

**DESARROLLO DE UN PLAN DE INVERSIÓN PARA MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO DE LOS PRINCIPALES CORREDORES
VIALES PARA LOS MUNICIPIOS: PIEDECUESTA, GIRÓN Y FLORIDABLANCA**



Christian Ricardo Lizcano Rodríguez

Fabio Enrique Duarte Garrido

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MÉCANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

**DESARROLLO DE UN PLAN DE INVERSIÓN PARA MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO DE LOS PRINCIPALES CORREDORES
VIALES PARA LOS MUNICIPIOS: PIEDECUESTA, GIRÓN Y FLORIDABLANCA**

Christian Ricardo Lizcano Rodríguez

Fabio Enrique Duarte Garrido

**Tesis de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director

Eduardo Alberto Castañeda Pinzón

Ing. Civil, M. Sc, PhD.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MÉCANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

*A Dios, por ser la Luz que guía mi camino
Por acompañarme en cada momento de mi vida,
Porque me cuida, protege y ama
Como solo lo hace un Padre con su Hijo.*

*A mis padres, Noema y Mario, por ser el ejemplo de mi vida
Porque me enseñaron los principios necesarios
Para ser una persona de bien y de éxito,
Porque todo lo que soy hoy es gracias a su esfuerzo y dedicación.*

*A mis abuelos, por sus oraciones y comprensión
Por sus sabios y amorosos consejos,
Que me incitan cada día a ser mejor, a ser feliz.*

*A mi hermano, Sergio Paulo, por ser mi amigo
Por compartir tantos momentos alegres,
Porque ha sido la mejor compañía de mi infancia.*

*A mi tía, Marisol, por ser la mejor tía
Por su comprensión y ayuda, por escucharme y ser mi amiga.*

*A mi Princesa, Liss Vega, el amor de mi vida
Porque con su sonrisa hace cada día más feliz,
Por estar a mi lado, amarme y compartir cada sueño.*

*A todos mis familiares, por apoyarme en cada instante
Por su afecto, porque sé que siempre estarán a mi lado.*

*A mis amigos, por cada uno de los momentos que compartimos
Por sus sonrisas en los momentos felices
Y por su apoyo en los momentos difíciles.*

FABIO ENRIQUE DUARTE GARRIDO

A Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr otra meta más en mi carrera.

A mi madre que aunque esté ausente permanece en mi corazón y desde el cielo sigue acompañando cada ciclo de mi vida.

A mi padre por luchar tanto para sacarme adelante y por enseñarme a afrontar con valor las diferentes etapas que tiene la vida

A mis hermanos, en especial Rubén Darío por su apoyo incondicional y por los buenos momentos que hemos compartido.

A mis abuelos que están en el cielo, con quienes compartí maravillosos momentos, en especial a mi abuelo Martín por su apoyo incondicional en mi proceso de educación.

A mis dos abuelas que aún siguen conmigo, porque siempre han sido un ejemplo de trabajo, perseverancia y un estímulo para alcanzar mis sueños.

A mis tíos por contribuir en la consecución de mis logros académicos y personales.

Al grupo de investigación Geomática por brindarnos una formación integral para crecer como profesionales.

CHRISTIAN RICARDO LIZCANO RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de proyecto, Eduardo Alberto Castañeda quien con su paciencia, orientación y conocimiento permitió que se llevara a cabo la realización de este proyecto.

Al grupo de investigación Geomática en especial al profesor Hernán Porras por brindarnos una formación integral para crecer como profesionales y brindar un servicio idóneo a la sociedad.

A nuestras familias por ser incondicionales en los diferentes ciclos de nuestras vidas permitiendo el logro de nuestras metas.

A los Ingenieros: Sandy Yanes, Felipe castro, Mayra vega por los consejos que fueron parámetros clave para la elaboración de este trabajo de grado.

A la universidad industrial de Santander, por ser nuestra alma mater y brindarnos la oportunidad de alcanzar nuestros sueños.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	26
1. OBJETIVOS	28
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	28
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	28
2. JUSTIFICACIÓN	29
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	30
4. ALCANCE	31
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	32
5.1. Localización General	32
5.2. Localización Específica.....	33
6. METODOLOGÍA.....	36
7. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	38
7.1. Conceptos Básicos	40
7.1.1. Definición del sector vial.....	40
7.1.2. Segmento vial.	40
7.1.3. Nodo.....	40
7.1.4. Código de red.....	40
7.1.5. Sistema de Información geográfica (SIG).	41
7.1.7. SHAPEFILE.	42
7.1.8. Diccionario de datos.....	42
7.1.9. PDA.....	43
7.2. Clasificación de la malla vial	43

7.2.1.	Clasificación vial según el POT	46
7.2.2.	Clasificación vial según el tipo de rodadura	54
7.2.2.1.	Pavimento flexible.....	54
7.2.2.2.	Pavimento rígido.....	55
7.2.2.3.	Pavimentos articulados.....	56
7.3.	Inspección visual del pavimento	63
7.3.1.	Personal y equipo.....	63
7.3.2.	Tipos de deterioros en los pavimentos Asfálticos	64
7.3.3.	Tipos de deterioros en los pavimentos rígidos	68
7.3.4.	Tramos inventariados.....	71
7.3.5.	Fallas representativas en la malla vial.....	80
7.3.5.1.	Fallas que más afectan la red.....	89
7.4.	Sumideros y obras de drenaje	91
7.5.	Pronóstico del tránsito	100
7.5.1.	Aforos vehiculares.....	102
7.5.2.	Tránsito promedio diario (TPD)	109
7.5.3.	Evolución histórica del tránsito automotor.....	115
7.5.4.	Ejes equivalentes	118
7.5.5.	Tránsito futuro	119
8.	VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL PAVIMENTO (PCI)	127
8.1.	Estado de pavimentos para el municipio de Floridablanca	128
8.2.	Estado de pavimentos para el municipio de Girón.....	130
8.3.	Estado de pavimentos para el municipio de Piedecuesta.....	132
8.4.	Estado del pavimento según el tipo de rodadura.....	134

8.4.1.	Estado del pavimento Flexible	134
8.4.2.	Estado del pavimento Rígido	141
9.	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE RECUPERACIÓN DE LA MALLA VIAL.....	147
9.1.	Intervenciones para pavimentos flexibles	148
9.1.1.	Valoración del estado superficial.....	148
9.1.2.	Evaluación estructural	149
9.1.2.1.	Calculo del SN futuro.....	149
9.1.2.2.	Calculo del SN efectivo.....	150
9.1.3.	Planteamiento de alternativas de mantenimiento y conservación. ...	152
9.1.3.1.	Mantenimiento rutinario:	153
9.1.3.2.	Mantenimiento periódico.....	153
9.1.3.3.	Reconstrucción total	153
9.1.3.4.	Refuerzo	154
9.1.4.	Determinación de las alternativas de mantenimiento y conservación 154	
9.1.5.	Valoración de costos unitarios utilizados en las actividades de mantenimiento y rehabilitación para pavimentos flexibles.....	160
9.1.6.	Costos de recuperación para pavimentos flexibles	161
9.2.	Intervención para pavimentos rígidos	168
9.2.1.	Valoración del estado superficial.....	168
9.2.2.	Planteamiento de alternativas de mantenimiento y conservación. ...	168
9.2.2.1.	Mantenimiento rutinario	168
9.2.2.2.	Mantenimiento periódico.....	169
9.2.2.3.	Rehabilitación	170
9.2.2.4.	Reconstrucción	171

9.2.3.	Determinación de alternativas de mantenimiento y conservación....	172
9.2.4.	Valoración de costos unitarios utilizados en las actividades de mantenimiento y rehabilitación para pavimentos flexibles.....	173
9.2.5.	Costos de recuperación para pavimentos rígidos	174
9.3.	Costo total de recuperación para los principales corredores	181
10.	ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO VIAL	183
10.1.	Definición.....	183
10.2.	Valoración del patrimonio vial.....	183
10.3.	Metodología para el cálculo del patrimonio vial	184
10.3.1.	Clasificación de las carreteras	184
10.3.2.	Análisis de costos	186
10.3.3.	Procesamiento de la información.....	186
11.	ANÁLISIS DE INVERSIÓN PARA EL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL (2011-2020).....	187
11.1.	Metodología propuesta.....	187
11.1.1.	Determinación de las familias de deterioro	188
11.1.1.1.	Características de las familias de deterioro	189
11.2.	Modelamiento de la malla vial en HDM-4 para estimar los costos de recuperación anual en los municipios del área metropolitana	199
11.3.	Inversión anual para los próximos 10 años.	207
12.	PRIORIZACIÓN PARA INVERSIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL..	210
12.1.	Modelo de priorización vial	210
12.2.	Prioridad de inversión.....	212
13.	CONCLUSIONES	214
14.	RECOMENDACIONES	219

15. BIBLIOGRAFÍA221

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto.....	33
Figura 2. Localización específica del proyecto	35
Figura 3. Área metropolitana de Bucaramanga (AMB)	35
Figura 4. Metodología	37
Figura 5. Elementos de un segmento vial.....	41
Figura 6. Red vial general del municipio de Floridablanca.....	47
Figura 7. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, municipio de Floridablanca	48
Figura 8. Red vial general del municipio de Girón	49
Figura 9. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, municipio de Girón	51
Figura 10. Red vial general del municipio de Girón	52
Figura 11. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, municipio de Piedecuesta	53
Figura 12. Tipo de rodadura flexible	55
Figura 13. Tipo de rodadura rígido.....	55
Figura 14. Tipo de rodadura articulado	56
Figura 15. Porcentaje según el tipo de rodadura Floridablanca.....	57
Figura 16. Clasificación vial según el tipo de rodadura, municipio de Floridablanca	58
Figura 17. Porcentaje según el tipo de rodadura Girón.	59
Figura 18. Clasificación vial según el tipo de rodadura, municipio de Girón	60
Figura 19. Porcentaje según el tipo de rodadura Piedecuesta.	61
Figura 20. Clasificación vial según el tipo de rodadura, municipio de Piedecuesta.	62

Figura 21. Clasificación de la malla vial primaria inventariada, municipio de Floridablanca	74
Figura 22. Clasificación de la malla vial primaria inventariada, municipio de Girón	77
Figura 23. Clasificación de la malla vial primaria inventariada, municipio de Piedecuesta	79
Figura 24. Tipos de fallas pavimento flexible, municipio de Floridablanca.....	80
Figura 25. Tipos de fallas pavimento rígido, municipio de Floridablanca.....	82
Figura 26. Tipos de fallas pavimento flexible, municipio de Girón.	83
Figura 27. Tipos de fallas pavimento rígido, municipio de Girón.....	85
Figura 28. Tipos de fallas pavimento articulado, municipio de Girón	86
Figura 29. Tipos de fallas pavimento flexible, Municipio de Piedecuesta.	86
Figura 30. Tipos de fallas pavimento rígido, Municipio de Piedecuesta.....	88
Figura 31. Fallas que más afectan la red vial en los Municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.....	90
Figura 32. Estado de sumideros y obras de drenaje, municipio de Floridablanca .	92
Figura 33. Localización de sumideros y obras de drenaje, municipio de Floridablanca	93
Figura 34. Estado de sumideros y obras de drenaje, municipio de Girón.....	95
Figura 35. Localización de sumideros y obras de drenaje, municipio de Girón	96
Figura 36. Estado de sumideros y obras de drenaje, Municipio de Piedecuesta ...	98
Figura 37. Localización de Sumideros y obras de drenaje, Municipio de Piedecuesta	99
Figura 38. Clasificación de los vehículos en Colombia, según el MOPT.	101
Figura 39. Codificaciones de los movimientos viales.....	103
Figura 40. Localización puntos de Aforos Floridablanca.....	103
Figura 41. Localización puntos de aforos Girón.....	104

Figura 42. Localización de aforos Piedecuesta	104
Figura 43. Formato de campo para la toma de Aforos Vehiculares	109
Figura 44. Distribución de vehículos equivalentes por hora Municipio de Floridablanca	111
Figura 45. Composición vehicular de Floridablanca	112
Figura 46. Distribución de vehículos equivalentes por hora Municipio de Girón ..	112
Figura 47. Composición vehicular de Girón	113
Figura 48. Distribución de vehículos equivalentes por hora Municipio de Piedecuesta	114
Figura 49. Composición vehicular de Piedecuesta	114
Figura 50. Nivel de motorización (automóviles), del AMB, 1990 - 2009.....	116
Figura 51. Nivel de motorización de otros vehículos, AMB 1990 - 2009.....	117
Figura 52. Distribución del tránsito de diseño, municipio de Floridablanca.....	124
Figura 53. Distribución del tránsito de diseño, municipio de Girón	125
Figura 54. Distribución del tránsito de diseño, municipio de Piedecuesta	126
Figura 55. Estados de pavimentos malla vial de Floridablanca	129
Figura 56. Estados de pavimentos malla vial de Girón	131
Figura 57. Estados de pavimentos malla vial de Piedecuesta	133
Figura 58. Estado de los pavimentos flexibles, municipio de Floridablanca	138
Figura 59. Estado de los pavimentos flexibles, municipio de Girón	139
Figura 60. Estado de los pavimentos flexibles, municipio de Piedecuesta	140
Figura 61. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Floridablanca.....	144
Figura 62. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Girón	145
Figura 63. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Piedecuesta	146
Figura 64. Calificación estado superficial del pavimento	149

Figura 65. Algoritmo de mantenimiento vial para $0 < PCI < 40$	155
Figura 66. Algoritmo de mantenimiento y rehabilitación vial para $0 < PCI < 40$	157
Figura 67. Algoritmo de mantenimiento y rehabilitación vial para $85 < PCI < 100$...	159
Figura 68. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Floridablanca	162
Figura 69. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Girón	163
Figura 70. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Piedecuesta	164
Figura 71. Intervenciones pavimento flexible, municipio de Floridablanca	165
Figura 72. Intervenciones pavimento flexible, municipio de Girón	166
Figura 73. Intervenciones pavimento flexible, municipio de Piedecuesta	167
Figura 74. Costo de recuperación pavimento rígido, municipio de Floridablanca	175
Figura 75. Costo de recuperación pavimento rígido, municipio de Girón.....	176
Figura 76. Costo de recuperación pavimento rígido, municipio de Piedecuesta..	177
Figura 77. Intervenciones pavimento rígido, municipio de Floridablanca.....	178
Figura 78. Intervenciones pavimento rígido, municipio de Girón	179
Figura 79. Intervenciones pavimento rígido, municipio de Piedecuesta	180
Figura 80. Costos de recuperación total de los principales corredores del AMB .	182
Figura 81. Presentación del modelo HDM-4 para la estimación de los costos de recuperación	191
Figura 82. Corrida del modelo HDM-4 para la estimación de los costos de recuperación	201
Figura 83. Reporte del HDM-4 para la estimación de los costos de recuperación	202
Figura 84. Estado de la condición Superficial de la malla Escenario Tendencial con restricción presupuestal	204
Figura 85. Costos de Mantenimiento malla vial de los municipios de Florida-Girón-Piedecuesta	209

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones sobre recolección de información para el diseño y reconstrucción de alternativas de rehabilitación.	39
Tabla 2. Red vial general del municipio de Floridablanca	46
Tabla 3. Red vial general del municipio de Girón.....	49
Tabla 4. Red vial general del municipio de Piedecuesta.....	50
Tabla 5. Pavimentos existentes en el municipio de Floridablanca	57
Tabla 6. Pavimentos existentes en el municipio de Girón.....	59
Tabla 7. Pavimentos existentes en el municipio de Piedecuesta.....	61
Tabla 8. Deterioros en los pavimentos flexibles.....	65
Tabla 9. Clasificación de deterioros y severidad para pavimentos flexibles	67
Tabla 10. Deterioro en los pavimentos rígidos.....	68
Tabla 11. Clasificación de deterioros y severidad para pavimentos rígidos.....	69
Tabla 12. Tramos inventariados, municipio de Floridablanca	71
Tabla 13. Tramos inventariados, municipio de Girón.....	75
Tabla 14. Tramos inventariados, municipio de Piedecuesta.....	78
Tabla 15. Cuantificación de deterioros pavimento flexible, municipio de Floridablanca.	81
Tabla 16. Cuantificación de deterioros pavimento rígido, municipio de Floridablanca.	81
Tabla 17. Cuantificación de deterioros pavimento flexible, municipio de Girón. ...	83
Tabla 18. Cuantificación de deterioros pavimento rígido, municipio de Girón.....	84
Tabla 19. Cuantificación de deterioros pavimento articulado, municipio de Girón.	85

Tabla 20. Cuantificación de deterioros pavimento flexible, municipio de Piedecuesta.....	87
Tabla 21. Cuantificación de deterioros pavimento rígido, Municipio de Piedecuesta.....	88
Tabla 22. Fallas que más afectan la red vial en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.....	89
Tabla 23. Estado de los sumideros y obras de drenaje, municipio de Floridablanca	92
Tabla 24. Estado de los sumideros y obras de drenaje, municipio de Girón	95
Tabla 25. Estado de los sumideros y obras de drenaje, municipio de Piedecuesta	98
Tabla 26. Categoría de puntos de conteo.....	102
Tabla 27. Número de estaciones de conteo por municipio	102
Tabla 28. Formato para digitalización de conteos vehiculares	110
Tabla 29. Factor de equivalencia de movilidad según el tipo de vehículo	110
Tabla 30. Acumulados de automóviles y relación por habitantes del AMB, 1990-2009.....	115
Tabla 31. Clasificación vehicular AMB.....	120
Tabla 32. Factores de equivalencia de daño vehicular	120
Tabla 33. Factor de distribución vehicular por carril.....	121
Tabla 34. Confiabilidad en la estimación del transito.....	122
Tabla 35. Rangos de transito de diseño según el número de ejes equivalentes .	123
Tabla 36. Rango de calificación del PCI	127
Tabla 37. Estados de pavimentos malla vial de Floridablanca	128
Tabla 38. Estados de pavimentos malla vial de Girón	130
Tabla 39. Estados de pavimentos malla vial de Piedecuesta	132
Tabla 40. Estado de los pavimentos flexibles municipio de Floridablanca.....	134

Tabla 41. Estado de los pavimentos flexibles municipio de Girón	135
Tabla 42. Estado de los pavimentos flexibles municipio de Piedecuesta	136
Tabla 43. Estado de los pavimentos rígidos municipio de Floridablanca	141
Tabla 44. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Girón	142
Tabla 45. Estado de los pavimentos rígidos municipio de Piedecuesta.....	143
Tabla 46. Coeficientes estructurales para cada tipo de daño	150
Tabla 47. Alternativas de mantenimiento y conservación para pavimentos flexibles	154
Tabla 48. Determinación de refuerzo para mantenimiento periódico.....	156
Tabla 49. Determinación de refuerzo para mantenimiento rutinario	158
Tabla 50. Costos unitarios para las actividades propuestas para pavimentos flexibles.....	160
Tabla 51. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Floridablanca	162
Tabla 52. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Girón.....	163
Tabla 53. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Piedecuesta.	164
Tabla 54. Intervenciones pavimento rígido	172
Tabla 55. Costos unitarios para las actividades propuestas para pavimentos rígidos.....	174
Tabla 56. Intervenciones pavimento rígido municipio de Floridablanca.....	175
Tabla 57. Intervenciones pavimento rígido municipio de Girón	176
Tabla 58. Intervenciones pavimento rígido municipio de Piedecuesta.....	177
Tabla 59. Costos de recuperación total de principales corredores del AMB	181
Tabla 60. Patrimonio vial	186
Tabla 61. Factor de capacidad.....	210
Tabla 62. Factor de transito	211

Tabla 63. Índice del estado superficial de los segmentos viales.....	211
Tabla 64. Tramos con mayor prioridad de inversión	213
Tabla 65. Familias de deterioro propuestas para el modelo HDM-4	188
Tabla 66. Parámetros utilizados para las Familias de Deterioro municipio de Floridablanca	189
Tabla 67. Parámetros utilizados para las Familias de Deterioro municipio de Girón	190
Tabla 68. Parámetros utilizados para las Familias de Deterioro municipio Piedecuesta	190
Tabla 69. Geometría de las familias de deterioro, modelamiento HDM-4.....	193
Tabla 70. Estructura del pavimento, modelamiento HDM-4.....	193
Tabla 71. Estado superficial pavimento flexible final 2010.....	194
Tabla 72. Composición vehicular, modelamiento HDM-4	195
Tabla 73. Actividades de mantenimiento y rehabilitación, modelamiento HDM-4	196
Tabla 74. Actividades de mantenimiento y rehabilitación, modelamiento HDM-4	196
Tabla 75. Precios unitarios por actividad	198
Tabla 76. Kilometraje inspeccionado en los municipios del A.M.B	199
Tabla 77. Condición superficial Municipios del Área Metropolitana, modelamiento HDM-4	203
Tabla 78. Condición Superficial municipios del Área Metropolitana, modelamiento HDM-4	205
Tabla 79. Costos de mantenimiento anual para el municipio de Floridablanca ..	207
Tabla 80. Costos de mantenimiento anual para el municipio de Girón	207
Tabla 81. Costos de mantenimiento anual para el municipio de Piedecuesta	208

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Procedimiento para el cálculo de la condición superficial del pavimento (PCI).

ANEXO B. Modelo de priorización para el mantenimiento y conservación de los pavimentos de los principales corredores viales de AMB

RESUMEN

TÍTULO: DESARROLLO DE UN PLAN DE INVERSIÓN PARA MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO DE LOS PRINCIPALES CORREDORES VIALES PARA LOS MUNICIPIOS: PIEDECUESTA, GIRÓN Y FLORIDABLANCA*¹

AUTORES: Christian Ricardo Lizcano Rodríguez**

Fabio Enrique Duarte Garrido**

PALABRAS CLAVES: Plan de Inversión, Mantenimiento, Pavimento, Corredores Viales.

DESCRIPCIÓN

Los modelos de Gestión de Pavimentos (MPG) no son algo nuevo en Colombia, desde hace varios años se trabajan los MPG como ayuda administrativa en los presupuestos de las ciudades, con el fin de tener una mejor distribución de los recursos utilizados en el mantenimiento, la conservación y la construcción de vías. En este trabajo nos basamos en las fallas superficiales del pavimento, para dar un diagnóstico del estado actual de los principales corredores viales de los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca. También se tienen en cuenta otros factores que influyen de forma directa en la condición superficial de las vías en estudio como el tránsito promedio diario o TPD, el estado de servicio de las obras de drenaje como los sumideros y el número de ejes equivalentes que soportarán las vías para los próximos 10 años, y otros que influyen indirectamente como la clasificación vial dentro del plan de ordenamiento territorial de los municipios, esta información primaria se recolecta mediante un trabajo de campo, en el cual se recorren los 120 Kilómetros inventariados. Clasificando cada tramo vial de acuerdo a la cantidad de área afectada y a el servicio que presta a la comunidad podemos establecer un modelo de priorización de inversión de recursos, dando prioridad a los tramos más afectados y que son de mayor utilidad. Basados en esto realizamos un plan de inversión que nos ayudara a distribuir los recursos existentes de la forma más adecuada y óptima.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Civil, M. Sc, Ph.D. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón.
Tutor: Ing. Civil Sandy Jair Yanes Sánchez.

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF AN INVESTMENT PLAN FOR PAVEMENT MAINTENANCE AND CONSERVATION OF THE MAIN ROAD CORRIDORS IN PIEDECUESTA, GIRÓN AND FLORIDABLANCA*¹

AUTHORS: Christian Ricardo Lizcano Rodríguez**

Fabio Enrique Duarte Garrido**

KEY WORDS: Investment Plan, Maintenance, Pavement, Road Corridor.

DESCRIPTION

Pavement Management Models (PMM) are not new in Colombia. During the last years these models have been used as an administrative tool for city budgets, with the aim of obtaining a better distribution of the resources used in road maintenance, conservation and construction. Based on a superficial pavement failure evaluation, this project aims to provide a current diagnostics of the main road corridors in the towns of Floridablanca, Piedecuesta and Giron. It also takes into account other factors that influence directly on the surface condition of the roads being tested and the average daily traffic, or TPD, the operating state of the drainage works as sinks and the number of axles that will withstand the equivalent way for the next 10 years, and others that indirectly influence the classification vial in the land use plan of the municipalities, the primary information is collected through a field in which travel the 120 miles inventoried. With the aim of establishing a resource investment model that gives priority to the most affected and more instrumental road sections, each road section has been classified according to the extent of affected pavement and its relevance for the communities. Based on these variables, we propose an investment plan that will contribute to a more efficient distribution of the existing resources.

* Work Degree

** Faculty of Physical-Mechanical Engineerings. Civil Engineering School. Director: Mr. Eduardo Alberto Castañeda Pinzón. Tutor: Mr. Sandy Jair Yanes Sánchez.

INTRODUCCIÓN

El deterioro permanente y acelerado de las estructuras viales hace indispensable la implementación de nuevos métodos de mantenimiento vial que generen mejores resultados y que sean sostenibles a través del tiempo.

La mayor preocupación de las entidades encargadas es la ampliación y la extensión de la cobertura vial pero no se debería dejar a un lado la conservación de las vías ya existentes, ya que anualmente se producen multimillonarias pérdidas debido al deterioro del pavimento, problema que afecta directamente tanto al estado como a los usuarios que transitan estas vías, ya que no se pueden desplazar con fluidez, comodidad y seguridad.

Una de las principales causas para no desarrollar un plan de gestión de mantenimiento vial adecuado en el país es la falta de recursos económicos que permitan el financiamiento de tales proyectos de conservación, lo cual es ocasionado por una mala o ineficaz distribución de los pocos recursos existentes. Otra de las causas es la ineficiencia de las estrategias utilizadas por los organismos encargados del mantenimiento de la red vial actual, que cada día se observa en peor estado y sin una posible solución sostenible a tal problemática.

Los modelos de gestión de pavimentos (MPG) no es un proceso nuevo, es un sistema que ya viene funcionando desde hace varios años, lo que varía son las técnicas empleadas en la conservación de la red vial, ya que estos programas se actualizan con base en las experiencias, en el error y el éxito. Se evalúa el comportamiento del pavimento ante ciertas condiciones de trabajo y se toman decisiones con base en los resultados más óptimos desde el punto de vista funcional y económico.

La gestión de un plan de mantenimiento y conservación vial es un proceso que implica el desarrollo de varias etapas, las cuales deben ser realizadas de forma

óptima para obtener resultados precisos, desde la recolección de información primaria en campo hasta la generación de las alternativas adecuadas de mantenimiento y conservación, que a su vez permitirán desarrollar las estrategias de inversión más convenientes para las entidades encargadas.

Estas etapas hacen parte de un proceso sistemático que provee, analiza y resume información relacionada con las vías en estudio, de manera que pueda ser utilizada en la selección e implementación de programas de construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías económicamente rentables.

Los planes de gestión permitirían prever posibles alternativas de soluciones a los problemas ya existentes y prevención a los inconvenientes futuros, ayudaría a controlar el deterioro presentado actualmente en las vías y actuaría como un mecanismo preventivo a largo plazo.

Crear y mantener un sistema o un plan de gestión e inversión es de vital importancia, ya que la adecuada conservación de los pavimentos genera a las entidades gubernamentales una forma efectiva de ampliar los presupuestos y proteger sosteniblemente las vías nacionales. Se podría afirmar que la vida útil de un pavimento es más larga cuando se utiliza adecuadamente un sistema de conservación estratégico, lo cual es mucho más económico y rentable que invertir multimillonarias sumas de dinero en la reconstrucción de pavimentos.

La toma adecuada de decisiones genera un crecimiento del patrimonio y dan una mayor vida útil a las vías gestionadas, presentando crecimiento económico para las organizaciones gubernamentales y satisfacción para los usuarios que tendrán un desplazamiento más seguro, confiable, agradable y rápido.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un plan de inversión para el mantenimiento y conservación del pavimento de los principales corredores viales para los municipios: Piedecuesta, Girón y Floridablanca

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Recopilar información en campo sobre el estado de los pavimentos de los municipios de Piedecuesta, Floridablanca y Girón.
- ✓ Valorar el estado del pavimento de los municipios en estudio aplicando la metodología de PCI.
- ✓ Estimación del costo de recuperación de los principales corredores vehiculares de los municipios: Piedecuesta, Girón y Floridablanca.
- ✓ Estimar el patrimonio de los principales corredores vehiculares de los municipios en estudio.
- ✓ Proponer un plan de priorización vial para los municipios en estudio.

2. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de mejorar la problemática vial que se viene presentando desde hace varios años en los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca, y como apoyo al plan de movilidad presentado para estos municipios se realizará un plan de inversión para el mantenimiento y conservación de los principales corredores viales.

Con base en las fallas superficiales que presentan los tramos viales analizados, se dará una calificación del estado superficial del pavimento y se generaran una serie de estrategias de reconstrucción, rehabilitación y mantenimiento vial, con las cuales se establecerá un modelo de priorización de inversión de recursos que permitirá dar un mejor destino a los recursos económicos existentes y ayudara al planteamiento de soluciones eficaces y eficientes a las demandas presentadas.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Es de gran importancia para el desarrollo y avance de un estado o ciudad tener una adecuada red vial, que preste un servicio cómodo, rápido, económico y seguro a los usuarios. En Colombia se ha venido incrementando de forma acelerada el parque automotor pero la mayoría de las vías existentes no fueron diseñadas para soportar tales esfuerzos, de ahí, que han caído en un deterioro constante y continuo.

Podríamos mencionar otros factores que con el paso del tiempo influyen de forma considerable en el estado del pavimento como lo son los factores climáticos; las altas y bajas temperaturas, así como el desgaste que es producido por el paso del agua a través de las capas asfálticas.

Los municipios que conforman el Área metropolitana de Bucaramanga no son ajenos a tales problemas viales, ya que con el paso de los años y el crecimiento tanto poblacional como del parque automotor también se ha incrementado el deterioro de los pavimentos, y a su vez ocasionando multimillonarias pérdidas al estado y a los usuarios que transitan tales vías municipales.

La rehabilitación del nivel de servicio de los pavimentos de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta es vital y necesaria ya que se ve afectada por varios factores, tales como: Incomodidad para la circulación vehicular, exceso de defectos superficiales, reducción de la adherencia entre los neumáticos y los vehículos, necesidad excesiva de mantenimientos rutinarios, costo de operación elevados para los usuarios y una capacidad estructural inadecuada para la sollicitación de tránsito previsto.

Para los municipios en estudio se hace indispensable la aplicación de un modelo de gestión de pavimentos, que permita conservar las vías en buen estado ya existentes y reparar las deterioradas, dando solución a los problemas mencionados anteriormente prestando un mejor servicio a un menor costo.

4. ALCANCE

Se desarrollara el trabajo con base en una inspección visual de la capa de rodadura del pavimento rígido y flexible de los principales corredores viales de los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca. Con estas fallas, ya establecidas por el Instituto nacional de vías (INVIAS), se analizara el estado actual del pavimento utilizando la metodología del PCI, con la cual clasificaremos los ciento veinte kilómetros que comprenden estos tramos viales entre estos tres municipios, distribuidos de la siguiente forma: 30 Kilómetros en Piedecuesta, 30 Kilómetros en Girón y 60 Kilómetros en Floridablanca. Con tal información de la malla vial se podrá dar un diagnóstico de servicio y recuperación de pavimento, complementado con un plan de mantenimiento y conservación para estos municipios, que a su vez servirá para implementar un plan de inversión vial.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

5.1. Localización General

Este proyecto se desarrolló en los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca los cuales forman parte del Departamento de Santander, Colombia. Junto con Bucaramanga, la capital del departamento, conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga, donde se albergan las principales empresas y entidades que le generan al departamento la gran mayoría de sus recursos económicos.

Limita por el norte con los departamentos de Cesar y Norte de Santander, por el este y por el sur con el departamento de Boyacá y por el oeste con el Río Magdalena que lo separa de los departamentos de Antioquia y Bolívar.

La red vial de Santander cuenta con 1.200 kilómetros de Red Primaria, a cargo de la nación, de las cuales 800 están pavimentadas y 3.469 kilómetros de carreteras secundarias, a cargo del Departamento, de las cuales hay 436 kilómetros pavimentados. Además hay 6.181 kilómetros de red terciaria, a cargo de los municipios. En total hay disponibilidad de 10.850 kilómetros de red vial.

Figura 1. Localización general del proyecto



Fuente: Elaboración propia

5.2. Localización Específica

El municipio de Floridablanca se encuentra a ocho kilómetros al sur de la ciudad de Bucaramanga, la capital del departamento de Santander y pertenece al AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga), República de Colombia. Tiene una extensión de 100.35 Km², ubicado a 925 metros sobre el nivel del mar y registra una temperatura promedio de 23 grados centígrados. La cabecera municipal está localizada a los 07° 03' 53" de latitud norte y 73° 05' 23" de longitud oeste del meridiano de Greenwich¹.

Los límites municipales están definidos así: por el norte limita con los municipios de Bucaramanga y de Tona; al oriente con los municipios de Tona y de

¹ Plan de Ordenamiento Territorial de Floridablanca 2000-2009. Diagnóstico. Centro de Estudios Regionales-UIS.

Piedecuesta; al sur con el municipio de Piedecuesta; y al occidente con los municipios de Girón y de Bucaramanga.¹

El municipio de Piedecuesta se encuentra a una distancia de 17 Km aproximadamente hacia el sur de la ciudad de Bucaramanga, la capital santandereana y forma parte del AMB (Área Metropolitana de Bucaramanga), este municipio tiene una extensión aproximada de 48.655 Ha .

Se caracteriza por una topografía de mesetas onduladas entre los 800 y 1200 msnm y de tierras quebradas con altas pendientes haciendo parte del Cañón del Chicamocha a 600 msnm y el Páramo de Berlín a 3600 msnm, el territorio presenta pisos climáticos desde cálidos hasta paramos.²

El municipio limita por el norte con Tona y Floridablanca. Por el sur con Guaca, Cepitá, Aratoca y Los Santos. Por el oriente Santa Bárbara, por el occidente con Girón.

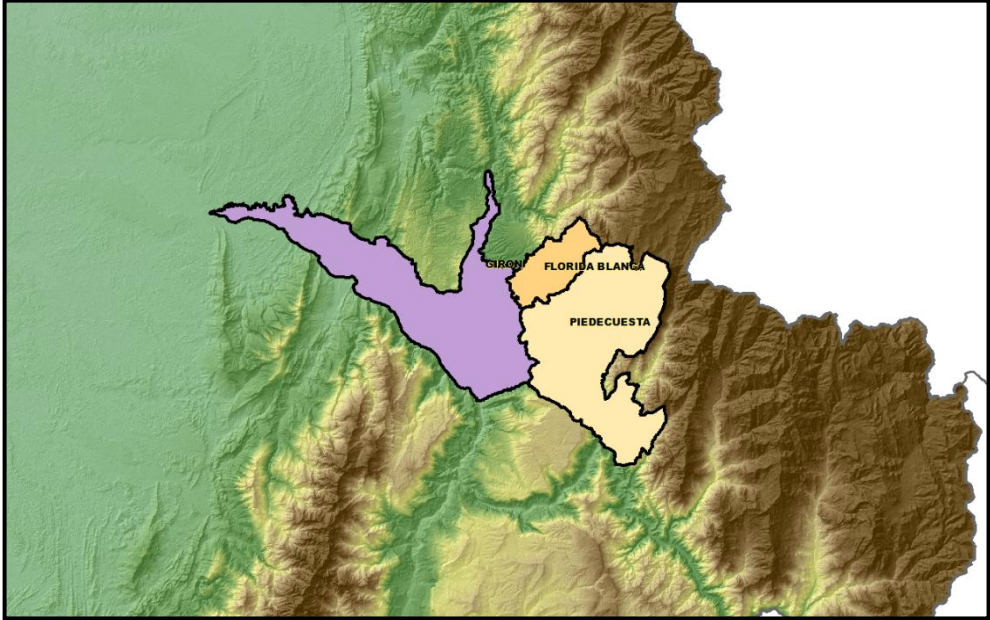
El municipio de Girón está localizado en el departamento de Santander a nueve (9) km de distancia de Bucaramanga. Se ubica sobre el costado occidental de la cordillera Oriental, entre las coordenadas: X1: 1'253.000, X2: 1'290.000; Y1:1'060.000, Y2: 1'107.000; la cabecera municipal está situada 7° 04' 15" de latitud norte y 73° 10' 20" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Según estas coordenadas el Municipio se localiza en la zona intertropical ecuatorial, con una extensión total de 475.14 km² (ver Figura 1), y limita con los siguientes municipios: al norte con Lebrija y Rionegro; al sur con Los Santos, Zapatoca y Betulia; al este con Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta y al oeste con Sabana de Torres³.

¹ Plan de Desarrollo Municipio de Floridablanca 1998-2000. Pág.1.

² Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Piedecuesta.

³ Plan de Ordenamiento Territorial San Juan de Girón 200-2009. Diagnóstico. Centro de Estudios Regionales-UIS.

Figura 2. Localización específica del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Área metropolitana de Bucaramanga (AMB)



Fuente: Tomado de internet¹

¹ Consultado en la dirección: <http://www.amb.gov.co/jurisdccion.html>

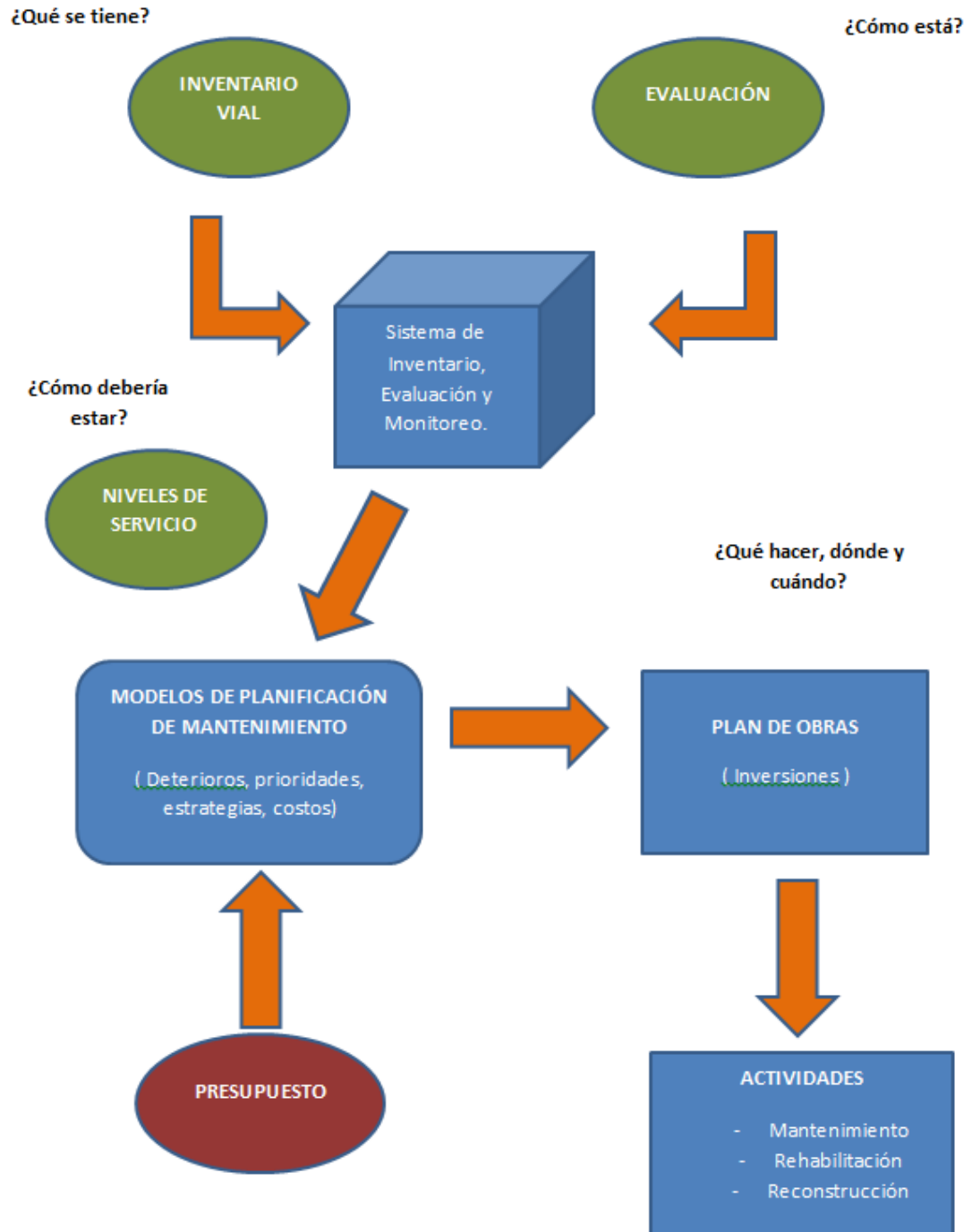
6. METODOLOGÍA

Un sistema de gestión vial es una valiosa herramienta de apoyo para la realización de actividades de conservación, rehabilitación y reconstrucción vial, que ayuda a los responsables de la toma de decisiones a encontrar la óptima distribución de los fondos destinados al mantenimiento vial, permitiendo así un uso más racional de los recursos existentes. Para alcanzar los objetivos propuestos es necesaria una correcta planificación y ejecución de ciertas actividades, las cuáles se muestran a continuación:

1. Recolección de información
 - Sistematización del inventario vial.
 - Inspección de fallas superficiales en los pavimentos.
 - Inspección de sumideros y obras de drenaje.
 - Pronóstico del tránsito.
2. Evaluación de la condición superficial del pavimento (PCI)
3. Estimación de costos de recuperación de la red vial.
4. Estimación del patrimonio vial.
5. Análisis de escenarios de mantenimiento y conservación vial.
6. Modelo de priorización para la inversión vial.

