se compone de una roca ígnea parcialmente meteorizada con un alto grado de fracturamiento, además, se constató que el muro construido es parcial y por ende existen viviendas expuestas a futuros eventos, por lo que el mantenimiento de la obra se hace indispensable.

En la actualidad los principales problemas se asocian al inadecuado uso del suelo en la parte alta del talud intervenido, en donde se tiene pastos para cebe de ganado, deforestación de un bosque plantado, deterioro de las cunetas hacia los bordes del evento, las cuales no alcanzan a colectar el agua lluvia que baja por la zona y por último, la falta de mantenimiento y complemento de las cunetas perimetrales.

Bajo esta perspectiva existe una importante probabilidad de recurrencia del evento y afectación en las viviendas por su cercanía al talud y falta de obras de protección, además este fenómeno es evidente hacia otro extremo del barrio, en donde existe un talud de menor altura, pero en el cual se evidencian deslizamientos planares por los cortes civiles durante la construcción del barrio (Figura 83).

Figura 83. Zona de alto riesgo por deslizamiento en la urbanización Alcores



El factor desencadenante de estos procesos de remoción en masa fue las intensas lluvias que en el 2010 y 2011 azotaron la región, sin embargo, las inadecuadas intervenciones urbanísticas, dadas por cortes civiles en flancos de alta pendiente, canalización de la fuente hídrica que cruza el barrio contribuyeron a la formación del deslizamiento.

9.1.10 Barrio San Vicente Vía Circunvalar

En la apertura de la vía circunvalar, se generaron taludes verticales, los cuales debido a la falta de revestimiento vegetal y tratamientos post corte, se vieron expuestos a afectaciones por erosión hídrica. A lo largo del trazado de la vía,

existen varios deslizamientos planares y cárcavas generadas por el mal manejo de las aguas lluvias (Figura 84).

Figura 84. Problemas de erosión e inestabilidad en la vía circunvalar



En la actualidad estos eventos no ponen en riesgo la banca de la vía o las viviendas cercanas, sin embargo, su intensificación puede llevar a sobrecostos de la obra y daños significativos de los predios sobre el cual se modela el talud de corte.

9.1.11 Barrio La Candelaria

A lo largo de la vía urbana que conduce de María Auxiliadora a La Candelaria, existen taludes verticales de más de 7 m de alto, los cuales presentan una alta inestabilidad en una franja mayor a 80 m, dada por procesos de remoción catalogados como desgarres y deslizamientos planares sobre un saprolito ígneo con diaclasas heredadas. Estos eventos se dan por los ineducados cortes en los flancos de alta pendiente del Cerro La Cruz (Figura 85).

Figura 85. Deslizamientos sobre la vía urbana en la parte alta de La Candelaria



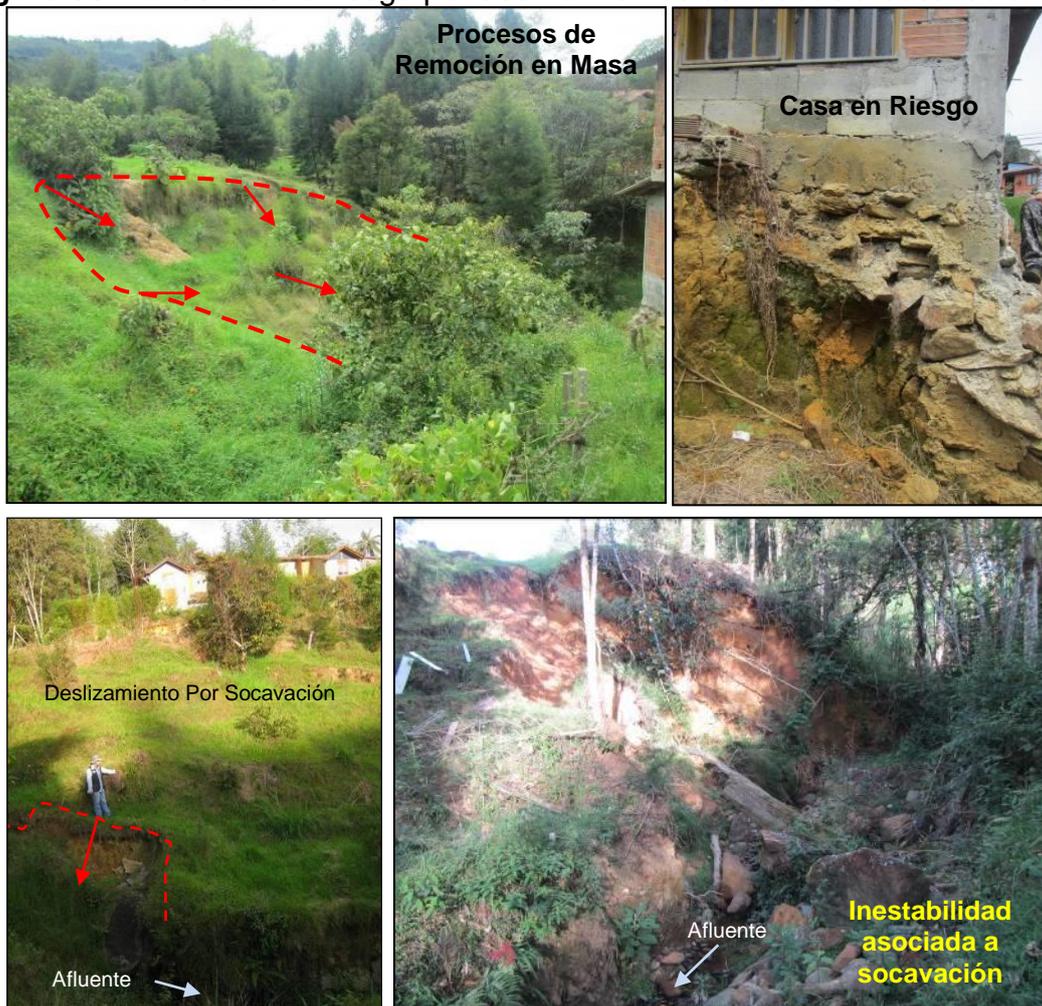
9.1.12 Barrio María Auxiliadora

El barrio María Auxiliadora, es uno de los de mayor criticidad por riesgo por movimiento en masa en el municipio de Guarne, ya que se presentan varios tipos de procesos de remoción que afectan varias viviendas, vías y predios del sector.

Hacia la parte baja del barrio, a lo largo de la quebrada Bastico, se reconocen deslizamientos complejos relacionados con procesos de socavación lateral y erosión intensa en los descoles de los drenajes transversales de la vía. En este sector las viviendas con mayor problemática se encuentran ubicadas entre la vía y la quebrada, además de no respetar los retiros, estas no tienen adecuadas fundaciones, por lo que con los procesos se han visto muy deterioradas.

Así mismo, gracias a la intensa socavación e incisión de la quebrada Bastico y sus afluentes se han generado graves deslizamientos que han conducido a la obstrucción parcial de los afluentes por los sedimentos deslizados y arboles colapsados (Figura 86).

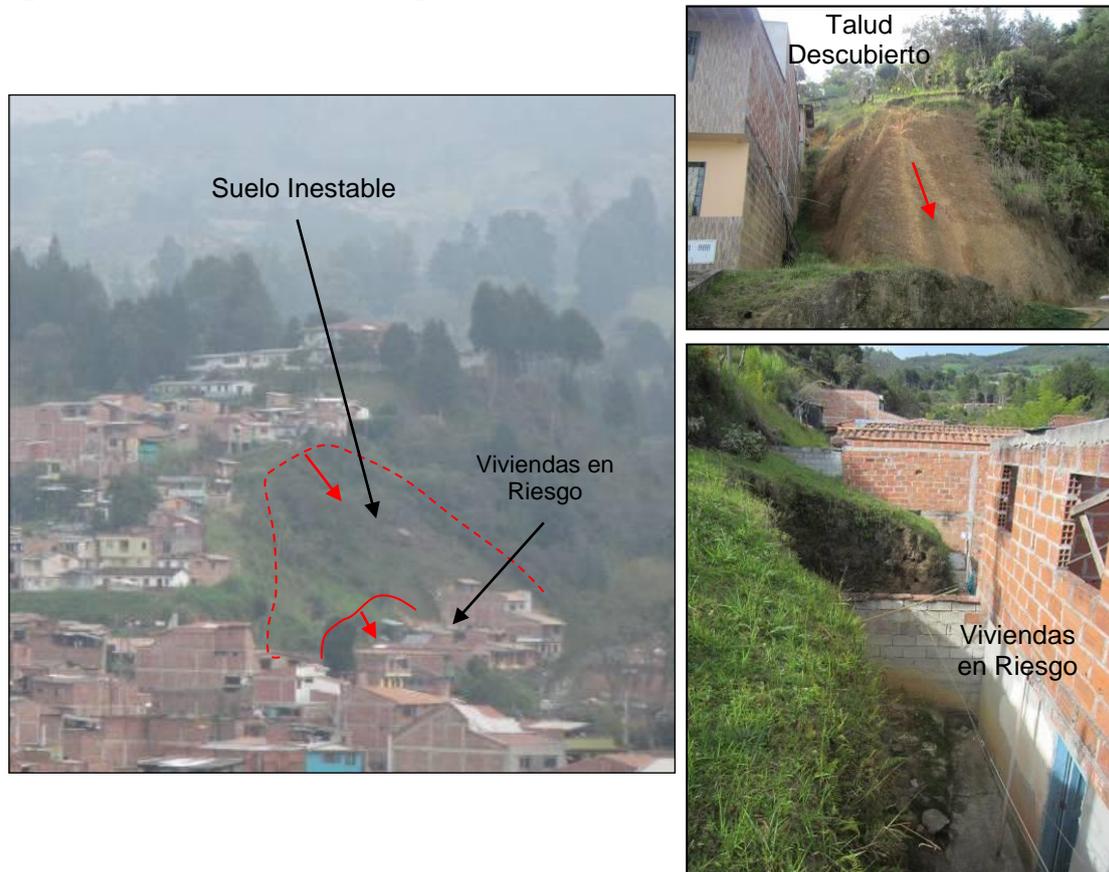
Figura 86. Zonas de alto riesgo por deslizamientos asociadas a socavación



Otro sector de alta criticidad se da sobre el flanco de alta pendiente en la margen derecha de la vía que conduce hacia Yolombal. Sobre la parte alta y baja de este flanco existen varias viviendas en las cuales se han utilizado inadecuados métodos constructivos, donde se han hecho cortes en la base y bordes del flanco, además, no se hace una adecuada colección de las aguas lluvias desde la parte alta, lo que genera pérdida de suelo por erosión y en esta ladera es común el vertimiento de basuras.

Este flanco tiene antecedentes de inestabilidad, es una superficie cóncava, en la que se evidencian grietas de 10 cm de ancho, arboles inclinados y cicatrices de antiguos deslizamientos. Es por ello que las viviendas en la parte baja se encuentran bajo un escenario de alto riesgo, que sumado a los cortes antrópicos verticales y empotramiento de las estructuras se intensifica la problemática del sector (Figura 87).

Figura 87. Casas en alto riesgo por deslizamiento en flancos de alta pendiente



9.1.13 Barrio Centro Plaza

La dinámica constructiva acelerada y no planificada en la parte alta del barrio Centro Plaza, se ha visto evidenciada por la realización de cortes civiles y tarraceos verticales para la apertura de vías y construcción de viviendas sobre un flanco de alta pendiente. Estos cortes no cumplen con parámetros técnicos, ni tienen en cuenta las diaclasas heredadas en el saprolito ígneo.

Estas malas prácticas han conllevado al deterioro del suelo y a la creación de un escenario de alto riesgo por remoción en masa, debido a la formación de procesos de erosión hídrica, especialmente surcos de 40 cm de profundidad a lo largo de los caminos abiertos. Así mismo como, inestabilidad generada por deslizamientos planares de magnitudes considerables, que afectan no solo al predio de corte sino también a los predios colindantes (Figura 88).

Figura 88. Malas prácticas constructivas y erosión intensa en Centro Plaza



Es común en el sector una mala intervención antrópica, dada por cortes civiles sobre las vaguadas de escorrentía en pendientes mayores a 75%, además, instalación de llenos antrópicos sobre los cauces y nacimientos de los afluentes que drenan la zona, sin obras ni permisos pertinentes para tal fin (Figura 89).

Figura 89. Zona de alto riesgo por cortes en áreas de alta pendiente



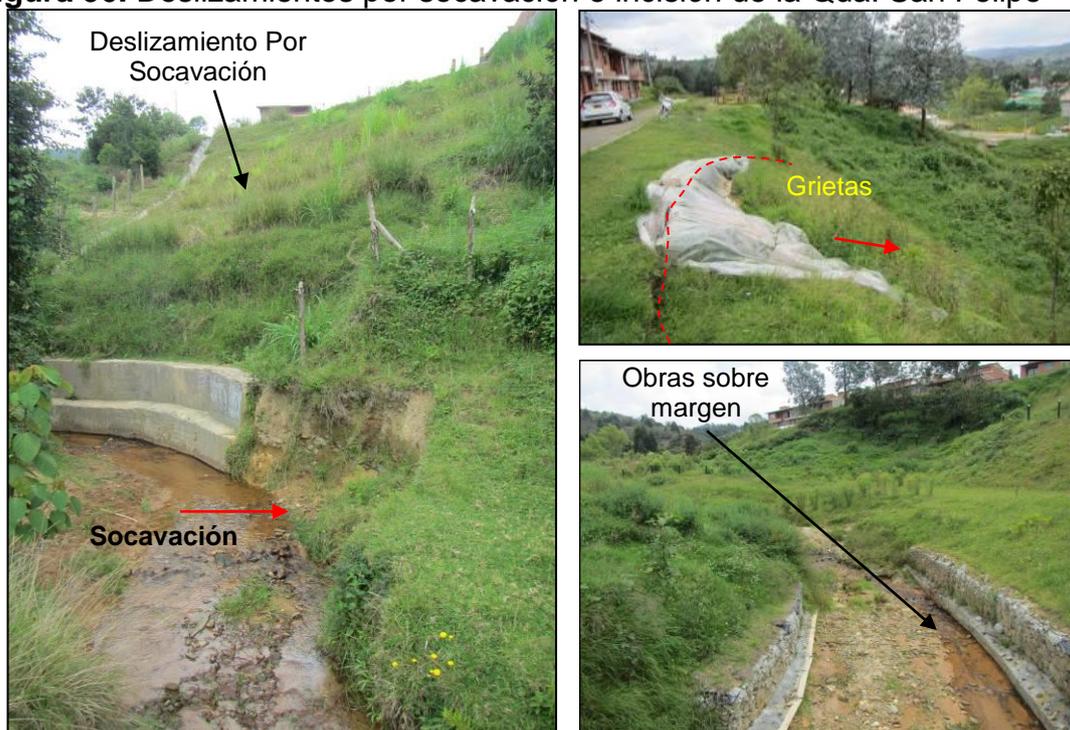
9.1.14 Barrio San Antonio II

En el barrio San Antonio II, existen múltiples procesos de remoción en masa que generan escenarios de riesgo en distintos puntos del sector. El primero se da sobre las márgenes de la quebrada San Felipe, debido a los procesos de socavación lateral y a los fenómenos de torrencialidad en periodos de alta

precipitación que han provocado la formación de deslizamientos y agrietamientos en los flancos de las colinas sobre las cuales fluye la quebrada.