En el siguiente esquema grafico muestra con mayor claridad las relaciones establecidas para esta metodología:

Figura 4. Metodología



Fuente: Elaboración propia

7. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de información es el primer paso que se da para la evaluación y estudio de alternativas de rehabilitación de pavimentos, es de gran importancia realizar esta actividad de una forma correcta con la menor cantidad de errores posibles, ya que con base en esta información recolectada en campo se darán diagnósticos y posibles soluciones a los problemas viales que afrontan determinado sector o población. La obtención de información en campo de los tramos viales en estudio tiene varios propósitos dentro de los cuales se destacan los siguientes:

- ❖ Suministra la información cualitativa requerida para determinar las causas del deterioro del pavimento y para desarrollar alternativas adecuadas para reparar los daños y prevenir su recurrencia.
- ❖ Proporciona la información cuantitativa requerida para el diseño de las obras (espesores de refuerzo, por ejemplo) y estimar las cantidades de obra por ejecutar, así como para valorar la tasa de deterioro del pavimento y calcular las consecuencias económicas de un atraso en la ejecución de las obras.
- ❖ Permite la comparación de los costos de los ciclos de vida de las diversas estrategias consideradas como factibles.

“El tamaño del proyecto suele determinar la cantidad de recursos que se debe invertir en un estudio de rehabilitación. Las vías principales, las cuales soportan los mayores volúmenes de tránsito, requieren una evaluación más amplia y más detallada que las de bajo tránsito. Ello no significa, en modo alguno, que la recolección de información sea menos importante en estas últimas, sino que los efectos de los daños prematuros en las vías más importantes tienen implicaciones

de mayor severidad”.¹ La información que se recolecta en campo es diferente para cada proyecto y debe ser analizada cuidadosamente, en una forma sistemática y eficiente, teniendo en cuenta que los procedimientos varían de un pavimento a otro, de acuerdo con los datos encontrados en el proceso de recolección de información.

Tabla 1. Recomendaciones sobre recolección de información para el diseño y reconstrucción de alternativas de rehabilitación.

Datos	Alternativa de rehabilitación						
	Restauración		Refuerz o	Reciclad o	Reconstrucción		Drenaje subterráne o
	Fresad o	Otras accione s			Reconstrucci ón total	Reconstrucci ón parcial	
Diseño del pavimento	●	●	●	●	●	●	●
Datos construcción inicial	○		○	○		○	○
Edad	○	○	○	○	○	○	○
Propiedades de los materiales	●		●	●	○	○	●
Subrasante			●	●	●	●	●
Clima		●	●	○			●
Volúmenes y cargas de tránsito	●	●	●	●	●	●	
Deterioros	●	●	●	●	●	●	●
Fricción	○	○	○	○		○	
Accidentes	○		○	○		○	
Ensayos no destructivos		○	●	○		○	
Apiques y muestreo	○		●	●	●	●	●
Rugosidad	○	○	○	○			
Perfil de la superficie	●		○				
Drenaje	●	●	●	●	●	●	●
Mantenimiento previo	○	○	○	○	○	○	○
Acceso a puentes servicios públicos			○				
Opciones de control de tránsito	●	●	●	●	●	●	●
Gálibos			●	●			
Geometría			●	○			

● Necesario ○ Deseable (Blanco) Normalmente innecesario

Fuente: Instituto Nacional de Vías, elaboración propia.

¹ Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, Instituto Nacional de Vías.

7.1. Conceptos Básicos¹

7.1.1. Definición del sector vial.

El sector vial debe ser definido según la clasificación establecida por el INVIAS dentro de la geografía regional, con la nomenclatura ordenada por esta entidad.

Con base en el servicio, utilidad y funcionalidad vial, se establecieron los principales corredores vehiculares de los tres Municipios analizados en este estudio.

7.1.2. Segmento vial.

Para la obtención de mejores resultados es necesaria la división de la malla vial en segmentos o tramos vehiculares, que son representados mediante una línea compuesta por un nodo inicial, un nodo final, con una dirección y sentidos definidos, según el orden creciente de la nomenclatura de la ciudad (de occidente a oriente y de norte a sur).

7.1.3. Nodo.

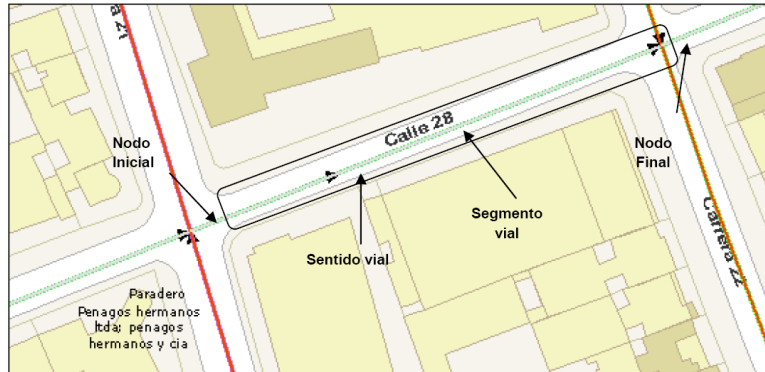
Intersección que se realiza entre segmentos viales, mínimo de dos (2) tramos.

7.1.4. Código de red.

Es el número de identificación asociado a cada segmento vial.

¹ Informe final del inventario de infraestructura de la malla vial urbana-Alcaldía de Bucaramanga-UIS.

Figura 5. Elementos de un segmento vial.



Fuente: Inventario de Infraestructura, tráfico y transportes-UIS

7.1.5. Sistema de Información geográfica (SIG).

Para la recolección de información en forma rápida y óptima se implementó la utilización de un software, en el que la información levantada en campo forma parte de una base de datos, que a su vez, esta enlazada a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

“Un Sistema de Información geográfico (SIG) particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfico o descriptivo de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georeferenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georeferenciada. La mayor utilidad de un sistema de información geográfico está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos

específicos que generan aún más información para el análisis. La construcción de modelos de simulación como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes”.¹

7.1.6. Georreferenciación.

La georreferenciación es el posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y datum determinado².

7.1.7. SHAPEFILE.

El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo informático de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como ArcGIS. Debido a que el Shapefile no tiene la carga de procesamiento de una estructura de datos topológica, tienen ventajas sobre otras fuentes de datos como la velocidad de dibujo rápido y la capacidad de editar información. También lo podemos definir como un formato de almacenamiento digital en forma vectorial, el cual georreferencia los elementos insertados y guarda los atributos asociados a estos.³

7.1.8. Diccionario de datos.

El diccionario de datos es un archivo que puede ser cargado a una PDA (Asistentes de datos personales) mediante el software ArcPad El objetivo de un diccionario de datos es dar precisión sobre los datos que se manejan en un

¹ Sistemas de Información Geográficos, GEOINFO.

² Consultar en la dirección: <http://www.sigis.com.ve>.

³ ESRI Shapefile Technical Description.

sistema de información geográfico, trabaja con cajas de texto evitando así malas interpretaciones o ambigüedades¹.

7.1.9. PDA.

PDA, del inglés Personal Digital Assistant (Asistente Digital Personal), es un computador de mano que puede realizar muchas de las funciones de una computadora de escritorio, pero con la ventaja de ser portátil.

7.2. Clasificación de la malla vial²

La clasificación de la malla vial se realizó de acuerdo con la sectorización vial presentada en el Plan Maestro de movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga, la cual clasifica las vías de los Municipios con base a la función, uso, localización y características geométricas que cumplen dentro de la estructura municipal de la movilidad. Esta jerarquización se efectuó con el fin de planear los operativos de campo y poder definir los métodos a utilizar para el inventario.

La siguiente es la clasificación de la malla vial de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca de acuerdo al Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga:

- ❖ **Vías regionales metropolitanas.**
- ❖ **Vías metropolitanas.**
- ❖ **Vías municipales.**
- ❖ **Vías de paisaje.**
- ❖ **Vías sectoriales.**

¹ Informe final del inventario de infraestructura de la malla vial urbana-Alcaldía de Bucaramanga-UIS.

² Plan maestro de movilidad de los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

De acuerdo con el uso y función principal, localización y longitud, el sistema vial tiene los siguientes subsistemas:

- ❖ **Transporte interregional.**
 - ❖ **Transporte público colectivo.**
 - ❖ **Transporte liviano.**
 - ❖ **Tránsito pesado.**
-
- **Vías regionales o nacionales de influencia metropolitana**
Son vías con función de conexión regional y nacional sobre las que aparecen usos urbanos con alto impacto, además son de interés metropolitano y están incluidas en el plan vial del AMB.

 - **Vías metropolitanas**
Son vías de impacto metropolitano con funciones de conexión interregional sobre las que aparecen usos urbanos. Estas vías están clasificadas como primarias, secundarias y terciarias:
 - ❖ **Vías metropolitanas primarias:** Son vías del sistema regional y/o nacional que articulan con la red vial metropolitana, permitiendo la accesibilidad y conexión funcional con el Departamento y la Nación.

 - ❖ **Vías metropolitanas secundarias:** Las conforman los ejes viales que alimentan zonas urbanas y que sirven como conexión entre las vías metropolitanas primarias, optimizando su operación.

 - ❖ **Vías metropolitanas terciarias:** Son vías funcionales y estructurantes de los cascos urbanos municipales que facilitan su

propia movilidad y la articulan con la metropolitana mediante su interconexión con las redes primarias y secundarias.

- **Vías municipales**

Son vías de impacto municipal con funciones de conexión urbana y urbano – rural sobre las que aparecen usos urbanos. Estas vías están clasificadas como interurbanas, carreteras y peatonales y ciclo vías permanentes.

- **Vías de paisaje**

Son vías que comunican con sectores y veredas vecinas y que no tienen la importancia de las vías regionales. Deben mantener su carácter de vías públicas y servir de acceso al sistema de parques del área rural. A esta categoría pertenecen todas las vías veredales.

- **Vías sectoriales**

Son las vías que garantizan la movilidad, transversalidad y conectividad entre los sectores urbanos y las vías nacionales, regionales y metropolitanas.

- **Vías internas**

Corresponde a la estructura básica de la ciudad, la que se construye en el proceso de urbanización y que sirve para el acceso y movilidad barrial. A esta categoría pertenecen todas las calles y carreras no contenidas en superiores jerarquías.

- **Senderos y vías peatonales**

Corresponde a la estructura vial de movilidad peatonal y ciclo peatonal, de espacio público y las vías peatonales de distribución interna de barrios con características de desarrollo peatonal.

7.2.1. Clasificación vial según el POT

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) se estimaron las longitudes y se clasificaron los tramo viales que componen la malla vial de los municipios en estudio, para así calcular la longitud total de los corredores viales como se muestra a continuación :

❖ **Municipio de Floridablanca:**

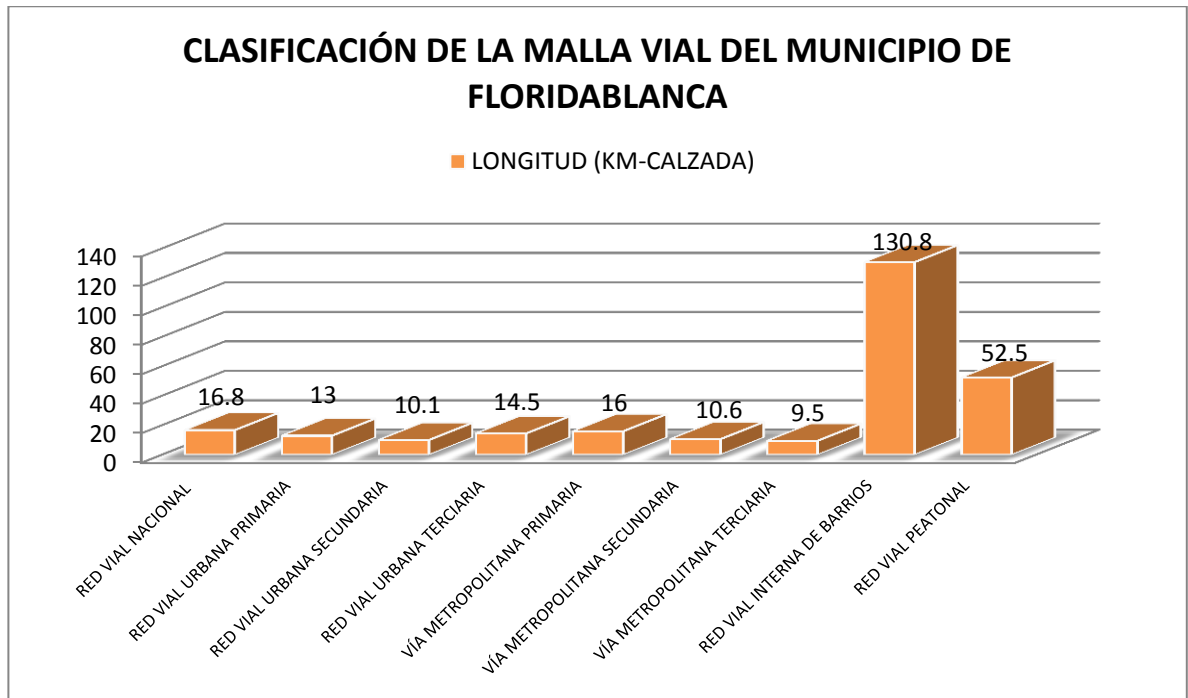
Según con la clasificación establecida por el Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Floridablanca podemos organizar la infraestructura vial en: Red vial nacional, red vial urbana primaria, secundaria y terciaria, vías metropolitanas primarias, secundarias y terciarias, red interna de barrios y red vial peatonal; como se muestra en la **Tabla 2** y en la **Figura 6**:

Tabla 2. Red vial general del municipio de Floridablanca

CLASIFICACIÓN	LONGITUD (KM-CALZADA)
RED VIAL NACIONAL	16,8
RED VIAL URBANA PRIMARIA	13,0
RED VIAL URBANA SECUNDARIA	10,1
RED VIAL URBANA Terciaria	14,5
VÍA METROPOLITANA PRIMARIA	16,0
VÍA METROPOLITANA SECUNDARIA	10,6
VÍA METROPOLITANA Terciaria	9,5
RED VIAL INTERNA DE BARRIOS	130,8
RED VIAL PEATONAL	52,5
Total	273,8

Fuente: Inventario de Infraestructura vial AMB-UIS, elaboración propia.

Figura 6. Red vial general del municipio de Floridablanca

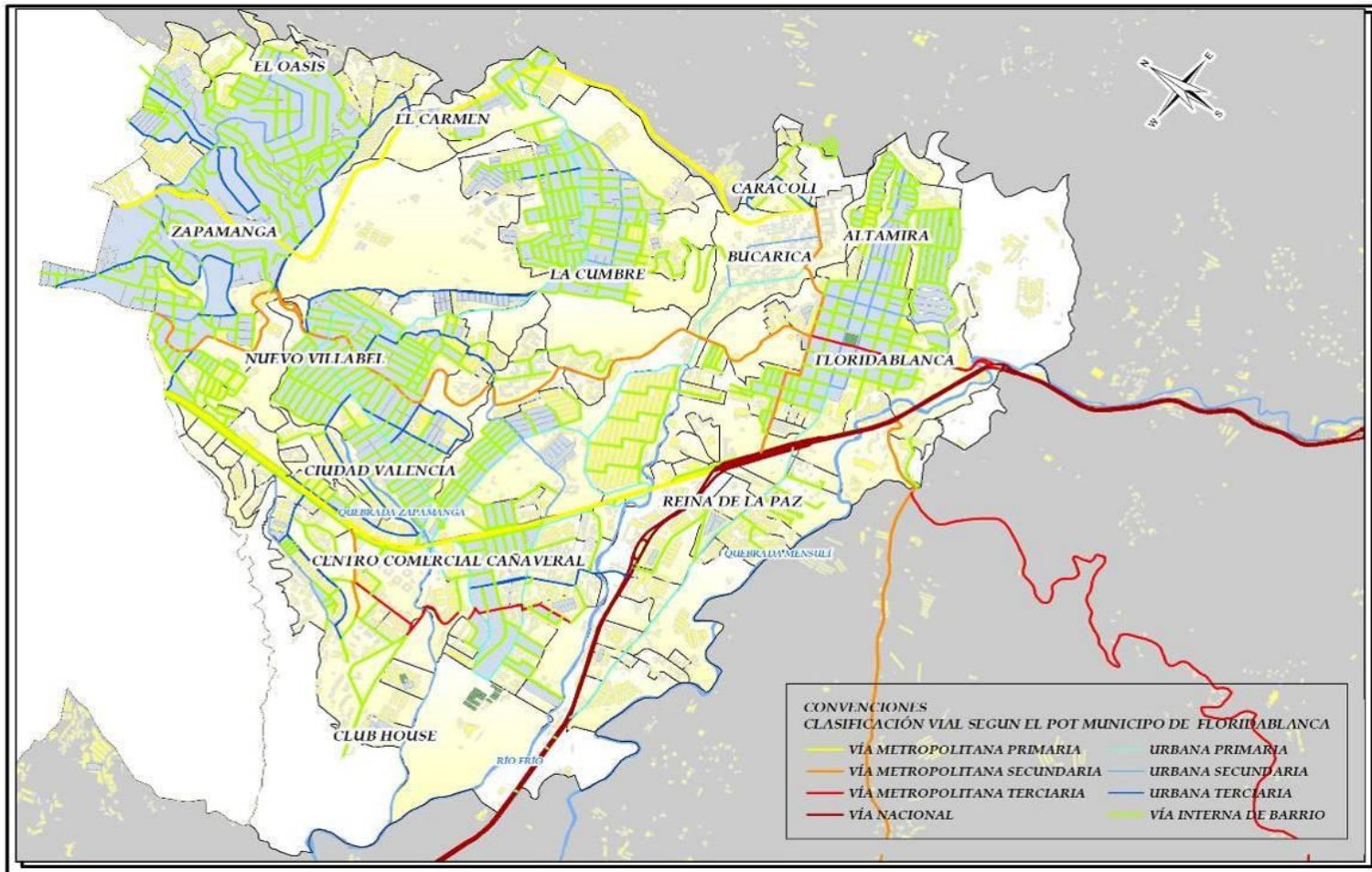


Fuente: Elaboración propia.

De los 221,3 km/calzada de red vehicular del casco urbano del municipio de Floridablanca, aproximadamente el 18% (37,6 km-calzada) corresponden a los ejes estructurantes del municipio según la clasificación vial. Según esta clasificación un 6% (13 km/calzada) pertenecen red vial urbana primaria, el 5% (10,1 km/calzada) a la red vial urbana secundaria, un 7% (14,5 km/calzada) a la red vial urbana terciaria, las vías metropolitanas clasificadas según el nivel de conexión cuentan con un 16% de la malla vial (36,1 km/calzada), las vías internas de los barrios ocupan un 58% (130,8 km/calzada) y finalmente el 8% (16,8 km/calzada), le corresponde a las vías de carácter nacional. En cuanto a red de vías nacionales que comunican al casco urbano con los municipios aledaños está compuesta por 2% (3 km/calzada)¹

¹ Plan maestro de movilidad de los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 7. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, municipio de Floridablanca



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga –UIS

❖ **Municipio de Girón:**

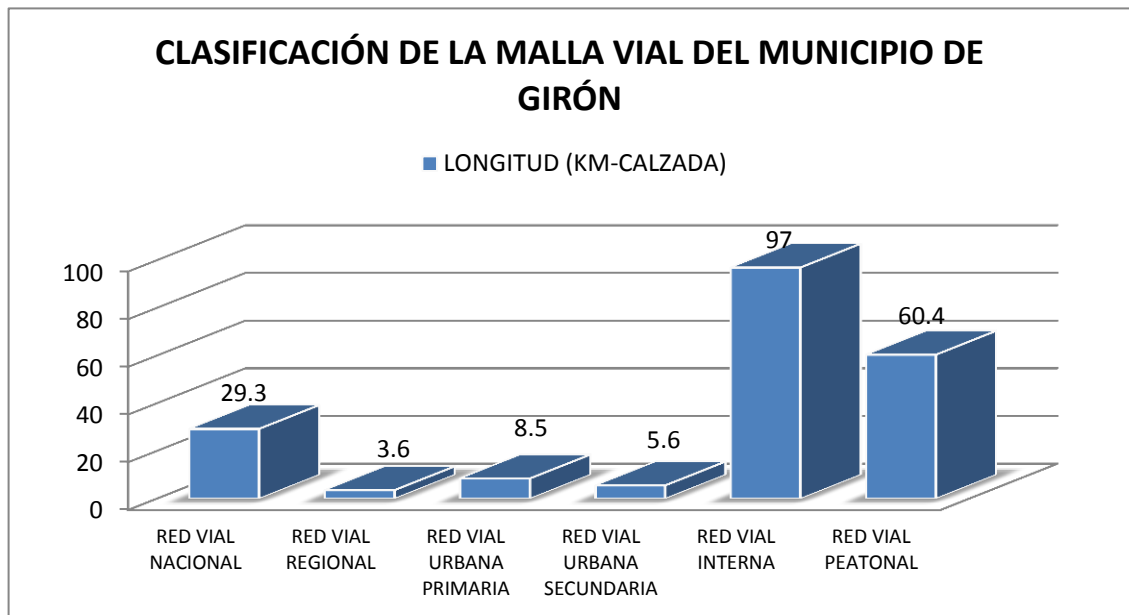
Según con la clasificación establecida por el Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Girón podemos organizar la infraestructura vial en: Red vial nacional, red vial regional, red vial urbana primaria y secundaria, red vial interna y red vial peatonal; como se muestra en la **Tabla 3** y en la **Figura 8**:

Tabla 3. Red vial general del municipio de Girón

CLASIFICACIÓN	LONGITUD (KM-CALZADA)
RED VIAL NACIONAL	29,3
RED VIAL REGIONAL	3,6
RED VIAL URBANA PRIMARIA	8,5
RED VIAL URBANA SECUNDARIA	5,6
RED VIAL INTERNA	97,0
RED VIAL PEATONAL	60,4
Total	204,1

Fuente: Inventario de Infraestructura vial AMB-UIS, elaboración propia.

Figura 8. Red vial general del municipio de Girón



Fuente: Elaboración propia.

De los 144 km/calzada de red vehicular del casco urbano del municipio de Girón, aproximadamente el 51.3 km-calzada corresponden a los corredores principales del municipio según la clasificación vial. Según esta clasificación un 16% (8,5 km/calzada) pertenecen al sistema vial urbano primario, el 11% (5,6 km/calzada) al sistema vial urbano secundario, un 9% (4,5 km/calzada) corresponde a las vías metropolitanas secundarias. En cuanto a la red de vías nacionales que comunican al municipio con los municipios aledaños está compuesta por 57% (29,3 km/calzada) y 7% (3,6 km/calzada) para las vías regionales secundarias¹.

❖ **Municipio de Piedecuesta:**

Según con la clasificación establecida por el Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Piedecuesta podemos organizar la infraestructura vial en: Red vial regional y nacional, Eje estructurante principal, de soporte e histórico, red vial interna y red vial peatonal; como se muestra en la **Tabla 4** y en la **Figura 10**:

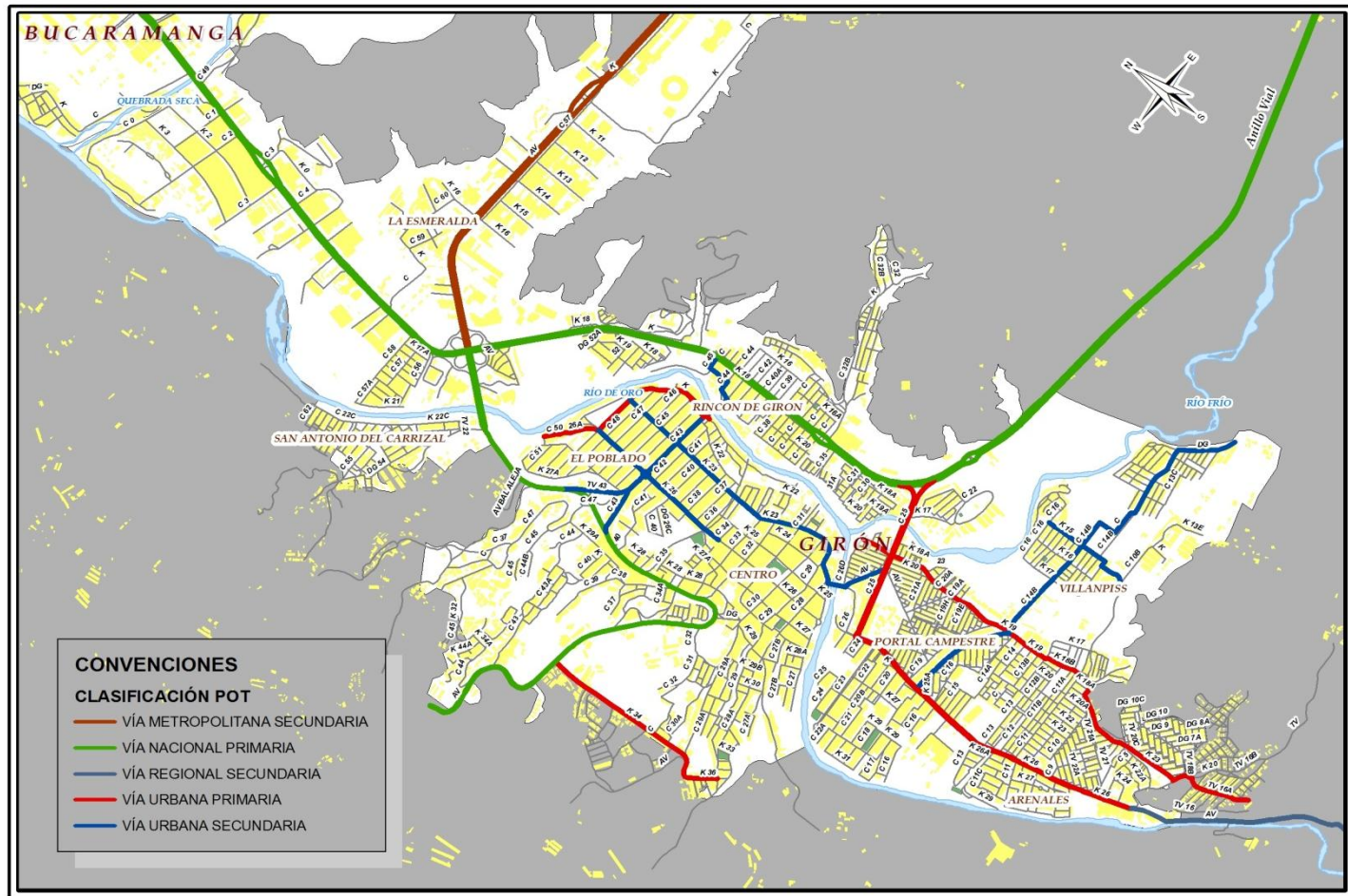
Tabla 4. Red vial general del municipio de Piedecuesta

CLASIFICACIÓN	LONGITUD (KM-CALZADA)
Red vial regional y nacional	3,0
Eje estructurante principal	6,3
Eje estructurante de soporte	25,3
Eje estructurante histórico	1,5
Red vial interna	77,6
Red vial peatonal	35,6
Total	149,6

Fuente: Inventario de Infraestructura vial AMB-UIS, elaboración propia.

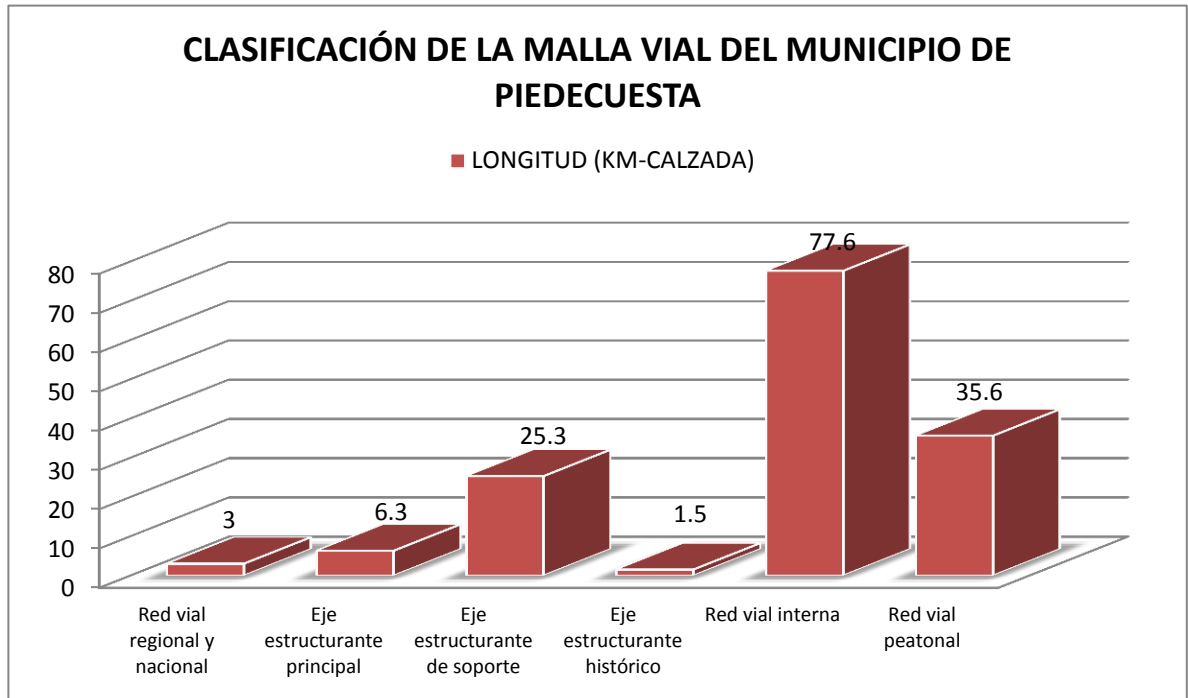
¹ Plan maestro de movilidad de los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 9. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, municipio de Girón



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga -UIS

Figura 10. Red vial general del municipio de Girón

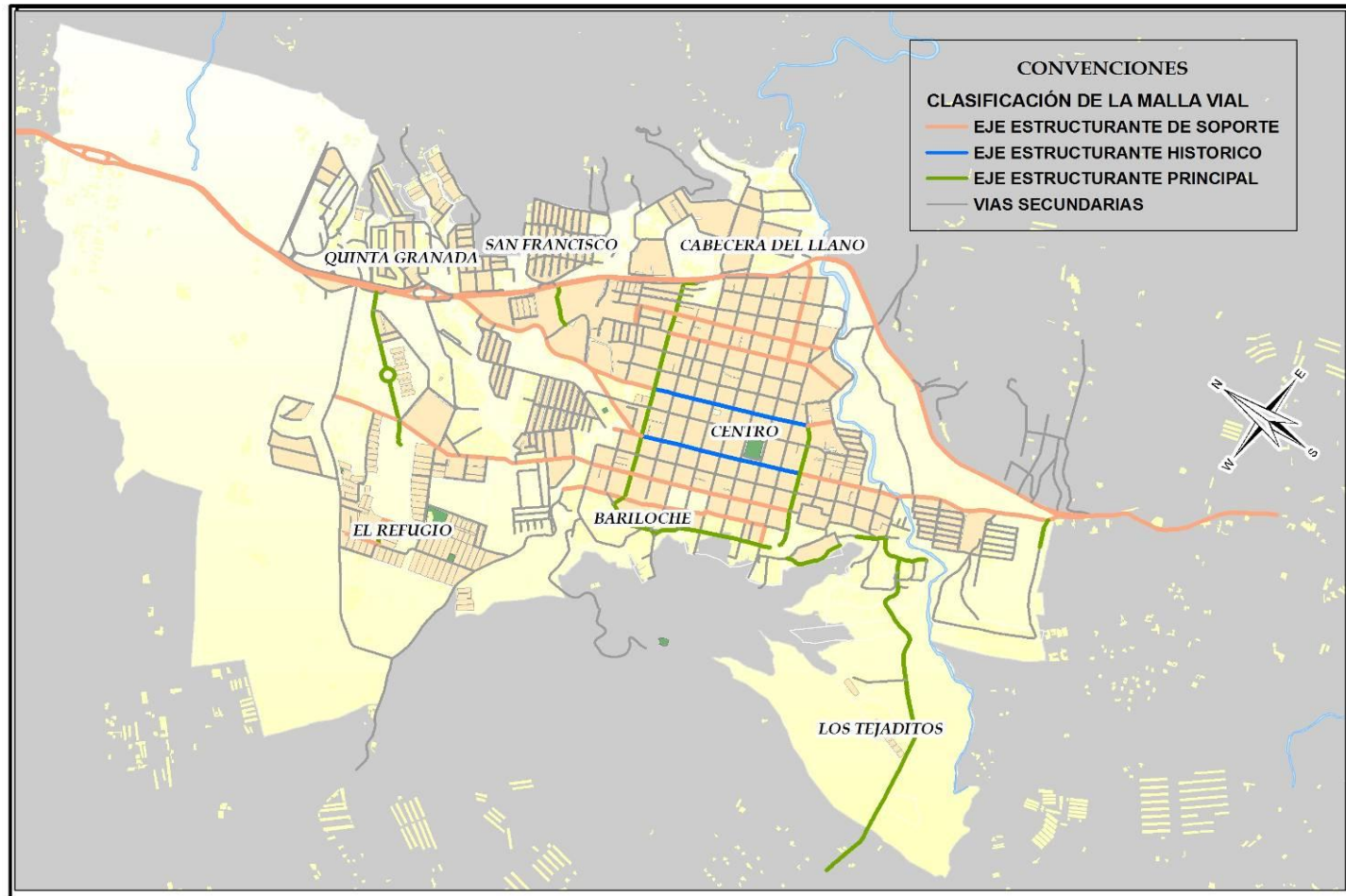


Fuente: Elaboración propia.

De los 149,6 km/calzada de red vehicular del casco urbano del municipio de Piedecuesta, aproximadamente un 33,1 km-calzada corresponden a los ejes estructurantes del municipio según la clasificación vial. Según esta clasificación 4% (6,3 km/calzada) pertenecen al eje estructurante principal, 17% (25,3 km/calzada) al eje estructurante de soporte, 1% (1,5 km/calzada) eje estructurante histórico y finalmente 52% le corresponde a las vías secundarias del casco urbano. En cuanto a red de vías nacionales que comunican al casco urbano con los municipios aledaños está compuesta por 2% (3,0 km/calzada)¹.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 11. Clasificación vial de acuerdo al plan de ordenamiento territorial, municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga -UIS

7.2.2. Clasificación vial según el tipo de rodadura

“Un pavimento es una estructura de una o más capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, construida de materiales apropiados y cuya principal función es la de permitir el rodamiento de vehículos por una vía o área de circulación, de una forma rápida, cómoda y segura para los usuarios. Debe ser resistente a la acción del tránsito, a los efectos del clima y transmitir hasta la subrasante los esfuerzos producidos por las cargas, con magnitudes inferiores a la capacidad de soporte del suelo de apoyo”¹.

Los pavimentos se clasifican de acuerdo con la forma en que transmiten al suelo de soporte la carga recibida. Existen tres clases de pavimentos:

- ❖ Pavimentos flexibles
- ❖ Pavimentos rígidos
- ❖ Pavimentos articulados

7.2.2.1. Pavimento flexible

Se denominan pavimentos flexibles a los que la estructura total del pavimento se deflecta o flexiona, los cuales tienen la propiedad de adaptarse a las cargas. “El pavimento flexible es un sistema tricapa, cuya capa superior es de concreto asfáltico, compuesto de ligante, usualmente el asfalto, el cual es un derivado de la refinación del petróleo, y agregados pétreos; materiales granular y suelo. Este tipo de pavimento se llama flexible porque al ser sometido a una carga sufre una deformación y recuperación deseada, al cesar la carga, completamente elástica” (Ver referencia 1).

¹ Practica recomendada para la ejecución y control de calidad de los pavimentos asfálticos o flexibles.

Este tipo de pavimento es de menor costo en la construcción inicial, pero tiene la desventaja de que requiere de un mantenimiento constante para alcanzar la vida útil para la cual fue diseñado, que puede oscilar entre 10 y 15 años.

Figura 12. Tipo de rodadura flexible



Fuente: Registro fotográfico del AMB-UIS

7.2.2.2. Pavimento rígido

El pavimento rígido consta principalmente de una losa de hormigón apoyada sobre diversas capas, algunas de ellas estabilizadas. Este tipo de pavimento tiene un costo inicial más elevado que el Pavimento Flexible, requiere un mantenimiento mínimo y solo se efectúa en las juntas de las losas a lo largo de su vida útil que varía entre 20 y 40 años.

Figura 13. Tipo de rodadura rígido



Fuente: Registro fotográfico del AMB-UIS

7.2.2.3. Pavimentos articulados

“Los pavimentos articulados son aquellos en los cuales la capa superior o acabado del pavimento está constituida por elementos prefabricados de concreto, piezas de arcilla cocida, o piedras duras en su forma natural o cortadas siguiendo algún patrón modular, que empalman entre sí sin emplear materiales cementantes para fijarlos. Su origen se encuentra en los antiguos empedrados”¹.

Figura 14. Tipo de rodadura articulado



Fuente: Registro fotográfico del AMB-UIS

De acuerdo con la clasificación realizada anteriormente se organizó la malla vial respecto al tipo de capa de rodadura, la cual veremos a continuación:

¹ Práctica recomendada para la ejecución y control de calidad de los pavimentos articulados o en adoquines de concreto.

❖ Municipio de Floridablanca

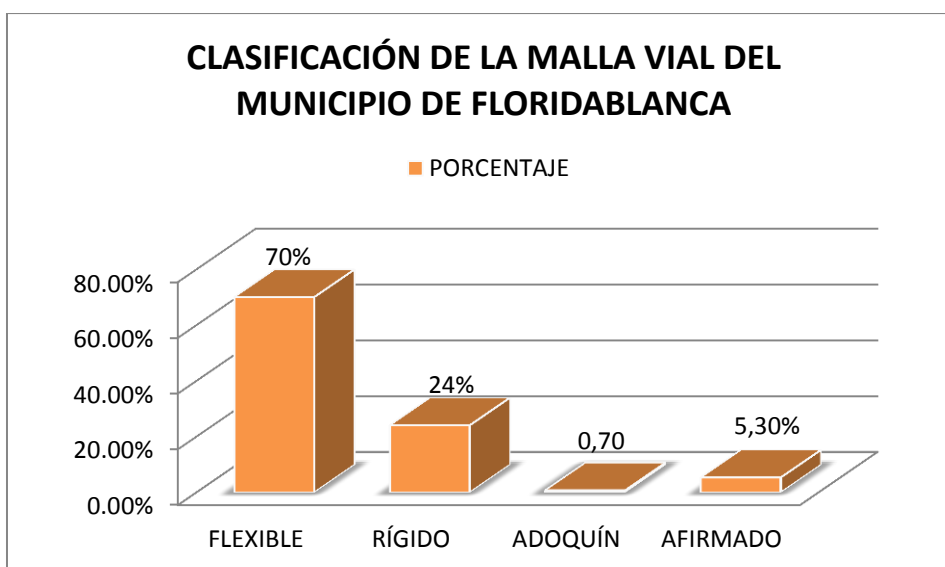
Tabla 5. Pavimentos existentes en el municipio de Floridablanca

TIPO DE PAVIMENTO	ÁREA (m ²)	KM/CALZADA	PORCENTAJE
FLEXIBLE	1.002.247	156.0	70%
RÍGIDO	324.620	53.0	24%
ADOQUÍN	9.624	1.60	0.7%
AFIRMADO	63.544	10.9	5.3%
TOTAL	1.400.035	221.3	100%

Fuente: Inventario de Infraestructura vial AMB-UIS, Elaboración propia.

De los aproximadamente 273,8 km/calzada de malla vial urbana, 52,5 km son vías peatonales y 221,3 km/calzada corresponden a la red vehicular, en donde el 70% corresponde a capa de rodadura en Pavimentos Asfáltico (156,0 km/calzada), el 24 % se encuentra en Concreto Rígido (53,0 km/calzada) y el 6 % se encuentran en afirmado (12,3 km/calzada)¹.

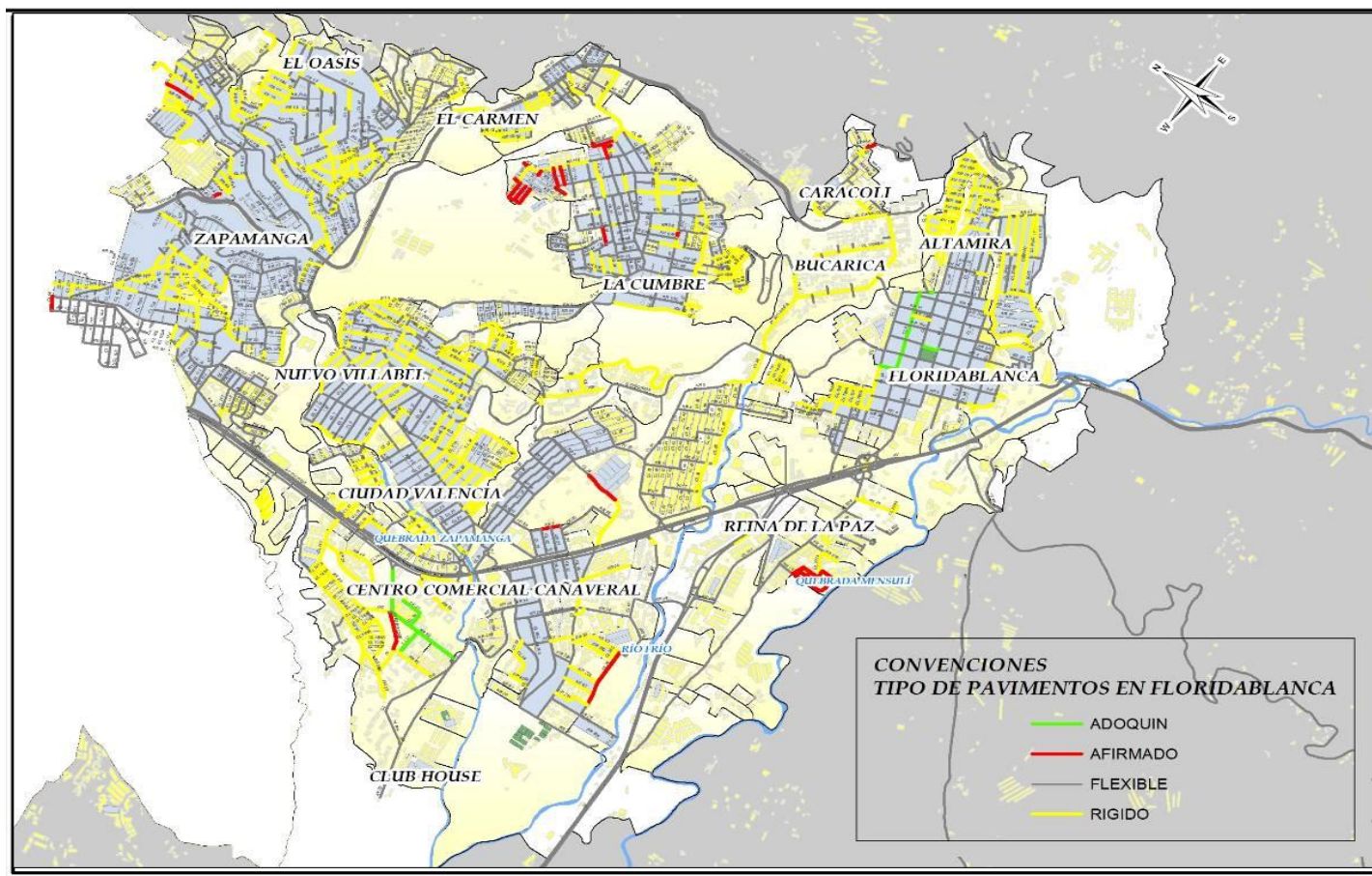
Figura 15. Porcentaje según el tipo de rodadura Floridablanca.



Fuente: Elaboración propia.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 16. Clasificación vial según el tipo de rodadura, municipio de Floridablanca



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga - UIS

❖ **Municipio de Girón**

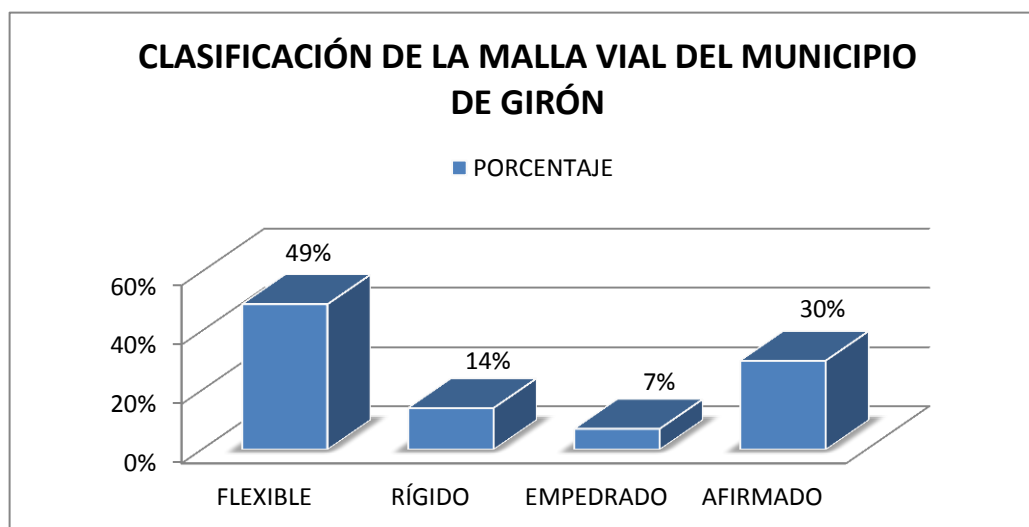
Tabla 6. Pavimentos existentes en el municipio de Girón.

TIPO DE PAVIMENTO	ÁREA (m ²)	KM/CALZADA	PORCENTAJE
FLEXIBLE	514.562	71,2	49%
RÍGIDO	118.594	19,6	14%
EMPEDRADO	86.224	10,2	7%
AFIRMADO	59.458	43,0	30%
TOTAL	778.838	144,0	100%

Fuente: Inventario de Infraestructura vial AMB-UIS, elaboración propia.

De los 204 km/calzada de malla vial urbana, 60,4 km son vías peatonales y 144 km/calzada corresponden a la red vehicular, en donde el 49% corresponde a capa de rodadura en Pavimentos Asfáltico (71,2 km/calzada), el 14% se encuentra en Concreto Rígido (19,6 km/calzada), el 7% corresponde a vías Empedradas (10,2 km/calzada) y el 30% se encuentran en afirmado (43 km/calzada)¹.

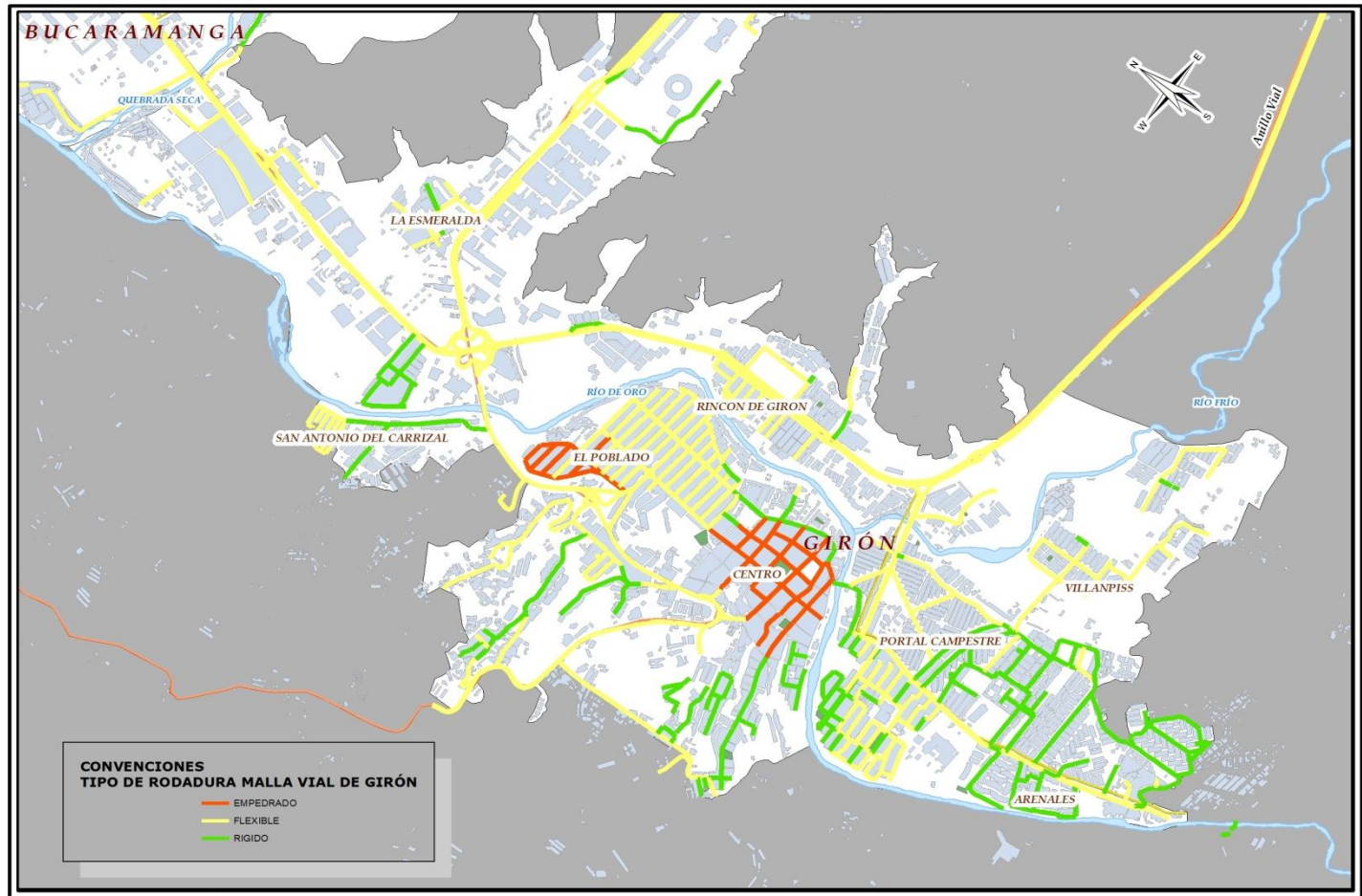
Figura 17. Porcentaje según el tipo de rodadura Girón.



Fuente: Elaboración propia.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 18. Clasificación vial según el tipo de rodadura, municipio de Girón



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga -UIS

❖ **Municipio de Piedecuesta**

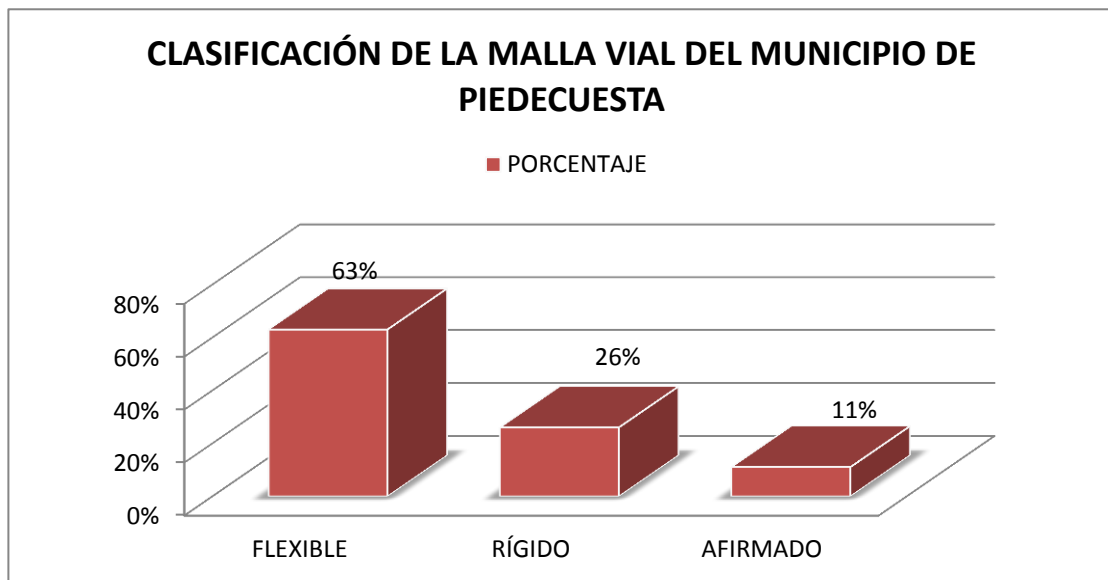
Tabla 7. Pavimentos existentes en el municipio de Piedecuesta.

TIPO DE PAVIMENTO	ÁREA (m ²)	KM/CALZADA	PORCENTAJE
FLEXIBLE	483.360	71,4	63%
RÍGIDO	183.937	30,0	26%
AFIRMADO	75.504	12,6	11%
TOTAL	742.801	114,0	100%

Fuente: Inventario de Infraestructura vial AMB-UIS, elaboración propia.

De los 149,6 km/calzada de malla vial urbana, 35,8 km son vías peatonales y 114,0 km/calzada corresponden a la red vehicular, en donde el 63% corresponde a capa de rodadura en Pavimentos Asfáltico (71,4 km/calzada), el 26 % se encuentra en Concreto Rígido (30,0 km/calzada) y el 11 % se encuentran en afirmado (12,6 km/calzada)¹.

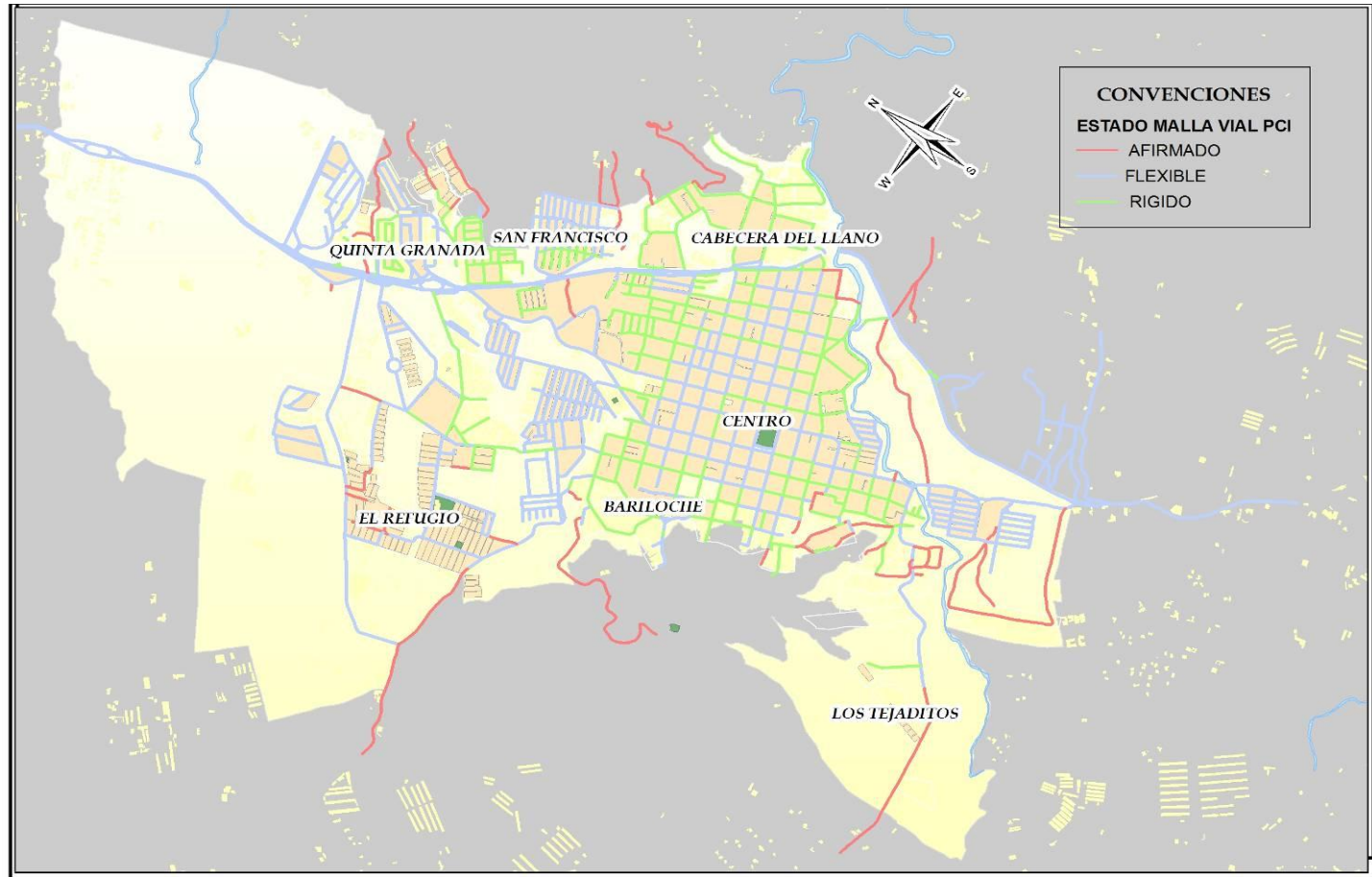
Figura 19. Porcentaje según el tipo de rodadura Piedecuesta.



Fuente: Elaboración propia.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 20. Clasificación vial según el tipo de rodadura, municipio de Piedecuesta.



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga -UIS

7.3. Inspección visual del pavimento

El inventario, la clasificación y cuantificación de los diferentes daños en los pavimentos, así como su evaluación, juegan un papel importante en lo concerniente a la aplicación de procedimientos para el mantenimiento y la rehabilitación de las estructuras de pavimentos.

“La caracterización de pavimentos permite, a través de técnicas invasivas y no invasivas, realizar la evaluación del estado de un pavimento. La inspección visual de los deterioros de los pavimentos es una técnica no invasiva que puede ser aplicada en forma manual o mecanizada, la cual permite identificar los defectos superficiales de un pavimento”¹.

Con base en las especificaciones descritas en el **Manual para la Inspección Visual de pavimentos Asfálticos** y en el **Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos** elaborados por el Instituto Nacional de Vías **INVIAS** se cuantificaron, clasificaron y evaluaron los diferentes deterioros del pavimento, obteniendo la información necesaria para el diseño de las obras de rehabilitación.

7.3.1. Personal y equipo

Los trabajos de evaluación de deterioros de pavimentos, realizados a partir de la inspección visual, deben ser dirigidos y realizados por personal profesional y capacitado con la experiencia suficiente en el tema.

Para realizar esta actividad se asignó una comisión que identificó y registró los daños presentes en la estructura de pavimento. El personal de trabajo recorrió los tramos viales cuadra a cuadra registrando la información, utilizando la PDA (Asistente de datos personales) mediante el software ArcPad de la casa ESRI, en

¹ Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carretas- Anexo B.

los formatos de inspección visual de pavimentos predispuestos para realizar el procedimiento en campo.

El personal también contó con un equipo de campo necesario para realizar correctamente la caracterización del pavimento, conformado por un odómetro, cinta métrica o flexómetro, calculadora, una regla métrica, cámara fotográfica y una planilla para la toma de datos, así también el equipo de seguridad para desarrollar esta actividad conformado por conos y chalecos reflectivos.

Las actividades realizadas en la inspección visual fueron las siguientes:

- ❖ Inventario de fallas del pavimento.
- ❖ Inventario de sumideros.
- ❖ Pendiente longitudinal del tramo vial (cuadra)

7.3.2. Tipos de deterioros en los pavimentos Asfálticos

“El deterioro se define como la alteración producida en la superficie de un pavimento asfáltico, detectable visualmente en la mayoría de los casos, la cual puede ser producida, entre otras, por la acción de las cargas del tránsito, el agua, las acciones climáticas y, en algunos casos, por deficiencias en los procesos de producción y construcción, así como por la calidad de los materiales”¹.

La metodología planteada para la clasificación y la cuantificación de los deterioros de los pavimentos flexibles considera cuatro categorías de daños, en acuerdo con lo establecido con la metodología del PCI, adoptado como sistema de evaluación de condición del pavimento para los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

¹ Instructivo para la inspección visual y la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos de carretas- Anexo B.

Los daños que presentan los pavimentos flexibles pueden ser divididos de la siguiente forma:

- ❖ Fisuras
- ❖ Deformaciones
- ❖ Perdidas de capas estructurales
- ❖ Daños superficiales
- ❖ Otros daños

Dentro de las categorías mencionadas anteriormente existen diferentes deterioros que pueden ser causados por diversos factores, los cuales han sido establecidos mediante la revisión bibliográfica, mediante la evaluación de campo y ensayos de laboratorio.

Tabla 8. Deterioros en los pavimentos flexibles

PAVIMENTO FLEXIBLE			
DAÑO	CÓDIGO	NÚMERO DE FALLA	UNIDAD DE MEDIDA
Piel de cocodrilo.	PC	1	M ²
Exudación.	EX	2	M ²
Agrietamiento en bloque.	FB	3	M ²
Abultamientos y hundimientos.	AB_HUN	4	ML
Corrugación.	COR	5	M ²
Depresión.	DP	6	M ²
Grieta de borde.	GBD	7	ML
Grieta de reflexión de junta.	FJL_FJT	8	ML
Desnivel carril / berma.	DCB	9	ML
Grietas long y transversal.	FLT_FT	10	ML
Parqueo.	PCH	11	M ²
Pulimento de agregados.	PU	12	M ²
Huecos.	BCH	13	M ²
Cruce de vía férrea.	CVF	14	M ²
Ahuellamiento.	AHU	15	M ²
Desplazamiento.	DP	16	M ²
Grieta parabólica (slippage)	FML	17	M ²
Hinchamiento.	HCH	18	M ²
Desprendimiento de agregados.	PA	19	M ²

Fuente: Elaboración propia

❖ Calidad de tránsito (Ride Quality)¹

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones y el cruce de vía férrea. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

Basados en la clasificación establecida anteriormente para pavimentos flexibles y teniendo en cuenta la calidad del tránsito podemos asignar a cada falla un nivel de severidad, como se muestra en la siguiente tabla:

¹ Pavement Condition Index (PCI) Para concretos asfálticos y de concreto en carreteras.

Tabla 9. Clasificación de deterioros y severidad para pavimentos flexibles

PAVIMENTO FLEXIBLE				
TIPO DE DAÑO	CONVENCIONES	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FISURAS				
FISURA LONG. Y TRANS. (m)	GL-GT	Fisura < 1mm	1mm < Fisura < 3mm	Fisura > 3mm
GRIETAS EN BLOQUE (m ²)	GB	Fisura < 1mm	1mm < Fisura < 3mm	Fisura > 3mm
PIEL DE COCODRILO (m ²)	PC	Fisuras longitudinales paralelas < 1mm	Poligonos pequeños con aberturas entre 1mm-3mm	Poligonos con aberturas > 3mm
DEFORMACIONES				
AHUELLAMIENTO (m ²)	A	Profundidad < 10mm	10 mm < Profundidad < 25mm	Profundidad >25mm
HUNDIMIENTOS (m ²)	H	Profundidad < 20 mm	20mm < Profundidad < 40mm	Profundidad >40mm
ONDULACION (m ²)	OND	Profundidad < 10mm	10 mm < Profundidad < 20 mm	Profundidad > 20mm
PERDIDA DE LA CAPA DE LA ESTRUCTURA				
BACHES (m ²)	BCH	Profundidad < 25mm	25 mm < Profundidad < 50mm	Profundidad > 50mm
DESCASCARAMIENTO (m ²)	DC	Profundidad < 10mm	10 mm < Profundidad < 25mm	Profundidad >25mm
DAÑOS SUPERFICIALES				
CABEZAS DURAS (m ²)	CD	N/A	N/A	N/A
DESGASTE SUPERFICIAL (m ²)	DSU	Irregularidades hasta de 3mm	3mm < Irregularidades < 10 mm	Desintegracion de la superficie
EXUDACION (m ²)	EX	La exudacion se hace visible	exceso de asfalto libre	presencia significativa de asfalto en la superficie
PULIMENTO DE AGREGADO (m ²)	PU	N/A	N/A	N/A
PERDIDA DE AGREGADO (m ²)	PA	Se Observan pequeños huecos con extension mayor a 0,15 m	Mayor desprendimiento, separacion entre 0.05 m-0.15m	Desprendimiento extensivo separaciones < 0.05 m
PARCHES				
PARCHES ABULTADOS (m ²)	AB	Prominencia < 10 mm	10 mm < Prominencia < 20 mm	Prominencia > 20 mm
PARCHES HUNDIDOS (m ²)	HU	Profundidad < 20 mm	20 mm < Profundidad < 40 mm	Profundidad > 40 mm
PARCHES CON GRIETAS PERIMETRALES (m ²)	GP	Abertura Fisura < 1mm	1 mm < Abertura Fisura < 3mm	Abertura Fisura >3 mm

Fuente: Manual para la inspección de pavimentos flexibles (INVIAS)

7.3.3. Tipos de deterioros en los pavimentos rígidos

El inventario de daños visibles es el primer paso necesario para evaluar la condición global de un pavimento. Esta información determina la localización y extensión de las investigaciones posteriores, con el fin de establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento que es el objeto de la evaluación. Existen muchos tipos de deterioros para los pavimentos rígidos y diferentes niveles de severidad para cada tipo, a continuación se presenta una descripción de los diferentes tipos de daños que puede presentar un pavimento rígido, los cuales fueron agrupados en cuatro categorías generales:

- ❖ Grieta
- ❖ Deterioro de las juntas
- ❖ Deterioro superficial
- ❖ Otros deterioros

Dentro de las categorías mencionadas anteriormente existen diferentes deterioros que pueden ser causados por diversos factores, los cuales han sido establecidos mediante la revisión bibliográfica, mediante la evaluación de campo y ensayos de laboratorio.

Tabla 10. Deterioro en los pavimentos rígidos

PAVIMENTO RÍGIDO			
DAÑO	CÓDIGO	NÚMERO DE FALLA	UNIDAD DE MEDIDA
Blow up / Buckling	LET_LEL	1	M ²
Grieta de esquina	GE	2	M ²
Losa dividida	GB	3	M ²
Grieta de durabilidad "D"	FD	4	ML
Escala	EJL_EJT	5	M ²
Sello de junta	DST_DSL	6	M ²
Desnivel Carril / Berma	DB	7	ML

PAVIMENTO RÍGIDO			
DAÑO	CÓDIGO	NÚMERO DE FALLA	UNIDAD DE MEDIDA
Grieta lineal	GL	8	ML
Parqueo (grande)	PCHG	9	ML
Parqueo (pequeño)	PCHP	10	ML
Pulimento de agregados	PU	11	M ²
Popouts	POU	12	M ²
Bombeo	BOT_BOL	13	M ²
Punzonamiento	PO	14	M ²
Cruce de vía férrea	CVF	15	M ²
Desconchamiento	FT	16	M ²
Retracción	RET	17	M ²
Descascaramiento de esquina	DEE	18	M ²
Descascaramiento de junta	DEJ	19	M ²

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la calidad de tránsito o calidad de viaje podemos clasificar cada tipo de falla con una severidad, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11. Clasificación de deterioros y severidad para pavimentos rígidos

PAVIMENTO RIGIDO				
TIPO DE DAÑO	CONVENCIONES	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FISURAS				
GRIETA DE ESQUINA (M)	GE	Sellada o abertura<3mm	3mm<abertura<10mm	>10mm
GRIETA LONGITUDINAL (M)	GL	Sellada o abertura<3mm	3mm<abertura<10mm	>10mm Escalonamiento >15mm
GRIETA TRANSVERSAL (M)	GT	Sellada o abertura<3mm	3mm<abertura<10mm	>10mm Escalonamiento >6mm
GRIETAS EN BLOQUE (M ²)	GB	-	-	Siempre que exista
FISURACION POR RETRACCIÓN (M ²)	FR	Fisura sin descascaramiento	Fisura+ Descascaramiento, menos 10% dañada	Fisura+ Descascaramiento, mas 10% dañada
JUNTAS				

PAVIMENTO RIGIDO				
TIPO DE DAÑO	CONVENCIONES	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
SEPARACION JUNTAS LONGITUDINALES (M)	SJ	abertura<3mm	3mm<abertura<25mm	>25mm
ESCALONAMIENTO JUNTAS (M)	EJL	Desnivel < 5mm	5<Desnivel<10	desnivel>10mm
	EJT			
DETERIORO DEL SELLO (M)	DST-DSL	5% de longitud deficiente	5%< Long.Deficiente<25%	>25%
DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS (M)	DPL-DPL	Pequeños fracturamientos a 80 mm de la junta	Mas de 80 mm y prof. < 25mm	Mas de 80 mm y prof. >25 mm
BACHES Y DESCASCARAMIENTOS				
DESCASCARAMIENTO (M ²)	DE	Perdida material prof.< 5mm	5< prof< 15mm	>15mm
DESINTEGRACIÓN (M ²)	DI	Pequeños desprendimientos	Peladuras, desprendimiento material fino	Peladura, superf. Rugosa, desprendimiento agregado grueso
BACHES (M ²)	BCH	Prof. ≤25 mm	25mm< prof≤ 50mm	>50mm
HUNDIMIENTOS				
LEVANTAMIENTO LOCALIZADO (M)	LET	Elevación< 5mm	5< Elevación<10	Elevación>10 mm
	LEL			
HUNDIMIENTO O ASENTAMIENTO (M ²)	HU	HU<20mm	20<HU<40	HU>40mm
ONDULACIÓN (M)	ON	Desnivel < 5mm	5<Desnivel<10	desnivel>10mm
PARCHES				
PARCHES (M ²)	PCHA	Buena condición	media	Reparación urgente
	PCHC			

Fuente: Manual para la inspección de pavimentos rígidos (INVIAS)

7.3.4. Tramos inventariados

La selección de los tramos viales inventariados en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, se realizó de acuerdo con los corredores que presentaban mayor tráfico vehicular, y que hacen parte de la red vial principal de cada municipio.

A continuación se presenta los corredores inventariados en cada uno de los municipios:

Tabla 12. Tramos inventariados, municipio de Floridablanca

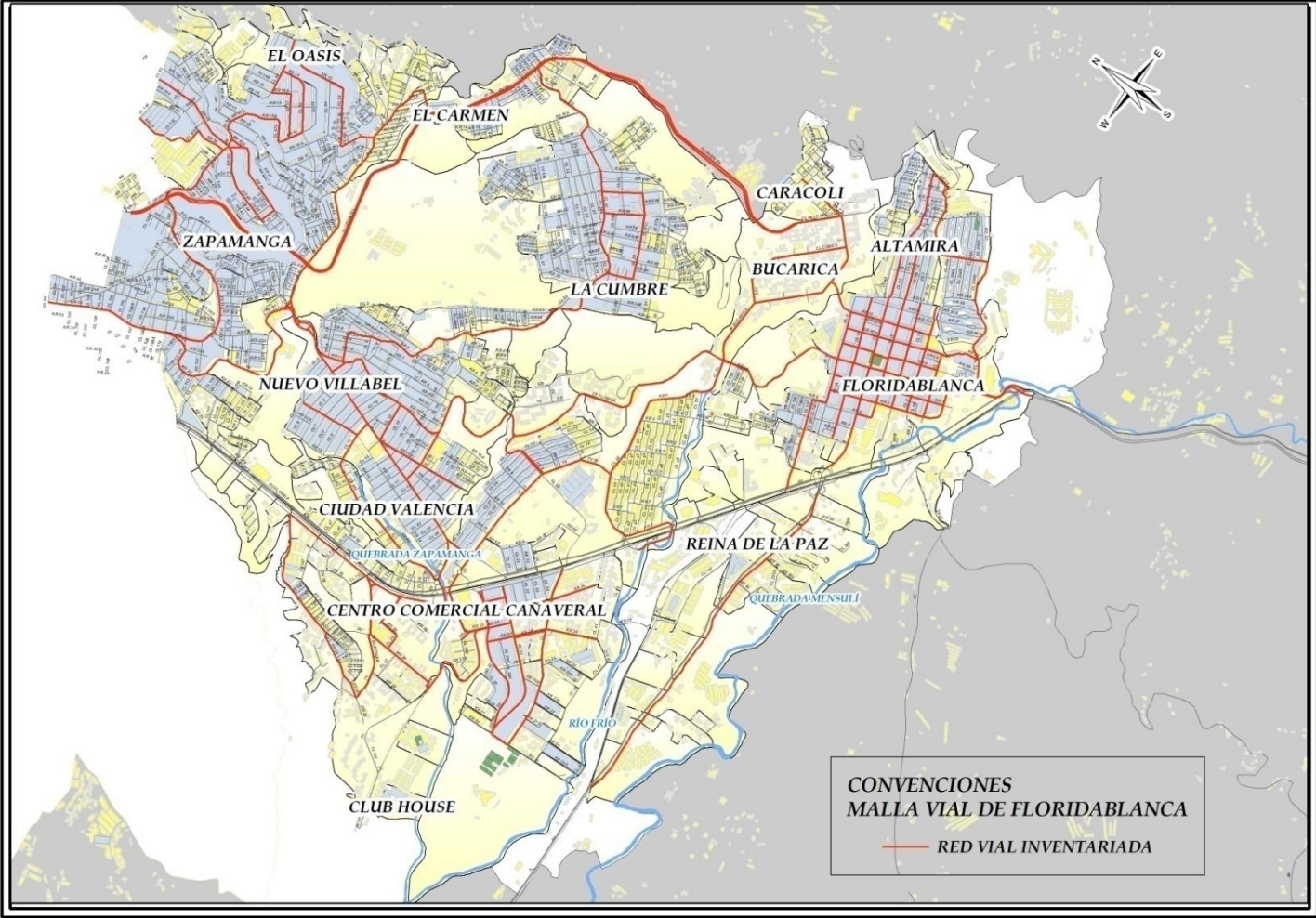
No	CORREDOR	INICIO	FINAL	LONGITUD CALZADA REAL (Km)
1	Calle 2	AU_Florida	Carrera 5	0,49
2	Calle 3	Carrera 5	Carrera 11	0,49
3	Calle 4	Carrera 3	Carrera 12	0,76
4	Calle 4	Carrera 11	Carrera 8	0,27
5	Calle 5	AU_Florida-Buc	Carrera 19	1,68
6	Calle 6	Carrera 5	Carrera 12	0,92
7	Calle 7	Carrera 6	Carrera 12	0,57
8	Calle 7A	Carrera 15	Carrera 19	0,37
9	Calle 8	Carrera 6	Carrera 12	0,57
10	Calle 9	Carrera 6	Carrera 10	0,34
11	Calle 10	Carrera 6	Carrera 8	0,14
12	Calle 11	Carrera 8	Carrera 35	0,17
13	Calle 11	Carrera 3	Carrera 5	0,17
14	Calle 11	Carrera 12	Carrera 29	0,27
15	Calle 12	Carrera 11E	Carrera 12	0,22
16	Calle 17	Carrera 7	Carrera 12	0,50
17	Calle 25	Carrera 24	Carrera 26	0,19
18	Calle 26	Carrera 23	Carrera 24	0,09
19	Calle 27	Carrera 5E	Carrera 9E	0,42
20	Calle 29	Carrera 11E	DG 57A	0,14
21	Calle 30	Carrera 20	AU_Florida-Buc	0,81
22	Calle 30	Carrera 2E	DG 57	0,83
23	Calle 30	Continuación Calle 30	TV Oriental	0,51
24	Calle 31	Calle 30	AU_Florida-Buc	0,83
25	Calle 31	Calle 33	Carrera 45	0,21
26	Calle 31	Carrera 25	AU_Florida-Buc	0,31
27	Calle 35	Carrera 20	AU_Florida-Buc	0,99
28	Calle 38	Av_Ant	AU_Florida-Buc	1,84