Estos procesos detonaron en el año 2010, durante la temporada invernal y en algunos puntos se han realizado obras de mitigación estructural, dada por muros y obras de contención, las cuales en actualidad se encuentran parcialmente socavadas y sin adecuados mantenimientos (Figura 90).

Figura 90. Deslizamientos por socavación e incisión de la Qda. San Felipe



Los procesos de remoción en masa, ubicados en la parte baja de la quebrada San Felipe, tiene una alta influencia de los deslizamientos y procesos erosivos complejos en la parte alta y media de la cuenca, en donde el gran aporte de sedimentos ha ayudado a la colmatación de algunos tramos del cauce.

Uno de los procesos que ha causado mayor sedimentación y obstrucción en la quebrada, se haya sobre la margen izquierda en la parte alta del barrio San Antonio II. En este terreno de aproximadamente 2 hectáreas, se presenta una alta afectación producto de corte civiles mal manejados y sin recubrimiento vegetal, del cual se han desprendido numerosos deslizamientos y procesos erosivos, que van desde surcos hasta cárcavas de más de 70 m de largo con profundidades cercanas a los 15 m.

Sobre estas cárcavas existe un flujo de agua constante, ya que con el corte e incisión de las aguas de escorrentía se ha llegado al afloramiento constante del nivel freático; esto ha dado lugar a la intensificación del proceso y al retroceso de la corona que pone el riesgo las construcciones colindantes (Figura 90).

Figura 91. Proceso erosivos de alta complejidad por inadecuados cortes civiles



Este predio está destinado como zona de expansión del municipio y en el pasado se realizaron cortes con el objeto de habilitar el predio para urbanismo, sin embargo, durante la realización de este tratamiento civil no se tuvieron en cuenta parámetros técnicos y además no se realizaron las prevenciones y mitigaciones correspondientes que evitaran una grava afectación ambiental en el predio y la quebrada San Felipe. En la actualidad el predio es catalogado como una zona inestable, no obstante debe evaluarse la viabilidad de las obras de mitigación con el costo de las futuras viviendas para definir si es factible su recuperación mediante tratamientos ingenieriles.

Otro sitio con antecedentes de deslizamientos y afectación de viviendas se encuentra en cercanía de la cancha del barrio, en donde gracias a la filtración de aguas y a la construcción de viviendas al borde de taludes con inestabilidad potencial se generó un deslizamiento que afecto la estructura de varias viviendas y parte de la vía urbana. No obstante, el municipio de Guarne, emprendió labores para mitigar el riesgo en dicho sector y para ello, pavimentó y colecto las aguas de escorrentía en la parte baja, y sobre el talud inestable, hicieron obras livianas de revegetalización y contención del talud que ha garantizado hasta ahora la estabilidad del terreno.

Sin embargo, se siguen presentando agrietamientos en las viviendas afectadas, en las cuales es claro que sus fundaciones son de baja calidad sobre suelos poco compactados, lo que ha favorecido el asentamiento diferencial de la estructura, además, existe un moderado deterioro de las obras de drenaje en la corona del evento, en donde hay filtraciones de aguas estacionales por las grietas de las obras al borde del talud tratado (Figura 92).

Figura 92. Zona de alto riesgo mitigado y potencial en San Antonio II



Cabe destacar, que las casas afectadas fueron desalojadas por el municipio y se han pagado los subsidios pertinentes, sin embargo, los propietarios no han desocupado los inmuebles y por el contrario algunos están en arrendamiento. Otro sector con un moderado riesgo se da sobre el talud de la vía que conduce del barrio a la planta de tratamiento, allí existen deslizamientos y agrietamientos sobre el talud de corte provocado por el mal manejo de las aguas desde la parte alta (Figura 93).

Figura 93. Taludes inestables en la vía que sale a la planta de tratamiento



9.2 Riesgo Por Inundación

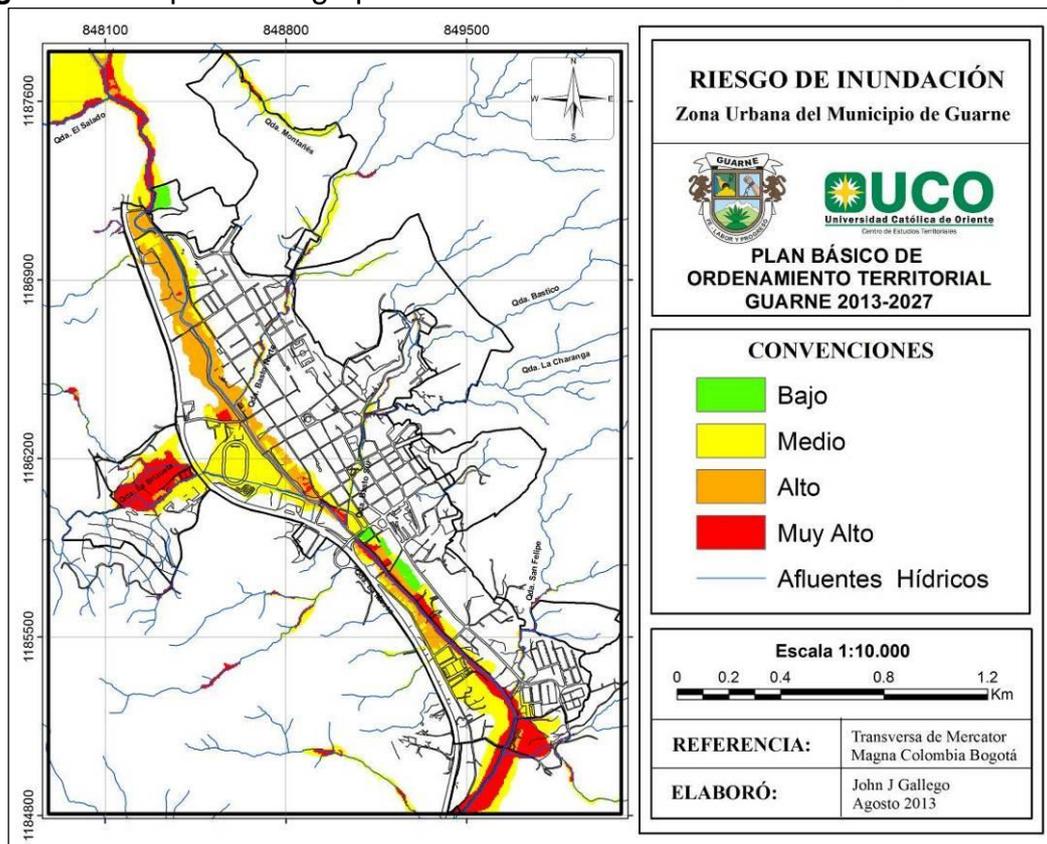
Las inundaciones representan un fenómeno periódico, que está ligado a lluvias máximas excepcionales y la ubicación de las viviendas sobre llanuras inundables. En la zona urbanizada de Guarne, gran parte de la llanura aluvial se encuentra urbanizada que se comporta como una superficie impermeable

que tiene un efecto de retardo en la infiltración, por lo que se favorece encharcamientos e inundaciones, un ejemplo de ello son las inundaciones en el barrio La Ramada.

En la cabecera urbana de Guarne, se dan tres tipos de inundaciones: las primeras son repentinas y ocurren en la parte media y alta de las quebradas Basto Norte, La Charanga y Basto Sur, asociadas a estrechamientos en el cauce por intervenciones antrópicas y falta de capacidad hidráulica de algunas obras de paso. El segundo tipo de inundaciones son las lentas, que frecuentemente se generan sobre terrenos planos que desaguan muy lentamente en las llanuras de las quebradas La Mosca y las desembocaduras de La Brizuela y Montañés. Y la tercera se relaciona a eventos de alta torrenciales e inundaciones repentinas por aguaceros intensos en las quebradas San Felipe y la parte alta de Basto Norte.

Con base en la cuantificación de la vulnerabilidad se logró identificar cuales predios tienen condiciones baja de resiliencia y resistencia a inundaciones y que presentan mayor riesgo (Figura 94).

Figura 94. Mapa de riesgo por inundación de la zona urbana de Guarne



Bajo Riesgo. Estas zonas corresponden a las vaguadas de escorrentía y las partes más distantes de las llanuras aluviales, en las cuales en periodos de alta pluviosidad se logra drenar con gran facilidad el agua, reduciendo la frecuencia y daños por inundaciones. Igualmente, dentro de esta calificación se agrupan las viviendas y predios que al inundarse no se afectan significativamente o las familias están preparadas económicamente para soportar periódicamente estos eventos desastrosos.

En la zona urbana de Guarne, hay pocas áreas con este rango dentro de la llanura aluvial, sin embargo se resaltan algunos segmentos dentro de la llanura aluvial en el barrio Centro Plaza, San Francisco y la parte más sur del sector El Sango. Igualmente, este rango se encuentra en algunos tramos donde las probabilidades de pérdida son bajas, sobre las llanuras aluviales de las quebradas Montañés, Bastico y La Charanga, en donde se tiene una baja densidad poblacional.

 **Riesgo Medio.** Es una zona medianamente inundable en los segmentos de la llanura aluvial, donde es probable la ocurrencia de eventos, allí se tiene un grado de susceptibilidad medio a presentar problemas de desbordamientos. Sobre el cauce de la quebrada La Mosca, esta área se encuentra en más de un 70% urbanizada o haciendo parte de infraestructuras adecuadas sobre la llanura como la unidad deportiva o la autopista.

En la quebrada La Mosca este rango se concentra hacia la margen derecha, siendo los sectores El Salado, La Brizuela y el barrio San Antonio en los alrededores de la cancha de fútbol como las zonas de mayor amplitud. Esta calificación de riesgo es la más notoria sobre las llanuras aluviales de las quebradas secundarias como Montañés, Basto Norte y Basto Sur, especialmente en las áreas donde estos afluentes se encuentran canalizados o debajo de algunas viviendas en el centro de la zona urbana.

Desde el punto de vista urbanístico, estas áreas deben destinarse a protección o instalación de infraestructuras livianas dentro de proyectos de parques lineales, en las cuales no se intervenga la morfología de la llanura mediante la instalación de llenos, ni rectificaciones a los meandros de los afluentes sin los estudios técnicos correspondientes.

 **Riesgo Alto.** Son áreas que periódicamente sufren inundaciones y en las cuales existe un importante asentamiento viviendas y demás bienes, además son los sectores con deficiencias en la red de alcantarillado y drenajes superficiales, lo que favorece los encharcamientos e inundaciones. Los sectores en alto riesgo no urbanizados quedan restringidos totalmente para ser desarrollados urbanísticamente, sin embargo, es posible mediante estudios hidrológicos a detalle y mediante la concertación con la autoridad ambiental, darle un uso ecológico y turístico a estos suelos.

Estas áreas de alto riesgo a inundación se relacionan también con zonas de alta afectación por procesos de socavación lateral de orillas, en donde existen viviendas sobre la margen de los afluentes en riesgo de colapso. En la llanura aluvial de la quebrada La Mosca este rango se concentra en los barrios que comúnmente se inundan en la franja que comprende los barrios La Cabaña, San Vicente y La Ramada; así como algunos tramos en los barrios San Francisco y Centro Plaza.

El barrio San Antonio también presenta esta valoración, especialmente en las viviendas sobre la margen derecha de la quebrada La Mosca, ubicadas a menos de 2 m del cauce; dentro de esta calificación se hallan además algunos predios en San Antonio que se encuentran cercados y enclavados por muros antitécnicos que han cambiado el régimen de la quebrada.

 **Riesgo Muy Alto.** Estos sectores están restringidos para ser desarrollados urbanísticamente ya que son áreas que en épocas de alta pluviosidad tienden a inundarse. En este nivel de riesgo los problemas de desbordamiento e inundación son frecuentes, son las zonas más susceptibles y presentan restricciones, que involucran medidas drásticas para ser controladas. hace parte de la mancha de inundación del periodo de retorno de los 100 años y dentro de ella se encuentran las viviendas que continuamente sufren este flagelo, la principal causa de este fenómeno es la ubicación inadecuada de las casas, sumado a la baja capacidad de las obras hidráulicas.

Sobre la llanura de la quebrada La Mosca, esta calificación se concentra en El Sango, San Francisco, San Antonio y en los alrededores de la planta de tratamiento de aguas residuales, en donde existen predios anegados la mayor parte de año que sirven como reguladores de las inundaciones, además en los alrededores se encuentra el nivel freático a menos de 1 m de profundidad. En esta área el riesgo se ha intensificado, debido a la instalación de llenos antrópicos para nuevas construcciones y la pérdida del doble trapecio de la quebrada La Mosca realizado como medida preventiva en años anteriores por procesos de socavación lateral intensa.

Dentro de este rango se encuentran además la margen derecha de la quebrada El Salado y la parte baja de la quebrada La Brizuela, en donde existen varios afluentes secundarios que confluyen en la zona, lo cual en periodos de alta precipitación provoca anegamiento total del terreno, además en esta área es común el vertimiento de escombros y construcción de viviendas sobre la llanura, lo cual intensifica el proceso y por ende debe ser restringido su desarrollo.

A lo largo de los afluentes secundarios existen algunos tramos donde las inundaciones son frecuentes: en Basto Norte, en los cruces viales sobre las carreras 49 y 51 y en la Salida a La Mulona; en Basto Sur, a lo largo de la calle 49ª y en la confluencia de la quebrada La Charanga. En la quebrada San Felipe, existe un alto riesgo de torrencialidad desde San Antonio II hasta su desembocadura, siendo crítico el riesgo sobre el puente de la carrera 50. Así mismo existen algunos segmentos de menor arrea sobre los afluentes secundarios en la Salida a La Clara y en las quebradas en la margen derecha de La Mosca en los alrededores del cementerio.

A continuación se describen para cada de los afluentes que cruzan la zona urbana de Guarne, los sitios de mayor criticidad y los principales factores desencadenantes.

9.2.1 Quebrada La Mosca

La quebrada La Mosca fluye del noroeste al suroeste desde la zona escarpada en el Alto de La Virgen hasta desembocar en el río Negro en una zona dada por un relieve colinado bajo con una amplia llanura aluvial. La quebrada al cruzar la zona urbana del Guarne tiene un régimen recto de alto gradiente, dado en gran medida por acciones antrópicas que van desde canalizaciones, rectificaciones, invasión de la llanura y minería artesanal desde periodos coloniales (Figura 95).

Figura 95. Minería artesanal sobre el cauce de la quebrada La Mosca



La problemática principal de la quebrada son las inundaciones periódicas y los procesos de socavación lateral, generados por la invasión de la llanura de inundación y sus humedales laterales por llenos antrópicos compuestos por escombros, basuras y rellenos por el tratamiento minero en tiempos pasados, además, hay un alto deterioro del alcantarillado en algunos barrios, así también como el no respeto de la ronda hídrica por nuevas construcciones lo que interfiere drásticamente en el régimen natural de la quebrada. A continuación se muestra de norte a sur los sitios de mayor criticidad y alta frecuencia de inundaciones en la zona urbana de Guarne:

- **Sector El Sango.** En este sector existe una amplia llanura aluvial, en la cual hay una baja densidad de población, pero que se ve afectada constantemente por inundaciones, ya que están construidas a 2.5 m de altura respecto al nivel base de la quebrada en tiempo de verano y a menos de 20 m del borde del cauce en la margen izquierda de la quebrada.

La principal problemática de este sector radica en el inadecuado ocupación de la ronda hídrica de la quebrada La Mosca, ya que individualmente se realizan obras de intervención sobre el cauce, rectificaciones e instalación de llenos antrópicos y jarillones que provocan la disminución de la capacidad hidráulica de la quebrada y afectaciones por inundación y socavación lateral a lo largo de toda la quebrada en este sector (Figura 96).

Figura 96. Casas y obstrucciones sobre la llanura de inundación en El Sango



Otro factor que ha incidido en la problemática de El Sango es el confinamiento de la quebrada La Mosca y su llanura por la autopista Medellín - Bogotá, así mismo la mayoría de los descoles de las obras transversales de la vía, generan socavación e inestabilidad intensa en los márgenes de la quebrada; un ejemplo de ello, son los problemas de estabilidad en la desembocadura de la quebrada El Salado a La Mosca (Figura 97).

Figura 97. Socavación en la desembocadura de la Qda El Salado a La Mosca

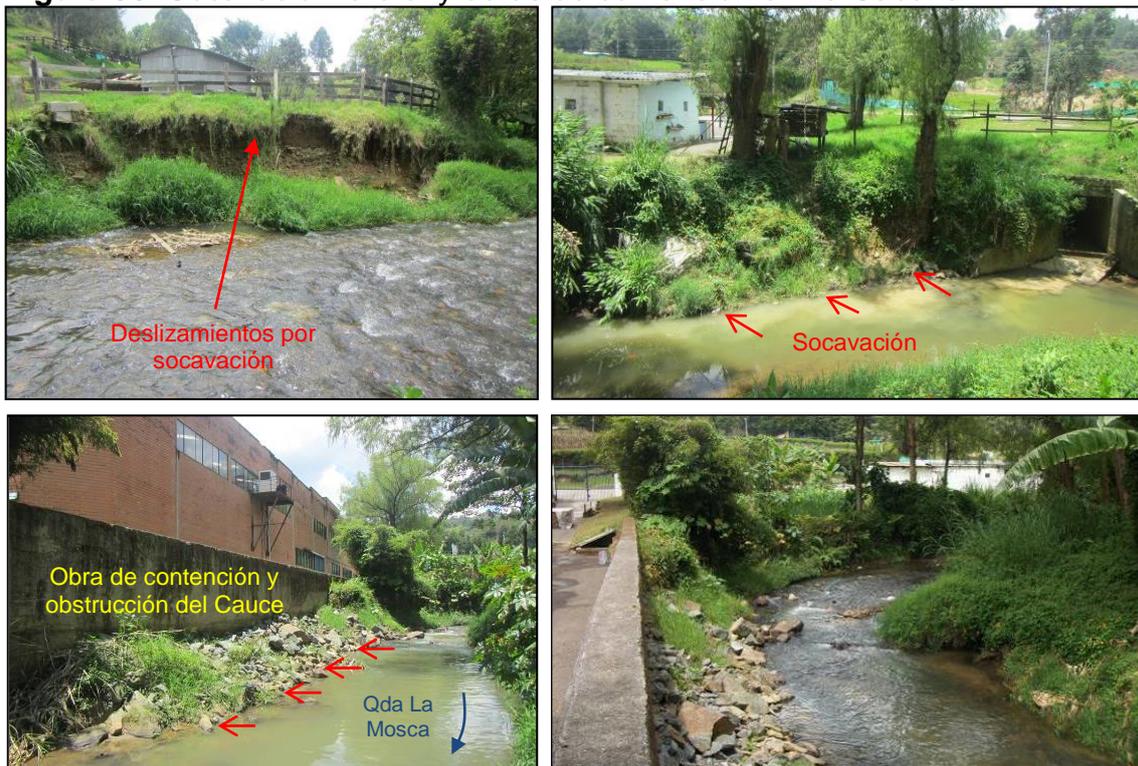


- **Sector La Cabaña.** En este sector la quebrada La Mosca cambia su curso, disminuyendo su energía gracias a la existencia de un amplio meandro, esta particularidad provoca inundaciones recurrentes en este sector, afectando viviendas e industrias que se hallan a menos de 3 m del cauce de la quebrada.

Se han presentado inundaciones desde la época de los noventas, causadas por la invasión de la llanura y la construcción de obras de contención en la margen derecha de la quebrada; igualmente con el afán de apropiar estos terrenos para aprovechamiento industrial, se instalaron llenos antrópicos de materiales no aptos como basuras y escombros, los cuales son susceptibles a deslizamientos por su poca resistencia ante la socavación de la quebrada.

En la Figura 98, se observa en primer lugar los deslizamientos en las márgenes de la quebrada La Mosca y su cercanía a las viviendas, muchos de ellos inducidos por el descole de las obras de la Autopista y minería artesanal. En segundo lugar se muestra el muro de contención sobre la margen derecha del cauce en la fábrica Kajiplas, allí recientemente se instalaron bloques rocosos como medida de protección ante la socavación, no obstante ese tipo de obras provoca afectaciones por el cambio de régimen aguas arriba y aguas debajo de la zona intervenida.

Figura 98. Socavación lateral y obras de contención en La Cabaña



Así como se mostró anteriormente, en este segmento de la quebrada La Mosca es donde existe mayor intervención antrópica del cauce en la zona urbana del Municipio de Guarne, dada por canalizaciones parciales por muros de contención.

Estas obras civiles le han dado mayor capacidad de arrastre y socavación a la quebrada La Mosca, además debido a su alto grado de deterioro, proporcionan

las condiciones favorables para la ocurrencia de inundaciones, torrencialidad e inestabilidad en las márgenes. Otro factor determinante es la ocupación y construcción sobre estas obras de contención y de drenaje por viviendas no planificadas (Figura 99).

Figura 99. Canalización parcial de la quebrada La Mosca y sus tributarios



Hacia la margen derecha de la quebrada La Mosca del sector La Cabaña, existe una amplia llanura de inundación y una baja densidad poblacional sobre la ronda hídrica ocupada por fincas de recreo y terrenos industriales.

En esta área las inundaciones son frecuentes generadas en parte por la quebrada La Mosca pero en su gran mayoría por crecientes súbitas y baja capacidad hidráulica de canales secundarios sobre los cuales se hallan los inmuebles. Igualmente, sobre estos drenajes existen problemas de estabilidad y deslizamientos por socavación lateral (Figura 100).

Figura 100. Inundación por tributarios e invasión de la llanura en el Triangulo



- **Barrio San Vicente.** En este barrio es común encontrar viviendas con alto riesgo de inundación y colapso por socavación lateral. Parte del barrio, incluyendo al hospital fue construido sobre la llanura de inundación de la

quebrada La Mosca y en algunos sectores a menos de 2 m del cauce del afluente. Esta problemática provocó la canalización parcial de la margen izquierda de la quebrada, como medida preventiva para inundaciones y de contención de la vía urbana de la carrera 52. Así mismo, generó la instalación de llenos antrópicos y construcción de obras de contención individuales que cambiaron y antropizaron negativamente el cauce de la quebrada.

Estos muros de contención en la actualidad muestran en varios tramos problemas de agrietamientos, socavación y colapso, además en la esquina de la calle 56ª con la carrera 52, la quebrada La Mosca cambia drásticamente su recorrido, y en periodos de alta pluviosidad, han ocurrido desbordamientos, los cuales han provocado socavación lateral intensa y colapso de algunas viviendas ubicadas en la margen izquierda (Figura 101).

Figura 101. Casa y vía en alto riesgo de colapso por socavación lateral intensa



Adicionalmente, existe en el sector inestabilidad en las márgenes por vertimientos de aguas residuales, tanto de tuberías del alcantarillado municipal como de vertimientos individuales que generan contaminación del afluente natural y suelos de baja capacidad portante en los alrededores de los descoles. Un ejemplo de esta problemática se presenta en el puente sobre la quebrada La Mosca de la calle 56, en donde se tiene un vertimiento del alcantarillado que afecta por socavación uno de los estribos del puente (Figura 102).

Figura 102. Inestabilidad por vertimientos e invasión de la llanura aluvial



- **Barrio La Ramada y Unidad Deportiva.** Las viviendas del barrio La Ramada fueron construidas sobre llenos que taparon antiguos canales de aguas de escorrentía provenientes de La Brizuela, además estas casas están por debajo del nivel de drenaje de la vía de la carrera 52, por lo que es recurrente inundaciones generadas por encharcamientos y desbordamiento de canales en tierra de las aguas estacionales provenientes de la autopista Medellín – Bogotá, ubicados hacia la parte trasera de las casas. Con la construcción de la unidad deportiva parte de la problemática fue mitigada, mediante la colección de las aguas lluvias en canales que son dirigidos directamente a la quebrada La Mosca (Figura 103).

Figura 103. Inundaciones por deficiente alcantarillado en La Ramada



Otro problema encontrado en la zona es la ocupación de la llanura aluvial por llenos antrópicos, para uso habitacional y servicios; estos llenos están compuestos por materiales heterogéneos poco compactados que irrumpen con el régimen hídrico natural de la llanura aluvial de la quebrada La Mosca.

También se evidenció un deterioro importante del puente sobre la calle 52, donde existe socavación de la loza de fondo, aso como alta contaminación por vertimiento de basuras y escombros sobre el cauce de la quebrada en este sector (Figura 104).

Figura 104. Invasión llanura por llenos antrópicos y socavación en puente



La construcción de la unidad deportiva, se hizo sobre la ronda hídrica y llanuras aluviales de las quebradas La Mosca y La Brizuela; esta intervención cambió el comportamiento de estos afluentes, volviéndolos más rectos y de mayor energía la quebrada La Mosca. Estas obras fueron realizadas mediante estudios técnicos de detalle, por lo que ayudaron a menguar las inundaciones y problemas de inestabilidad en las márgenes por socavación en este tramo de la quebrada La Mosca. En la Figura 105, se muestra la rectificación de la quebrada La Mosca, la conformación del trapecio en sus márgenes y las obras de la unidad deportiva en la margen derecha.

Figura 105. Intervención del cauce por obras en la unidad deportiva



- **Barrio San Francisco.** En la década de los noventa, las inundaciones de mayor afectación en Guarne, se presentaban en el barrio San Francisco, generadas por la ubicación espacial inadecuada de viviendas sobre la llanura aluvial de la quebrada La Mosca y el estrechamiento del cauce que se da en este sector. Actualmente, los fenómenos de inundación han disminuido en frecuencia por el mejoramiento de la red de alcantarillado que cruza el sector y los tratamientos en la parte alta del cauce. No obstante, aún existen viviendas en riesgo de inundación sobre la llanura, al igual que el tramo de la vía de la carrera 52 desde la calle 47 hasta la Virgen.

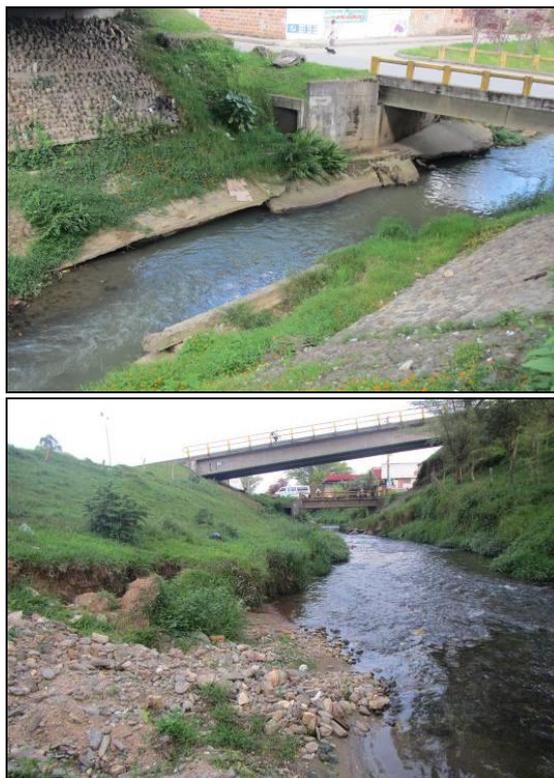
En el barrio existe presión sobre llanura de inundación de la quebrada, la cual está ocupada en su gran mayoría. Así mismo hay problemas de inestabilidad, deterioro estructural e inundaciones repentinas en las viviendas construidas al borde de canales de escorrentía provenientes de la Autopista y el barrio Camilo Torres en la margen derecha de la quebrada La Mosca (Figura 108).

Figura 106. Zona de alta inundación e invasión de cauces en San Francisco



Otro foco de erosión se presenta en la desembocadura de la quebrada Basto Sur, donde hay deslizamientos y deterioro del suelo por el vertimiento de aguas residuales, además, en este sector se han realizado llenos antrópicos que afectan el normal funcionamiento de la ronda hídrica. Debajo del puente de la calle 44, el cauce de La Mosca se estrecha y el agua cruza por una canalización que se muestra socavada y con alto deterioro, dado por socavación y vertimiento de las aguas del alcantarillado municipal (Figura 107).

Figura 107. Socavación en cercanía de la desembocadura de la Qda Basto Sur



- **Barrio San Antonio.** Es uno de los sectores con mayor recurrencia de inundaciones en la zona urbana del municipio, en este tramo la quebrada La Mosca tiene una amplia llanura de inundación, la cual se encuentra invadida por viviendas y vías que no respetan su ronda hídrica. A lo largo del cauce, especialmente hacia la margen derecha de la quebrada, yacen a menos de 3 m del cauce, construcciones que sufren por inundaciones repentinas y procesos de socavación lateral de orillas que ponen el riesgo la estabilidad de las estructuras (Figura 108).

Figura 108. Invasión de la llanura y socavación lateral en el barrio San Antonio



Hacia la margen izquierda, cruza una vía no pavimentada paralela a la quebrada, en la que se observan desprendimientos y deslizamientos generados por socavación lateral y mal manejo de aguas de escorrentía, que amenazan con el normal tránsito de peatones y vehículos.

El estudio de la llanura de inundación de la quebrada La Mosca, hecho por HIDRAMSA en 1993, sirvió de base para el dragado, ampliación del cauce y establecimiento de trapecios a lo largo de la quebrada en la zona urbana de Guarne a inicios del 2000. Sin embargo, desde entonces no se hacen labores de adecuación del cauce, por lo que es común encontrar deslizamientos y socavación de los antiguos trapecios, sumado al cerramiento con muros de fincas de recreo y predios en la parte baja de San Antonio, lo que provoca cambios del régimen hídrico de la quebrada e inundaciones de nuevos lugares en periodos de crecientes por lluvias intensas y prolongadas (Figura 109).