No	CORREDOR	INICIO	FINAL	LONGITUD CALZADA REAL (Km)
29	Calle 45	Calle 31		0,04
30	Calle 51	Carrera 8	Av_ V. Luz	0,68
31	Calle 53	DG 17	Carrera 13	0,30
32	Calle 56	Carrera 14	Carrera 16	0,28
33	Calle 57	Carrera 14A	Carrera 16	0,23
34	Calle 57A	Carrera 15A	Carrera 16	0,12
35	Calle 58	Carrera 15	Carrera 58	0,30
36	Calle 103	Carrera 21	Carrera 41	0,13
37	Calle 105A	Carrera 45	Carrera 46	0,10
38	Calle 107	Carrera 19	Carrera 37	0,63
39	Calle 114	Carrera 32	Carrera 33	0,10
40	Calle 114	Carrera 31	Carrera 33	0,15
41	Calle 148	TV Oriental	Carrera 8	0,12
42	Calle 200	Anillo Vial	AU_Florida-Buc	1,96
43	Calle 205	Carrera 35	Carrera 40	0,57
44	Calle del Caracoli	TV Oriental	Carrera 7	0,23
45	Calle del Comercio	Av_Bucarica	TV 8	0,54
46	Carrera 2E	Calle 32	Calle 33	0,03
47	Carrera 3	Calle 13	Calle 15	0,10
48	Carrera 3	Calle 16	Carrera 45	0,44
49	Carrera 5	Calle 2	Calle 3	0,07
50	Carrera 5	Calle 5	Calle 6	0,08
51	Carrera 5E	Calle 27	Calle 30	0,30
52	Carrera 6	Calle 3	Calle 10	0,60
53	Carrera 6	Carrera 29	Calle 38	0,17
54	Carrera 6	Calle 5	Calle 11	0,27
55	Carrera 7	Calle 3	Calle 10	0,59
56	Carrera 7	Calle del Caracoli	Calle 8	0,28
57	Carrera 8	Calle 3	Calle 10	0,60
58	Carrera 8	Calle 10	AU_Florida-Buc	0,90
59	Carrera 8	Calle 51	Calle 148	0,05
60	Carrera 8	Carrera 29	Calle 24	0,38
61	Carrera 8	Calle 4	Calle 5	0,13
62	Carrera 9	Calle 3	Calle 9	0,52
63	Carrera 10	Calle 3	Calle 9	0,51
64	Carrera 11	Calle 3	Calle 8	0,43
65	Carrera 11	Calle 1	Calle 17	0,84
66	Carrera 11B	Calle 22	Carrera 12	0,49
67	Carrera 12	Carrera 29	Calle 1	1,54
68	Carrera 13	Calle 53	Calle 58	0,33
69	Carrera 13	Calle 4	Calle 11	0,33
70	Carrera 14	Calle 56	Calle 58	0,09
71	Carrera 14A	Calle 57	Calle 58	0,10
72	Carrera 15	Calle 5	Calle 7A	0,18
73	Carrera 15A	Calle 57A	Carrera 17A	0,12
74	Carrera 16	Calle 56	Calle 57A	0,14
75	Carrera 17A	Carrera 15A	Carrera 48	0,13

No	CORREDOR	INICIO	FINAL	LONGITUD CALZADA REAL (Km)
76	Carrera 19	Calle 5	Calle 7A	0,11
77	Carrera 19	Carrera 63	Calle 107	0,51
78	Carrera 20	Carrera 60	Calle 107	0,29
79	Carrera 20	Calle 31	Calle 35	0,10
80	Carrera 21	DG 22	Calle 151C	0,53
81	Carrera 23	Av_El Bosque	Av_29	0,46
82	Carrera 24	Calle 30	Calle 41	0,58
83	Carrera 24	Calle 25	Calle 26	0,13
84	Carrera 25	Calle 29	Calle 31	0,13
85	Carrera 26	Calle 30	Calle 29	0,64
86	Carrera 26	Calle 31	Calle 147	1,43
87	Carrera 29	AU_Florida-Buc	Carrera 6	0,98
88	Carrera 29	AU_Florida-Buc	Calle 11	0,80
89	Carrera 32	Calle 110 B	Calle114	0,17
90	Carrera 33	Calle 98	Calle 112	0,85
91	Carrera 35	Calle 9	Calle 11	0,21
92	Carrera 37	Calle 107	Calle 112	0,34
93	Carrera 40	Calle 7A	Calle 205	0,26
94	Carrera 41	Calle 100	Calle 103	0,16
95	Carrera 45	Calle 108	Calle 114A	0,43
96	Carrera 46	Carrera 17A	Calle 115A	0,57
97	DG 17	Calle 51	Calle 53	0,18
98	DG 22	Carrera 21	TV 154	0,15
99	TV Oriental	Calle 105	Calle1	9,18
100	TV 8	Calle del Comercio	Av_Bucarica	0,13
101	TV 29	Calle 38	Carrera 29	0,28
102	TV 112	Carrera 33	Carrera 37	0,36
103	TV 154	DG 22	Av_El Bosque	0,36
104	Av_ V. Luz	Calle 51	Av Antigua	0,67
105	Av_Bucarica	Av_Bucarica	Av_Ant	0,78
106	Av_Bucarica	Calle 1	Calle 3	0,57
107	Av_29	Carrera 23	Carrera 25	0,66
108	Av_El Bosque	TV 154	Au_Florida	0,34
109	Av_Ant	Calle 3	Av_Bucarica	0,75
110	Continuación Av_Ant	Av_Bucarica	Calle 17	2,21
111	Continuación Calle 29	Carrera 9AE	Carrera 11E	0,34
112	Cacontinuación Calle 114	Carrera 31	Calle 1	1,30
TOTAL				60,20

Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga

Figura 21. Clasificación de la malla vial primaria inventariada, municipio de Floridablanca



Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

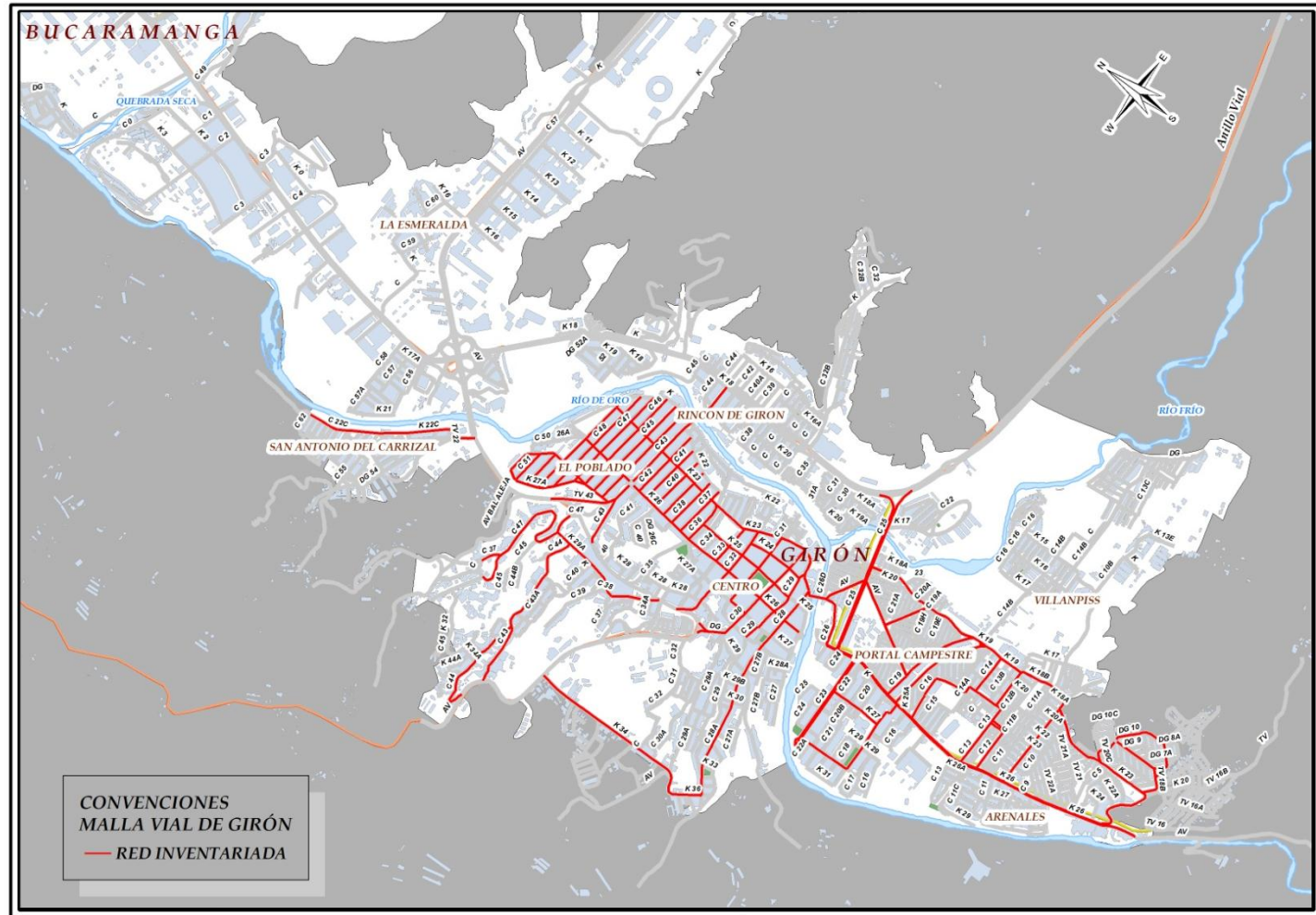
Tabla 13. Tramos inventariados, municipio de Girón

No	CORREDOR	INICIO	FINAL	LONGITUD CALZADA REAL (Km)
1	Calle 10B	Carrera 26	Carrera 18B	0,45
2	Calle 12	Carrera 26	Carrera 23	0,20
3	Calle 13	Carrera 26	Carrera 22	0,29
4	Calle 13A	Carrera 22	Carrera 19	0,18
5	Calle 14	Carrera 22	Carrera 19	0,18
6	Calle 14A	Calle 16	Carrera 22	0,03
7	Calle 16	Carrera 26	Calle 14A	0,34
8	Calle 18	Carrera 30	Carrera 19	0,83
9	Calle 19	Carrera 26	Carrera 19	0,45
10	Calle 23	Carrera 30	Carrera 26	0,87
11	Calle 25	Carrera 26	Au_Florida	1,52
12	Calle 26	Carrera 26	Carrera 25	0,22
13	Calle 27	Carrera 25	Carrera 25	0,07
14	Calle 28	Carrera 29	Carrera 25	0,44
15	Calle 28A	Carrera 36	Carrera 29	0,57
16	Calle 29	Carrera 28	Carrera 23	0,37
17	Calle 30	Carrera 28A	Carrera 23	0,49
18	Calle 31	Carrera 27	Carrera 23	0,35
19	Calle 32	Au_Lebrija	Carrera 23	0,51
20	Calle 33	Carrera 26	Carrera 23	0,18
21	Calle 36	Carrera 26	Carrera 23	0,19
22	Calle 37	Carrera 26	Carrera 22	0,24
23	Calle 37	Diagonal 37	Calle 47	0,09
24	Calle 38	Carrera 26	Carrera 22	0,23
25	Calle 39	Carrera 26	Carrera 22	0,24
26	Calle 40	Carrera 26	Carrera 22	0,26
27	Calle 41	Carrera 26	Carrera 22	0,28
28	Calle 42	Carrera 26	Carrera 22	0,32
29	Calle 43	Au_Lebrija	Anillo Vial	0,87
30	Calle 43	Au_Lebrija	Calle 44	0,27
31	Calle 44	Carrera 27	Carrera 22	0,48
32	Calle 44	Au_Lebrija	Carrera 29A	0,95
33	Calle 45	Carrera 27	Carrera 22	0,50
34	Calle 45	Calle 47	Au_Lebrija	0,19
35	Calle 46	Carrera 27	Carrera 22	0,50
36	Calle 47	Carrera 27A	Carrera 22	0,49
37	Calle 47	Diagonal 37	Calle 45	0,63
38	Calle 48	Carrera 27A	Carrera 22	0,53
39	Calle 49	Carrera 27A	Carrera 22	0,53
40	Calle 50	Carrera 27A	Carrera 27	0,18
41	Calle 51	Carrera 27A	Carrera 27	0,15
42	Calle 52	Carrera 27A	Carrera 27	0,09
43	Carrera 17	Calle 32B	Calle 45	0,59
44	Carrera 18B	Calle 10B	Calle 13A	0,21
45	Carrera 19	Calle 13A	Calle 25	0,79

No	CORREDOR	INICIO	FINAL	LONGITUD CALZADA REAL (Km)
46	Carrera 21	DG 10	TV 18	0,07
47	Carrera 22	DG 9	TV 18B	0,20
48	Carrera 22	Calle 13	Calle 14A	0,17
49	Carrera 22C	Calle 62	Au_Lebrija	0,73
50	Carrera 23	Carrera 26	Calle 10B	0,83
51	Carrera 23	Calle 12	Calle 13	0,13
52	Carrera 23	Calle 29	Calle 49	1,15
53	Carrera 24	Calle 29	Calle 32	0,25
54	Carrera 25	calle 26D	Calle 28	0,09
55	Carrera 25	Calle 29	Calle 36	0,48
56	Carrera 26	Calle 27	Calle 49	1,20
57	Carrera 26	Calle 26	Vía Zapatoca	3,17
58	Carrera 27	Calle 18	Calle 23	0,23
59	Carrera 27	Calle 30	Calle 31	0,09
60	Carrera 27	Calle 43	Calle 52	0,45
61	Carrera 27A	Calle 46	Calle 52	0,36
62	Carrera 29A	Au_Lebrija	Calle 45	0,56
63	Carrera 30	Calle 18	Calle 23	0,23
64	Carrera 34	Calle 30	Au_Lebrija	0,76
65	carrera 36	Calle 28A	Calle 30	0,15
66	DG	TV 18B	TV 18	0,07
67	DG 6	Carrera 23	TV 18B	0,06
68	DG 7	Carrera 22	TV 18	0,06
69	DG 9	Carrera 23	Carrera 22	0,13
70	DG 10	Carrera 22	Carrera 21	0,15
71	DG	Au_Lebrija	Calle 30	0,17
72	TV 18	DG 7	DG 10	0,10
73	TV 18B	DG 6	Carrera 22	0,09
74	TV 43	Au_Lebrija	Calle 43	0,25
75	AV_ Ceiba	AV	Carrera 19	0,20
76	AV	Calle 19	Calle 25	0,44
77	AV	Carrera 25	Calle 25	0,18
TOTAL				31,54

Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga

Figura 22. Clasificación de la malla vial primaria inventariada, municipio de Girón



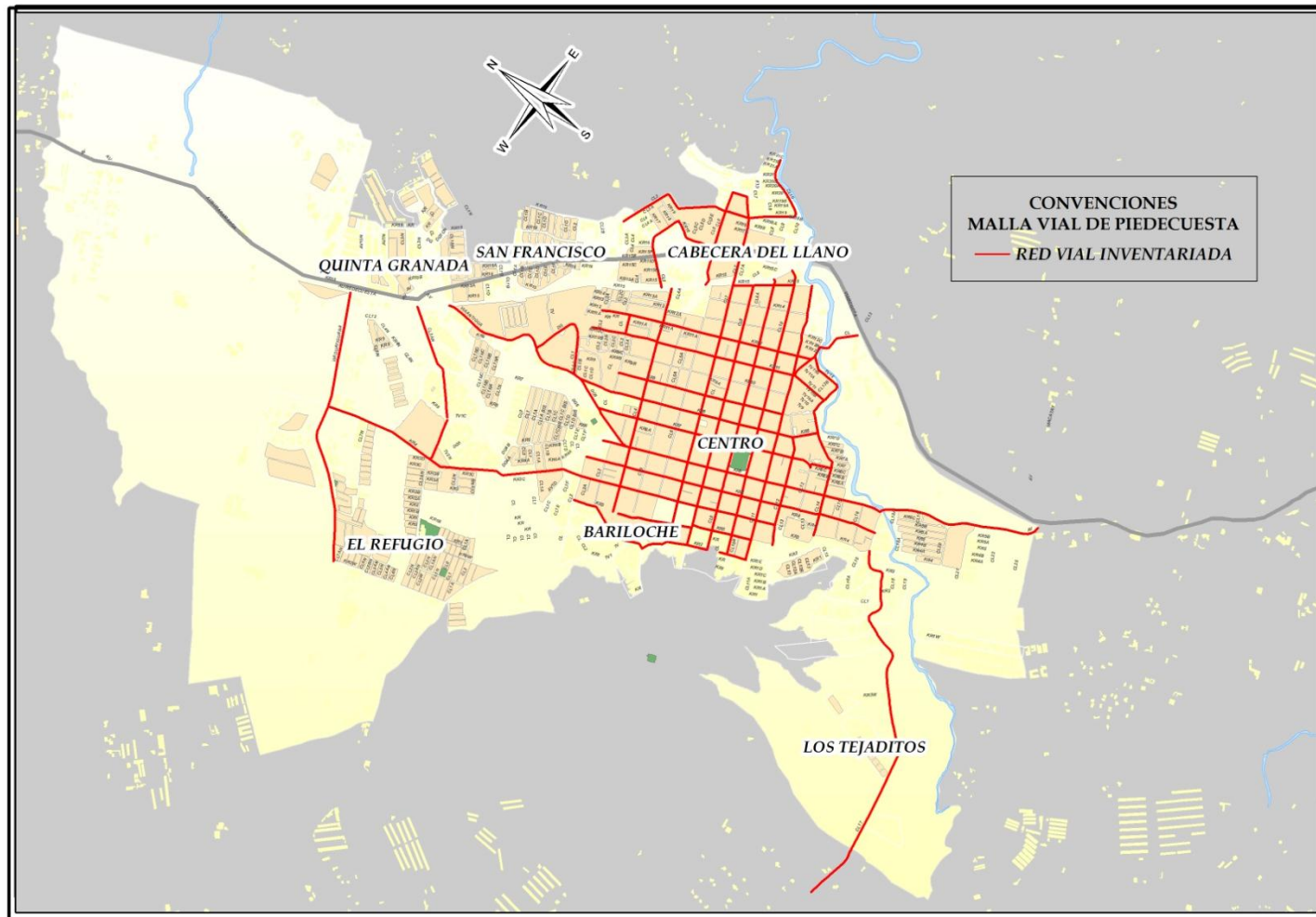
Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

Tabla 14. Tramos inventariados, municipio de Piedecuesta

No	CORREDOR	INICIO	FINAL	LONGITUD CALZADA REAL (Km)
1	Calle 3AN	Carrera 4	Au_Bucaramanga	0,73
2	Calle 3	Calle 3	Carrera 19	0,25
3	Calle 4	Carrera 3	Carrera 15	1,07
4	Calle 5	Au_Bucaramanga	Carrera 19	0,38
5	Calle 6	Carrera 15	Carrera 20	0,44
6	Calle 7	Carrera 2	Carrera 20	1,64
7	Calle 8	Carrera 2	Carrera 15	1,26
8	Calle 9	Carrera 2	Au_Bucaramanga	1,31
9	Calle 10	Carrera 2	Au_Bucaramanga	1,37
10	Calle 10	Carrera 19	Carrera 21 C	0,29
11	Calle 11	Carrera 2	Carrera 15	1,33
12	Calle 12	Carrera 3	Carrera 8	0,52
13	Calle 12	TV_11	Carrera 21 A	0,18
14	Calle 14	Carrera 4	Carrera 9	0,61
15	Calle 17	Carrera 4	Vía Sevilla	1,85
16	Carrera 21 B	Calle 12	Calle 13	0,20
17	Carrera 2	Calle 7	Calle 11	0,38
18	Carrera 3	Calle 2	Calle 12	0,96
19	Carrera 4	Av_Guatiguara	Calle 12	2,21
20	Carrera 5	Calle 2	Calle 17	1,40
21	Carrera 6	Calle 3	Calle 17	1,31
22	Carrera 6	Calle 20	Vía Bogotá	0,46
23	Carrera 7	DG	Calle 14	1,15
24	Carrera 8	DG	Calle 14	1,15
25	Carrera 9	Calle 3	Calle 11	0,79
26	Carrera 11	Calle 1A	Calle 12	0,97
27	Carrera 12	Calle 2	Calle 12	1,00
28	TV_11	Calle 12	Carrera 9	0,17
29	TV	Calle 12	Carrera 9	0,17
30	Carrera 16	Calle 5	Calle 6	0,22
31	Carrera 19	Calle 3	Calle 10	0,64
32	Carrera 20	Calle 6	Calle 7	0,07
34	Av_Guatiguara	Carrera 2w	Au_Bucaramanga	1,29
35	Av_Vía ant	Au_Bucaramanga	Carrera 8	0,77
36	DG	Carrera 6	Av_Vía ant	0,38
37	DG	Av_Vía ant	Av_Vía ant	0,62
38	AV	Calle 17	Calle 20	0,29
39	Carrera 3-DG	Calle 3	Calle 7	0,55
TOTAL				30,37

Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga

Figura 23. Clasificación de la malla vial primaria inventariada, municipio de Piedecuesta



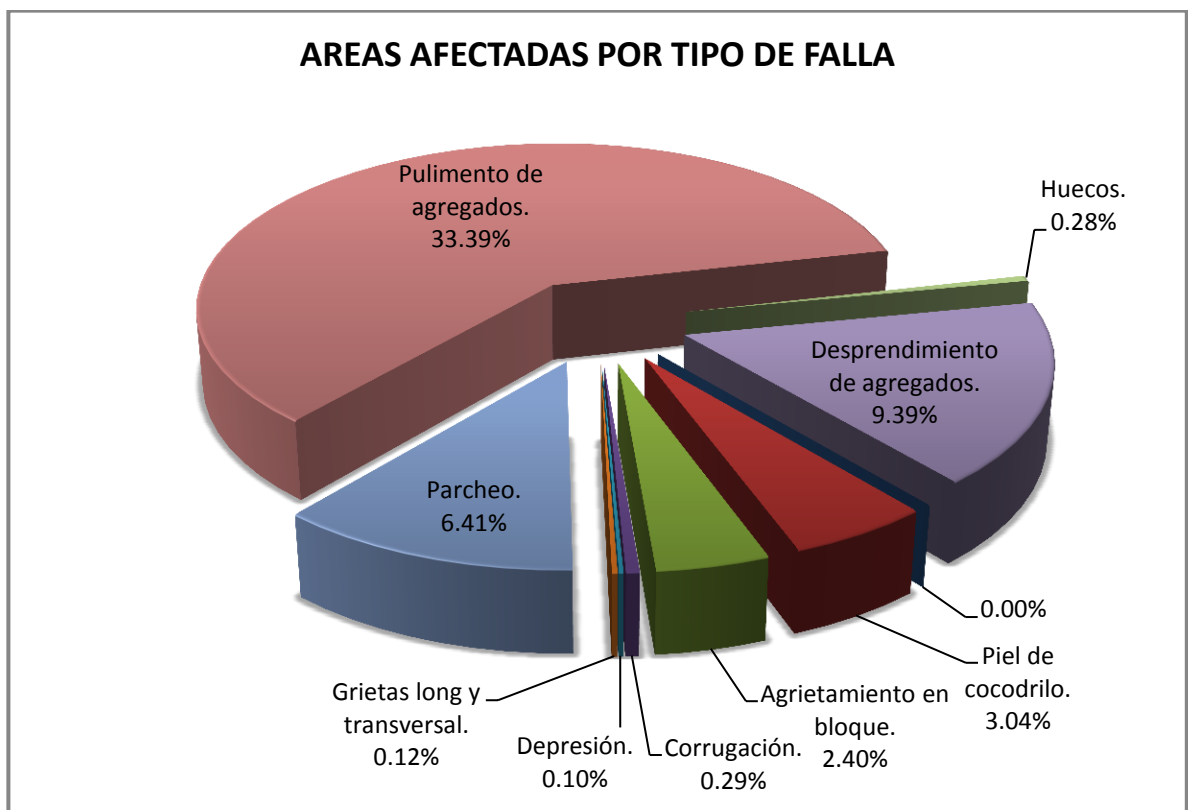
Fuente: Inventario de infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

7.3.5. Fallas representativas en la malla vial

El desgaste superficial afecta a más del 50 % de los pavimentos, aunque la severidad de este no es alta, por este motivo en la siguientes graficas este tipo de falla no se representará.

❖ Municipio de Floridablanca

Figura 24. Tipos de fallas pavimento flexible, municipio de Floridablanca.



Fuente: Elaboración propia.

De la anterior grafica podemos observar que el pulimiento de agregados con 33.39 % de afectación y el desprendimientos de agregados con 9.39% son los deterioros que mayor área de afectación tienen en la malla vial del Municipio de Floridablanca, seguidos por Parqueo (6.41%), Piel de cocodrilo (3.04%) y agrietamiento en bloque (2.40%).

El área afectada por fallas en los pavimentos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15. Cuantificación de deterioros pavimento flexible, municipio de Floridablanca.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Área (m2)	Porcentaje (%)
Piel de cocodrilo.	10951.11	5.49%
Agrietamiento en bloque.	8644.20	4.33%
Corrugación.	1029.80	0.52%
Depresión.	342.07	0.17%
Grietas long y transversal.	426.84	0.21%
Parcheo.	23090.59	11.57%
Pulimento de agregados.	120187.52	60.24%
Huecos.	1025.71	0.51%
Desprendimiento de agregados.	33811.43	16.95%
Total	199509.27	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Para la cuantificación de los deterioros en el pavimento rígido se tomaron en cuenta el número de segmentos o tramos viales afectados y el tipo de falla que los afectaba, como se muestra en la siguiente tabla:

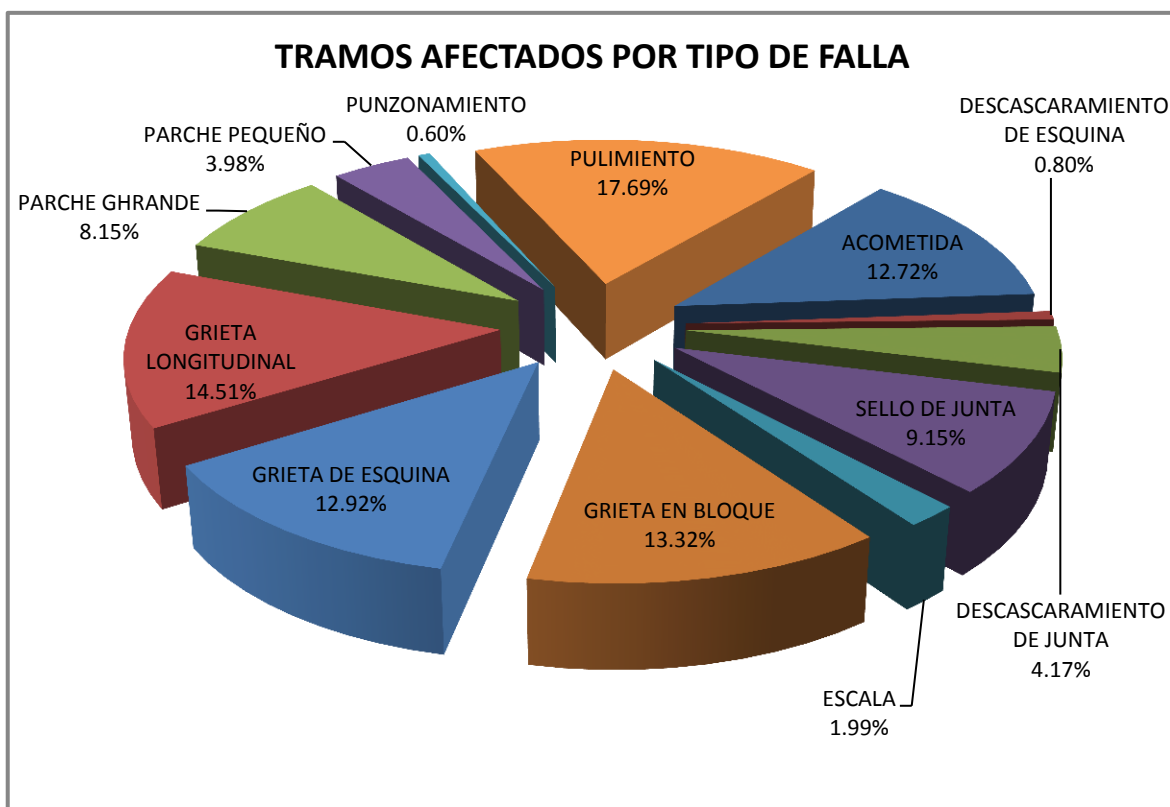
Tabla 16. Cuantificación de deterioros pavimento rígido, municipio de Floridablanca.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Tramos Afectados	Porcentaje
Acometida	64	12.72%
Descascaramiento de esquina	4	0.80%
Descascaramiento de junta	21	4.17%
Sello de junta	46	9.15%
Escala	10	1.99%
Grieta en bloque	67	13.32%
Grieta de esquina	65	12.92%
Grieta longitudinal	73	14.51%

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Tramos Afectados	Porcentaje
Parche grande	41	8.15%
Parche pequeño	20	3.98%
Punzonamiento	3	0.60%
Pulimiento	89	17.69%
Total	503	100.00%

Fuente: Elaboración propia

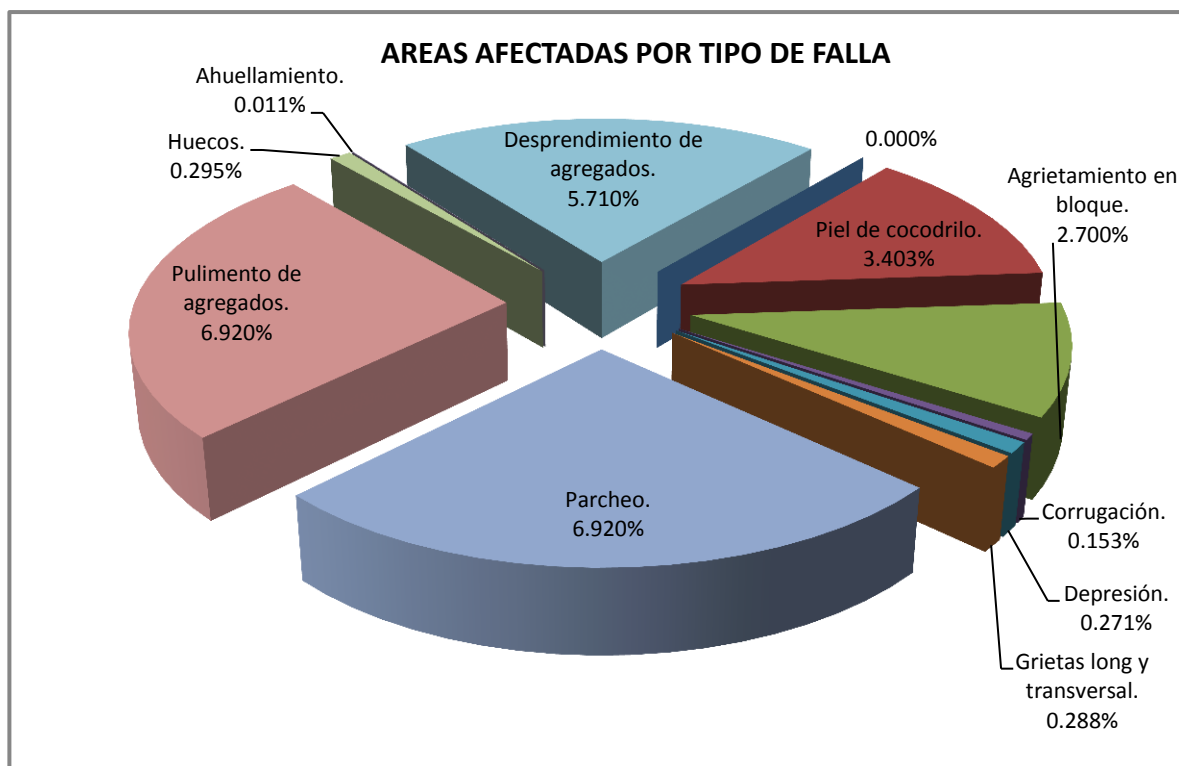
Figura 25. Tipos de fallas pavimento rígido, municipio de Floridablanca.



Fuente: Elaboración propia

❖ **Municipio de Girón**

Figura 26. Tipos de fallas pavimento flexible, municipio de Girón.



Fuente: Elaboración propia.

De la anterior grafica podemos observar que el pulimento de agregados con 6.92 % de afectación y el Parqueo con 6.92% son los deterioros que mayor área de afectación tienen en la malla vial, seguidos por desprendimientos de agregados (5.71%), Piel de cocodrilo (3.403%) y agrietamiento en bloque (2.70%). El área de afectación por fallas en los pavimentos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17. Cuantificación de deterioros pavimento flexible, municipio de Girón.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Área (m2)	Porcentaje (%)
Piel de cocodrilo.	6125.95	12.76%
Agrietamiento en bloque.	4860.30	10.12%
Corrugación.	275.00	0.57%

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Área (m2)	Porcentaje (%)
Depresión.	487.44	1.02%
Grietas long y transversal.	518.80	1.08%
Parqueo.	12455.79	25.95%
Pulimento de agregados.	12455.79	25.95%
Huecos.	530.88	1.11%
Ahuellamiento.	20.00	0.04%
Desprendimiento de agregados.	10277.63	21.41%
Total	48007.58	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

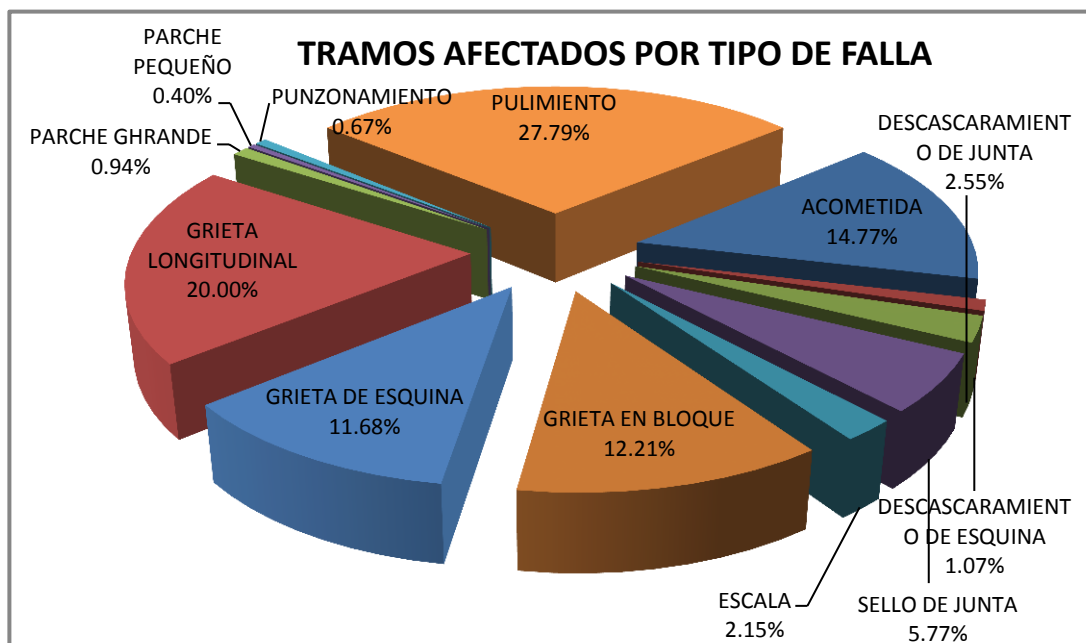
Para la cuantificación de los deterioros en el pavimento rígido se tomaron en cuenta el número de segmentos o tramos viales afectados y el tipo de falla que los afectaba, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 18. Cuantificación de deterioros pavimento rígido, municipio de Girón.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Tramos Afectados	Porcentaje
Acometida	110	14.77%
Descascaramiento de esquina	8	1.07%
Descascaramiento de junta	19	2.55%
Sello de junta	43	5.77%
Escala	16	2.15%
Grieta en bloque	91	12.21%
Grieta de esquina	87	11.68%
Grieta longitudinal	149	20.00%
Parque grande	7	0.94%
Parque pequeño	3	0.40%
Punzonamiento	5	0.67%
Pulimiento	207	27.79%
Total	745	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Tipos de fallas pavimento rígido, municipio de Girón



Fuente: Elaboración propia.