Figura 109. Afectaciones en la llanura aluvial en la parte baja de San Antonio



9.2.2 Quebrada Montañés

Esta quebrada nace en la parte alta de la vereda El Sango, donde tiene un comportamiento torrencial debido a sus cambios de gradiente, sin embargo, al desembocar a la quebrada La Mosca en Los Yarumos, la quebrada Montañés sufre un cambio energético, configurando una amplia llanura de inundación de un afluente principal y varios afluentes estacionales que drenan e inundan el sector en periodos de alta pluviosidad. La problemática en el sector radica en la ocupación de esta llanura por varias viviendas que sufren inundaciones frecuentes, el inadecuado uso del suelo de la ronda hídrica y la baja capacidad hidráulica de las obras de paso de las vías como causante (Figura 110).

Figura 110. Amplia llanura aluvial de la Qda Montañés e invasión por viviendas



9.2.3 Quebrada Basto Norte

La quebrada Basto Norte hace parte del tejido urbano de Guarne y sobre su cauce se muestran intervenciones antrópicas inadecuadas en gran parte de su recorrido, lo que ha provocado obstrucciones del cauce en periodos de alta pluviosidad e inundaciones, junto con problemas de socavación en varios barrios del municipio. Así mismo se reconoce un carácter torrencial de la quebrada en la parte alta de la quebrada en la Salida a La Mulona.

- **Barrios San Vicente y Santo Tomas.** En estos barrios la problemática radica en la invasión de la ronda hídrica, las canalizaciones parciales, los estrechamientos del cauce y la baja capacidad hidráulica de los puentes que cruzan la quebrada en varios tramos de la quebrada. Cada propietario construye sin parámetros técnicos muros de contención y gaviones volviendo el cauce cada vez más estrecho disminuyendo la capacidad cauce ante crecientes.

Un ejemplo de los malos tratamientos civiles, es el puente sobre la carrera 51, del cual su obra de paso tiene un área menor a 2 m^2 y en el que se dan obstrucciones que generan inundaciones de los inmuebles aledaños. Además, existen canalizaciones parciales socavadas y vertimiento de basuras como factor intensificador (Figura 111).

Figura 111. Disminución del canal e inundaciones por intervención antrópica



Aunque los problemas hidráulicos de la quebrada Basto Norte son evidentes, en algunas zonas se han llevado a cabo obras de mitigación como la ampliación del puente e instalación de un box culvert sobre la carrera 50, así como ampliación y construcción de disipadores de energía en su desembocadura a la quebrada La Mosca.

A lo largo de la quebrada Basto Norte, se hacen vertimientos no controlados de aguas residuales que generan un alto grado de contaminación del afluente, así como invasión de la llanura aluvial por llenos antrópicos para construcción de viviendas a menos de 10 m del cauce (Figura 112).

Figura 112. Obras individuales y llenos antrópicos sobre la llanura de aluvial



- **Sector Salida a La Mulona.** En este tramo la quebrada viene con una alta energía y presenta características torrenciales, evidenciadas por los depósitos de abanico encontrados en ambas márgenes de la quebrada en cercanía de la vía circunvalar y su alta capacidad de arrastre e incisión.

Producto de su alta energía la quebrada forma meandros en los que se tienen notorios problemas de socavación lateral, que afectan la margen derecha de la quebrada, especialmente el talud de terraplén de la vía que conduce a La Mulona. Sobre estas áreas socavadas se construyeron obras de contención y de paso que en la actualidad se encuentran bastante socavadas y obsoletas que ponen en riesgo la estabilidad de la vía veredal (Figura 113).

Figura 113. Socavación lateral intensa y afectación sobre la vía a La Mulona



9.2.4 Quebrada Basto Sur

La quebrada Basto Sur, tiene características similares a Basto Norte, nace sobre un relieve de moderada pendiente, en donde se tienen tributarios con amplias zonas de encharcamiento que han perdido su capacidad reguladora debido a uso del suelo destinado a ganadería intensiva. Las inundaciones sobre este afluente son producto de la ocupación de la llanura de inundación, así como de las inadecuadas intervenciones civiles y rectificaciones que se han hecho sobre el cauce.

- **Barrio San Francisco.** En este sector hay contrastantes manejos del cauce de la quebrada Basto Sur. En primer lugar se tiene la ocupación e invasión de la quebrada y su llanura por parte de algunas viviendas del barrio, llegando al punto de perderse en superficie el recorrido natural del afluente por sus canalizaciones y construcciones sobre su cauce; además, hay problemas con el alcantarillado, ya que muchas viviendas no se encuentran conectadas a la red municipal y hacen sus vertimientos directamente al afluente, generando problemas de contaminación y socavación, como el observado en la desembocadura de la quebrada Basto Sur a La Mosca, donde existen obstrucciones y escombros que afectan la normal circulación del agua.

Por el contrario, en la parte media del recorrido de la quebrada Basto Sur en la zona urbana, se construyó un parque lineal, que muestra de manera ejemplar los manejos y adecuaciones ambientales de la ronda hídrica (Figura 114).

Figura 114. Baja capacidad por rectificación y antropización del cauce



- **Barrio María Auxiliadora.** En la parte alta de la cuenca, la quebrada Basto Sur tiene un comportamiento más energético, en donde es común la ocurrencia de inundaciones repentinas, generadas en parte por las canalizaciones insuficientes y la mala ocupación de la llanura aluvial por viviendas y asentamientos subnormales. En este tramo la quebrada se encuentra canalizada mediante muros de 2 m de alto, con presencia de disipadores de energía que se hacen insuficientes en periodos de creciente; allí también es notorio los problemas de contaminación y construcción de puentes peatonales individuales que generan obstrucciones al afluente (Figura 115).

Figura 115. Zona de alto riesgo de inundación y torrencialidad



- **Barrio La Candelaria.** Por este barrio cruza un afluente de la quebrada Basto Sur, denominado Bastico, el cual es una quebrada torrencial con alta capacidad de incisión que ha generado deslizamientos e inestabilidad en sus márgenes por socavación lateral afectan varios predios y viviendas a su paso. Además en este sector, existen drenajes secundarios estacionales, en los que no se respeta su ronda hídrica, además, muchos de ellos no fueron colectados adecuadamente en las obras de paso de la vía que conduce a Yolombal, por lo que se tienen subsidencias y problemas de estabilidad sobre esta vía por filtraciones (Figura 116).

Figura 116. Subsidencia en la vía e invasión de la llanura de la Qda Bastico



9.2.5 Quebrada La Charanga

Esta quebrada tiene características hidrológicas y morfométricas similares a la quebrada Bastico, en ella son comunes los procesos de erosión lateral de orillas, así como inundaciones periódicas. Este afluente es tributario de la quebrada Basto Sur y es uno de los mayor problemática respecto a inundaciones e inestabilidad de orillas que se presenta en la zona urbana.

- **Barrio San Francisco.** En este tramo la quebrada se encuentra invadida por viviendas y obras de contención que irrumpen su normal drenaje. Aunque en tiempo seco la lámina de agua de este afluente tiene una baja altura, en periodos de alta pluviosidad se dan crecientes súbitas, dada la baja capacidad hidráulica del cauce, lo que provocando desastres como el ocurrido el 25 de mayo de 2010, donde una creciente de esta quebrada afecto los enceres de 15 familias de los barrios La Candelaria y San Francisco.

La causa principal de este flagelo, es la construcción de segmentos de viviendas sobre el cauce de la quebrada y la baja capacidad de la obra de paso del puente en la entrada al barrio Laurent (Figura 117).

Figura 117. Alto riesgo de inundación por invasión del cauce de la quebrada



- **Sector La Charanga.** En este sector la quebrada La Charanga tiene un comportamiento meándrico, en donde existen problemas de deslizamientos por socavación lateral que han afectado algunas casas, en especial las ubicadas sobre la margen derecha, las cuales no respetan el retiro del afluente y han provocado estrechamientos, rectificaciones y ocupaciones del cauce.

Aunque existen obras como muros de gavión sobre algunas curvas y en la parte trasera de algunas edificaciones, el fenómeno no se ha mitigado y por el contrario, gracias a estas obras rígidas las inundaciones sobre la llanura aluvial y los procesos erosivos se han vuelto frecuentes (Figura 118).

Figura 118. Socavación e invasión del cauce de la quebrada La Charanga



En los nacimientos de las quebradas Bastico y La Charanga, existe un alto riesgo de flujos de lodos y avenidas torrenciales, por el inadecuado uso del suelo, dado por pastos para ganadería, los cuales aportan a la erosión por terrazo y no favorecen la retención del suelo.

9.2.6 Quebrada La Brizuela

La quebrada La Brizuela es uno de los recursos de mayor presión en la zona urbana de Guarne, debido a que sus aguas abastecen el acueducto municipal, en la cuenca hay importantes áreas de bosques para ser protegidos y porque existe una presión urbanística tanto en las márgenes del afluente en la parte alta con en su llanura de inundación cerca a la desembocadura.

Esta quebrada nace sobre el altiplano de Santa Elena y fluye hacia el oriente, descolgándose sobre el escarpe San Nicolás, generando cambios de gradiente por la secuencias de cascadas que se hayan en su recorrido. Luego de cruzar por esta zona de alta energía, llega a una amplia llanura de inundación donde desembocan tributarios secundarios, para por último cruzar la autopista y desembocar a la quebrada La Mosca en un cauce artificial, dado por las obras de canalización y rectificación de la unidad deportiva.

Cabe destacar que la quebrada La Brizuela en la parte baja no se compone de un solo cauce, por el contrario, de esta quebrada hacen parte varios afluentes

permanentes de menor caudal que fluyen de manera paralela al cauce principal a lo largo de la amplia llanura de inundación.

La principal problemática que se presenta en la parte baja de la quebrada son las inundaciones por la baja capacidad hidráulica de los cauces de los afluentes que componen la red hídrica, así como la ocupación inadecuada de la llanura tanto por viviendas y predios industriales como la fábrica *News Stetic*, en donde desde la década de los noventa se reportan inundaciones desastrosas.

Muchas de las inundaciones han sido provocadas por la baja capacidad de las obras de paso debajo de la autopista Medellín – Bogotá de los tributarios del cauce principal de la Brizuela, dado por atenores de 50 cm de diámetro, colmatados y cubiertos por basuras y rastrosos (Figura 119).

Figura 119. Obras de paso e intervenciones sobre la quebrada La Brizuela

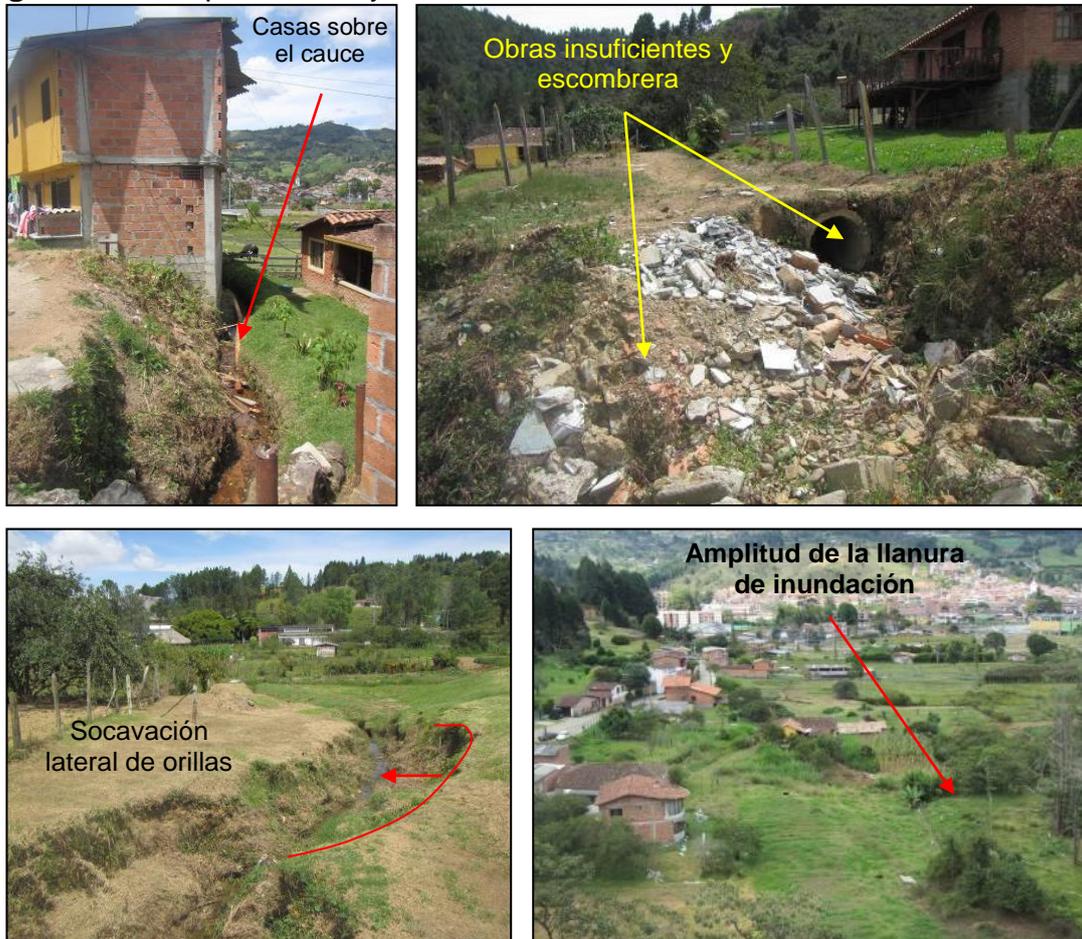


La llanura de inundación de la quebrada La Brizuela tiene un ancho mayor a 150 m en algunos sectores y en la actualidad es un suelo destinado a labores agrícolas, en donde se tienen materiales arcillosos y limosos altamente saturados, un nivel freático a menos de 1 m de superficie y procesos de socavación lateral, sumado a inadecuados manejos antrópicos, como vertimiento de escombros sobre la llanura e invasión de la ronda hídrica para nuevas construcciones.

Sobre esta amplia llanura aluvial existe en la actualidad una fuerte presión urbanística, sin embargo cabe anotar la existencia de una alta amenaza a la inundación, evidenciada por los anegamientos prolongados de grandes áreas de la llanura durante temporadas invernales. Igualmente, se suma la baja capacidad portante de los suelos en zona, dados por materiales finos de alta plasticidad. Además, en este sector existen varios procesos de remoción en masa, evidenciando lo vulnerable de la cuenca a tratamientos urbanísticos que involucren grandes movimientos de tierra.

Adicionalmente, estos predios se encuentran afectados por el POMPCA de la Brizuela, ya que sus aguas son un recurso y un bien primario de la comunidad guarneña, junto con el equilibrio ecológico dado por los bosques y al potencial geo-turístico de sus cascadas y bosques naturales, sumado al interés científico por los hallazgos de neotectónica y paleosismología en el sector (Figura 120).

Figura 120. Amplia llanura y afectaciones ambientales en la Qda La Brizuela



9.2.7 Quebrada San Felipe

Gran parte de la problemática en la parte alta y media de la quebrada San Felipe fue expuesta en el capítulo de descripción de zonas de riesgo por proceso de remoción en masa; la cual radica en el potencial de la cuenca para generar avenidas torrenciales por los deslizamientos y procesos erosivos que se hayan en los alrededores de su nacimiento.

Igualmente, en la parte baja de la quebrada existe una zona de alto riesgo a verse afectada por avenidas torrenciales, como la ocurrida en el año 2011, donde una gran cantidad de material bajo desde la parte alta de la cuenca por la incidencia de un movimiento en masa y se depositó afectando la vía y los predios aledaños a la carrera 50.

Sobre esta área, aun se observan secuelas de este evento, como procesos de socavación lateral, deslizamientos asociados y aumento del caudal del afluente en tiempo seco, según relatan varios pobladores del sector. De igual manera,

es relevante, la ejecución de mitigación, como la ampliación de cauce, la formación de trapecios, limpieza de la quebrada y construcción de un box culvert de mayor capacidad hidráulica debajo de la vía (Figura 121).

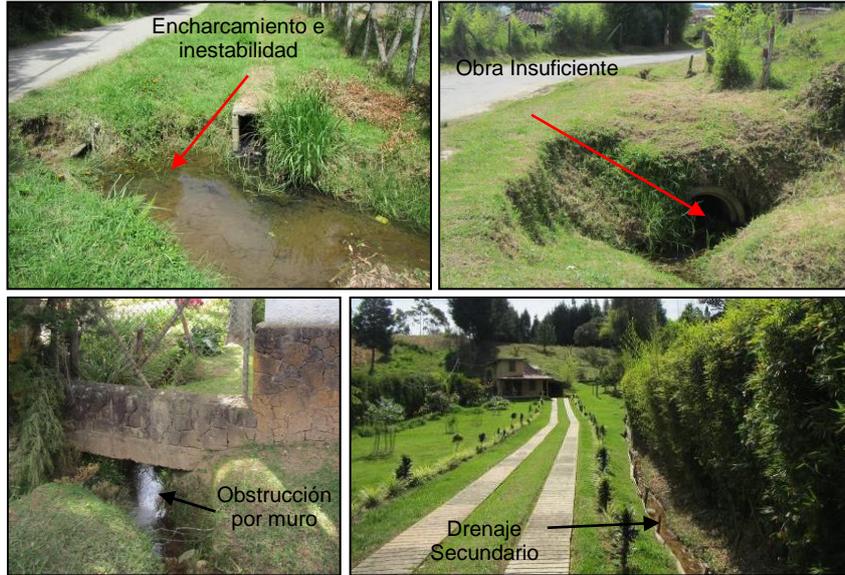
Figura 121. Intensa socavación lateral en la quebrada San Felipe y obras



9.2.8 Drenajes Secundarios

En varios sectores de la zona urbana se haya áreas de alto riesgo de inundación asociadas afluentes secundarios, en los que no se hace un adecuado uso del suelo y respeto de la ronda hídrica. En la Figura 122, se muestran la baja capacidad y el potencial de inundación de drenajes cerca de planta de tratamiento y el irrespeto de la ronda hídrica, junto con intervenciones no autorizadas en afluentes secundarios en fincas de recreo en La Hondita.

Figura 122. Obras de drenaje insuficientes e invasión de ronda hídrica



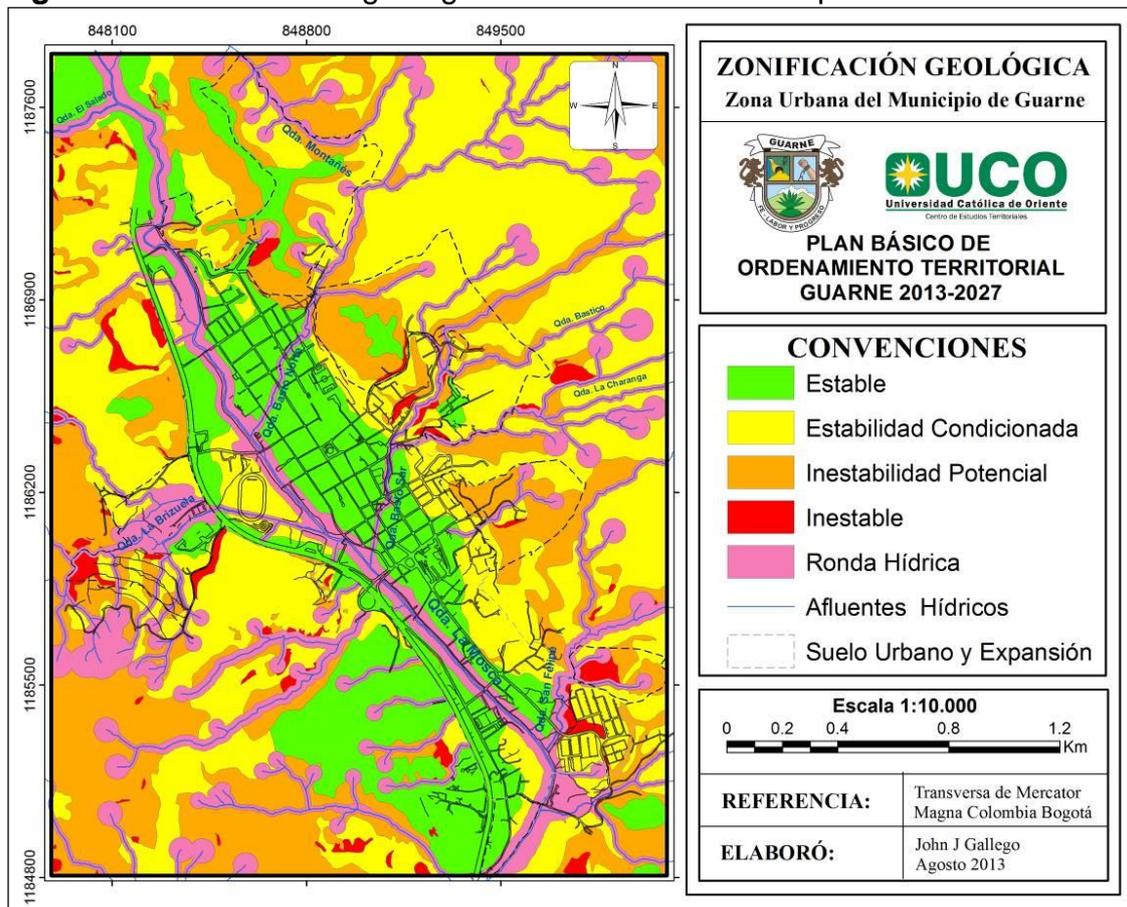
10. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA

El objetivo final que se busca con la zonificación de la aptitud geológica para el uso y ocupación, es generar un mapa del uso potencial del suelo en la zona urbana y de expansión de Guarne, como un instrumento de planificación, en el que se delimiten mediante varios criterios, las áreas restrictivas, las rondas hídricas y las zonas aptas junto con las estables para desarrollar a futuro.

10.1 Aptitud Geológica Para Uso Y Ocupación Del Suelo

La zonificación de la aptitud del suelo es producto de la sumatoria de las variables naturales que se incluyen en el análisis geomorfológico, y su objeto es dar una imagen concisa y sistemática del relieve, los fenómenos ligados al mismo y las características más relevantes de las formaciones superficiales. Además, reúne en un solo producto la clara representación de los mapas de amenaza y riesgo que son insumos indispensables para un acertado conocimiento de las restricciones y potencialidades del suelo. En la Figura 123, se muestra la zonificación realizada en este trabajo a escala 1:5000.

Figura 123. Zonificación geológica del suelo en el municipio de Guarne



Zonas Inestables (Z.I). Son áreas de alto riesgo a movimientos en masa y erosión hídrica, las cuales deben ser destinadas a protección y restauración, además, son aptas para ser tratadas como áreas de compensación. Dentro de

estas zonas no debe adelantarse ninguna construcción civil. Sin embargo, en las viviendas dentro de estas áreas se deben realizar tratamientos de renovación urbana integral y seguir las recomendaciones propuestas en el Anexo 1, las cuales varían entre la reubicación y demolición total del inmueble hasta obras de mitigación para la reducción del riesgo.

Cabe destacar, que los puntos dentro de esta categoría deben evaluarse a detalle mediante estudios ingenieriles geotécnicos y sociales integrales que logren valorar dependiendo de los presupuestos de ejecución su calificación como inestable recuperable o no recuperable.

Con base en las visitas realizadas, se identificó que las manchas existentes como Zonas Inestables en el trabajo realizado en 1994, se han ampliado a lo largo de los cauces de todas las quebradas urbanas, especialmente en San Felipe y La Charanga. Como se mencionó anteriormente, existen 38 puntos críticos, los cuales están dentro de las áreas de alto riesgo que suman un total de 154 hectáreas dentro del territorio. Se destacan como los sectores de mayor inestabilidad, las cuencas de las quebradas La Brizuela y San Felipe, los sectores El Sango y Hamburgo. Además, los segmentos de los barrios San Antonio II, Alcores, María Auxiliadora y La Charanga.

Dentro de esta categoría se hallan también algunos taludes inestables que afectan el normal tránsito en las vías urbanas y salidas veredales; se destacan los problemas en la vía que conduce a la parte alta de San Felipe, la vía que conduce a la planta de acueducto municipal en La Brizuela y algunos tramos de la vía que comunica de la Candelaria a María Auxiliadora.

 **Zonas de Inestabilidad Potencial (Z.I.P).** Son áreas susceptibles a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en donde se tienen altas pendientes mayores al 50% y escarpes verticales generados por procesos de incisión de las corrientes. Son zonas no aptas para desarrollos urbanísticos e informales ya que es probable la ocurrencia de fenómenos de erosión hídrica superficial y profunda, así como procesos de remoción en masa. Se asocian principalmente a las vaguadas de escorrentía y los flacos pendientes de la cadena de colinas en la margen izquierda de la quebrada La Mosca y el 50% del predio de expansión La Brizuela.

Actualmente, estas áreas corresponden a las laderas pendientes generalmente usadas como potreros en la Salida a Montañés o en proceso de urbanismo sin un adecuado manejo técnico como el encontrado en la parte alta del barrio Centro Plaza. Se incluye también gran parte de los retiros de las quebradas urbanas donde se tiene una alta pendiente e intervención antrópica de los cauces.

Los suelos dentro de esta calificación si pretenden desarrollarse, deben someterse a estudios geotécnicos integrales, que contemplen una zonificación a escala 1:500, así como estudios de laboratorio, para determinar la capacidad portante del suelo. Igualmente, deben evitarse grandes deterioros en la geomorfología del terreno mediante drásticos y profundos cortes civiles que

coadyuvan a la generación de movimientos en masa. Debido a la relación de los suelos con inestabilidad potencial con la ronda hídrica de los afluentes secundarios, se hace necesario la correcta integración y prevenir afectaciones y obstrucciones en estos causas por inadecuados movimientos de tierra.

 **Zonas de Estabilidad Condicionada (Z.E.C).** Hacen parte de un relieve de pendientes moderadas y comprende además áreas limitadas por vertientes con inclinación que no superan el 35%. Estas zonas tienen condiciones de estabilidad menores que el rango de zonas estables y son aptas para desarrollos urbanísticos formales. El mal manejo de condiciones de acueducto y alcantarillado y la realización de banqueos antitécnicos pueden producir su deterioro hacia zonas de menor estabilidad.

En algunos sectores los terrenos bajo esta calificación por sus condiciones geológicas, geomorfológicas y topográficas (pendientes moderadas a altas entre 20° y 35°) evidencian manifestaciones de inestabilidad, inundaciones o presentan problemas debido a la forma como han sido intervenidos. Sin embargo, con algunas medidas correctivas y preventivas específicas, se pueden mejorar sus condiciones para ser utilizados dentro de proyectos urbanísticos.

La mayor parte de los suelos en las zonas destinadas a expansión hacia el nororiente de la zona urbana de Guarne, presentan esta calificación, ya que son depósitos de vertiente colinados y homogéneos, en donde su estabilidad depende del manejo de las aguas estacionales y una correcta instalación del sistema de alcantarillado que contemple la no obstrucción de las vaguadas de escorrentía y el establecimiento de zonas permeables como medida de prevención de inundaciones. En la margen derecha de la quebrada La Mosca, desde El Salado hasta los alrededores del cementerio municipal, excluyendo la llanura de La Brizuela, se halla una gran cantidad de suelo con esta calificación, sin embargo, su estabilidad depende del adecuado manejo de las aguas infiltradas y superficiales, así como del tipo y profundidad de cortes civiles que se realicen.

 **Zonas Estables (Z.E).** Se caracteriza por relieve ondulado de pendientes suaves que no superan el 10% y zonas planas de terraza aluvial con pendientes menores a 5%. Hace parte de la zona donde se localiza la mayor parte de las construcciones urbanas en los alrededores al centro municipal. Estas áreas son aptas para desarrollos urbanísticos y ellas se pueden construir viviendas de varios pisos sin mayores restricciones, sin embargo, las estructuras pesadas requieren estudios detallados de suelos. Las áreas de mayor estabilidad se encuentran en la margen izquierda de La Mosca, así también como en la margen derecha de la quebrada La Mosca, sobre la superficie de las terrazas aluviales poco densificadas en los alrededores del cementerio municipal.

Zonas No Utilizables de Ronda Hídrica. Corresponde a esta categoría la faja de protección y retiro establecida para las quebradas urbanas de Guarne, así también como el área de protección (APH) de sus nacimientos. Es un área de interés ambiental designada a la protección y conservación, en la que se debe considerar un manejo especial y que requiere un uso específico, buscando su preservación y aprovechamiento desde los puntos de vista paisajístico, social y recreativo, además, son zonas para incluir en planes de compensación ambiental, forestal y reforestación.

Según el Artículo 6 del acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, las intervenciones en las rondas hídricas están autorizadas solamente para proyectos de parques lineales, infraestructura de servicios públicos e infraestructura de movilidad, siempre y cuando no generen obstrucciones al libre escurrimiento de la corriente y se fundamente en estudios técnicos concertados con la autoridad ambiental, los cuales se deben plantear acciones preventivas de control y mitigación y compensación por los impactos generados.

Cabe destacar que la ronda hídrica no se compone de un buffer con ancho específico, es una mancha cambiante según sea las condiciones hidráulicas de mancha de retorno de los 100 años y la geomorfología de las llanuras aluviales, que también incluye factores ecosistémicos.

10.2 Establecimiento De Retiros Y Ronda Hídrica

Para la delimitación de las rondas hídricas se utilizó la metodología, creada en el acuerdo 251 de CORNARE de 2011 que tiene fundamento en la cartilla "*Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Suroriente Antioqueño*". Así también como la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente denominada como la guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos agua de acuerdo a lo establecido en el Artículo 206 de la Ley 1450.

10.2.1 Ronda Hídrica De La Quebrada La Mosca

Para la quebrada La Mosca, CORNARE en los años 2012 y 2013 hizo el estudio de actualización de la mancha de inundación para un periodo de retorno de los 100 años. Sin embargo, en este estudio se contemplan principalmente factores hidrológicos, por lo que la mancha en algunos sectores de la zona urbana de Guarne no coincide con la realidad. Por lo tanto, en este trabajo se propone una nueva mancha de inundación o zona de alta susceptibilidad a inundación (ZAI) con fuerte criterio geomorfológico.