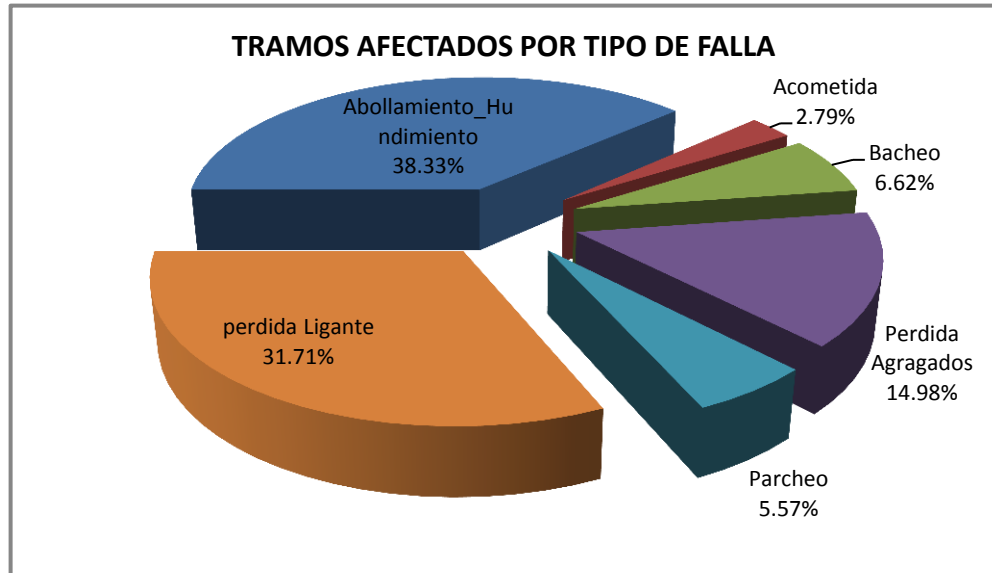
El municipio de San Juan de Girón forma parte del patrimonio Nacional, y algunos sectores de su malla vial está conformada por pavimentos articulados o empedrados que fueron construidos en épocas de la Colonia. Los tramos afectados y los tipos de fallas fueron los siguientes:

Tabla 19. Cuantificación de deterioros pavimento articulado, municipio de Girón.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Tramos Afectados	Porcentaje
Abollamiento_Hundimiento	110	38.33%
Acometida	8	2.79%
Bacheo	19	6.62%
Perdida Agregados	43	14.98%
Parcheo	16	5.57%
perdida Ligante	91	31.71%
TOTAL	287	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

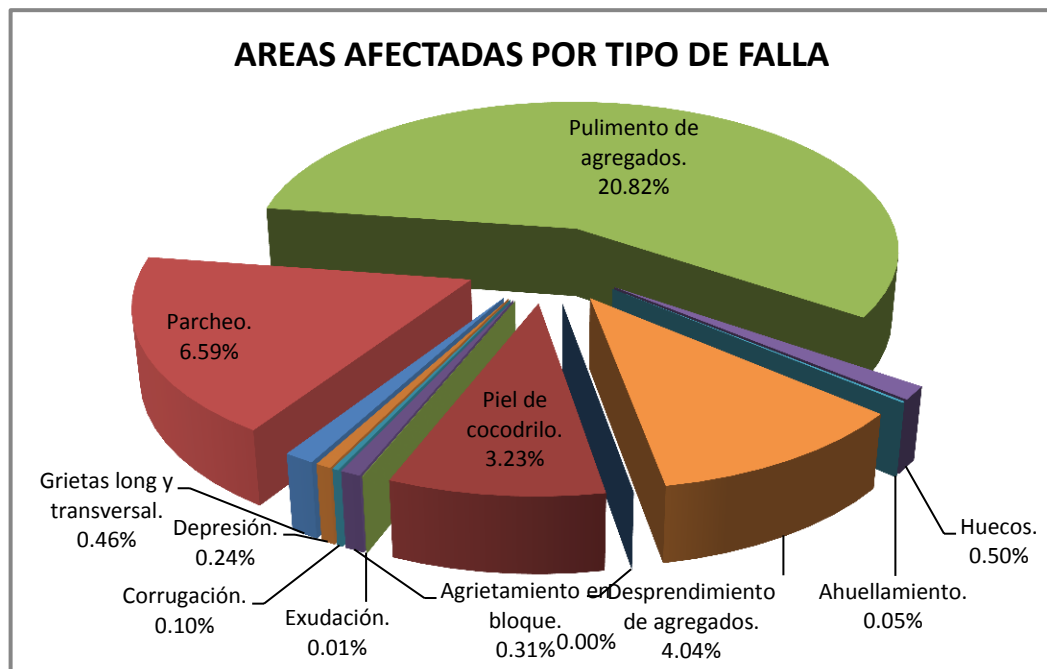
Figura 28. Tipos de fallas pavimento articulado, municipio de Girón



Fuente: Elaboración propia

❖ **Municipio de Piedecuesta**

Figura 29. Tipos de fallas pavimento flexible, Municipio de Piedecuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Para el Municipio de Piedecuesta como muestra la **Figura 28** el pulimiento de agregados con 20.82 % de afectación y el Parcheo con 6.59% son los deterioros que mayor área de afectación tienen en la malla vial, seguidos por desprendimientos de agregados (4.04%), y Piel de cocodrilo (3.23%). También podemos observar el área de afectación por fallas del pavimento de este municipio en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Cuantificación de deterioros pavimento flexible, municipio de Piedecuesta.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Área (m2)	Porcentaje (%)
Piel de cocodrilo.	5815.20	8.89%
Exudación.	22.00	0.03%
Agrietamiento en bloque.	558.35	0.85%
Corrugación.	175.15	0.27%
Depresión.	425.93	0.65%
Grietas long y transversal.	831.20	1.27%
Parcheo.	11862.92	18.13%
Pulimento de agregados.	37481.09	57.28%
Huecos.	900.24	1.38%
Ahuellamiento.	94.75	0.14%
Desprendimiento de agregados.	7263.10	11.10%
Total	65429.93	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

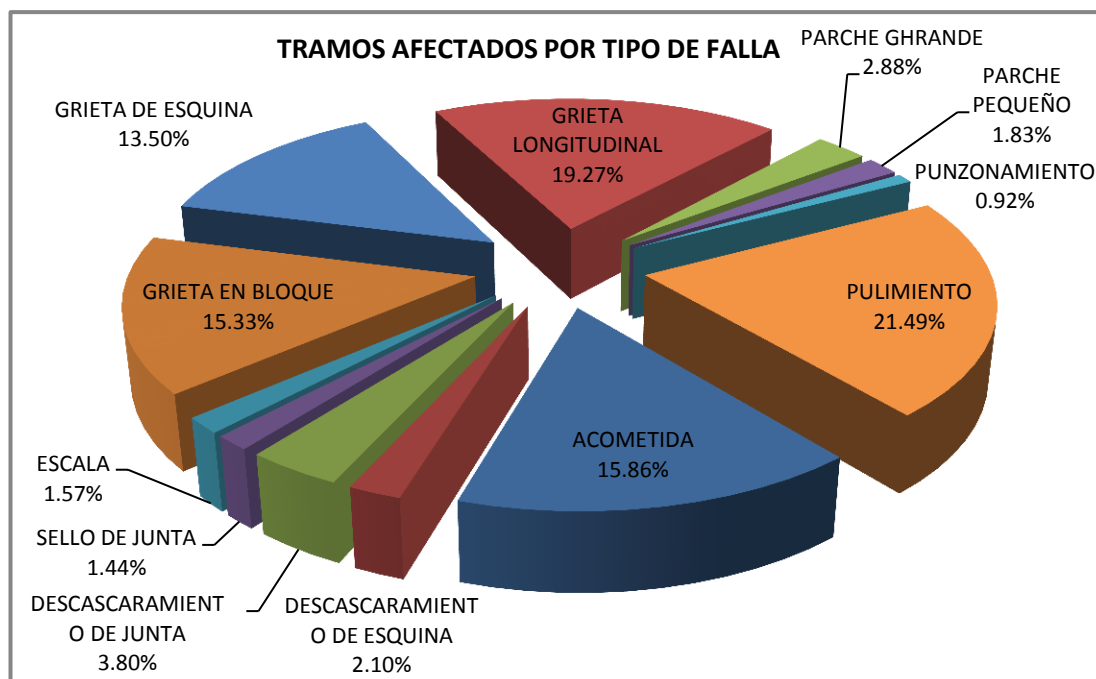
Para la cuantificación de los deterioros en el pavimento rígido se tomaron en cuenta el número de segmentos o tramos viales afectados y el tipo de falla que los afectaba, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21. Cuantificación de deterioros pavimento rígido, Municipio de Piedecuesta.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Tramos Afectados	Porcentaje
Acometida	121	15.86%
Descascaramiento de esquina	16	2.10%
Descascaramiento de junta	29	3.80%
Sello de junta	11	1.44%
Escala	12	1.57%
Grieta en bloque	117	15.33%
Grieta de esquina	103	13.50%
Grieta longitudinal	147	19.27%
Parche ghrande	22	2.88%
Parche pequeño	14	1.83%
Punzonamiento	7	0.92%
Pulimiento	164	21.49%
Total	763	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Tipos de fallas pavimento rígido, Municipio de Piedecuesta.



Fuente: Elaboración propia.

7.3.5.1. Fallas que más afectan la red

La siguiente tabla muestra cuales son los deterioros que más afectan los pavimentos de los principales corredores viales en los Municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

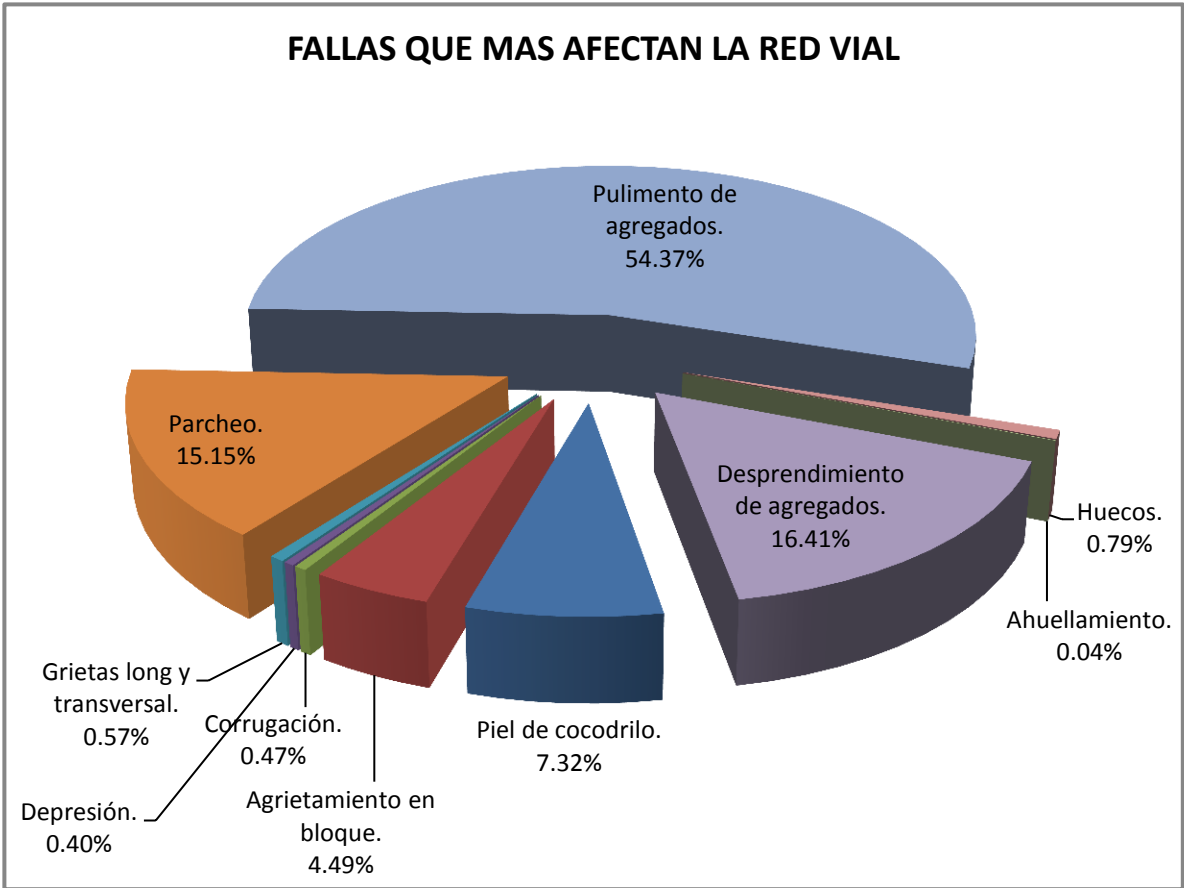
Tabla 22. Fallas que más afectan la red vial en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

Tipo de falla	Principales Corredores Viales	
	Área (m2)	Porcentaje (%)
Piel de cocodrilo.	22892.26	7.32%
Agrietamiento en bloque.	14062.85	4.49%
Corrugación.	1479.95	0.47%
Depresión.	1255.44	0.40%
Grietas long y transversal.	1776.84	0.57%
Parcheo.	47409.30	15.15%
Pulimento de agregados.	170124.40	54.37%
Huecos.	2456.83	0.79%
Ahuellamiento.	114.75	0.04%
Desprendimiento de agregados.	51352.16	16.41%
Total	312924.77	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente gráfica muestra cuáles son las fallas que más deterioran el pavimento; no quiere decir que sean las más extensas, sino que por su tipología son fallas que afectan en gran proporción la capa de rodadura; por ejemplo, el desgaste superficial es un tipo de falla que tiene grandes extensiones, pero no amenaza la capacidad de la estructura. En cambio, los baches son fallas que aparecen en pequeñas extensiones, pero degradan severamente el pavimento.

Figura 31. Fallas que más afectan la red vial en los Municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior podemos concluir que el Pulimento de agregados con 54.37%, el Desprendimiento de agregados con 16.41% y Parcheo con 15.15% son los principales deterioros que afectan el pavimento de los principales corredores viales en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, seguido por Piel de cocodrilo (7.32%), Agrietamiento en Bloque (4.49) y Huecos (0.79%).

7.4. Sumideros y obras de drenaje

Para los propósitos del diseño de las obras de rehabilitación de los pavimentos asfálticos y rígidos de la red vial, la evaluación del drenaje tiene como finalidad valorar el peligro de que los deterioros causados por el agua puedan evolucionar con rapidez¹.

Para este estudio se establecieron los tipos y los estados de los sumideros encontrados en los diferentes segmentos de la malla vial de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

❖ Municipio de Floridablanca

Según las estadísticas del inventario de sumideros en el Municipio de Floridablanca existe un total de 558 sumideros en la red principal, los cuales permiten la evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras mediante las cunetas, estas conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

De acuerdo con la información recolectada se cuentan con un gran número de sumideros con respecto al número de segmentos que componen la malla vial del municipio, sin embargo, más de la mitad de estas estructuras se encuentran para realizarles obras de mantenimiento y reparación de sus estructuras de drenaje².

A continuación se presentan los datos obtenidos en el inventario de Sumideros y obras de drenaje del municipio de Floridablanca:

¹ Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.

² Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

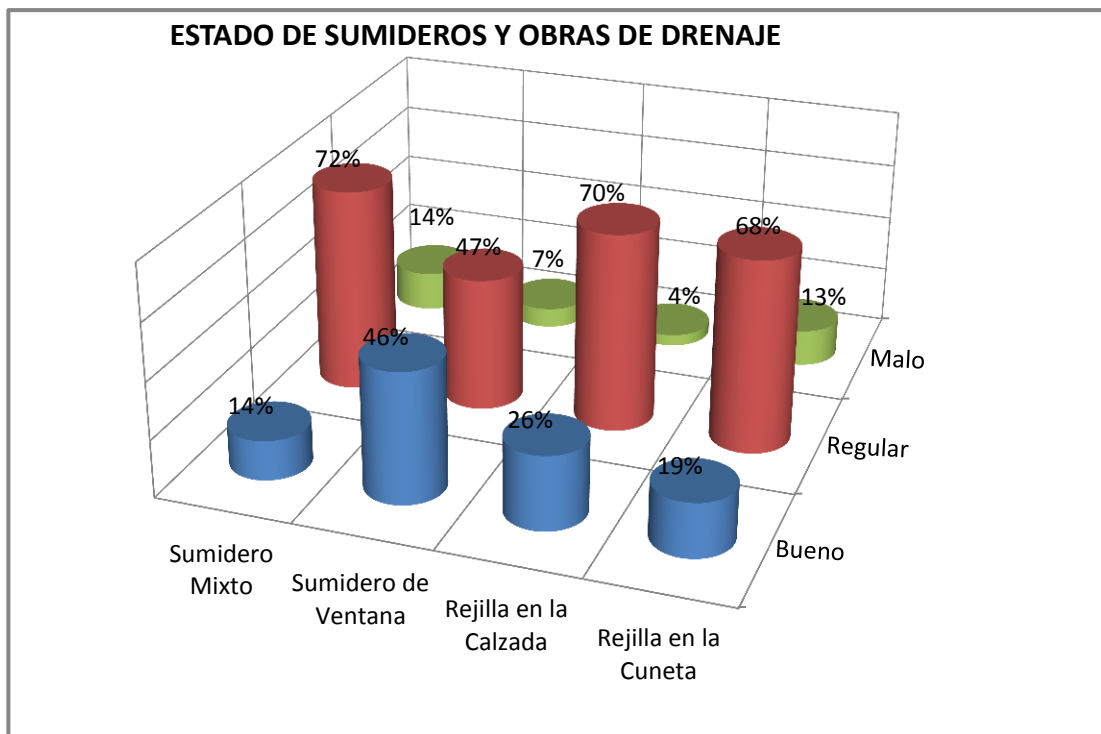
Tabla 23. Estado de los sumideros y obras de drenaje, municipio de Floridablanca

TIPO	NÚMERO	ESTADO					
		BUENO	%	REGULAR	%	MALO	%
Sumidero Mixto	44	6	14%	32	72%	6	14%
Sumidero de Ventana	360	164	46%	169	47%	27	7%
Rejilla en la Calzada	23	6	26%	16	70%	1	4%
Rejilla en la Cuneta	131	25	19%	89	68%	17	13%
Total	558	201	36%	306	55%	51	9%

Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

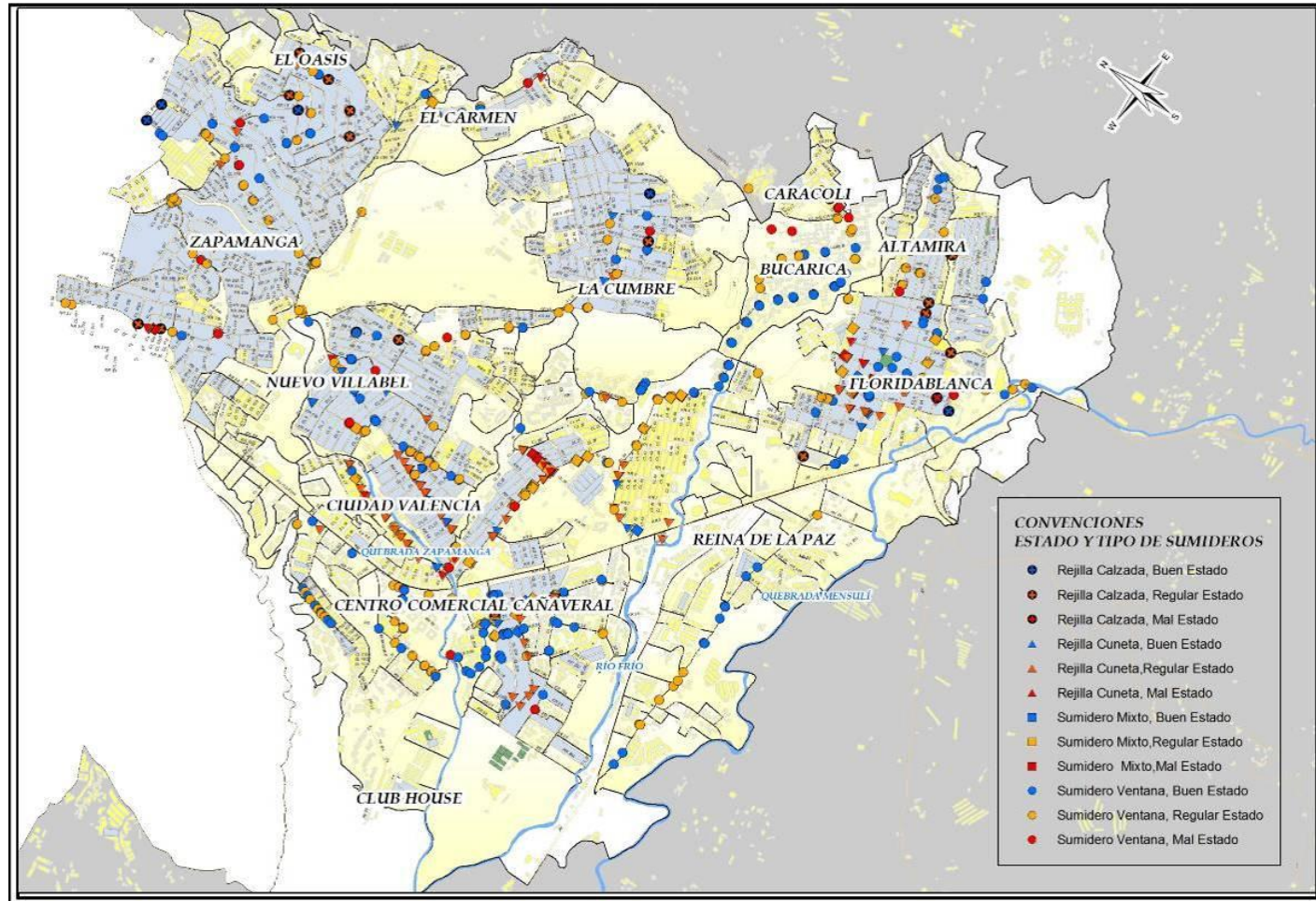
En el siguiente grafico podemos observar el estado actual de los sumideros con respecto al tipo de estructura de drenaje.

Figura 32. Estado de sumideros y obras de drenaje, municipio de Floridablanca



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Localización de sumideros y obras de drenaje, municipio de Floridablanca



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

Aproximadamente 65% de los segmentos inventariados cuentan con sumideros u obras de drenaje, de estos 36% se encuentran en buenas condiciones, prestando un buen servicio y encontrándose sus estructuras en óptimo estado, 55% de las estructuras se encuentran con un mal desempeño para evacuar las aguas generadas por su estado o por el mal estado de algunas de sus estructuras, encontrándose colmatadas por mugre y basura impidiendo el paso del agua. Finalmente un 9% de las estructuras se encuentran en malas condiciones siendo la mayor parte ellas colmatadas y sin funcionamiento y otras por el mal estado de las estructuras que las componen impidiendo el paso del agua¹.

❖ **Municipio de Girón**

El Municipio de Girón posee 365 sumideros en la red inventariada, los cuales permiten la evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras mediante las cunetas, estas conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

De acuerdo con la información recolectada se cuenta con un número muy bajo de sumideros con respecto al número de segmentos que componen la malla vial del municipio, sin embargo, el municipio cuenta con varios cauces naturales que permiten la recolección y evacuación del agua lluvia. (Ver referencia 1)

A continuación se presentan los datos obtenidos en el inventario de Sumideros y obras de drenaje del municipio de Girón:

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

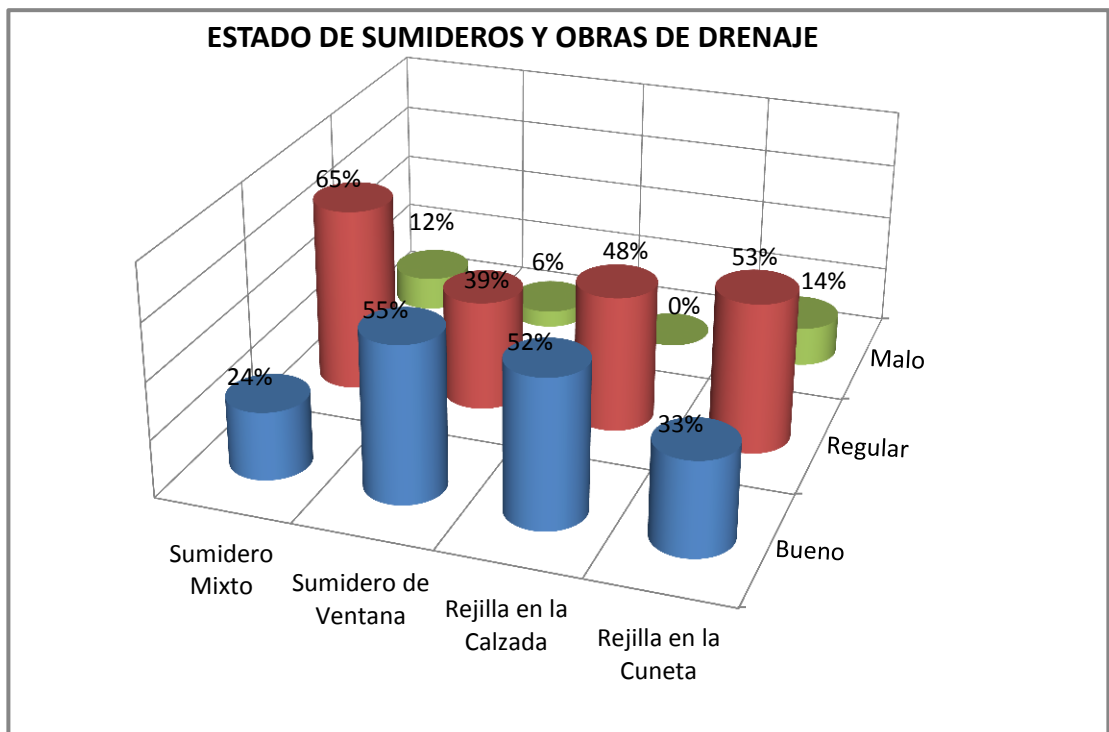
Tabla 24. Estado de los sumideros y obras de drenaje, municipio de Girón

TIPO	NUMERO	ESTADO					
		BUENO	%	REGULAR	%	MALO	%
Sumidero Mixto	113	27	24%	73	65%	13	12%
Sumidero de Ventana	176	96	55%	69	39%	11	6%
Rejilla en la Calzada	33	17	52%	16	48%	0	0%
Rejilla en la Cuneta	43	14	33%	23	53%	6	14%
Total	365	154	42%	181	50%	30	8%

Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

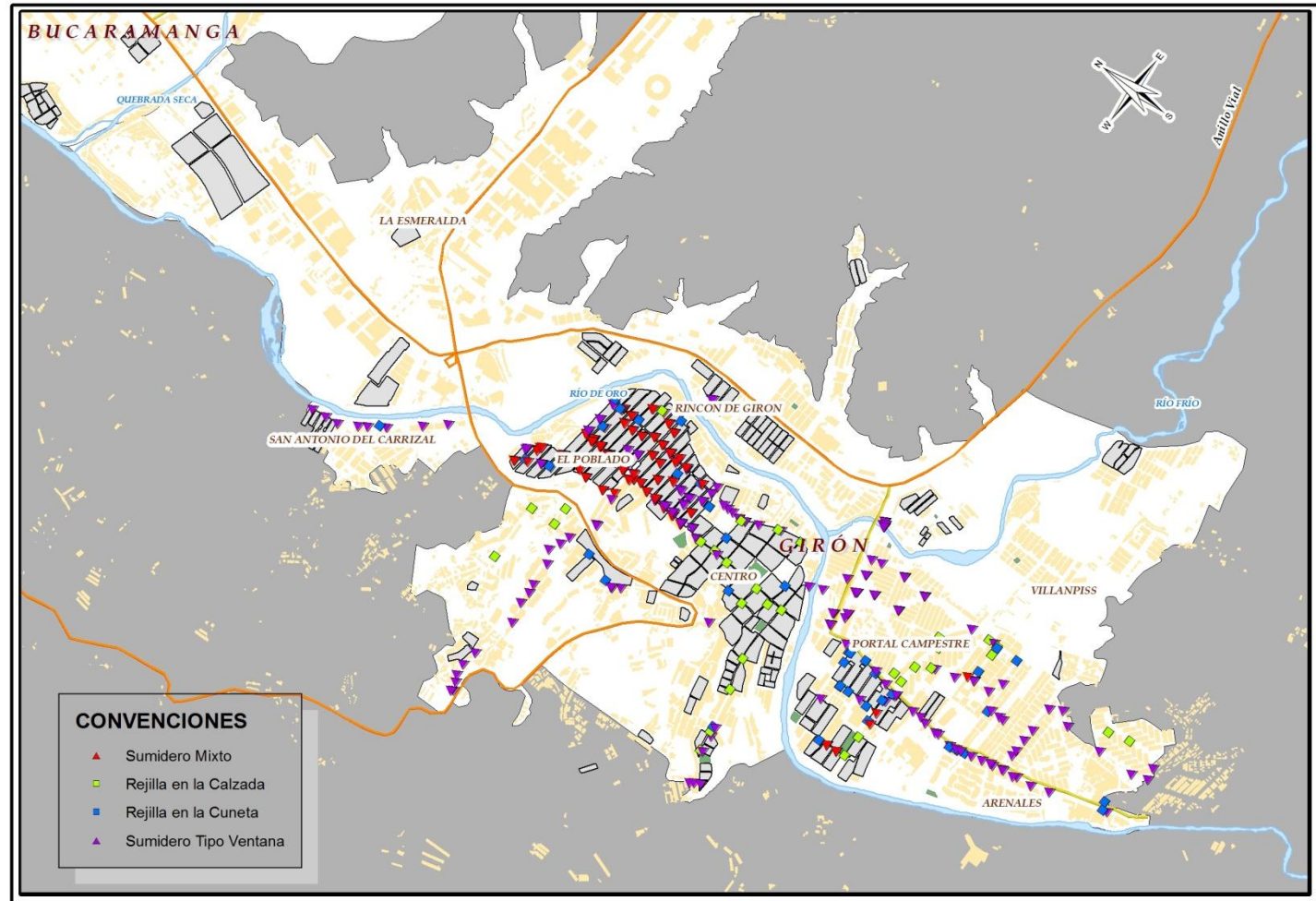
En el siguiente grafico podemos observar el estado actual de los sumideros con respecto al tipo de estructura de drenaje.

Figura 34. Estado de sumideros y obras de drenaje, municipio de Girón



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Localización de sumideros y obras de drenaje, municipio de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

Aproximadamente 42% de los segmentos que cuentan con sumideros u obras de drenaje se encuentran en buenas condiciones prestando un buen servicio y un estado óptimo de sus estructuras, 50% de las estructuras se encuentran con un mal desempeño para evacuar las aguas generado por su estado, encontrándose colmatadas por mugre y basura impidiendo el paso del agua. Finalmente 8% de las estructuras se encuentran en malas condiciones siendo la mayor parte ellas colmatadas y sin funcionamiento y otras por el mal estado de las estructuras que las compone impidiendo el paso del agua¹.

❖ **Municipio de Piedecuesta**

El Municipio de Piedecuesta posee 238 sumideros en la red inventariada, los cuales permiten la evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras mediante las cunetas, estas conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

De acuerdo con la información recolectada se cuenta con un número muy bajo de sumideros con respecto al número de segmentos que componen la malla vial del municipio, sin embargo, el municipio cuenta con varios cauces naturales que permiten la recolección y evacuación del agua lluvia. (Ver referencia 1)

A continuación se presentan los datos obtenidos en el inventario de Sumideros y obras de drenaje del municipio de Girón:

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

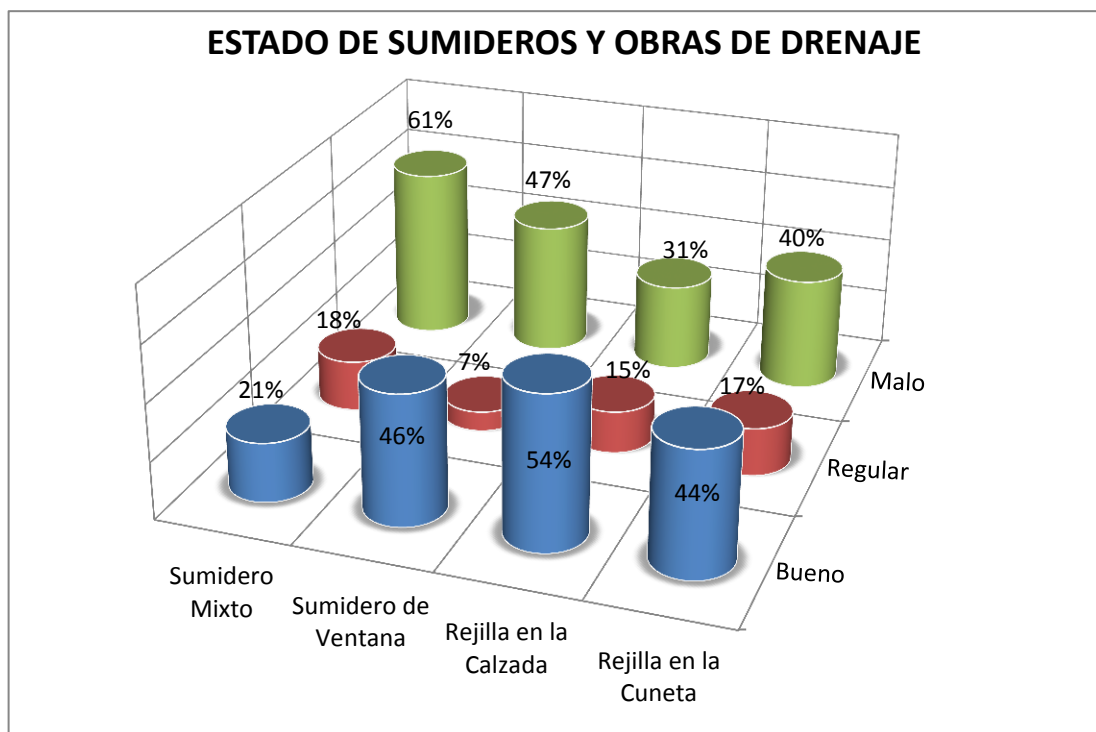
Tabla 25. Estado de los sumideros y obras de drenaje, municipio de Piedecuesta

TIPO	NUMERO	ESTADO					
		BUENO	%	REGULAR	%	MALO	%
Sumidero Mixto	77	16	21%	14	18%	47	61%
Sumidero de Ventana	74	34	46%	5	7%	35	47%
Rejilla en la Calzada	39	21	54%	6	15%	12	31%
Rejilla en la Cuneta	48	21	44%	8	17%	19	40%
Total	238	92	39%	33	14%	113	47%

Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

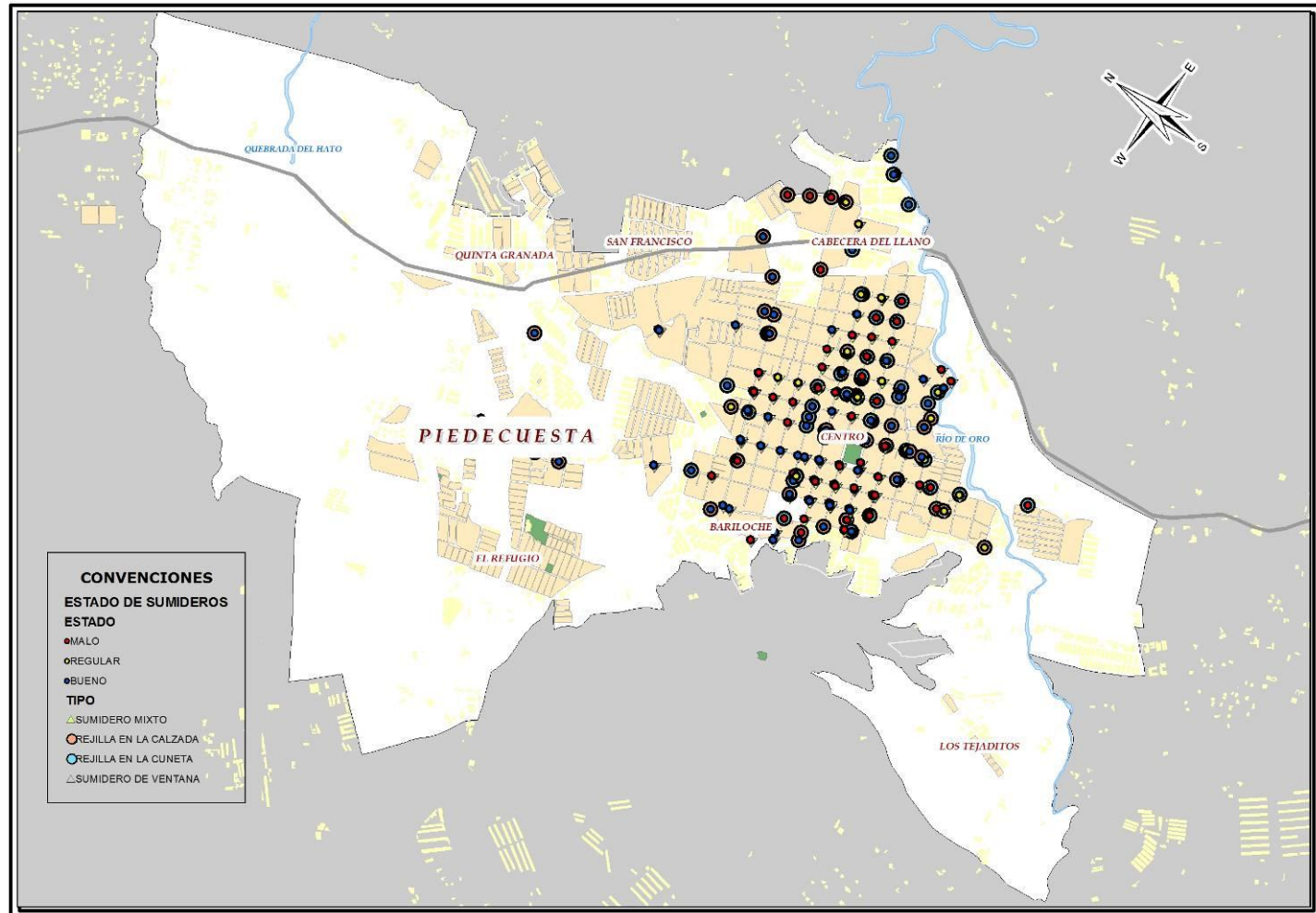
En el siguiente grafico podemos observar el estado actual de los sumideros con respecto al tipo de estructura de drenaje.

Figura 36. Estado de sumideros y obras de drenaje, Municipio de Piedecuesta



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Localización de Sumideros y obras de drenaje, Municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Aproximadamente 39% de los segmentos que cuentan con sumideros u obras de drenaje se encuentran en buenas condiciones, prestando un buen servicio y encontrándose sus estructuras en óptimo estado, 14% de las estructuras se encuentran con un mal desempeño para evacuar las aguas generado por su estado, encontrándose colmatadas por mugre y basura impidiendo el paso del agua. Finalmente 47% de las estructuras se encuentran en malas condiciones siendo la mayor parte ellas colmatas y sin funcionamiento y otras por el mal estado de las estructuras que las compone impidiendo el paso del agua¹.

7.5. Pronóstico del tránsito

Una acertada planificación para las mejoras y obras de rehabilitación de un pavimento requiere, a parte de las condiciones físicas y estructurales de la vía, una apropiada valoración del tránsito actual y futuro de la misma.

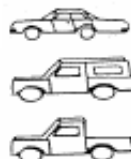

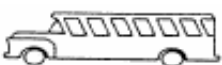










Teniendo en cuenta la parte estructural, la estimación del tránsito requiere conocer el número de ejes por carril y su distribución en diferentes grupos de carga, para la actualidad y para la vida futura de las obras de rehabilitación. En algunas ocasiones, es de importancia conocer el tránsito acumulado que ha soportado el pavimento hasta el instante de la construcción de las obras de rehabilitación.

Todos los vehículos al usar un pavimento producen en este y en la subrasante, esfuerzos, deformaciones y deflexiones, aplicando una cantidad infinitesimal de daño en la estructura. A medida que se acumulan las repeticiones de la carga, también lo hacen las cantidades de daño, reduciendo la vida útil del pavimento. Diferentes tipos de vehículos y de configuraciones de ejes, producen efectos diferentes que se traducen en distintos niveles de deterioros en el pavimento²

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

² Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, (INVIAS).

Figura 38. Clasificación de los vehículos en Colombia, según el MOPT.

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

7.5.1. Aforos vehiculares

Para la correcta cuantificación de daños en el pavimento debido al tránsito se realizaron Aforos Vehiculares. Para determinar los puntos de conteo en cada municipio se realizó una visita de campo donde se determinaron posibles puntos de conteo, esta información se priorizó de acuerdo a la importancia de los nodos dentro de la red vial en estudio, clasificando los diferentes puntos de conteos en las siguientes categorías:

Tabla 26. Categoría de puntos de conteo

TIPO	ESPECIFICACIONES
Estación Maestra	Aforos durante cuatro días las 24 horas del día
Estación Secundaria	Aforos durante dos días las 14 horas del día
Estación Secundaria tipo 2	Aforos durante un día durante 14 horas

Fuente: Inventario de tráfico AMB-UIS, Elaboración Propia.

Para cada municipio se estableció un número determinado de estaciones de conteo, las cuales se muestran a continuación:

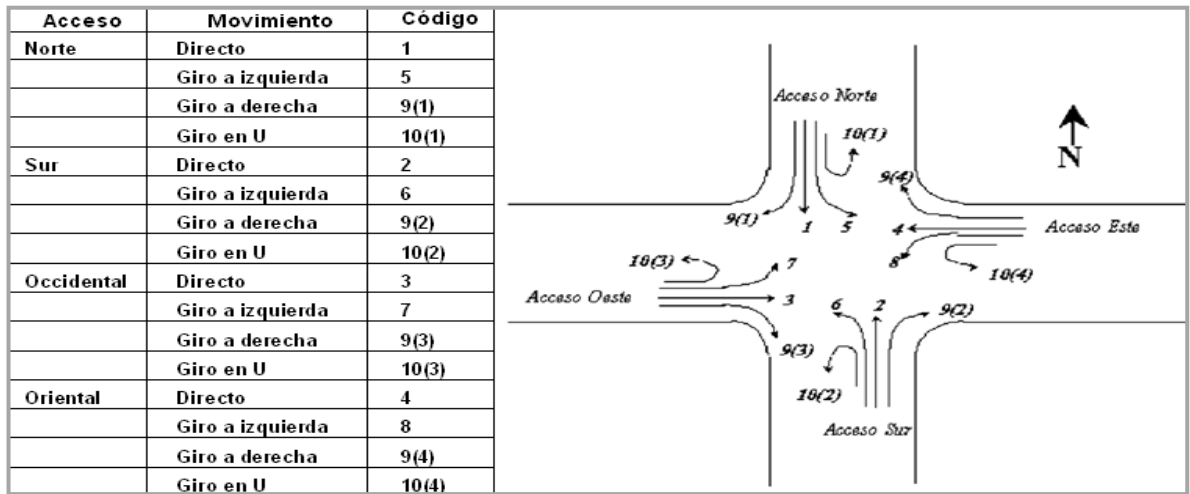
Tabla 27. Número de estaciones de conteo por municipio

TIPO ESTACIÓN	CANTIDAD		
	FLORIDABLANCA	GIRÓN	PIEDRECUESTA
Estación Maestra	1	1	1
Estación Secundaria	1	0	5
Estación Secundaria tipo 2	12	10	17
TOTAL	14	11	23

Fuente: Inventario de tráfico AMB-UIS, Elaboración Propia.

La codificación de los giros o movimientos observados en campo se realizaron en base a la norma RILSA de acuerdo a la figura que se presenta a continuación:

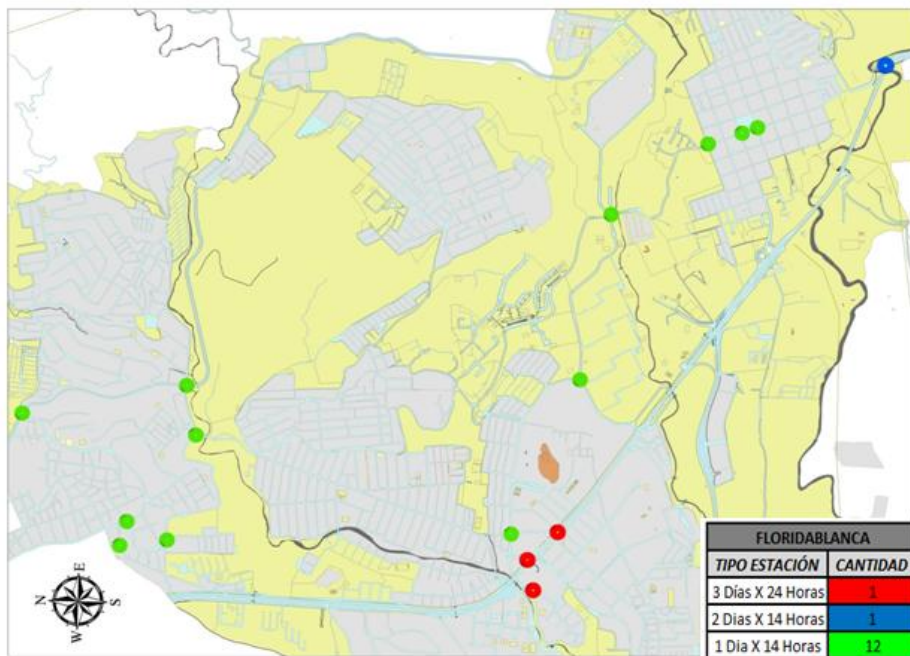
Figura 39. Codificaciones de los movimientos viales.



Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito

Con base en la información descrita anteriormente se ubicaron los distintos puntos de conteos para cada municipio, los cuales se muestran a continuación:

Figura 40. Localización puntos de Aforos Floridablanca



Fuente: Inventario de Trafico AMB-UIS

Figura 41. Localización puntos de aforos Girón

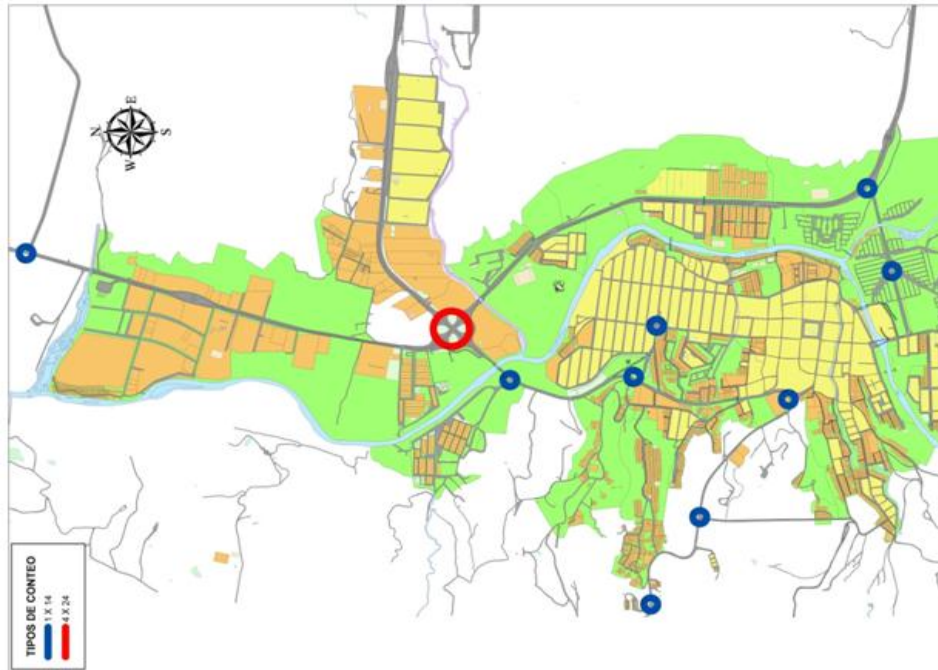


Figura 42. Localización de aforos Piedecuesta



Fuente: Inventario de trafico AMB-UIS

La información de campo se registró en períodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el tipo de movimiento y el tipo de vehículo (auto, bus, camión, moto) a medida que van circulando por el punto de análisis, se toma la información relacionada con camiones clasificándola según el número de ejes: camiones C2, C3, C4, C5 y >C5, según tengan dos, tres, cuatro, cinco o más de cinco ejes, respectivamente¹.

A continuación se presenta una relación de los puntos en lo que se realizaron los conteos y el tipo de conteo para cada municipio:

❖ Municipio de Floridablanca

- *Centro comercial Cañaveral* (Autopista, La Pera)

Tipo de conteo: 4 días, 24 horas
Fecha: 7, 8, 9 y 10 de Noviembre de 2009
Hora: 6am – 6am

- *La Turena*

Tipo de conteo: 2 días, 14 horas
Fecha: 8 y 9 de Noviembre de 2009
Hora: 6am – 8pm

- *Papi quiero piña*

Tipo de conteo: 1 día, 14 horas
Fecha: 9 de Noviembre de 2009
Hora: 6am – 8pm

- *Cruce Colegio Metropolitano*
- *Cruces Semáforo El Reposo*
- *Patinodromo*

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

- CAI Niza
- Santana – La Cumbre
- Calle 3 – Carrera 8
- Jardín Botánico
- Parque Florida
- Cruce Iglesia Lagos – Bucarica
- La Canasta

❖ **Municipio de Girón**

- Avenida Caneyes Carrefour
- Avenida Caneyes EDS
- Barrio Carrisal
- Barrio El Paraíso
- Barrio la Aldea
- Chimita
- Girón Puerta de Oro
- Motel Extasis
- Puente Loco
- Rotonda Poblado

Tipo de conteo: 1 día, 14 horas
Fecha: 3 de Noviembre de 2009
Hora: 6am – 8pm

- Puente el Palenque

Tipo de conteo: 4 días, 24 horas
Fecha: 3, 4, 5 y 6 de Noviembre de 2009
Hora: 6am – 6am

❖ **Municipio de Piedecuesta**

- *Barro Blanco*
- *Calle 7 Carrera 6*
- *Entrada carretera antigua*
- *Parque Piedecuesta*
- *Plastibarranca*

Tipo de conteo: 2 días, 14 horas
Fecha: 14 y 15 de Febrero de 2010
Hora: 6am – 8pm

- *Parque Calle 9 Carrera 6*

Tipo de conteo: 1 día, 14 horas
Fecha: 15 de Febrero de 2010
Hora: 6am – 8pm

- *Carrera 15 Calle 8*
- *Carrera 15 Calle 9*
- *Carrera 15 Calle 10*
- *Puente Cabecera*
- *Quinta Granada*
- *San Carlos*
- *San Cristobal*
- *San Francisco De La Cuesta*

Tipo de conteo: 1 día, 14 horas
Fecha: 16 de Febrero de 2010
Hora: 6am – 8pm

- *Carrera 8 Calle 6*
- *Carrera 8 Calle 9*
- *Carrera 9 Calle 8*
- *Carrera 9 Calle 9*
- *Carrera 10 Calle 7*
- *Carrera 12 Calle 8*
- *Carrera 12 Calle 10*

Tipo de conteo: 1 día, 14 horas

Fecha: 17 de Febrero de 2010

- *Asadero Tio Tom carrera 4 calle 4*
- *Cancha municipal*
- *Las estatuas*

Tipo de conteo: 1 día, 14 horas

Fecha: 18 de Febrero de 2010

Hora: 6am – 8pm

- *Carretera Antigua*
- *Barrio La Rioja*
- *Guatiguara*
- *Retorno Bucaramanga*

Tipo de conteo: 7 días, 24 horas

Fecha: 13 - 19 de Febrero de 2010

Hora: 6am – 6am

Tabla 28. Formato para digitalización de conteos vehiculares

INTERVALO	T(Taxi)			AUTO			BUS			C2P			C2G		
	23-Jun	24-Jun	25-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun
	MART	MIERC	JUEV	MART	MIERC	JUEV	MART	MIERC	JUEV	MART	MIERC	JUEV	MART	MIERC	JUEV
6:00 - 6:15	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:15 - 6:30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:30 - 6:45	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:45 - 7:00	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Fuente: Inventario de Trafico AMB-UIS.

Con la información recolectada en campo se generó el cálculo de vehículos equivalentes para cada uno de los aforos, determinado así las horas pico para cada municipio, para estos cálculos se asignó un factor de equivalencia para cada tipo de vehículo como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29. Factor de equivalencia de movilidad según el tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Factor de Equivalencia
Buses	2
Camiones	2.5
Motos	0.5

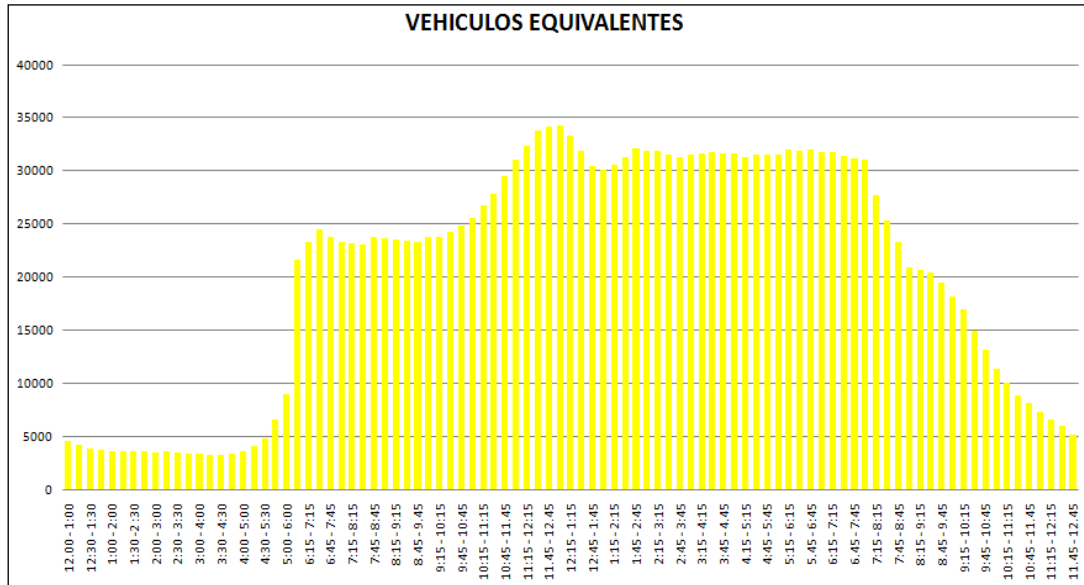
Fuente: Elaboración Propia.

Se determinaron los volúmenes vehiculares para cada uno de los tramos prioritarios y su respectiva composición por tipo de vehículo (Auto, Bus, C2P, C2G, C3-C4, C5,>C5 y Motos), con lo cual se pudo determinar el TPD de estos tramos y los porcentajes de participación por tipo, como se muestra en las siguientes graficas¹:

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

❖ Municipio de Floridablanca

Figura 44. Distribución de vehículos equivalentes por hora Municipio de Floridablanca



Fuente: Inventario de tráfico AMB-UIS.

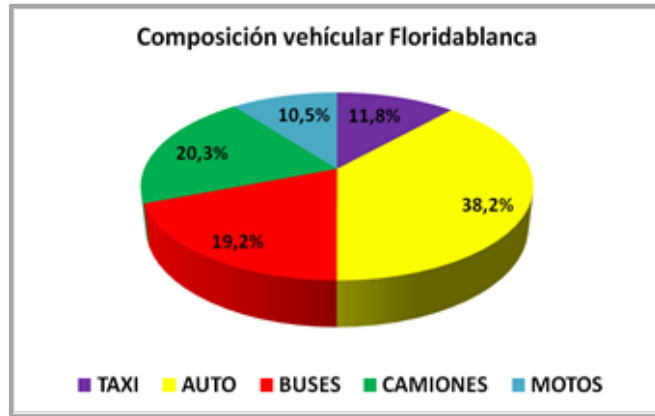
Las horas picos resultantes:

- ❖ Hora pico de la mañana: 6:30 A.M – 7:30 A.M
- ❖ Hora pico Medio Día: 12:00 A.M – 1:00 P.M
- ❖ Hora pico Noche: 7:00 P.M -8:00 P.M

La siguiente figura muestra como es la composición vehicular por tipo en el municipio, donde el vehículo particular ocupa el mayor porcentaje, seguido del transporte público tipo bus y además sobresale el porcentaje de motos que también es considerable¹.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

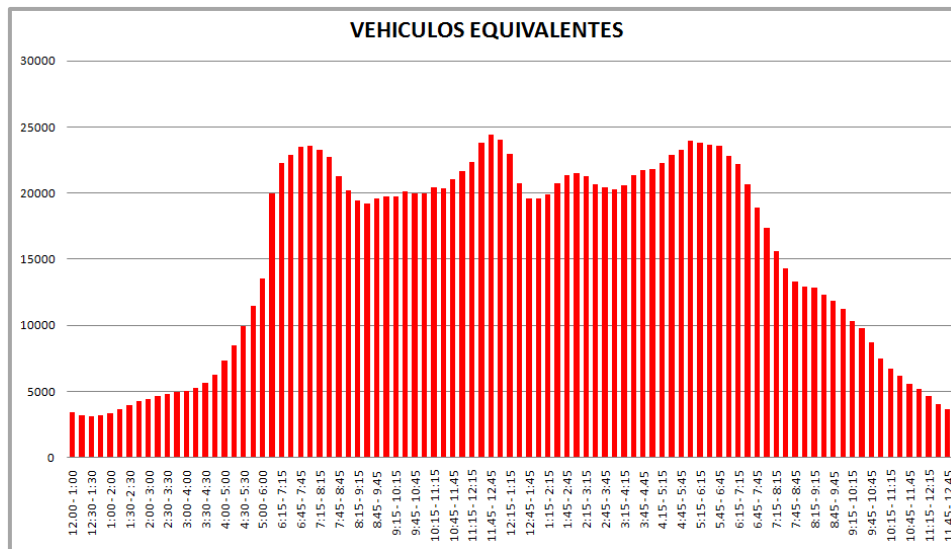
Figura 45. Composición vehicular de Floridablanca



Fuente: Inventario de Trafico AMB-UIS.

❖ **Municipio de Girón**

Figura 46. Distribución de vehículos equivalentes por hora Municipio de Girón



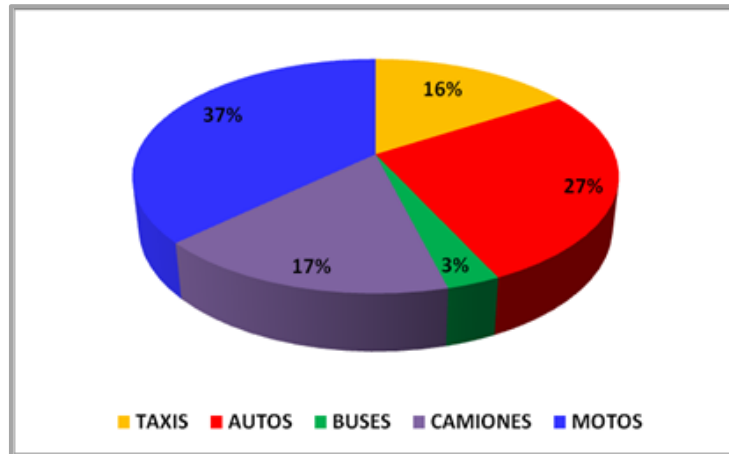
Fuente: Inventario de Trafico AMB-UIS.

Las horas picos resultantes:

- ❖ 7:00 A.M. – 8:00 A.M
- ❖ 11.45 A.M. – 12.45 P.M
- ❖ 6:15 P.M – 7:15 P.M

Al analizar el tráfico presente en el municipio de Girón se puede identificar como es la distribución por tipo de vehículo, presentándose en mayor proporción las motos, seguidos por el vehículo particular y los camiones.

Figura 47. Composición vehicular de Girón



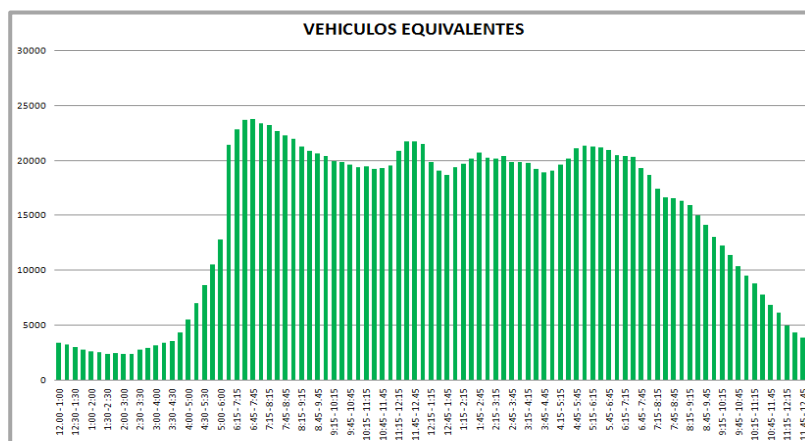
Fuente: Inventario de tráfico AMB-UIS.

❖ **Municipio de Piedecuesta**

Se determinaron las horas pico para el municipio, las cuales se muestran a continuación:

- ❖ 6:45 A.M. – 7:45 A.M
- ❖ 11.45 A.M. – 12.45 P.M
- ❖ 6:15 P.M – 7:15 P.M

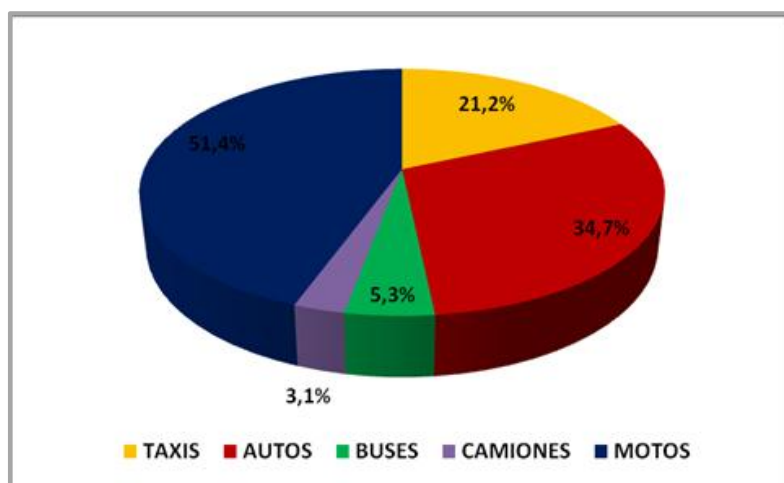
Figura 48. Distribución de vehículos equivalentes por hora Municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Trafico AMB-UIS.

Al analizar la composición vehicular del municipio se observa que existe una presencia muy alta de motocicletas abarcando la mitad de los modos de transporte lo cual muestra el auge de este tipo de vehículo en el municipio, seguido por el transporte en vehículo particular, la presencia de vehículos de carga no es tan representativa como si sucede en el otros municipios¹.

Figura 49. Composición vehicular de Piedecuesta



Fuente: Inventario de trafico AMB-UIS.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

7.5.3. Evolución histórica del tránsito automotor

La evolución histórica del tránsito automotor es una información importante, ya que es apropiada para conocer el tránsito que ha circulado por los pavimentos y realizar las proyecciones hacia el futuro, requeridas para el diseño de las obras de mantenimiento y rehabilitación. El conocimiento del tránsito que ha circulado durante los años previos al instante del estudio para el diseño de obras de rehabilitación es importante, por cuanto contribuye en la determinación de la eventual vida residual del pavimento¹.

Ahora bien, el Área Metropolitana de Bucaramanga presentaba en 1990 que por cada mil habitantes había aproximadamente 33 vehículos. En las últimas dos décadas, la tasa de nivel de motorización ha aumentado significativamente, y ha superado las tasas de crecimiento de la población, según los datos a finales de 2009 (ver la siguiente tabla). Es decir, la tasa de crecimiento de vehículos en el AMB se está incrementando con mayor velocidad que las tasas de crecimiento de la población².

Tabla 30. Acumulados de automóviles y relación por habitantes del AMB, 1990-2009

AÑO	Población AMB	AMB	
		TOTAL AUTOMÓVIL	Veh_1000hab
1990	769.659	25.552	33,20
1991	791.472	26.665	33,69
1992	813.212	28.319	34,82
1993	834.870	31.382	37,59
1994	856.405	34.781	40,61
1995	877.621	38.198	43,52
1996	898.168	41.169	45,84
1997	917.730	44.420	48,40
1998	935.981	47.917	51,19
1999	952.596	49.100	51,54

¹ Guía Metodológica para el Diseño de Obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.

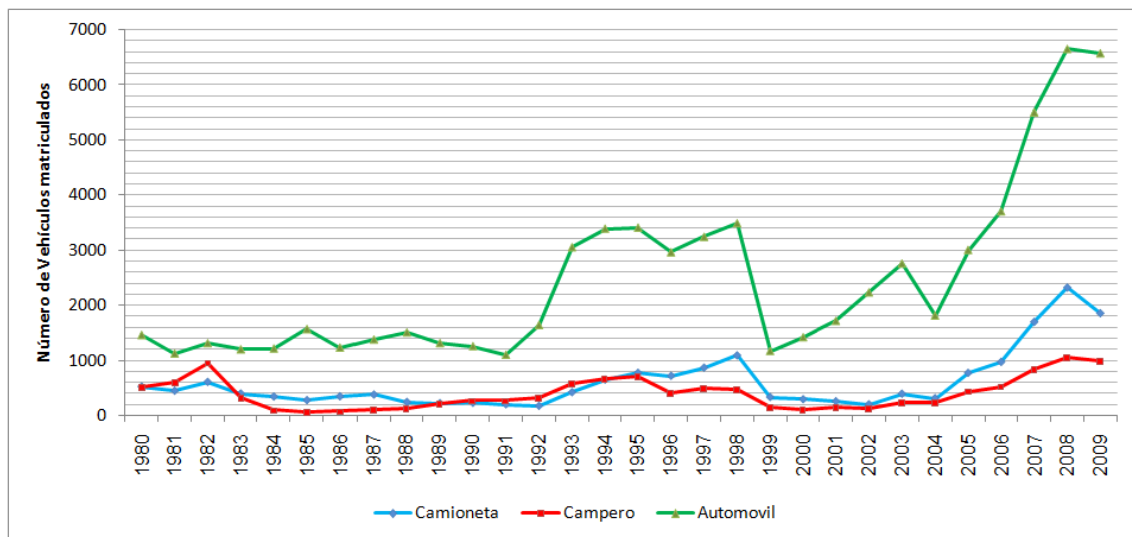
² Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

AÑO	Población AMB	AMB	
		TOTAL AUTOMÓVIL	Veh_1000hab
2000	967.249	50.532	52,24
2001	980.011	52.259	53,32
2002	991.953	54.503	54,95
2003	1.003.224	57.270	57,09
2004	1.013.963	59.096	58,28
2005	1.024.350	62.108	60,63
2006	1.034.916	65.819	63,60
2007	1.045.109	71.325	68,25
2008	1.055.194	77.979	73,90
2009	1.065.087	84.555	79,39

Fuente: Datos tomados del DANE y Ministerio de Transporte¹

Como se observa en la tabla anterior, la relación de vehículos por habitante ha venido aumentando con los años, producto del crecimiento de la población del área metropolitana de Bucaramanga y de las capacidades adquisitivas de ésta, originando una tasa de crecimiento de los automóviles matriculados en el AMB en 7% anual durante los últimos 19 años.

Figura 50. Nivel de motorización (automóviles), del AMB, 1990 - 2009

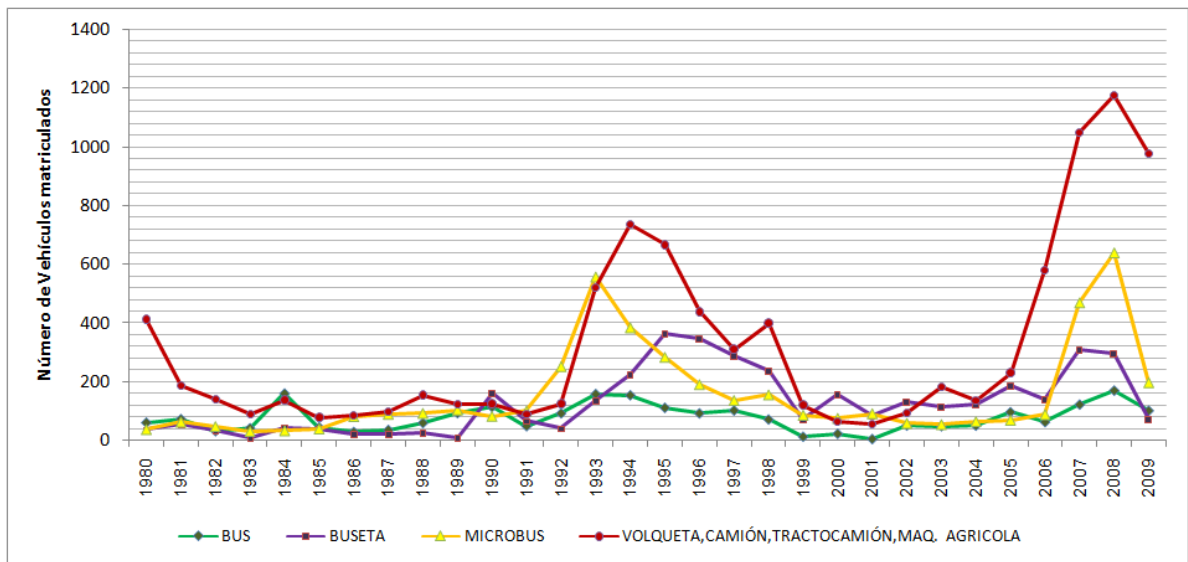


Fuente: Datos tomados del Ministerio de Transporte

¹ Tomado de <http://www.mintransporte.gov.co:8080/inflinea/InfAutomotores.aspx>

A continuación se expone de forma rápida el resto de parque automotor del Área metropolitana de Bucaramanga, es decir, los vehículos que se emplean principalmente a la prestación de ciertos servicios como lo son el transporte público de personas: buses, busetas y microbuses, y los de transporte de carga.

Figura 51. Nivel de motorización de otros vehículos, AMB 1990 - 2009



Fuente: Datos tomados del Ministerio de Transporte

De la anterior figura se puede inferir que para los primeros años del periodo esta clase de vehículos no presento mayores crecimientos, excepto por la volqueta, camión, tracto camión y maquinaria agrícola, las cuales para los años 1993, 2006 y 2007 registraron un notable incremento en relación al parque automotor matriculado.

7.5.4. Ejes equivalentes

Cada vehículo al utilizar el pavimento le infringe a este cierta cantidad de daño, y a medida que aumentan las repeticiones también lo hacen los deterioros en la capa de rodadura. Debido que la dificultad de estimación de los deterioros que afectan el pavimento, se encontró apropiado expresar la cantidad de deterioro producida por la carga real, en términos de la cantidad equivalente de deterioro ocasionada por una carga de referencia. La carga de referencia utilizada para el diseño y la evaluación de pavimentos asfálticos, es un eje simple con sistema de rueda doble de 80 Kn (8.2 Toneladas).

- **Estimación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el año base (No):**

$$N_o = (N_i + N_a + N_g) * F_d * F_{ca} * N_c$$

- No = Numero de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circulan en el carril de diseño en el año base
- Ni = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el año de la medición del tránsito o proyecto del pavimento.
- Na = Numero de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el año base atraído por otras carreteras.
- Ng = Numero de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el año base generados por la mejora de la carretera.
- Nc = Numero de ejes equivalentes de 8,2 toneladas ya soportados por el carril de diseño del pavimento durante la construcción del mismo.
- Fd = Factor de distribución direccional.
- Fca = Factor de distribución por carril.

Para el cálculo de ejes equivalentes en el año base del AMB se utilizaron los siguientes valores:

- Ni= Número de ejes equivalentes calculados con los conteos realizados por la UIS.
- Nc= Para este valor se calculó el número de ejes equivalentes suponiendo un tiempo de construcción igual a 1 año con una tasa de crecimiento del 2%
- Fca=1
- Fd=50%

El número de ejes equivalentes atraídos y generados por las mejoras de las vías en el caso del área metropolitana de Bucaramanga se consideró nulo.

7.5.5. Tránsito futuro

Para la estimación del tránsito futuro en el área metropolitana de Bucaramanga se partirá de los datos recolectados en campo por la Universidad Industrial de Santander (UIS), y en el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito que brinda el instituto nacional de vías.

- ❖ Tránsito promedio diario (TPD): El TPD para la malla vial del área metropolitana de Bucaramanga se determinó ejecutando conteos en 43 nodos; 16 en Floridablanca, 16 en Piedecuesta y 11 en Girón. Con esta información se calculó y distribuyó el TPD para cada uno de los tramos de la malla vial.
- ❖ Clasificación vehicular: Para este parámetro se utilizó la distribución de la hora pico con mayor porcentaje de camiones, como fueron mostradas anteriormente, se tomaron 4 horas pico al día por cada municipio en los respectivos sitios de conteo del TPD. En el área metropolitana se presentó la siguiente clasificación:

Tabla 31. Clasificación vehicular AMB

CLASIFICACION DE LOS VEHICULOS
AUTOS
BUSES
C2P
C2G
C3 y C4
C5
MAYOR C5

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Factores de equivalencia de daño para cada tipo de vehículo: Como fue mostrado en el numeral anterior es el número para transformar los vehículos en ejes simples cargados de 8.2 toneladas. Los factores de daño utilizados en el área metropolitana de Bucaramanga son los siguientes:

Tabla 32. Factores de equivalencia de daño vehicular

CLASIFICACION DE LOS VEHICULOS	FACTOR DE EQUIVALENCIA
AUTOS	0
BUSES	1
C2P	1,14
C2G	3,44
C3 y C4	3,76
C5	4,4
MAYOR C5	4,72

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Distribución direccional (Fd): Generalmente se asume 50% en cada dirección.
- ❖ Factor de distribución por carril (Fca): para la distribución de distribución por carril se la tabla 3.7 de la AASHTO.

Tabla 33. Factor de distribución vehicular por carril

FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL	
Número total de carriles en cada dirección	(Fca)
1	1
2	0,90
3	0,75

Fuente: AASHTO – 93, Elaboración propia

- ❖ Proyección del tránsito de diseño: Para el cálculo del tránsito futuro se utilizó la metodología empleada en el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito que brinda el instituto nacional de vías, utilizando formulas simples para la expansión del número de ejes equivalentes del año base. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

$$N = (N_0 - N_c) * \frac{((1 + r)^n - 1)}{r} + N_c$$

- N = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circulan por el carril de diseño durante el periodo de diseño n.
- No = Numero de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circulan por el carril de diseño en el año base.
- Nc = Numero de ejes equivalentes de 8,2 toneladas ya soportados por el carril de diseño del pavimento durante la construcción del mismo.
- r = Tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos comerciales
- n = Número de años del periodo de diseño

La proyección del tránsito en el AMB se hizo para un periodo de 10 años, la tasa de crecimiento de los vehículos comerciales se obtuvo del plan maestro de

movilidad del AMB en el que se analizaron series históricas de 1990 – 2009 brindadas por el ministerio de transporte, concluyendo que la tasa de crecimiento del parque automotor es igual al 7%.

$$N' = 10^{0,05Zr} * N$$

$$N' = 1,159 * N$$

- N = Número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circulan por el carril de diseño durante el periodo de diseño n.
- N' = Transito equivalente corregido para proporcionar un determinado nivel de confianza.
- Zr = el correspondiente a una distribución normal y a la confiabilidad deseada.

La corrección del tránsito se realizó asumiendo una distribución normal para la diferencia entre el tránsito real y el estimado, utilizando los siguientes parámetros:

Tabla 34. Confiabilidad en la estimación del transito

CONFIABILIDAD EN LA ESTIMACIÓN DEL TRANSITO	
NC	90%
Zr	1.282
S0	0.05

Fuente: Elaboración propia

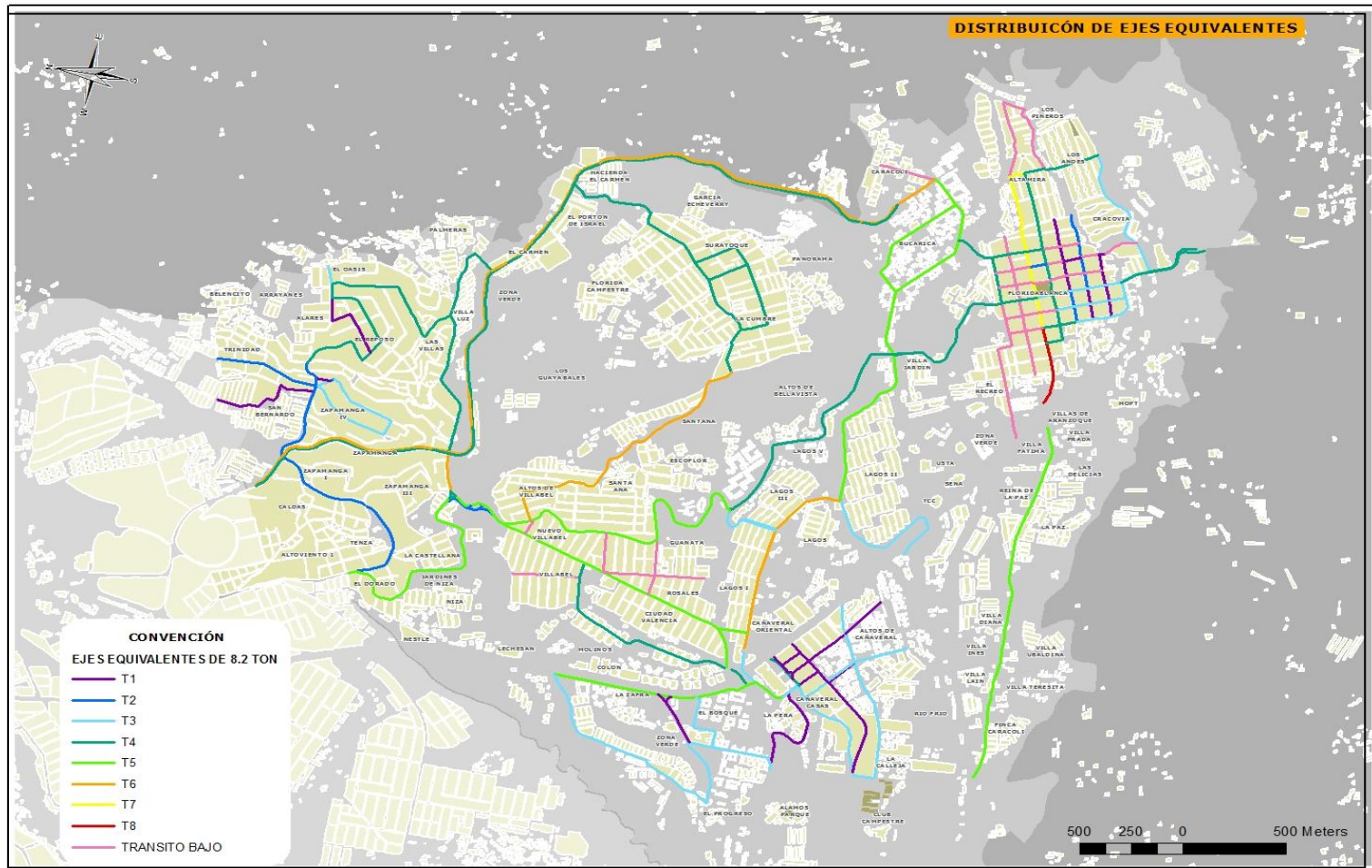
Para el AMB se contemplaron los siguientes rangos de tránsito que esta establecidos en el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS. De esta forma se clasificaron de acuerdo al tránsito futuro todos los corredores viales en estudio.