Como resultado entonces, se tiene que la ronda hídrica expuesta es la superposición de la mancha hidrológica de CORNARE, con la mancha geomorfológica de este trabajo y ambas envueltas en un búfer de 30 m, tal y como lo exige el acuerdo 251 de 2011 de CORNARE. Es por ello que el ancho del retiro de la quebrada La Mosca es variable, como mínimo se tiene una ronda hídrica de 30 m y como máximo la mancha la geomorfológica, la cual puede llegar en algunos sectores a más de 200 m como ocurre en cercanías de la Planta de Tratamiento Municipal.

Es notorio que la llanura aluvial en la zona urbana y de expansión en Guarne ha sido bastante intervenida, especialmente por instalación de llenos antrópicos y rectificación de cauces, sin embargo, en la metodología utilizada toma la llanura aluvial original, la cual garantiza las correctas y adecuadas funciones naturales de la mancha geomorfológica.

10.2.2 Ronda Hídrica Otras Quebradas Urbanas

Para la identificación de la ronda hídrica de las quebradas La Brizuela, El Salado, Montañés, Bastico, Basto Norte, Basto Sur, La Charanga, San Felipe, junto con sus afluentes tributarios. Se procedió según lo propone el acuerdo 251 de CORNARE.

Para la determinación de los ZAI, en primer lugar se realizó la cartografía de las llanuras aluviales de las quebradas principales y luego se interceptaron con un búfer de 20 m. Por último, se excluyó de la ronda final las zonas que geomorfológicamente no tiene probabilidades de sufrir inundaciones. En conclusión la mayoría de los afluentes cumplen con el retiro de ZAI más X, donde X varía entre 10 m y 12 m para los afluentes urbanos de Guarne.

Para las quebradas de menor orden con lámina de agua permanente y para los afluentes secundarios canalizados mediante obras ingenieriles como los que cruzan la autopista Medellín-Bogotá y algunos afluentes secundarios en La Clara y La Honda se tiene una ronda hídrica dada por un búfer de 10 m.

10.2.3 Retiro A Nacimientos

Las áreas de protección hídrica para todos los nacimientos dentro de la zona de estudio corresponden a franjas de precaución y amortiguamiento que propenden por la conservación de las condiciones bióticas, físicas y químicas de las fuentes hídricas en el área de influencia de la zona urbana de Guarne, así también como la prevención de desastres, la preservación del paisaje, el control de la erosión, la prevención de la contaminación y la continuidad de los corredores biológicos.

Debido a la falta de cartografía detallada y georeferenciación de cada una de las zonas de encharcamiento y bocas de producción en la zona urbana de Guarne, se propone una metodología de establecimiento de retiros con base en parámetros hidrológicos de orden de los afluentes y características del relieve como lo sugiere el acuerdo 251 de 2011 de CORNARE. Posterior a la cartografía geomorfológica y a la definición de las nuevas áreas del perímetro urbano y las zonas de expansión se establecieron las siguientes determinantes:

- Para los nacimientos de fuentes abastecedoras de acueductos urbanos y veredales se establecerá como retiro un radio de 100 m.

- Dentro del perímetro urbano y de expansión se establece en las zonas de encharcamiento un buffer de 30 m para los nacimientos de todas las fuentes hídricas, en las cuales se tendrá en cuenta el límite natural dado por las divisorias de aguas.

- En las demás áreas fuera de la zona urbana, el retiro a los nacimientos de fuentes hídricas, está basado en los parámetros geomorfológicos e hidrológicos de la tabla 3.

- Según la tabla 16, el orden 4, está dado para la quebrada La Mosca, el orden 3, corresponde a las quebradas La Brizuela, El Salado, Basto Norte, Basto Sur y San Felipe, el orden 2 a las quebradas tributarias con una longitud entre 5 y 10 km como Bastico y el orden 1, restringido al nacimiento red hídrica y las quebradas pequeñas estacionales de menos de 5 km de longitud.

Tabla 16. Determinación de ronda hídrica y retiro a nacimientos

GEOFORMAS	ORDEN	SAI (m)	X	APH NACIMIENTOS
VEGAS Y TERRAZAS	4	40	10	30
	3	25	10	30
	2	10	10	30
	1	0	10	35
COLINAS BAJAS	4	30	10	30
	3	20	10	30
	2	5	10	35
	1	0	10	40
COLINAS ALTAS	4	30	10	30
	3	15	10	35
	2	2	10	40
	1	0	10	50
LADERAS Y VERTIENTES LARGAS Y EMPINADAS	4	25	10	40
	3	20	10	45
	2	10	10	50
	1	0	10	60

11. FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

La gestión del riesgo se entiende como la capacidad para transformar las condiciones causales de riesgo antes de que ocurra un desastre. El objetivo principal de la Gestión del Riesgo es la disminución de los desastres, tanto en frecuencia como en intensidad (CORNARE, 2011).

La Gestión Integral del Riesgo es un proceso concatenado de análisis de amenazas, conocimiento de las vulnerabilidades, la atención de las emergencias y la rehabilitación, junto con la reconstrucción de zonas en desastre, lo cual se pretende lograr a través de los siguientes principios:

Página | 139

- Los desastres son manifestaciones de riesgo no manejados
- Los riesgos son el resultado de la coexistencia, en una localidad, de la amenaza y la vulnerabilidad
- Todo proceso de prevención parte del conocimiento del entorno que habitamos, tanto de sus riquezas como de sus susceptibilidades, que generalmente denominamos amenazas naturales, para así definir la forma que interactuaremos con el medio ambiente
- La gestión del riesgo pretende disminuir los riesgos por medio de la disminución de la vulnerabilidad. El desarrollo sostenible de Guarne depende de la capacidad de los actores sociales para desarrollar y conducir una propuesta de intervención consciente, concertada y planificada, para prevenir, mitigar o reducir el riesgo existente.

Bajo este lente, “los desastres” son un tema marginal y no incluido en la agenda del desarrollo, no existiendo mayor vinculación entre los procesos de desarrollo de nuestras sociedades y los desastres como efecto de esos procesos sociales, económicos, políticos y culturales.

También es bajo este enfoque que, a lo largo de estos años, se han destinado y canalizado todos los recursos e inversiones para el desarrollo de políticas, intervenciones, esfuerzos y acciones dirigidas fundamentalmente a “la respuesta” y “la atención”, priorizando las tendencias a “estar mejor preparados para enfrentar”, o “para atender situaciones adversas causadas por la naturaleza” o aquellas referidas al “análisis del comportamiento de los fenómenos naturales”; acciones que por su especificidad no son de práctica permanente o constante, ni tampoco involucra al total de actores ni agentes institucionales de la sociedad (CORNARE, 2011).

El problema no son los “desastres” en sí mismos pues son sólo el efecto de las condiciones de riesgo existentes en el municipio, y de nuestra habilidad y juicio para actuar sobre los factores que los determinan, dependerá que éstos se materialicen o no en desastres.

Evaluar el riesgo no es sólo analizar y producir conocimiento científico sobre el comportamiento, características y manifestaciones de los fenómenos naturales

que pueden, eventualmente constituirse en amenazas, sino también implica el conocer y analizar aquellas condiciones de debilidad o vulnerabilidad que hacen o pueden hacer que dichos fenómenos se constituyan en riesgos y en consecuencia, puedan generar pérdidas de vidas o bienes.

La reducción del riesgo de desastres debe integrarse en las actividades del desarrollo. Los desastres socavan los logros arduamente alcanzados por el progreso, destruyendo vidas, medios de subsistencia y manteniendo muchas personas en la pobreza (ISDR, 2007). El municipio de Guarne debe reducir al mínimo esas pérdidas mediante la integración de las medidas de reducción del riesgo de desastres en las estrategias de desarrollo, mediante la evaluación de los riesgos potenciales como parte de la planificación del desarrollo y la asignación de recursos para la reducción de los riesgos.

El plan para la gestión del riesgo por sí solo no es de gran ayuda, es de vital importancia la integración institucional y comunitaria, pero en especial, la organización comunitaria en la cohesión y participación de todos sus habitantes, logrando que se unan a formular y ejecutar soluciones, creando un sentido de pertenencia por el municipio de Guarne y por ende la reducción de los desastres.

La estructura del plan para la gestión del riesgo del municipio de Guarne se enmarcara en lo propuesto en la Ley 1523 del 2012, donde se adopta una política nacional de gestión del riesgo de desastres, basada en estrategias y programas dentro de los componentes de análisis y reducción de riesgo, así como el manejo de desastres (Figura 124). Muchos de estos proyectos serán articulados con los ya propuestos en los estudios realizados anteriormente, como la zonificación del riesgo rural hecha por CORNARE, el plan de ordenación y manejo de las cuencas La Honda y La Brizuela y actual plan de gestión y desarrollo realizado por la administración municipal.

Figura 124. Componentes de la gestión del riesgo



11.1 Políticas

Las políticas para la gestión del riesgo en Guarne deben estar encaminadas en crear y promover los marcos jurídicos de descentralización que fortalezcan la capacidad de respuesta local y su resiliencia, así como la garantía presupuestal para la ejecución de los programas y proyectos en el largo plazo, los cuales no deben verse afectados y supeditados por cambios de la administración municipal.

Los proyectos encaminados a la reducción del riesgo deben estar acorde con los planes de desarrollo departamental, regional y municipal. Además, se debe trabajar con base en los lineamientos nacionales, especialmente los principios del Artículo 3 de la Ley 1523 del 2012, haciendo énfasis en los principios de auto conservación, sostenibilidad ambiental y participación comunitaria.

A nivel departamental, según lo observado en el plan de desarrollo, en la línea quinta de acción, se proyecta una Antioquia verde y sostenible ambientalmente, además, se formulan políticas dentro del programa de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático. Los proyectos consignados en este programa se orientan a evitar la configuración de escenarios de riesgo, reducir el existente y minimizar los impactos asociados a los desastres. Dentro de los proyectos estratégicos se destacan la creación de los sistemas integrales para la atención y recuperación de emergencias.

A nivel local, el plan de desarrollo municipal del año 2012, expone varias políticas y acciones en pro de la reducción de los desastres dentro de la línea estratégica de Hábitat y Medio Ambiente que busca la sostenibilidad ambiental y la prevención del riesgo. Muchos de estos proyectos serán vinculados en este trabajo. Dentro de las políticas se destacan las siguientes:

- **Infraestructura Vial:** Enfocado en rehabilitación de vías terciarias, así como realización de mantenimientos y limpiezas para evitar desastres asociados al deterioro de las vías.
- **Movilidad y Espacio Público:** Concentra acciones en busca de la compra de predios a lo largo de las llanuras aluviales para la construcción del futuro parque lineal de La Mosca.
- **Sostenibilidad Ambiental:** Encaminado a la ejecución de programas que busquen un adecuado manejo de los residuos sólidos, así como construcción de pozos sépticos y socialización de los proyectos realizados por CORNARE en el municipio.
- **Prevención y Atención de Desastres:** Donde se promulga la importancia de conocer las zonas de alto riesgo en el municipio, así también como la capacitación de los funcionarios del CLOPAD, compra de predios para la protección del lecho de las quebradas, programa de reubicación de viviendas en riesgo y establecer los compromisos de responsabilidad social empresarias respecto al riesgo de desastres

11.2 Estrategias

Se formulan unas estrategias de largo alcance a nivel local que contribuirán a mejorar la efectividad y eficiencia de la gestión de riesgos por fenómenos geológicos en el municipio de Guarne, además, servirán como base para la elaboración del plan de riesgos tecnológicos e incendios forestales.

- **Actualizar La Legislación Municipal:**

Crear, mejorar o actualizar los marcos jurídicos municipales, donde se encuentra reglamentado el plan para la gestión del riesgo y los concejos territoriales, haciendo de la gestión del riesgo una estrategia planificadora y sentando a los entes institucionales y organizaciones de la sociedad civil, para formular estrategias en busca de reducir el riesgo por fenómenos geológicos, evaluando las prioridades intersectoriales y buscando los respaldos respectivos de presupuesto.

- **Cultura De Prevención:**

Obtener y difundir la información sobre la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo y dar poder de decisión a los ciudadanos y al sector privado para que tomen medidas de prevención, además, fortalecer la capacitación de las actividades de educación en la gestión del riesgo especialmente a los niños y jóvenes.

- **Reducción De La Vulnerabilidad:**

Apoyar a las familias de más bajos recursos, para reducir su vulnerabilidad global y buscar mecanismos para su recuperación y protección tras desastres por medio de la asistencia en la reconstrucción y reubicación.

- **Fomento De La Participación Del Sector Privado:**

Crear condiciones propicias para el desarrollo de mercados de seguros, promover el uso de otros instrumentos financieros de distribución de los riesgos en los casos en que corresponda y ofrecer incentivos económicos.

- **Fomento Del Liderazgo Y La Cooperación En La Región:**

Estimular acciones coordinadas en busca de movilizar recursos regionales para las inversiones en reducción de riesgos en el municipio de Guarne, por ejemplo buscar apoyo en la Gobernación de Antioquia y el Banco Interamericano de Desarrollo BID. Además, integrar los datos e información de los organismos sociales como Red Unidos, PNUD, SISBEN y DANE, para actualizar la zonificación de la vulnerabilidad.

11.3 Fase De Conocimiento Del Riesgo

Dentro del proceso de gestión, está conformado por la evaluación de diferentes escenarios de riesgo, monitoreo y seguimiento de sus componentes. Dentro de esta fase se busca principalmente generar conciencia del riesgo, la amenaza, la vulnerabilidad y los desastres en los habitantes de la zona urbana de Guarne, partiendo de lo estipulado en el Artículo 4 de la Ley 1523 del 2012.

Programa de Conocimiento

Este programa pretende establecer bases para la gestión del riesgo en el municipio de Guarne, donde, es fundamental el conocimiento del entorno que afecta a la comunidad y así mitigar los efectos nocivos que genera un desastre. Los proyectos piloto son los siguientes:

- *Estudios de Neotectónica*, este proyecto tendrá como fin evaluar las evidencias de actividad tectónica reciente y fallas activas en los alrededores de la zona urbana de Guarne, como insumo fundamental para una detallada evaluación del riesgo sísmico del municipio.
- *Estudio Geotécnico*, con este proyecto se busca realizar una zonificación geotécnica de detalle, donde se especifique la fluctuación del nivel freático en cada unidad geomorfológica, resistencia y capacidad portante del suelo, así como las características de los perfiles de meteorización, diaclasas, entre otros aspectos asociados con la calidad de los materiales sobre los que se cimientan las edificaciones.
- *Rondas Hídricas y Protección de Nacimientos*, con este proyecto se pretende georeferenciar las bocas de producción y cartografiar a detalle las áreas de encharcamiento, junto con las zonas de alta susceptibilidad a inundaciones y torrencialidad, para con ello determinar una adecuada ronda hídrica en la zona rural con base en lo estipulado en el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE y la nueva metodología del Ministerio de Medio Ambiente.
- *Apoyo de Información Meteorológico*, este proyecto busca crear estrategias mancomunadas con el IDEAM y el SIATA en Medellín, como apoyo en la información de los ciclos climáticos que se presentan en el municipio de Guarne, para así, poder establecer sistemas eficientes de alerta.
- *Conocimiento de la Vulnerabilidad*, con este proyecto se busca la realización de estudios detallados en cada uno de los barrios y centros poblados, donde se implementen más variables de la vulnerabilidad global y se pongan en práctica metodologías internacionales que requieren software especial para tal fin.
- *Patrimonio Geológico*, con este proyecto se busca conocer las áreas con un alto potencial turístico y paisajístico, pero que por sus condiciones de alta susceptibilidad a procesos geológicos, requieren ser integradas dentro de las áreas de protección y conservación.