Tabla 35. Rangos de tránsito de diseño según el número de ejes equivalentes

Designación	Rangos de tránsito acumulado por carril de diseño (número de ejes equivalentes)
Tránsito bajo	<500000
T1	500000 - 1000000
T2	1000000 - 2000000
T3	2000000 - 4000000
T4	4000000 - 6000000
T5	6000000 - 10000000
T6	10000000 - 15000000
T7	15000000 - 20000000
T8	20000000 - 30000000
T9	30000000 - 40000000

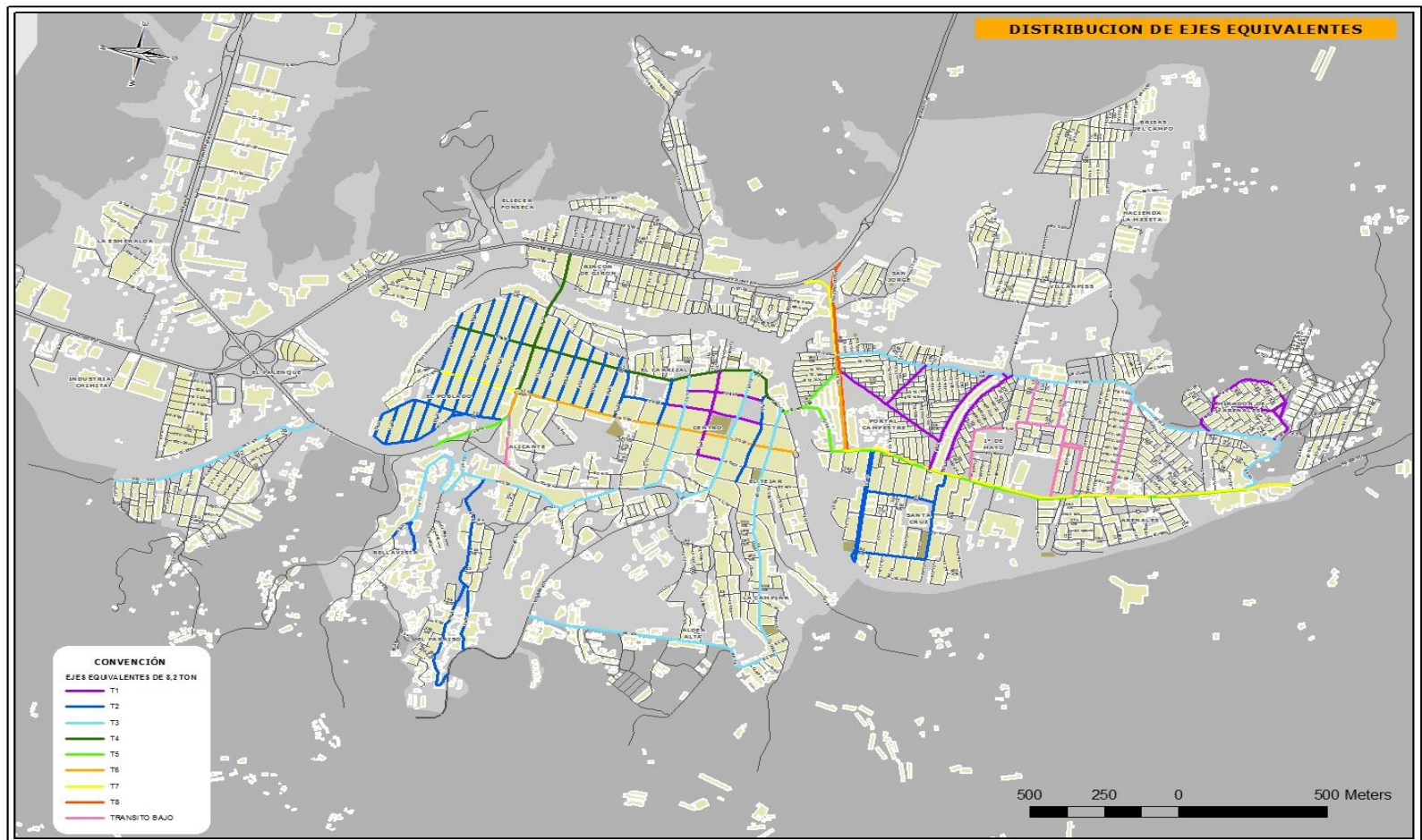
Fuente: Elaboración propia, manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del instituto nacional de vías

Figura 52. Distribución del tránsito de diseño, municipio de Floridablanca



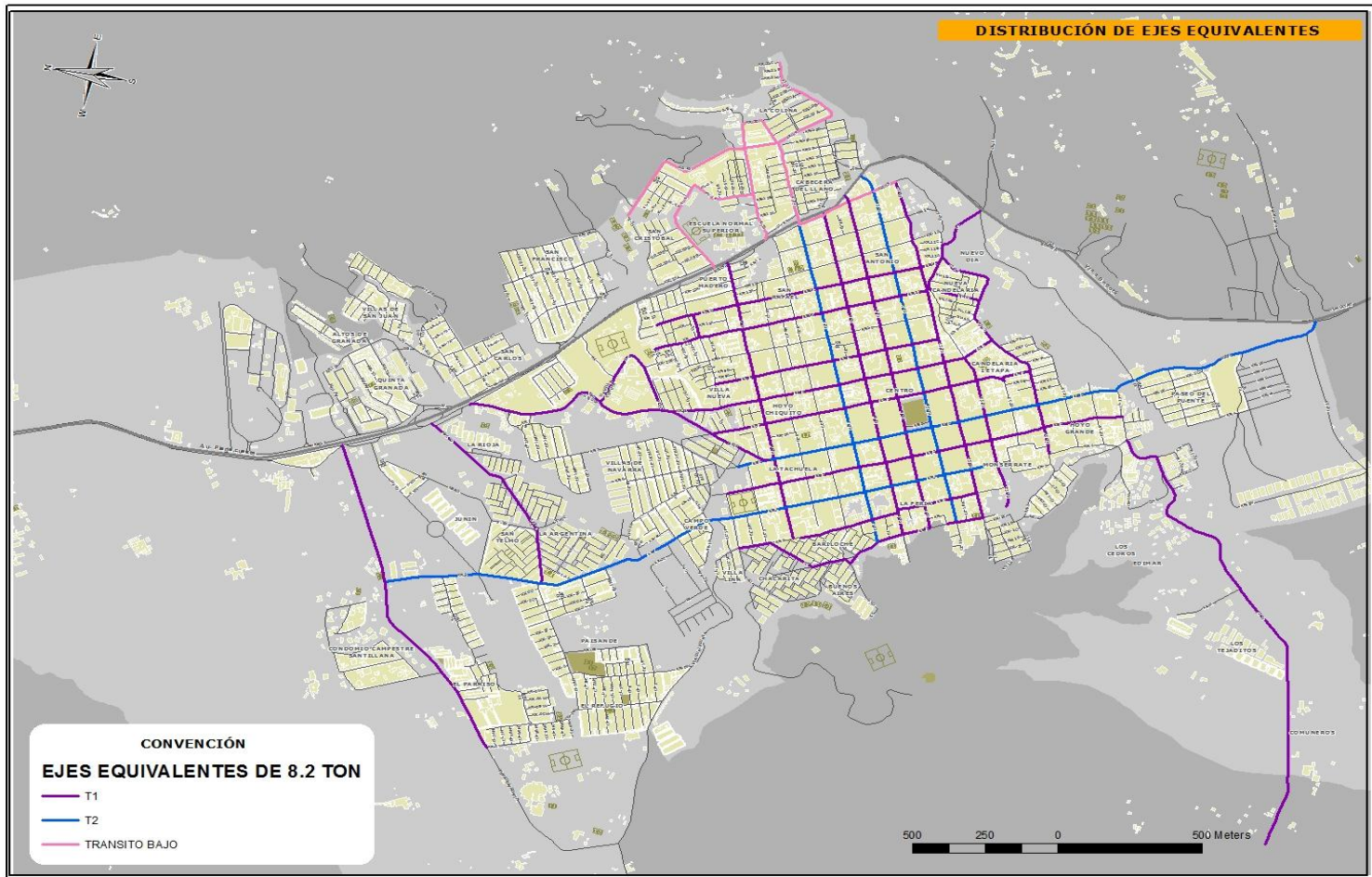
Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 53. Distribución del tránsito de diseño, municipio de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 54. Distribución del tránsito de diseño, municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

8. VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL PAVIMENTO (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. El deterioro de la estructura del pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la siguiente tabla se muestra los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento¹.

Tabla 36. Rango de calificación del PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Tomado de Metodología del PCI.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento, descrito anteriormente, en el cual se establece clase, severidad y cantidad de cada daño presente. El PCI se desarrolló para obtener un índice de integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece

¹ Pavement Condition Index (PCI), Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras.

una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima¹.

El cálculo de la condición del pavimento en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta se realizó utilizando el software UnalPCI de autoría del Ing. ESP. Luis Ricardo Vásquez Varela. Con base en la metodología del PCI creada por este Ingeniero descrita en los anexos de este trabajo, se clasificó cada tramo vial inventariado a partir del nivel de daños existente en el pavimento, permitiendo así tomar como referencia el PCI para el cálculo de costos de recuperación, rehabilitación y mantenimiento del sector vial en estudio. De acuerdo con la información vista anteriormente se muestra a continuación el estado de los pavimentos en los diferentes municipios estudiados.

8.1. Estado de pavimentos para el municipio de Floridablanca

De acuerdo con la metodología PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en vías intermunicipales y urbanas, se establece una calificación para determinar el estado real en el que se encuentran los tramos viales, sin considerar los tramos en afirmado, inventariando 59 km-calzada de acuerdo con la siguiente clasificación:

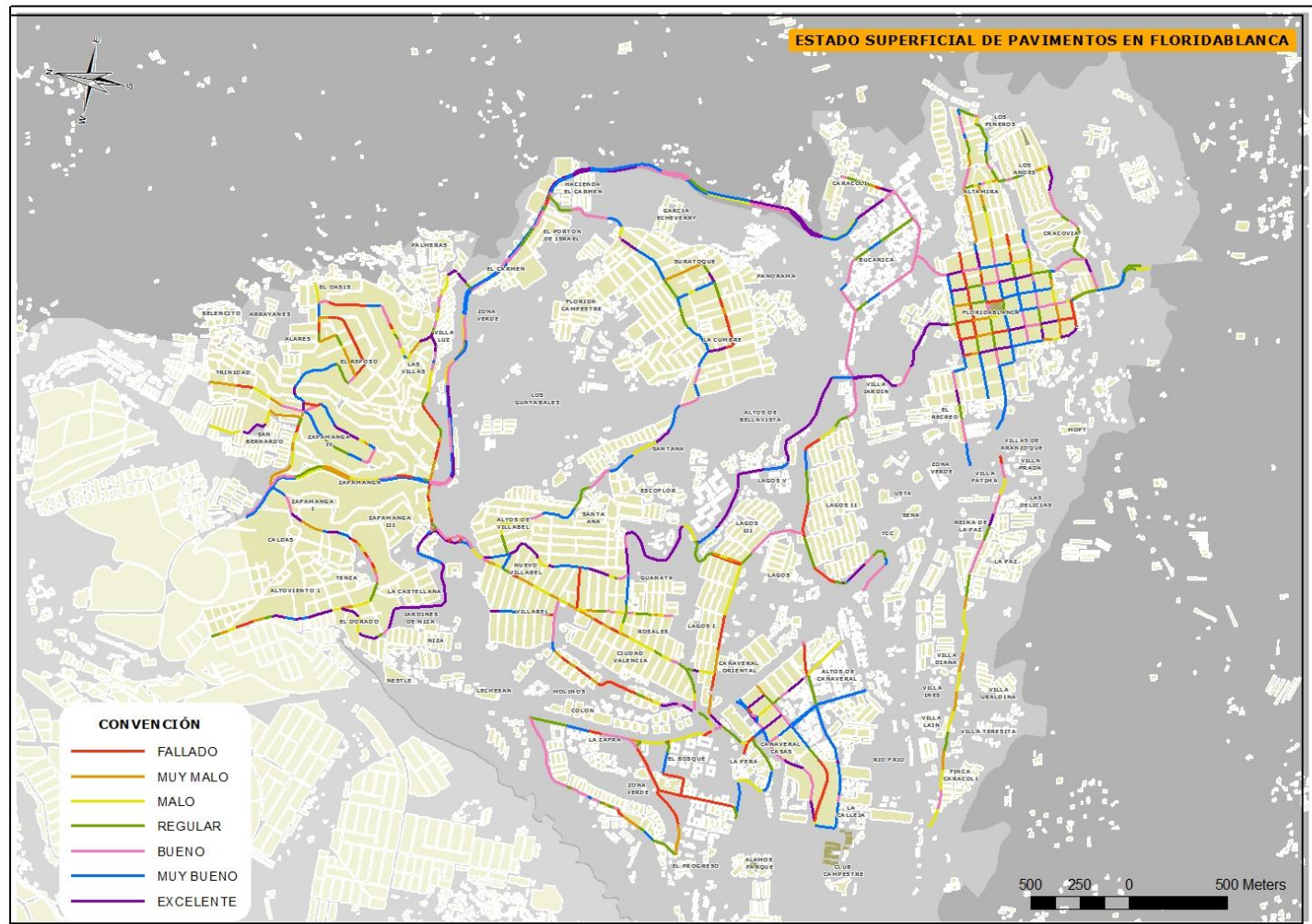
Tabla 37. Estados de pavimentos malla vial de Floridablanca

PCI	CALIFICACIÓN	SEGMENTOS	LONGITUD (Km)	PORCENTAJE (Km)
100 – 85	Excelente	136	9.13	15.46%
85 – 70	Muy Bueno	175	13.06	22.10%
70 – 55	Bueno	147	11.70	19.80%
55 – 40	Regular	128	8.11	13.73%
40 – 25	Malo	101	6.89	11.66%
25 – 10	Muy Malo	83	5.72	9.68%
10 – 0	Fallado	68	4.47	7.57%
TOTAL		838	59.08	100.00%

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

¹ Pavement Condition Index (PCI), Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras.

Figura 55. Estados de pavimentos malla vial de Floridablanca



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

La malla inventariada cuenta con un porcentaje de estado equitativo en donde 53 % corresponde a los segmentos que se encuentran en un estado entre aceptable y bueno requiriendo actividades de mantenimiento y conservación simples, en cuanto al porcentaje restante 47% corresponde a los segmentos viales que requieren de mantenimiento o de actividades de rehabilitación inmediata para mejorar sus condiciones, estos sectores están localizados en el centro del casco urbano.

8.2. Estado de pavimentos para el municipio de Girón

Tabla 38. Estados de pavimentos malla vial de Girón

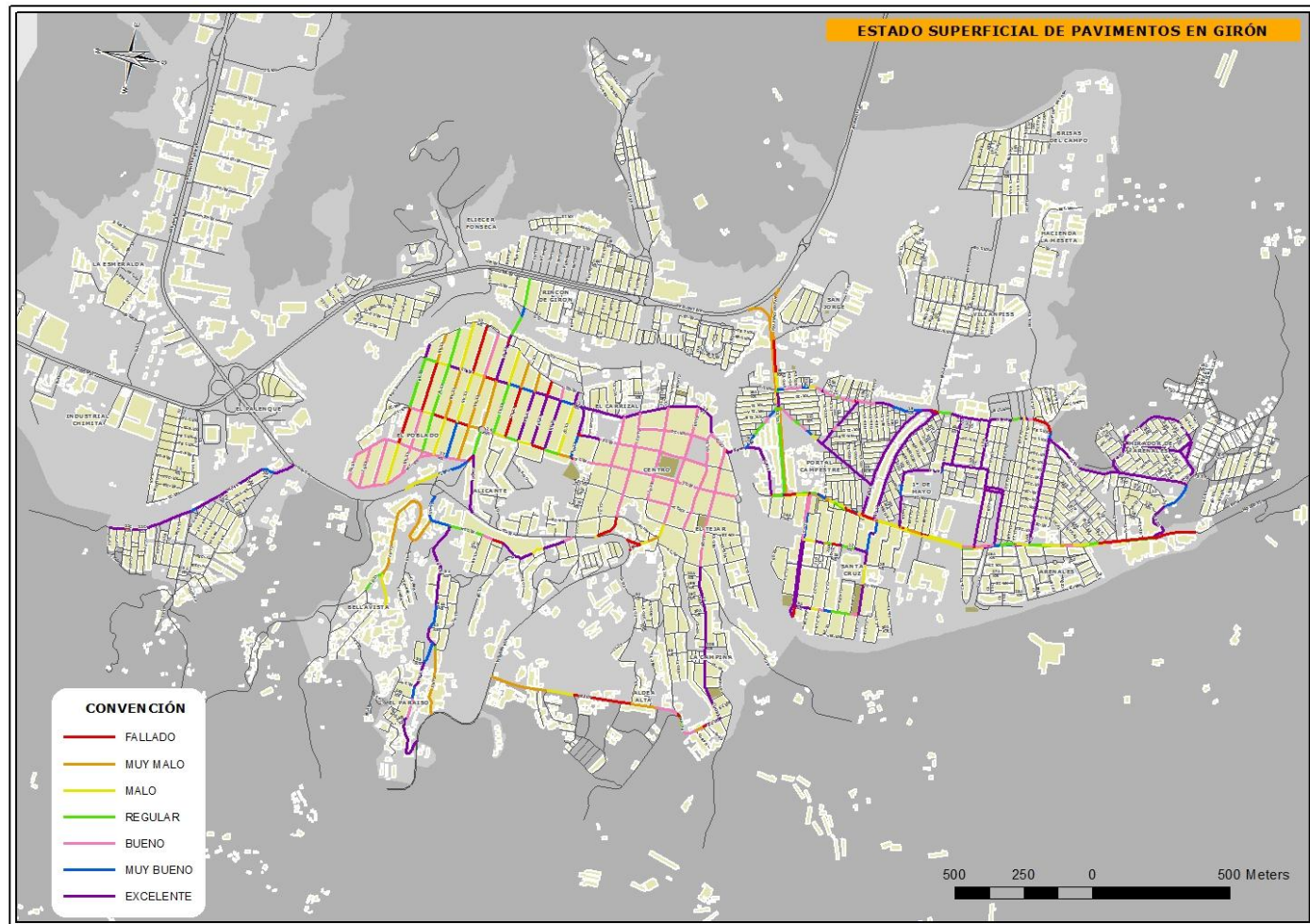
PCI	CALIFICACIÓN	SEGMENTOS	LONGITUD (Km)	PORCENTAJE (Km)
100 – 85	Excelente	124	5,07	16,40%
85 – 70	Muy Bueno	91	4,01	12,97%
70 – 55	Bueno	169	8,80	28,45%
55 – 40	Regular	74	3,69	11,94%
40 – 25	Malo	67	3,74	12,10%
25 – 10	Muy Malo	35	3,52	11,37%
10 – 0	Fallado	33	2,10	6,78%
TOTAL		593	30,92	100,00%

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

Como se expuso en la tabla anterior, 30.25% de la malla inventariada de girón se encuentra en malas condiciones ($0 < PCI < 40$), considerando los diferentes tipos de pavimentos, 40.39% de la malla se encuentra en un estado aceptable ($40 < PCI < 70$) y finalmente 29.37% de la malla se encuentra en estado muy bueno y excelente ($70 < PCI < 100$), tiendo un deterioro considerable en la capa de rodadura localizado en el sector de la calle 25 que comunica con el Anillo Vial¹.

¹Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS.

Figura 56. Estados de pavimentos malla vial de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

8.3. Estado de pavimentos para el municipio de Piedecuesta

Tabla 39. Estados de pavimentos malla vial de Piedecuesta

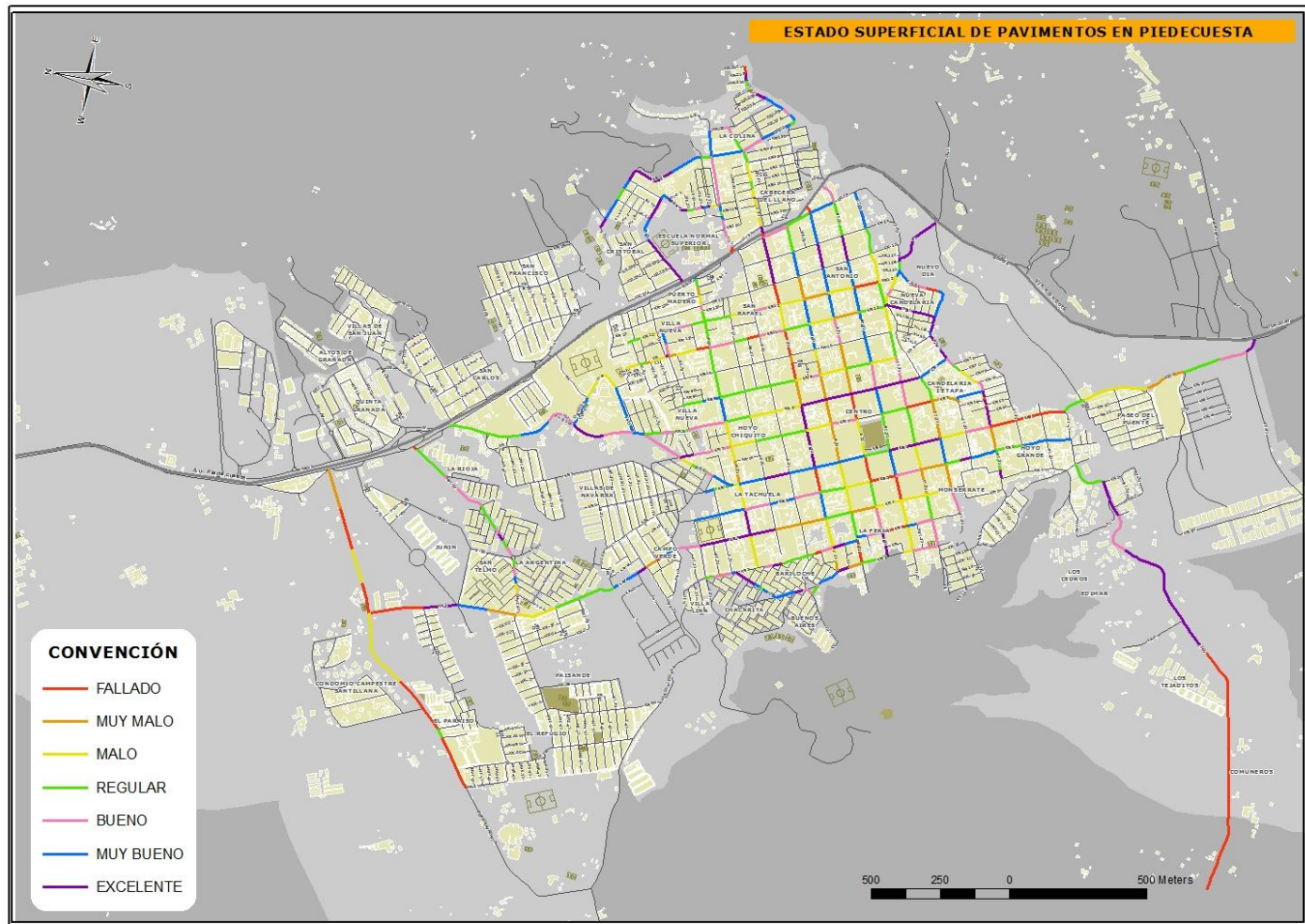
PCI	CALIFICACIÓN	SEGMENTOS	LONGITUD (KM)	PORCENTAJE (KM)
100 – 85	Excelente	80	4,53	15,67%
85 – 70	Muy Bueno	78	5,20	18,02%
70 – 55	Bueno	65	4,31	14,91%
55 – 40	Regular	87	5,51	19,07%
40 – 25	Malo	64	4,79	16,60%
25 – 10	Muy Malo	32	2,56	8,85%
10 – 0	Fallado	22	1,98	6,87%
TOTAL		428	28,87	100,00%

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

Como se expone en la tabla anterior, la malla inventariada cuenta con un porcentaje de estado equitativo en donde 33.69 % corresponde a los segmentos que se encuentran en un estado entre excelente y muy bueno requiriendo actividades de mantenimiento y conservación simples, 33.98% son tramos viales que se califican como buenos y regulares, los culés requieren de actividades de mantenimiento rutinario y rehabilitación respectivamente, en cuanto al porcentaje restante 32.33% corresponde a los segmentos viales que requieren de actividades de rehabilitación inmediata o reconstrucción del sector vial para mejorar sus condiciones, estos sectores están localizados en el centro del casco urbano¹.

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

Figura 57. Estados de pavimentos malla vial de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

8.4. Estado del pavimento según el tipo de rodadura

De acuerdo con los tipos de rodadura encontrados en el inventario de infraestructura realizado, se da una clasificación del estado o nivel de deterioro en el que se encuentran cada uno de los segmentos que están compuestos por pavimentos asfálticos y en concreto rígidos en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

8.4.1. Estado del pavimento Flexible

- ❖ La malla vial del municipio de Floridablanca cuenta con 50,9 km/Calzada inventariados con capa de rodadura en pavimento asfáltico en donde se encontraron las siguientes estadísticas en cuanto a su estado, el número de segmentos que los componen, la cantidad de área afectada con respecto a cada segmento vial¹:

Tabla 40. Estado de los pavimentos flexibles municipio de Floridablanca

TIPO DE PAVIMENTO	ESTADO	SEGMENTOS	LONGITUD (Km)	ÁREA (m ²)	ÁREA AFECTADA (m ²)	ÁREA AFECTADA (%)
FLEXIBLE	Excelente	127	8.43	57481.76	26991.45	46.96%
	Muy Bueno	153	11.81	79292.12	46231.77	58.31%
	Bueno	111	8.75	61603.20	33017.13	53.60%
	Regular	100	6.32	48055.15	29155.09	60.67%
	Malo	89	6.01	45986.77	28072.62	61.04%
	Muy Malo	77	5.15	36659.74	23779.13	64.86%
	Fallado	68	4.47	26535.15	26535.15	100.00%
TOTAL		725	50.94	355613.888	206176.7386	57.98%

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

De los datos anteriores se destaca que 57.98% de los pavimentos flexibles del municipio de Floridablanca necesitan algún tipo de intervención en la carpeta asfáltica. En el sector de los barrios Zapamanga, Oasis, Altamira y Floridablanca se encuentran muchos segmentos para efectuar labores de mantenimiento y rehabilitación, con lo cual se mejorara las condiciones de movilidad de sus corredores principales. Los corredores viales como la calle 29 entre carreras 7 a 12, la carrera 29 entre calles 12 a 22, la calle 38 entre carreras 3 a 7 y la calle 20 en el sector Reina de la Paz, el estado del pavimento existente se encuentra en malas condiciones, generados por el alto volumen de vehículos livianos y de carga que circulan por este sector y por falta de mantenimiento por parte de las administraciones pasadas. Para estos corredores viales se deberán realizar obras para el mantenimiento y rehabilitación, adecuándola a la exigencia de cargas que se presentarían en un futuro¹.

❖ La malla vial del municipio de Girón cuenta con 16,9 km/Calzada inventariados con capa de rodadura en pavimento asfáltico en donde se encontraron las siguientes estadísticas en cuanto a su estado de servicio:

Tabla 41. Estado de los pavimentos flexibles municipio de Girón

TIPO DE PAVIMENTO	ESTADO	SEGMENTOS	LONGITUD (Km)	ÁREA (m ²)	ÁREA AFECTADA (m ²)	ÁREA AFECTADA (%)
FLEXIBLE	Excelente	69	2.84	20548.32	179.70	0.87%
	Muy Bueno	29	1.34	9521.22	536.40	5.63%
	Bueno	46	1.60	11717.88	1507.20	12.86%
	Regular	48	2.79	18780.83	3796.30	20.21%
	Malo	54	3.21	21825.58	6915.00	31.68%
	Muy Malo	30	3.34	21867.61	6313.40	28.87%
	Fallado	54	3.21	21825.58	21825.58	100.00%
TOTAL		330	18.33	126087.02	41073.58	32.58%

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

De la tabla anterior observamos que existe 32.58% de afectación de los tramos viales construidos con pavimentos asfálticos en el municipio de Girón. El sector el poblado, rincón de girón y algunos sectores aledaños se encuentran varios segmentos para efectuar labores de mantenimiento y rehabilitación, que mejoren las condiciones de movilidad en el centro del casco urbano. Para la Avenida “Los Caneyes-Bahondo” el estado del pavimento existente se encuentra en malas condiciones, en algunos sectores generados por deficiencia en la capacidad estructural, por su bajo espesor en la capa de rodamiento en concreto asfáltico y por el alto volumen de vehículos livianos y de carga que circulan diariamente por este sector. Para este corredor vial se deberán realizar obras para el mantenimiento y rehabilitación, adecuándola a la exigencia de cargas que se presentarían en un futuro.

❖ La malla vial del municipio de Piedecuesta cuenta con 15,3 km/Calzada inventariados con capa de rodadura en pavimento asfáltico en donde se encontraron las siguientes estadísticas en cuanto a su estado, el número de segmentos que los componen, la cantidad de área afectada con respecto a cada segmento vial:

Tabla 42. Estado de los pavimentos flexibles municipio de Piedecuesta

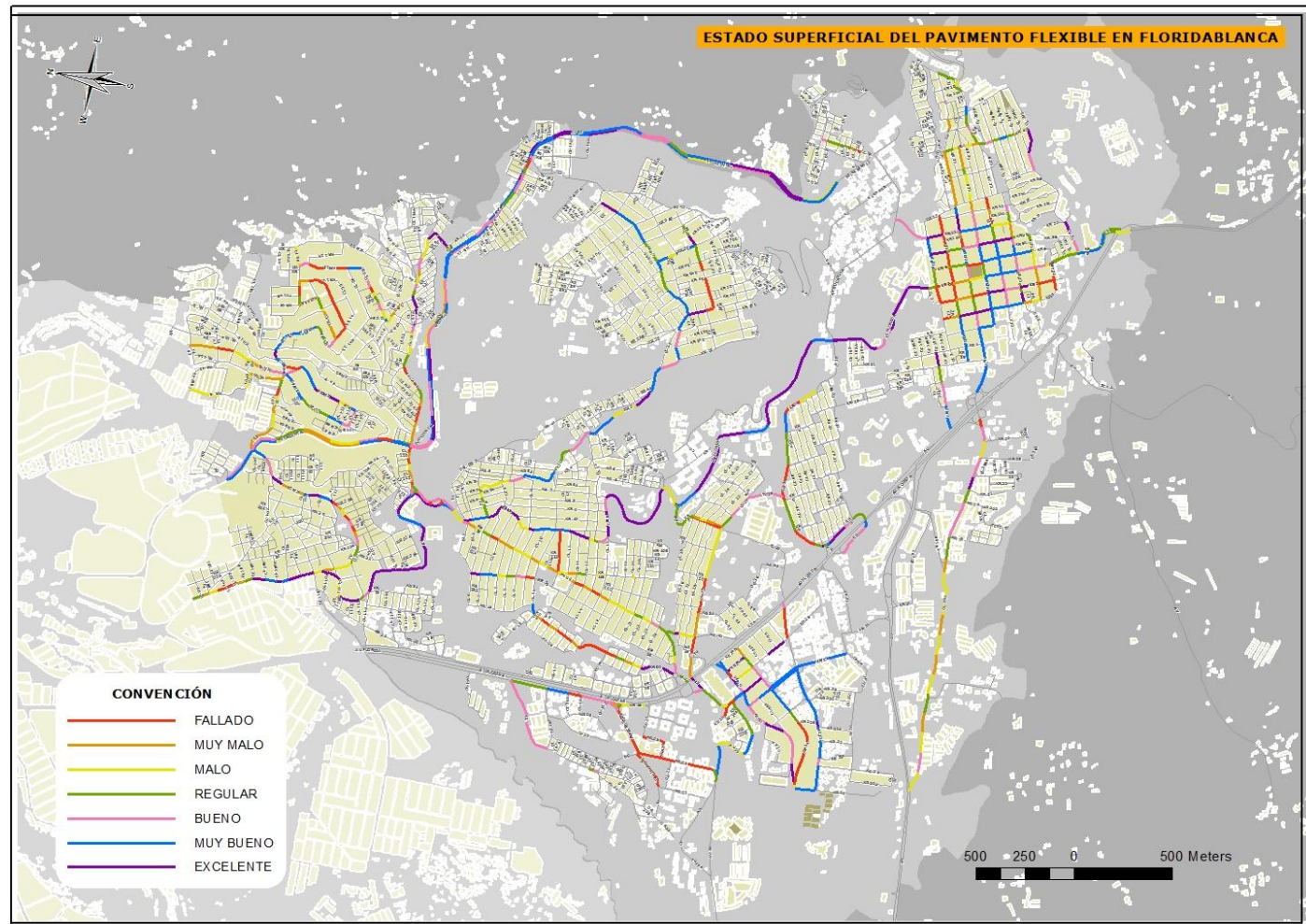
TIPO DE PAVIMENTO	ESTADO	SEGMENTO	LONGITUD (Km)	ÁREA (m ²)	ÁREA AFECTADA (m ²)	ÁREA AFECTADA (%)
FLEXIBLE	Excelente	15	1.33	7650.61	2355.89	30.79%
	Muy Bueno	30	2.31	12628.40	5702.66	45.16%
	Bueno	30	2.13	12612.64	5479.66	43.45%
	Regular	37	2.77	16908.77	9792.70	57.91%
	Malo	34	2.95	17499.17	13203.98	75.45%
	Muy Malo	20	1.85	10770.24	10770.24	100.00%
	Fallado	20	1.85	10615.78	10615.78	100.00%
TOTAL		186	15.20	88685.60	57920.91	65.31%

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

65.31% de los pavimentos en superficie asfáltica se encuentran afectados por algún tipo de deterioro en el municipio de Piedecuesta. En el sector centro, y en algunos sectores aledaños se encuentran varios segmentos para efectuar labores de mantenimiento y rehabilitación, que mejoren las condiciones de movilidad en el centro del casco urbano. Para la avenida de Guatiguara, la carrera 7, las calles 8-9 entre carreras 4 a 10, el estado del pavimento existente, se encuentra en malas condiciones generados por el alto volumen de vehículos livianos y de carga que circulan por este sector y por falta de mantenimiento por parte de las administraciones pasadas. Para estos corredores viales se deberán realizar obras para el mantenimiento y rehabilitación, adecuándola a la exigencia de cargas que se presentarían en un futuro¹.

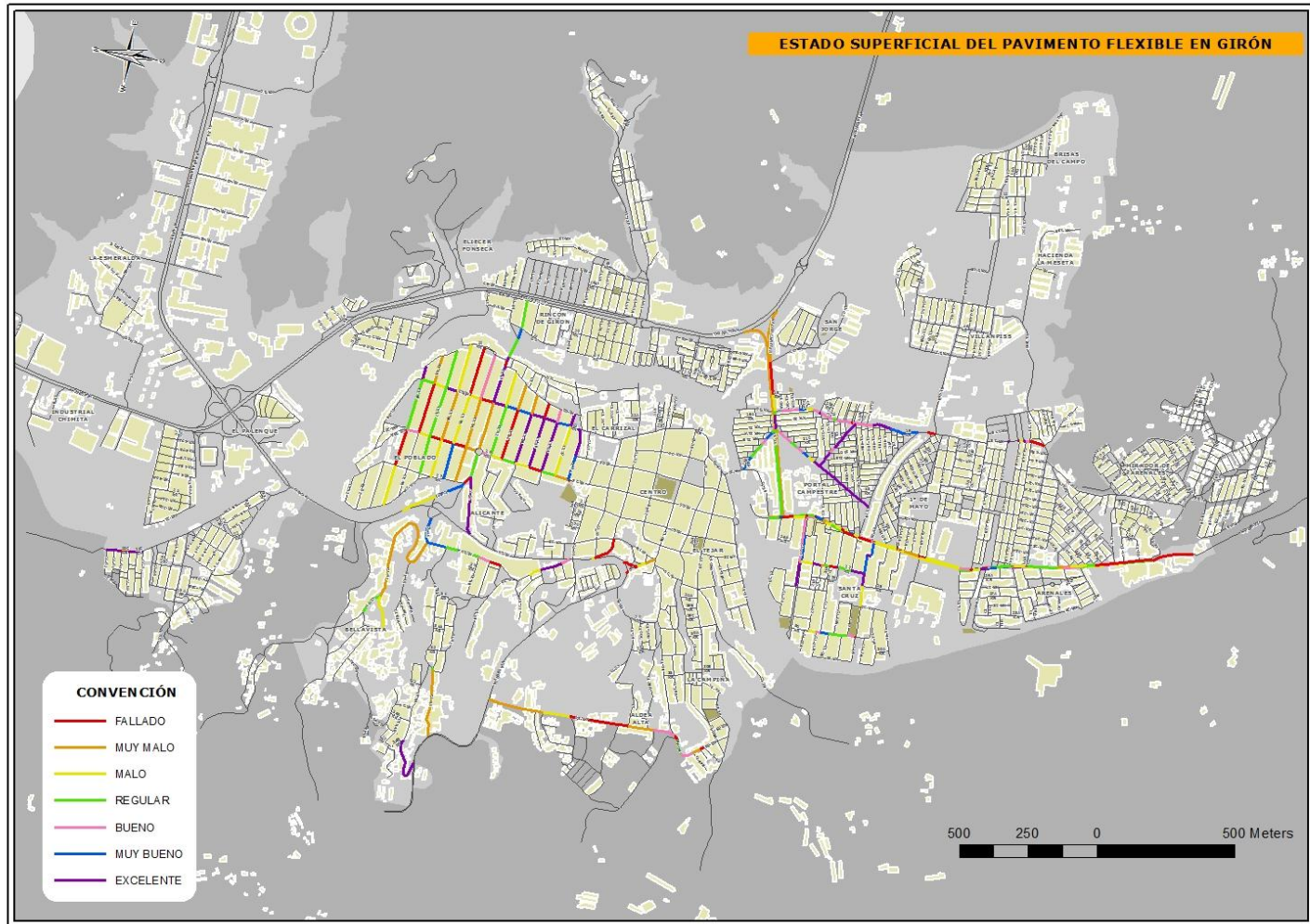
¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

Figura 58. Estado de los pavimentos flexibles, municipio de Floridablanca



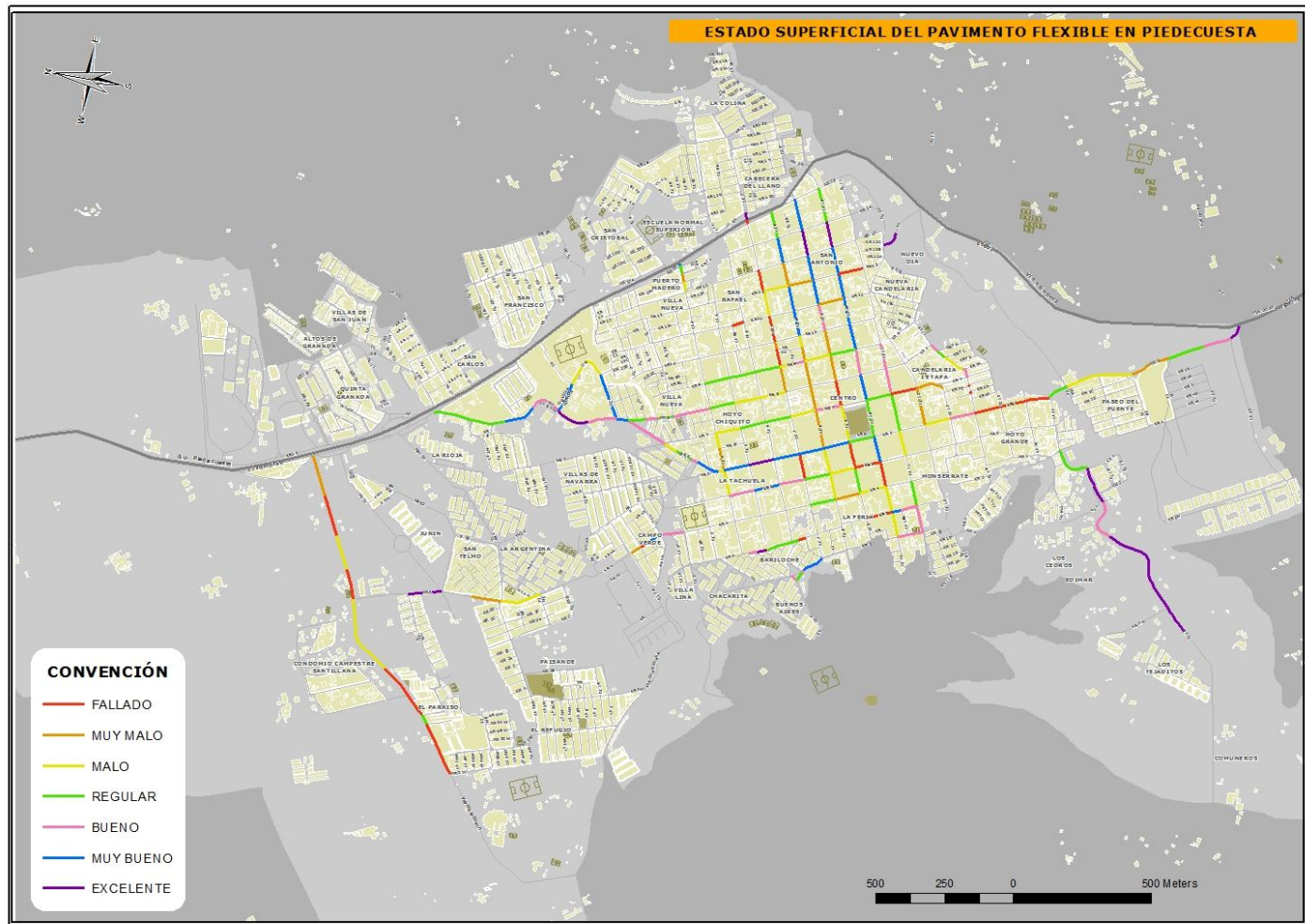
Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 59. Estado de los pavimentos flexibles, municipio de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 60. Estado de los pavimentos flexibles, municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

8.4.2. Estado del pavimento Rígido

Para la evaluación del estado superficial del pavimento rígido de los principales corredores viales de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, se estableció el nivel de daños en cada una de las losas que componen el segmento vial, con base en estas losas afectadas se obtiene un nivel de severidad del tramo, lo cual, nos permite clasificarlo según su estado superficial.