11.3 Fase De Reducción Del Riesgo

Es un proceso que se centra en la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, así como evitar la ampliación de las zonas de alto riesgo, mediante medidas preventivas que corresponden a obras de mitigación que se adoptan con antelación para menguar los factores de la amenaza y la exposición de los bienes. Las medidas de reducción se pueden calificar en medidas estructurales y medidas de socialización, en esta última, se tiene la capacitación y educación de las comunidades como una prioridad.

Proyectos en el Programa de Socialización del Riesgo

- *Educación En La Gestión Del Riesgo*, con este proyecto se busca crear alianzas entre CORNARE y las instituciones educativas del municipio, en donde se explique de manera clara a la comunidad escolar, las consecuencias del riesgo y como identificarlo en el territorio. Existen muy buenos programas educativos sobre el riesgo a nivel internacional, se destacan los juegos didácticos como riesgolandia y las radionovelas como una estrategia en la reducción de las afectaciones por desastres de las naciones unidas UNISDR.

Es de vital importancia, generar conciencia en cuanto al riesgo en la comunidad, empezando desde las escuelas hasta llegar al núcleo familiar. Las escuelas deben ser el lugar en donde se desarrollen en los niños y niñas la capacidad para dialogar directamente con el mundo y con ello aprender a identificar e interpretar los factores del riesgo en todo el municipio.

Se busca con este proyecto la realización de talleres formativos continuos en el tiempo y capacitaciones en escuelas, colegios, juntas de acción comunal y comités barriales, en donde se eduque a la comunidad sobre el conocimiento y reconocimiento de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos del municipio.

- *Brigadas Juveniles de Prevención del Riesgo*, este proyecto busca conformar grupos de voluntarios, capaces de reconocer áreas de riesgo y que lleven a cabo labores de prevención como limpieza de quebradas y diagnósticos iniciales de amenaza, similares a los *CUIDAD*, en Medellín. Estos grupos pueden, además integrar actividades turísticas, paisajísticas y patrimonio geológico junto con la inclusión del tema de la gestión del riesgo en su educación y capacitación.

- *Manejo de Residuos Sólidos*, este proyecto busca establecer medidas educativas en la comunidad para el buen manejo de los residuos sólidos, específicamente medidas publicitarias para este tema, ubicación de canecas de basura en lugares estratégicos, promover jornadas de reciclaje, entre otras actividades.

- *Comunicación del Riesgo*, este proyecto busca comprometer a los medios de comunicación del municipio, principalmente, emisoras, canales comunitarios y la iglesia, para el trabajo permanente en la difusión de medidas de mitigación, prevención y alerta de desastres.

- *Escuela Campesina*, con este proyecto se busca realizar talleres con la comunidad sobre los manejos y obras iniciales de mitigación ante procesos erosivos. Comprende también acciones en pro del conocimiento de buenas prácticas agropecuarias, además técnicas de cultivo y producción más eficiente y limpia como medidas de disminución de la amenaza y la vulnerabilidad.
- *Reducción de la Vulnerabilidad*, se busca con este proyecto integrar en la región del Oriente Antioqueño, especialmente en Guarne el programa de la Comunidad Europea DIPECHO, que se concentra en reducir la vulnerabilidad de la población ante desastres de origen natural y tiene como objetivo mejorar las capacidades de las comunidades expuestas a estos riesgos para que estén mejor preparadas y protegidas. El programa busca asegurar que la reducción del riesgo se convierta en una parte integral de la política de desarrollo sostenible, para lo cual todas las partes involucradas, gobiernos municipales, comunidades, socios y donantes privados, deben trabajar conjuntamente para lograr esta meta común.

Programa de Atención Física-Estructural y Mitigación

Este programa está basado en la planificación y ejecución de obras estructurales de mitigación, para la reducción de la vulnerabilidad física y por tanto del riesgo, con este programa se pretende crear y/o mejorar las instalaciones físicas, para facilitar una buena gestión del riesgo en el municipio.

- *Establecimiento de lo inestable recuperable o no recuperable*, con este proyecto se busca mediante estudios geotécnicos integrales y valoraciones económicas la delimitación a detalle de las zonas inestables dentro de la zona urbana y las zonas de alto riesgo en las zonas rurales, con el objeto de definir a claramente las acciones en cada predio inestable, las cuales pueden ser de compra total para protección y conservación o rehabilitación para desarrollo o redesarrollo o aprovechamientos turísticos o forestales.
- *Escuela Segura y No Como Albergues Temporales*, la reducción de desastres empieza en la escuela, con este proyecto se busca que los establecimientos educativos de todos los niveles en Guarne, estén en capacidad de ofrecerle a sus usuarios las condiciones de seguridad necesarias para reducir los riesgos que puedan afectarlos y para evitar que éstos se conviertan en desastres. Además, se busca con este proyecto la planificación e instalación de sitios de albergues diferentes a los centros educativos ya que algunas de las consecuencias de usar escuelas como refugios temporales son la interrupción del proceso enseñanza-aprendizaje, el deterioro de aulas y laboratorios, el uso inadecuado del mobiliario y equipo, el daño de los servicios sanitarios y la pérdida de útiles, materiales didácticos y utensilios. Lo que se ve agravado por el hecho de que después que termina la emergencia es difícil recuperar las estructuras y reanudar las actividades escolares
- *Rehabilitación de Obras Hidráulicas*, este proyecto busca generar infraestructuras pertinentes para la canalización y demás manejos de aguas, se

basará en la reconstrucción e implementación de filtros y cunetas, también se implementaran las técnicas necesarias para el manejo de las aguas residuales y el cambio paulatino de la tubería, con base en la ampliación del perímetro sanitario y los diseños ante crecientes con periodos de retorno de los 100 años.

- *Alcantarillado*, este proyecto pretende que en el mediano plazo, las entidades encargadas de este tema, lleven a cabo labores de sustitución y mantenimiento de las redes de alcantarillado, con especial énfasis en las obras hidráulicas que han servido de canalización de las quebradas urbanas.

- *Predios de Protección y Forestación de Laderas*, se busca con este proyecto crear políticas para la adquisición paulatina de predios para ser destinados a protección por parte de administración municipal de Guarne, además, generar conciencia en la comunidad de la importancia de la forestación y el buen manejo del uso del suelo.

- *Rehabilitación de Vías Terciarias y Puentes*, con este proyecto se pretende la búsqueda de medidas presupuestales y estudios técnicos para el reemplazamiento de los puentes en todo el municipio, priorizando la zona urbana, estas obras deben estar acorde con diseños que contemplen los 100 años del periodo de retorno de inundaciones. Igualmente, se requiere rehabilitación del 30% de la maya rural que se encuentra en precaria condiciones.

Programa de Reubicación

Este programa hace referencia a la decisión de reubicar un sector, barrio, vereda o vivienda del municipio de Guarne, constituye una medida extrema, que implica que un grupo humano deba dejar atrás su territorio habitual para reasentarse, de manera permanente en un nuevo espacio geográfico.

La reubicación es generada por una reorganización y/o evento catastrófico, ya sean de origen natural como deslizamientos e inundaciones, o de origen social como la violencia tomando como punto de partida los desastres de origen natural como causa de reubicación, se identifican los siguientes tipos: Preventiva y Reactiva. La reubicación preventiva, es aquella, en la cual una comunidad, o parte de ella, debe abandonar su territorio actual para asentarse en un nuevo, en vista de que no se ofrece una total seguridad para continuar habitándolo.

Una vez que se haya puesto en marcha el proceso de reubicación, se debe tener en cuenta las buenas relaciones entre la comunidad reubicada, la comunidad anfitriona y las instituciones encargadas, para generar una estrecha relación de pertenencia frente a su nuevo territorio en busca de la estabilidad, seguridad y prosperidad de la nueva comunidad, que se convierta en una oportunidad y no en una amenaza.

Un problema a enfrentar para una familia reubicada, es la tentación de regresar a su territorio, muchas veces, no solamente incurren en este hecho, sino que dejan su lugar de reubicación y se vuelven a establecer en las zonas amenaza.

Es posible que en el imaginario de las comunidades las amenazas de origen natural, que desde el punto de vista técnico constituyen motivos suficientes para dejar de vivir en un lugar, ocupen un lugar mucho más bajo frente a otro tipo de amenazas. Resulta posible que las comunidades reubicadas vuelvan a ocupar algunas zonas de amenaza que previamente hayan sido evacuadas, para controlar esto, es importante afinar sistemas de alerta temprana que le avisen a la gente cuando deben evacuar en caso de desastre.

Proyectos

- *Conciencia Comunitaria e Institucional*, este proyecto busca que la comunidad asentada en una zona de alto riesgo y las instituciones, generen medidas mancomunadas para facilitar el proceso de reubicación, realizando talleres y charlas, para fomentar diálogos de saberes e ignorancias.
- *Intervención en las Zonas Desalojadas*, este proyecto busca evitar el reasentamiento de los habitantes en las áreas desalojadas, demoliendo las viviendas en riesgo o rehabilitando los predios mediante obras ingenieriles para usos administrativos del municipio o destinando estas zonas para uso recreacional y paisajístico.
- *Desarrollo Social y Económico de los Reubicados*, este proyecto está basado en la generación de empleo a las personas reubicadas, contratándolos para que ellos mismos construyan sus viviendas y su nuevo barrio.

Programa de Alertas Tempranas

Con este programa se busca crear un conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas.

Proyectos

- *Comités Barriales y Veredales de Emergencia*, este proyecto está basado en el fortalecimiento y/o creación de grupos de personas voluntarias, organizadas en función de ser los primeros respondientes ante una situación de emergencia y conocimiento del riesgo, además, permite que los habitantes sean los partícipes directos de su bienestar y autocuidado.
- *Simulacros*, es importante contar con un proyecto en el cual se realicen simulaciones, con el fin de comprobar la capacidad de respuesta de las instituciones, la comunidad de Guarne y los municipios de vecinos, para luego poder identificar las falencias y su posterior perfeccionamiento.

11.4 Fase Del Manejo Del Desastre

Es un proceso marcado en la preparación para la atención de emergencias y el planteamiento de programas de rehabilitación y recuperación post desastres, donde se contemplan acciones tendientes a preparar y aislar el recurso

humano que actuara ante la ocurrencia de un desastre y está asociado a la elaboración del plan de emergencias y contingencias; el cual está conformado por una estructura organizacional, definición de las funciones, cadena de llamada y capacitaciones. Para lograr una respuesta eficiente es necesario tener personas idóneas en tareas de rescate, entrenados y preparados para la atención, bomberos especializados, que cuenten con herramientas de alta tecnología.

Programa de Atención de Desastres

Este programa está enfocado en instruir sobre las técnicas de atención de emergencias, está basado en el conocimiento de las medidas y cuidados adecuados a poner en práctica por parte de la comunidad y los funcionarios del CLOPAD, bomberos y defensa civil, tan pronto se produzca la emergencia, este programa busca que durante el desastre se eviten complicaciones físicas y psicológicas de los afectados, además, incluye actividades para prestar primeros auxilios a los afectados.

Proyectos.

- *Capacitación En Búsqueda Y Rescate*, este proyecto pretende integrar los estamentos competentes en este tema, como son: Bomberos y Defensa Civil, además de los Comités locales de emergencia, para que actualicen sus conocimientos en búsqueda y rescate y se logre formar junto con la comunidad un plan de emergencias actualizado. Se realizarán periódicamente jornadas de formación preparación y entrenamiento de estas entidades para mejorar la atención ante una emergencia una vez ocurrido el desastre.
- *Plan De Emergencias*, dentro este proyecto se busca realizar un adecuado plan operativo de emergencias, donde se hace necesario definir los niveles de emergencia de acuerdo a los riesgos evaluados, elaboración de planes de acción y envío de informes a la autoridad ambiental de las nuevas áreas desastrosas para mantener un diagnóstico y una recurrencia actualizada.
- *Equipamiento Para Manejo del Riesgo*, con este proyecto se busca suplir las necesidades del cuerpo de bomberos, dotándolos con herramientas y equipos adecuados para una atención eficaz ante diferentes fenómenos. Además, este proyecto contempla la reubicación de la actual estación de bomberos de la zona urbana, hacia un lugar seguro y estratégico para el accionar inmediato ante la ocurrencia de un desastre.

12. RECOMENDACIONES

La incorporación del riesgo en los procesos de planeación y ordenamiento territorial, permitirá establecer medidas para la prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro. Estas medidas deberán articularse con las demás estrategias orientadas a la Gestión Integral del Riesgo en el municipio de Guarne.

Página | 149

Para cada uno de los 82 puntos visitados, en el dimensionamiento y evaluación se establecieron recomendaciones puntuales, algunas temporales otras permanentes, en función de atender la zonas en emergencia, obras y medidas en función de prevenir afectaciones futuras (Anexo 1). A continuación se citan las principales recomendaciones, relacionadas a las actuaciones que se deben llevar a cabo para evitar situaciones críticas:

12.1 Corto Plazo (Menos de un año)

Actualizar los planes de emergencia municipal con base en los nuevos sitios críticos y fenómenos analizados en este trabajo, además integrarlo con el estudio realizado por CORNARE para el área rural en el año 2012.

Para las zonas calificadas como de inestabilidad potencial dentro de los perímetros de expansión, se hace necesaria una zonificación geotécnica con estudios definitivos como lo exige el Título H de la NSR-10, que comprenda estudios de suelo y cartografía 1:500, con el objeto de identificar cuales áreas son aptas para desarrollo.

Los estudios técnicos en los futuros planes parciales, deben incluir estudios geotécnicos y cartografías geomorfológicas a detalle, para garantizar una correcta ocupación del suelo.

Se debe realizar por parte de la administración municipal la identificación predial y catastral en las zonas inestables y ronda hídrica, para que según su criticidad, la cual se muestra en este trabajo, se lleven a cabo labores de reubicación permanente u obras de mitigación urgente, especialmente en los barrios más vulnerables al borde de los afluentes hídricos como El Sango, La Cabaña, San Vicente y San Antonio.

Mediante estudios ingenieriles, se deben delimitar y reclasificar las zonas inestables tanto en la zona urbana como rural de municipio, en donde se identifique si los predios afectados son recuperables o no recuperables, además donde se sopesa económicamente y socialmente la reubicación de las viviendas con la mitigación físicas de los procesos.

Ejercer control por parte de la Secretaria de Planeación y evitar la construcción de viviendas en zonas de alto riesgo y la instalación de llenos antrópicos sobre las llanuras aluviales del municipio, además sancionar los propietarios de los que hagan cortes civiles antitécnicos y generan riesgo de deslizamientos. Requerir por parte de la autoridad ambiental CORNARE y el municipio de Guarne a los infractores ambientales, especialmente a los propietarios de los

predios sobre las llanuras de inundación donde se han instalado llenos antrópicos, para buscar la recuperación de estas áreas estratégicas con recursos por parte de los privados, especialmente sobre la llanura de la quebrada La Brizuela y algunos tramos de Basto Norte.

Acoger y acatar las recomendaciones sobre las restricciones en el predio para urbanismo en La Brizuela. Además, preservar el bosque y las aguas de esta vereda como eje de desarrollo ambiental del municipio, por ello se deben acoger de manera perentoria las propuestas y recomendaciones de los POMCA La Brizuela y La Honda.

Acoger la cartografía realizada en este trabajo para el otorgamiento de nuevas licencias urbanísticas, especialmente las rondas hídricas y zonas inestables y así evitar la continuidad del asentamiento de viviendas en zonas no aptas.

Dada la importancia del intercambio de experiencias y la necesidad de contar con la mayor cantidad de documentación posible, es necesario fomentar la conformación de redes de instituciones y el acceso rápido a la información y documentación técnica y educativa disponible, ampliando los centros o mecanismos municipales y regionales existentes con una perspectiva multidisciplinaria y con un enfoque multisectorial.

En la realización de un corte civil se hace necesario el cumplimiento y acato de las normas expuestas en el Acuerdo 265 del 2011 de CORNARE, donde se da un cuidado especial a la capa vegetal y a las cenizas volcánicas.

Cuando se realicen movimientos de tierra, los cortes deben ofrecer la máxima seguridad tanto para los operarios, como transeúntes y vecinos. Los taludes serán trabajados con las pendientes y alturas recomendadas para el tipo de suelo en el que se está trabajando, también deberán protegerse dichos taludes para evitar procesos erosivos como el ocurrido en el talud del cementerio. Además, no se podrán utilizar cauces de ríos o quebradas como sitios de depósito de los sobrantes de los movimientos de tierra y sólo se permitirán rellenos en lugares en donde por condiciones físicas así lo requieran.

Para el control de los movimientos en masa de pequeña magnitud se recomienda la implementación de obras colmatadoras livianas, tales como los trinchos en guadua, complementando con la revegetalización de los suelos expuestos, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando la infiltración del agua y su deterioro.

Realizar campañas de mantenimiento y limpieza de los cauces de las quebradas en la zona urbana, en el marco de los proyectos propuestos. Con el fin de prevenir obstrucciones e inundaciones, además se debe dar un tratamiento adecuado a los vertimientos de aguas residuales a las fuentes hídricas, las cuales deben ser primero tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales.

12.2 Mediano Plazo (De uno a tres años)

Realizar proyectos para la recuperación de predios degradados por erosión como los son Hamburgo, San Antonio II y La Brizuela, mediante instalación de trinchos y revegetalización con barreras vivas y obras de drenaje, para evitar su intensificación en el tiempo.

Deben fortalecerse y estimularse programas educativos para la población y esquemas de capacitación que permitan que los investigadores, planificadores, técnicos y funcionarios adquieran conocimientos heterogéneos adecuados a las distintas realidades del municipio de Guarne.

Página | 151

Se deben fortalecer los sistemas organizativos y administrativos de gestión de riesgos, adecuándolos a la realidad de los desastres que se presentan. Esto implica entre otras cosas: la descentralización de los entes gubernamentales responsables, la incorporación y participación de la sociedad y la adopción de un enfoque preventivo y no exclusivamente de atención de emergencias.

Se debe realizar una revisión detallada del sistema de alcantarillado especialmente en el barrio San Vicente donde no se tiene una red adecuada, además evaluar la capacidad hidráulica de las obras de canalización de las fuentes hídricas del municipio, principalmente las que atraviesan la zona urbana. También se debe realizar obras de ampliación y mantenimiento a los puentes u obras viales que restringen el paso de las fuentes, especialmente las obras de paso en las quebradas Basto Norte, Basto Sur, La Charanga y La Brizuela.

Realizar labores de limpieza y restablecimiento natural del cauce, donde este ha sido intervenido por obras antrópicas, como rellenos de basuras y empalizadas. Además, apoyar las Juntas de Acción Comunal y Acueductos Rurales en la formulación y ejecución de Programas de Intercambio de Servicios con CORNARE.

Las aguas de escorrentía de origen pluvial que discurren sobre las diversas vaguadas o concavidades de primer orden se pueden coleccionar a través de cunetas perimetrales y filtros. Así mismo, según la dinámica hídrica y el rango de pendientes propias de cada vaguada, se puede requerir de canaletas con disipadores de energía, con el fin de disminuir el caudal del agua y por ende su impacto en las zonas de menor pendiente, evitando posibles crecientes y/o procesos erosivos en la base.

Establecer la zona de inestabilidad potencial en el Cerro La Cruz, como un área de recuperación y preservación, donde se remplacen los pastos por la siembra de arbusto de bajo, además integrar este cerro a los corredores turísticos ambientales del municipio de Guarne.

Hacer los requerimientos por parte de la autoridad ambiental de los permisos de vertimientos, escombreras e invasiones de los cauces en la zona urbana del municipio especialmente en Centro Plaza, San Francisco y San Antonio.

12.3 Largo Plazo (Más de tres años)

Se propone la realización de un estudio técnico detallado que determine con exactitud la ronda hídrica y las áreas susceptibles a inundación y torrencialidad en la zona rural del municipio. Además, realizar mediante los parámetros del Acuerdo 251 del 2011 de CORNARE, la identificación detallada de los nacimientos, sus áreas de encharcamiento y producción. Esto con el fin evitar ambigüedades evidenciadas con la aplicación de los buffers sistemáticos.

Construcción de parques lineales, especialmente a lo largo de las llanuras y ronda hídrica de la quebrada La Mosca, desde El Sango, hasta la planta de tratamiento de aguas residuales. Las bajas densidades que generan la construcción de un parque recreativo y los beneficios que ofrece a nivel social y urbanístico convierten en este uso el más adecuado para estas áreas.

Gestionar ante el Ministerio de Medio Ambiente y el Fondo Nacional de Regalías la aprobación del proyecto de mejoramiento de la capacidad hidráulica de la quebrada la Mosca en el municipio de Guarne, en el que se realicen intervenciones con proyección a largo plazo y sin cambios drásticos de las corrientes hídricas ni canalizaciones.

Se deben realizar estudios de estructuras secundarias heredadas de la roca original y un seguimiento permanente a los cortes del terreno realizados para la construcción de obras civiles, ya que en muchos casos estos pueden producir movimientos en masa.

Se recomienda realizar estudios de pluviosidad e intensidad, así como la identificación de la respuesta del tipo de suelo a la acumulación de lluvia durante épocas de invierno. Para esto se propone la instalación de estaciones pluviométricas en las veredas circundantes a la zona urbana.

Se propone la realización de una microzonificación sísmica a corto plazo para la región del Oriente Cercano, en cumplimiento de la Ley 400 de 1997, la cual plantea que es obligatorio para los municipios y regiones con una población superior a los 100.000 habitantes realizar una microzonificación sísmica en busca de preparación ante cualquier evento telúrico.

Se recomienda en cada plan parcial dentro de la zona de expansión, la realización de un estudio geotécnico integral, que contenga los sondeos necesarios según la norma NSR-10, en donde se efectúen análisis de resistencia y capacidad portante del suelo, humedad y variabilidad del nivel freático en el predio.

Destinar las áreas declaradas inestables y de inestabilidad potencial como zonas de compensación forestal, así también como los predios de la ronda hídrica, especialmente las zonas de amortiguamiento de los retiros a nacimientos para tal fin, y en donde sea permisible el seguimiento y control a las nuevas plantaciones.

Evitar la realización de muros de gavión y obras de contención para solucionar los problemas de socavación lateral, para tal fin se propone proteger las orillas cóncavas de las curvas por medio de espigones, del modo que el eje longitudinal quede inclinado hacia aguas arriba, formando un ángulo de 70 grados con la dirección de la orilla.

Se deben establecer y ejecutar acciones que permitan mejorar las condiciones de drenaje de las aguas de escorrentía en los bordes laterales de los ejes viales rurales, ya que el inadecuado manejo de estas aguas, puede generar potencialmente la erosión del terraplén como los observados en Montañés.

Gran parte de los eventos de inundación se relacionan a deficiencias en obras hidráulicas, por lo que se recomiendan estudios más detallados que consideren los cambios ambientales entre picos secos y húmedos, por la alternancia en el tiempo de procesos asociados con los fenómenos de La Niña y El Niño.

Adquirir 50 hectáreas de terrenos en zonas de protección del recurso hídrico que abastece acueductos y reforestar 30 hectáreas en zonas de protección del recurso hídrico y en predios particulares que se soliciten por parte de la comunidad, específicamente en La Charanga, Montañés y La Brizuela

Promover el aseguramiento de los bienes urbanos y rurales del municipio de Guarne, ya que se constituye es una opción eficiente para reducir la probabilidad de un déficit de recursos durante la reconstrucción o rehabilitación de los elementos dañados después de un desastre.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, L. A., 2007. Las concavidades de primer orden: Expresión del mecanismo activo del modelado en el altiplano de Santa Rosa de Osos. En: Boletín de Ciencias de La Tierra, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín Vol. 20 pag 9-38.
- Arias, L. 1994. Identificación de Zonas de Riesgo por Fenómenos Naturales en la Cabecera Municipal de Guarne. Gobernación de Antioquia – Secretaria de Desarrollo de la Comunidad Sección FOPREVE. 80 p
- Área Metropolitana Y Consorcio De Microzonificación (Solingral S.A., Integral S.A., Inteinsa, Universidad EAFIT, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín). 2006. Microzonificación Sísmica De Los Municipios Del Valle De Aburrá Y Definición De Zonas De Riesgo Por Movimientos En Masa E Inundaciones En El Valle De Aburrá. Archivo Área Metropolitana Del Valle De Aburra. pp. 42-74.
- CORNARE, Gobernación de Antioquia y Municipio de Guarne. 2012. Zonificación De Riesgo Por Movimientos En Masa Inundación Y Avenidas Torrenciales. Atención De Áreas Afectadas Por Eventos Desastrosos. 76 p
- CORNARE. 2011 lineamientos ambientales para el ordenamiento territorial municipal. Versión actualizada
www.cornare.gov.co/documentos/Lineamientos-ambientales-POT-ver11.pdf
- CORNARE. 2012. Datos Generales y Acuerdos Para Los Municipios De La Jurisdicción De CORNARE. www.cornare.gov.co
- CORNARE y Universidad Nacional del Colombia. 2005. Plan de ordenamiento y manejo para la Cuenca La Brizuela – Municipio de Guarne, Antioquia. Documentos Técnicos de Soporte 260 p.
- Feininger, T., Botero, G., 1982. El Batolito Antioqueño, Colombia. Publicación Geológica Especial INGEOMINAS, Bogotá. 1–50 pp.
- Gallego, J. J., 2013. Análisis geomorfológico como apoyo a la búsqueda de actividad neotectónica en el Oriente Antioqueño (oriente cercano a la ciudad de Medellín) Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 295 p.
- Gallego, J. J., y González, A. 2012. Panorama De La Amenaza Sísmica Para La Región De CORNARE. Equipo De Gestión Del Riesgo Oficina De Control Estratégico, 60 p
- Gobernación de Antioquia. 2012. Plan De Desarrollo De Antioquia 2012 – 2015 “Antioquia la más educada”.

- González, A. 2010. Estudio de lineamientos como apoyo a la búsqueda de actividad neotectónica en el Oriente Antioqueño (Oriente cercano a la ciudad de Medellín). Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 87p.
- HIDRAMSA, 1993. Estudio de la llanura de inundación de la quebrada La Mosca, en el municipio de Guarne. Centro de Documentación CORNARE, El Santuario – Antioquia.
- Hoyos, F. 2000. Investigación De Las Aguas Subterráneas Región Valle De San Nicolás Fase II. Facultad de Minas, Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín.
- International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). 2007 Words into Action: A Guide for Implementing the Hyogo Framework <http://www.eird.org/americas/>
- INGEOMINAS, 2005. Geología de la Plancha 147 Medellín Oriental. Explicación del mapa geológico (escala 1:50.000). Medellín.
- Lenis, C., Salazar, J., Caro, L. 2013. Diagnóstico social barrio San Vicente, Guarne – Antioquia “Unidos por San Vicente”. Estudio Académico Facultad de Ciencias Humanas y Sociales de Trabajo Social, Uniminuto – Bello 31 p.
- Meza, J y Uribe, R. 1986. Corrección y Protección de Las Riberas del Rio Marinilla. Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Medellín.
- Municipio de Guarne. 2012. Plan Local de Gestión del Riesgo Municipio Guarne Departamento de Antioquia. Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres COMGERD 98 p.
- Municipio de Guarne. 2012. Plan de Desarrollo Municipio de Guarne 2012 – 2015. 40 p.
- Municipio de Guarne y MASORA. 2011. Revisión y ajuste plan básico de ordenamiento territorial de Guarne. Documento Técnico de Soporte 414 p.
- Municipio de Guarne. 2000. Acuerdo 061, junio 30 del 2000, por medio del cual se adopta el plan básico de ordenamiento territorial para el municipio de Guarne. 181 p
- Municipio de Medellín. 2009. Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el valle de Aburrá. Formulación de propuestas de gestión. Capítulo II. Ejecutado por la Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín Facultades de Arquitectura y Minas.

- PRODEPAZ 2012 y SIRPAZ 2007. Sistema De Información Regional Para La Paz. Encuestas de la Zona Urbana del municipio de Guarne.
- Rendón, A., Caballero, H., Gallego, J., Jaramillo, J., Arias, L., González A., Lalinde, C. 2013. Análisis Paleo sismológico y Actividad Neotectónica en el Oriente Cercano a la Ciudad de Medellín. Boletín de Ciencias de La Tierra, En Publicación.
- Rendón, A., Caballero H., Arias L., González A., Arenas J., Gallego J. 2011. Estudio geológico-geomorfológico en el oriente cercano a Medellín, como apoyo a la búsqueda de actividad tectónica reciente. Boletín de Ciencias de La Tierra, Numero 29, Medellín pp. 39-53.
- Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas. 2013. Zonificación Geológico – Geomorfológico Y Geotécnica De La Urbanización La Brizuela - Municipio De Guarne. Medellín 35 p.
- Toro, G. Hermelín, M. Echeverri, G. Posada, B. Vera, C. 2000. Mapificación, Cuantificación Y Caracterización De Las Cenizas Volcánicas En La Cuenca Del Río Negro; Definición De La Importancia Dentro Del Ciclo Hidrológico Y Para La Recarga De Los Acuíferos Subterráneos Y Propuesta De Una Reglamentación Para Su Uso. Proyecto De Investigación Preparado Para CORNARE, Grupo De Geología Ambiental Universidad EAFIT.