❖ La malla vial del municipio de Floridablanca cuenta con 8 Km de calzada en pavimento rígido, de los 60 kilómetros que conforman los principales corredores viales de este municipio y de los cuales se obtienen las siguientes estadísticas:

Tabla 43. Estado de los pavimentos rígidos municipio de Floridablanca

TIPO DE PAVIMENTO	ESTADO	SEGMENTOS	km	NUMERO DE LOSAS (UND)	LOSAS AFECTADAS (UND)
RÍGIDO	Excelente	8	0,64	553	10
	Muy Bueno	21	1,19	583	80
	Bueno	36	2,95	1458	371
	Regular	27	1,68	905	281
	Malo	11	0,80	259	142
	Muy malo	6	0,57	312	252
	Fallado	2	0,16	106	106
TOTAL		109	8,00	4176	1242

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

22.8% del total de los tramos inventariados se encuentran en excelente y muy buen estado, los cuales requieren de mantenimiento periódico, 57.9% de los segmentos tienen una calificación superficial del pavimento bueno y regular, los cuales requieren mantenimiento rutinario y reemplazo de losas parcialmente, finalmente 19.2% necesitan reconstrucción total del segmento.

Se presentan algunos sectores en donde se encuentran losas averiadas que deberán ser tenidas en cuenta para la programación de obras de mantenimiento y de esta forma aumentar su periodo de vida útil. La mayoría de estos tramos se

encuentran en zonas residenciales caracterizando por tener un bajo flujo vehicular. El factor climatológico, la falta de obras de drenaje y problemas constructivos son los principales causantes de daño en las losas de concreto¹.

❖ De los treinta kilómetros estudiados en el municipio de de San Juan de Girón 9,1 kilómetros son en pavimento rígido, de los cuales se destacan las siguientes estadísticas:

Tabla 44. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Girón

TIPO DE PAVIMENTO	ESTADO	SEGMENTOS	km	NUMERO DE LOSAS (UND)	LOSAS AFECTADAS (UND)
RÍGIDO	Excelente	55	2.23	1427	246
	Muy Bueno	62	2.87	1652	848
	Bueno	55	2.26	1260	845
	Regular	26	0.90	647	410
	Malo	13	0.61	338	262
	Muy malo	5	0.18	113	108
	Fallado	1	0.05	27	27
TOTAL		217	9.10	5463	2746

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

59.06% del total de los tramos inventariados se encuentran en excelente y muy buen estado, los cuales requieren de mantenimiento periódico, 34.78% de los segmentos tienen una calificación superficial del pavimento bueno y regular, los cuales requieren mantenimiento rutinario y reemplazo de losas parcialmente, finalmente 9.15% necesitan reconstrucción total del segmento.

Se encontraron segmentos en malas condiciones principalmente en el sector de San Antonio del Carrizal, Corviandi y algunos tramos en el portal campestre, en estos sectores se encuentran losas averiadas que deberán ser tenidas en cuenta para la programación de obras de mantenimiento y de esta forma mejorar las condiciones del corredor vial. La mayoría de estos tramos afectados se

¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

encuentran en zonas residenciales caracterizando por tener un bajo flujo vehicular y su daño puede relacionarse con el paso de vehículos pesados, factores climatológicos, la falta de obras de drenaje y problemas constructivos, los cuales principales causantes de daño en las losas de concreto¹.

❖ El municipio de Piedecuesta cuenta con 13,7 kilómetros en pavimento rígido, de los 30 Km que componen los principales corredores viales de este municipio, de donde se destacan los siguientes datos:

Tabla 45. Estado de los pavimentos rígidos municipio de Piedecuesta

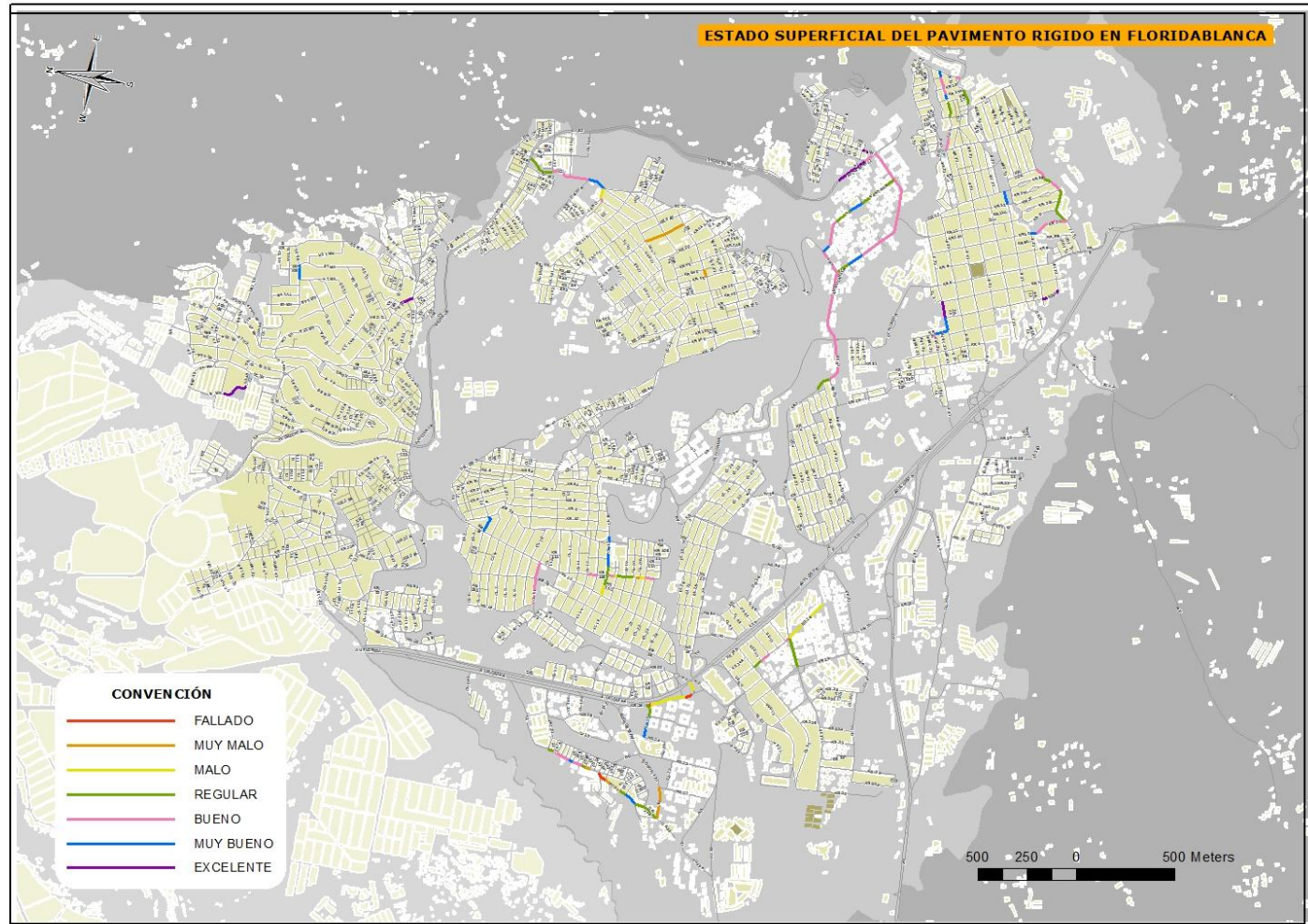
TIPO DE PAVIMENTO	ESTADO	SEGMENTOS	km	NUMERO DE LOSAS (UND)	LOSAS AFECTADAS (UND)
RÍGIDO	Excelente	65	4.20	1815	423
	Muy Bueno	47	3.75	1751	845
	Regular	50	2.84	1575	1162
	Malo	30	1.87	868	573
	Muy malo	12	0.91	350	269
	Fallado	2	0.13	56	55
TOTAL		206	13.70	6415	3327

Fuente: Inventario de infraestructura vial AMB– UIS

58.00% del total de los tramos inventariados se encuentran en excelente y muy buen estado, los cuales requieren de mantenimiento periódico, 34.43% de los segmentos tienen una calificación superficial del pavimento bueno y regular, los cuales requieren mantenimiento rutinario y reemplazo de losas parcialmente, finalmente 7.55% necesitan reconstrucción total del segmento.

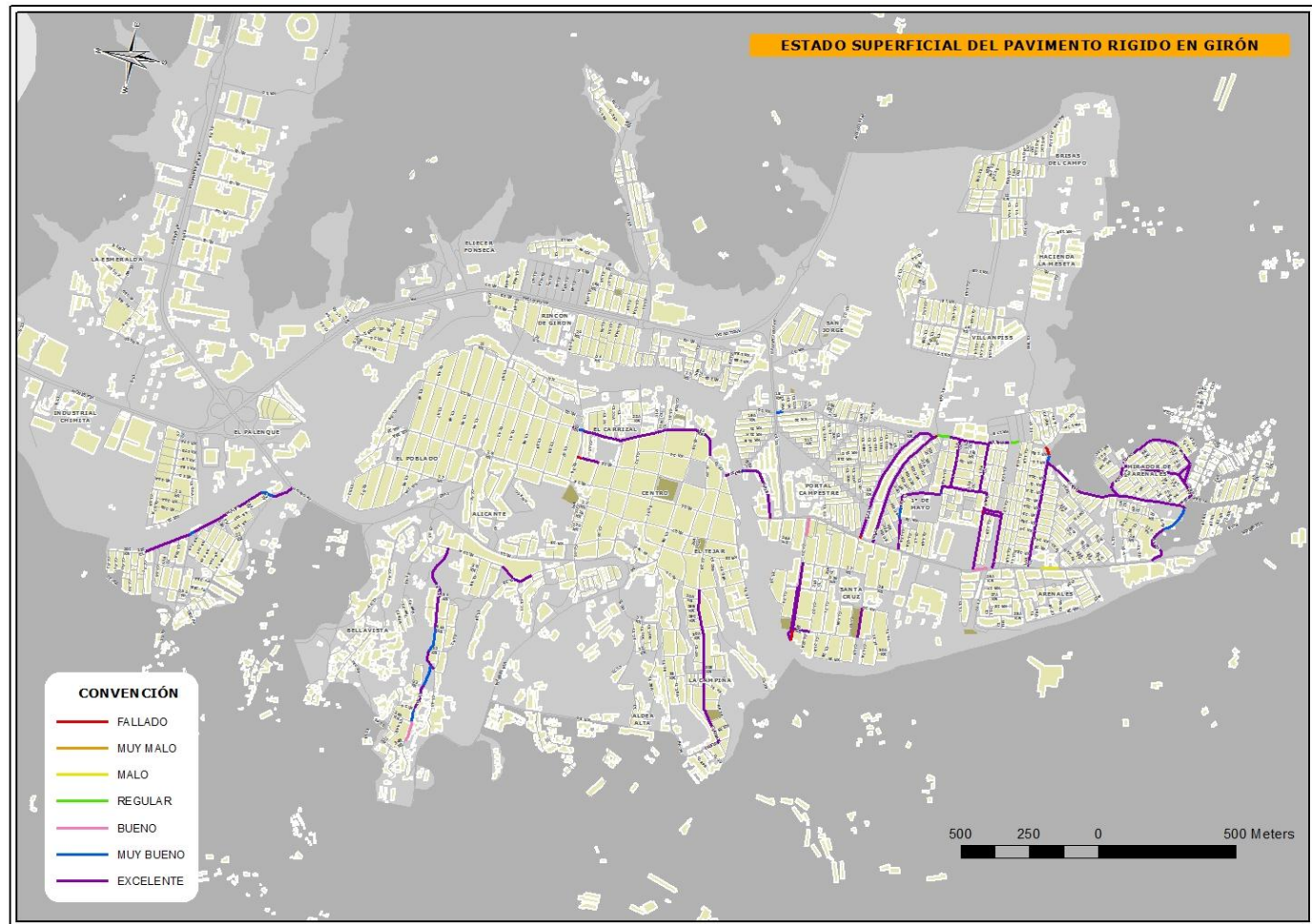
¹ Plan maestro de movilidad de los Municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca-Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS

Figura 61. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Floridablanca



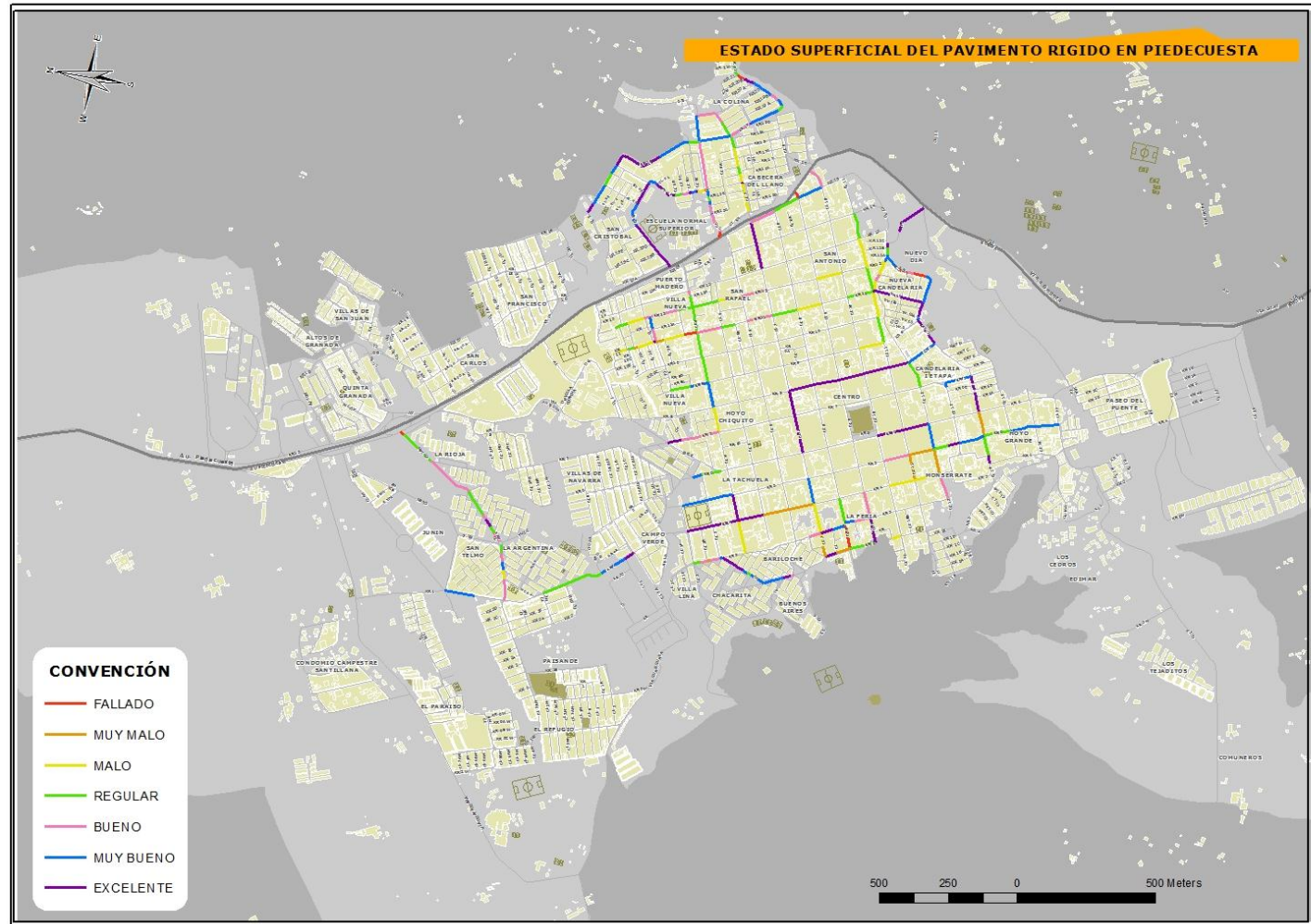
Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 62. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 63. Estado de los pavimentos rígidos, municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

9. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE RECUPERACIÓN DE LA MALLA VIAL

El factor económico es la base para determinar los planes y programas de rehabilitación y mantenimiento de vías, donde en general, el propósito es reducir el costo total del transporte, incluyendo la infraestructura y la operación vehicular. Los elevados costos de las obras de infraestructura vial y la limitación de los presupuestos para ejecutarlos, han obligado a las administraciones viales a realizar estudios de costos y evaluaciones técnico-económicas que permitan tomar decisiones acertadas en cuanto a la rentabilidad positiva de las inversiones.

“La evaluación económica se utiliza, tanto para determinar la factibilidad como para elegir entre distintas estrategias de un proyecto. En el análisis se evalúan y consideran todos los costos o flujos de dinero asociados a cada estrategia propuesta a lo largo de la vida útil. De esta manera, la evaluación económica ayuda a elegir la estrategia de inversión que se considere más adecuada para los intereses institucionales. La evaluación económica en sí no representa una decisión y, por ello, conviene que los criterios de aplicación para la decisión sean definidos antes de que los resultados de la evaluación sean aplicados. En todo caso, se deben examinar todas las estrategias técnicamente viables dentro del tiempo previsto para el análisis, incluyendo la comparación con la situación existente”.¹

Los costos y beneficios de un proyecto de rehabilitación de pavimentos, incluido su mantenimiento, se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- ❖ Costos y beneficios cuantificables y posibles de convertir a unidades monetarias, como son los correspondientes a rehabilitación y mantenimiento, operación vehicular, tiempos de viaje, ingresos por cobro de peajes, etc.

¹ Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.

❖ Costos y beneficios cuantificables pero no posibles de convertir en unidades monetarias sin estudios rigurosos fuera del alcance de un estudio tradicional de análisis de costos durante el ciclo de vida (ACCV), como son los correspondientes a seguridad, contaminación, nivel de ruido, modificación de precios de terrenos, etc.

❖ Costos y beneficios no cuantificables en el marco de ACCV, como son los correspondientes a bienestar social, calidad de vida, oportunidades comerciales, etc.

La posibilidad de cuantificar determinados costos o beneficios dependerá de la información que se pueda obtener y de la viabilidad de usar modelos o técnicas de medición que faciliten asignarles una magnitud.

Para calcular los costos y beneficios de rehabilitación de los principales corredores viales de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, se utilizó una relación costo-beneficio cuantificable que fuera posible convertir a unidades monetarias, y así, dar un estimativo del valor de recuperación de la malla vial analizada.

9.1. Intervenciones para pavimentos flexibles

9.1.1. Valoración del estado superficial

Para este diagnóstico fue necesario realizar una inspección visual de las vías tomando la clase, la severidad y la cantidad de cada falla presente en el pavimento. Una vez recopilada esta información, se dio una calificación del estado del pavimento, como fue descrita en el punto anterior.

A continuación, se muestran los intervalos utilizados para la calificación del estado superficial de la malla primaria del área metropolitana de Bucaramanga:

Figura 64. Calificación estado superficial del pavimento

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		
100 – 85	Excelente	
85 – 70	Muy Bueno	
70 – 55	Bueno	
55 – 40	Regular	
40 – 25	Malo	
25 – 10	Muy Malo	
10 – 0	Fallado	

Fuente: Elaboración propia

9.1.2. Evaluación estructural

9.1.2.1. Cálculo del SN futuro

Para determinar la condición estructural del pavimento el método AASHTO – 93. La capacidad del pavimento (SN) se determina mediante la siguiente expresión:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9,36 * \log(SN + 1) - 0,2 + \left[\frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \right] + 2,32 \log(Mr) - 8,07$$

W18: Número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN (18 kip).

ZR: Valor de la variable de la distribución normal de frecuencias, correspondiente a una determinada confiabilidad R.

S0: Desviación estándar de los parámetros de cálculo.

ΔPSI: Pérdida de índice de servicio.

Mr: Módulo resiliente de la subrasante (lb/pg²).

Para calcular la capacidad requerida por el pavimento para los ejes equivalentes que pasara durante los próximos 10 años en los municipios del área metropolitana de Bucaramanga se utilizaron los siguientes parámetros:

W18: número de ejes equivalentes calculados con los conteos realizados en el AMB por la UIS.

ZR: -1.037 (confiabilidad del 85%)

S0: 0.45

ΔPSI: 2

Mr: se tomó un CBR del 5%

9.1.2.2. Calculo del SN efectivo

El método AASHTO – 93 establece la condición de las capas estructurales como procedimiento Para calcular la capacidad reducida o efectiva del pavimento. Asignando coeficientes estructurales de cada capa en función de los daños o deterioros tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 46. Coeficientes estructurales para cada tipo de daño

MATERIAL	CONDICION SUPERFICIAL	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Concreto asfáltico	No hay fisuras tipo piel de cocodrilo y/o hay solamente fisuras transversales de severidad baja.	0.35 a 0.40
Concreto asfáltico	<10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad baja y/o <5% de fisuras transversales de severidad media o alta	0.25 a 0.35
Concreto asfáltico	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad baja y/o <10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media y/o 5 a 10% de fisuras transversales de severidad media o alta	0.20 a 0.30

MATERIAL	CONDICION SUPERFICIAL	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Concreto asfáltico	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad media o alta.	0.14 a 0.20
Concreto asfáltico	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad alta.	0.08 a 0.15
Bases estabilizadas	No hay fisuras tipo piel de cocodrilo y/o hay solamente fisuras transversales de severidad baja.	0.08 a 0.35
Bases estabilizadas	<10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad baja y/o <5% de fisuras transversales de severidad media o alta	0.15 a 0.25
Bases estabilizadas	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad baja y/o <10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media y/o 5 a 10% de fisuras transversales de severidad media o alta.	0.15 a 0.20
Bases estabilizadas	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad media o alta.	0.10 a 0.20
Bases estabilizadas	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad alta.	0.08 a 0.15
Bases o subbases granulares	No hay evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0.10 a 0.14
Bases o subbases granulares	Hay alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0.00 a 0.10

Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, elaboración propia

Además, se debe conocer la capacidad inicial del pavimento que se calcula con la siguiente expresión:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas de la estructura del pavimento.

D1, D2 y D3: Espesores de las capas de la estructura del pavimento (Pulgadas).

m2, m3: Coeficientes de drenaje de las capas granulares de base y subbase.

Así utilizando estructuras tipo de pavimento para cada municipio se determinó la capacidad estructural existente, parámetro clave para desarrollar la guía de rehabilitación para el mantenimiento y la conservación.

9.1.3. Planteamiento de alternativas de mantenimiento y conservación.

Las razones para mejorar un pavimento son las siguientes: incomodidad para la circulación vehicular, excesos de defectos superficiales, reducción de la adherencia entre la calzada y los neumáticos de los vehículos, necesidad excesiva de mantenimiento rutinario, costos de operación elevados para los usuarios, capacidad estructural inadecuada para las solicitudes del tránsito previsto; con el fin de tener una malla vial que preste un servicio seguro, cómodo y económico. Para realizar esta etapa se empleó la guía de rehabilitación desarrollada por el INVIAS, también se tuvieron en cuenta las acciones de conservación y rehabilitación utilizadas para el diagnóstico de la malla vial del Área Metropolitana de Bucaramanga desarrolladas por la Universidad Industrial de Santander y en la experiencia de ingenieros que han trabajado en las áreas de intervención.

Para la conservación y el mantenimiento de pavimentos en el área metropolitana de Bucaramanga se desarrollaran estrategias que permitan alargar la vida útil del pavimento y brindar un servicio óptimo para los usuarios de esta zona. La selección de las técnicas de rehabilitación se realizara de acuerdo a los tratamientos que se manejen en estos municipios.

9.1.3.1. Mantenimiento rutinario:

Conjunto de actividades para mejorar la condición superficial del pavimento, estas previenen el deterioro del pavimento logrando la vida útil de la estructura, pero no mejoran su capacidad estructural. Las técnicas principales y más utilizadas en estos municipios son: sello de fisuras, y lechada asfáltica.

9.1.3.2. Mantenimiento periódico

En este tipo de mantenimiento se utilizan técnicas para mejorar la condición superficial del pavimento y proporcionan capacidad estructural adicional sin comprometer capas inferiores de la estructura, tienden a que se logre la vida útil y mejorar el nivel de servicio para los usuarios. Las actividades más utilizadas son las siguientes: parcheo, bacheo, sello de fisuras, sobrecarpeta de nivelación o refuerzo en pavimentos flexibles.

9.1.3.3. Reconstrucción total

Consiste en la remoción de capas y en el remplazo parcial o total del pavimento adaptándolas a las necesidades del tránsito futuro. Esta actividad normalmente se aplica cuando el área de afectación de un tramo es mayor al 40% ya que los costos de construcción son inferiores a los de realizar un mantenimiento periódico, para el área metropolitana de Bucaramanga se plantearon las siguientes técnicas:

Reemplazo de subrasante y reconstrucción total: PCI entre 0 - 40 y áreas de hundimientos + baches + parches severidad alta > 10%. En el reemplazo de la subrasante la profundidad a la que se interviene depende de del número de ejes equivalentes que van a transitar por el carril; para un numero de ejes equivalentes entre 0 y 1 millón la profundidad es de 50 cm, entre 1 millón y 2 millones, 75 cm y mayor a 2 millones, 100 cm.

Reconstrucción total: PCI entre 0 - 40 y áreas de hundimientos + baches + parches severidad alta > 10% y fisuras > 40 %.

Reconstrucción capa asfáltica: PCI entre 0 - 40 y áreas de hundimientos + baches + parches severidad alta > 10% y fisuras < 40 %.

9.1.3.4. Refuerzo

Consiste en colocar capas de pavimento que proporcionan capacidad estructural adicional y mejora el nivel de servicio a los usuarios.

9.1.4. Determinación de las alternativas de mantenimiento y conservación

Tabla 47. Alternativas de mantenimiento y conservación para pavimentos flexibles

CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO											
PCI	0--40 (Fallado, Muy malo, Malo)			40--85 (Regular, bueno, muy bueno)				85--100 (Excelente)			
TIPO DE MANTENIMIENTO	Hundimientos + Baches + Parches severidad alta > 10%	Hundimientos + Baches + Parches severidad alta < 10% y Fisuras > 40%	Hundimientos + Baches + Parches severidad alta < 10% y Fisuras < 40%	refuerzo necesario < 3cm	refuerzo necesario > 3cm y se cumple altura de bordillo	refuerzo necesario > 3cm y no se cumple altura de bordillo y SNO > Snfut	refuerzo necesario > 3cm y no se cumple altura de bordillo y SNO < Snfut	refuerzo necesario < 3cm	refuerzo necesario > 3cm y se cumple altura de bordillo	refuerzo necesario > 3cm y no se cumple altura de bordillo y SNO > Snfut	refuerzo necesario > 3cm y no se cumple altura de bordillo y SNO < Snfut
	Reemplazo de subrasante y reconstrucción total	Reconstrucción total	Reconstrucción de capa asfáltica	Mantenimiento periódico	Mantenimiento periódico + refuerzo	reconstrucción de carpeta asfáltica	Reconstrucción total	Mantenimiento rutinario	Mantenimiento rutinario + refuerzo	reconstrucción de carpeta asfáltica	Reconstrucción total

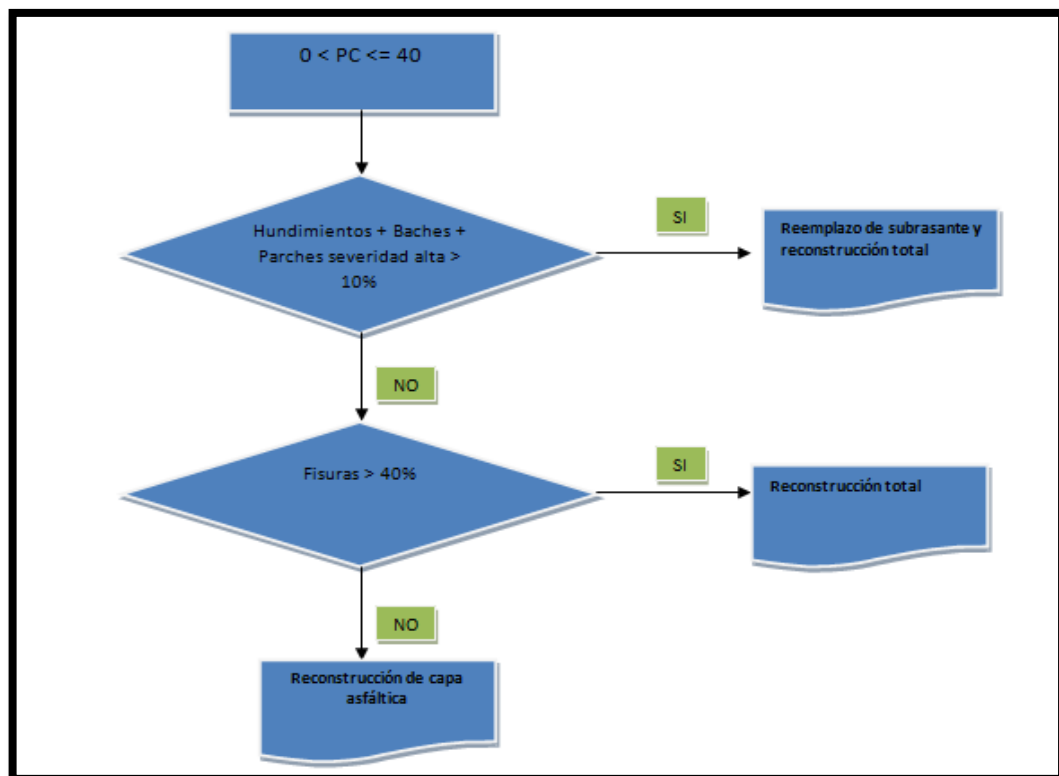
Fuente: Elaboración propia

❖ PCI (0 -40)

Para este estado superficial del pavimento se proponen tres alternativas dependiendo del porcentaje de hundimientos, baches, parches de severidad alta y fisuras que se presenten en cada tramo.

- Hundimientos + Baches + Parches severidad alta > 10% =
Reconstrucción total
- Hundimientos + Baches + Parches severidad alta < 10% y Fisuras > 40%
= Reconstrucción de la capa asfáltica.
- Hundimientos + Baches + Parches severidad alta < 10% y Fisuras < 40%
= Reciclado, y capa de refuerzo si es necesaria para satisfacer el
transito futuro.

Figura 65. Algoritmo de mantenimiento vial para $0 < PCI < 40$



Fuente: Elaboración propia

❖ **PCI (40 -85)**

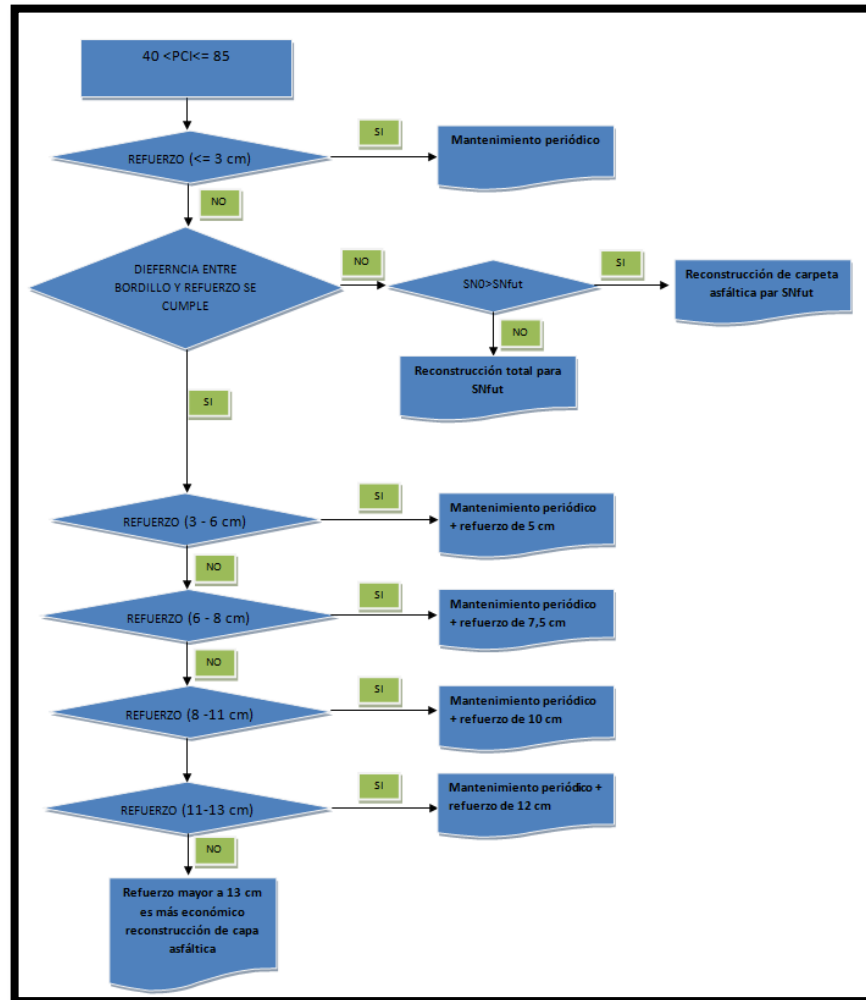
Para este estado superficial se propone el mantenimiento periódico para alargar la vida útil del pavimento. Si en este intervalo de índice de condición del pavimento se necesita refuerzo para satisfacer las necesidades de tránsito futuro se utilizó el método de la AASHTO – 93. Si la capa de refuerzo necesaria no se puede ejecutar por la altura de bordillos de los tramos, comparando el SN0 con el Snfut se plantea reconstrucción de la carpeta asfáltica o reconstrucción total.

Tabla 48. Determinación de refuerzo para mantenimiento periódico

REFUERZO	MANTENIMIENTO
(<3 cm)	Mantenimiento periódico
(3 - 6 cm)	Mantenimiento periódico + refuerzo de 5 cm
(6 - 8 cm)	Mantenimiento periódico + refuerzo de 7,5 cm
(8 -11 cm)	Mantenimiento periódico + refuerzo de 10 cm
(11-13 cm)	Mantenimiento periódico + refuerzo de 12 cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 66. Algoritmo de mantenimiento y rehabilitación vial para $0 < PCI < 40$



Fuente: Elaboración propia

❖ **PCI (85-100)**

Para este estado se propone el mantenimiento rutinario que mejora la condición superficial del pavimento. Si en este intervalo de índice de condición del pavimento se necesita refuerzo para satisfacer las necesidades de tránsito futuro se utiliza el método de la AASHTO – 93 para proponer las capas de refuerzo. Si la capa de refuerzo necesaria no se puede ejecutar por la altura de bordillos de los tramos, comparando el SN0

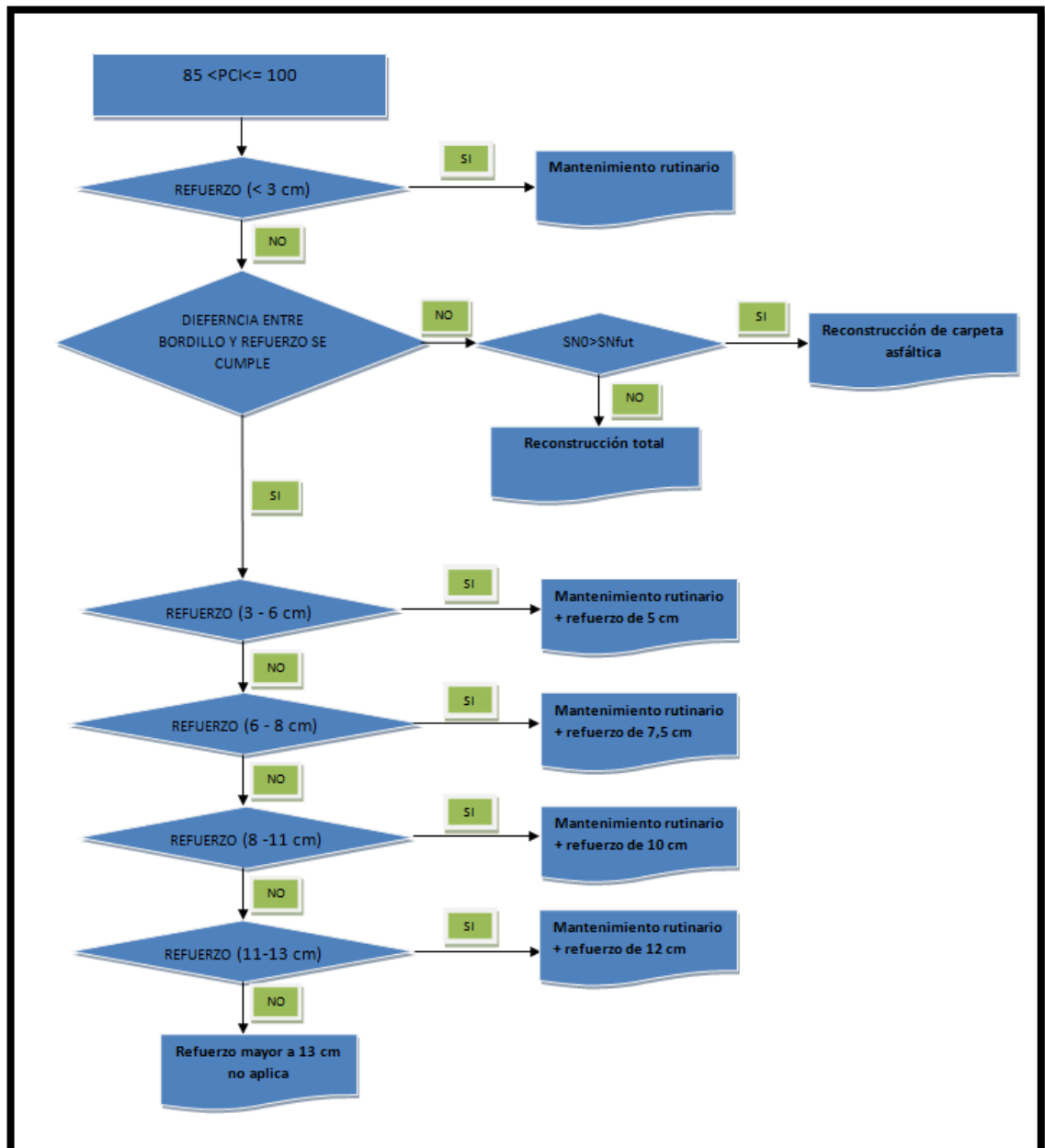
con el Snfut se plantea reconstrucción de la carpeta asfáltica o reconstrucción total.

Tabla 49. Determinación de refuerzo para mantenimiento rutinario

REFUERZO NECESARIO	MANTENIMIENTO
(<3 cm)	Mantenimiento rutinario
(3 - 6 cm)	Mantenimiento rutinario + refuerzo de 5 cm
(6 - 8 cm)	Mantenimiento rutinario + refuerzo de 7,5 cm
(8 -11 cm)	Mantenimiento rutinario + refuerzo de 10 cm
(11-13 cm)	Mantenimiento rutinario + refuerzo de 12 cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 67. Algoritmo de mantenimiento y rehabilitación vial para $85 < PCI < 100$



Fuente: Elaboración propia

9.1.5. Valoración de costos unitarios utilizados en las actividades de mantenimiento y rehabilitación para pavimentos flexibles.

Para cada una de las actividades planteadas en la intervención de los segmentos de la malla vial del Área Metropolitana de Bucaramanga, se emplearon precios unitarios para la determinación del costo por cada una de las intervenciones, los cuales, fueron tomados fundamentalmente de bases de datos de análisis de precios unitarios utilizados para proyectos viales en el Área Metropolitana de Bucaramanga. A continuación, se presentan los costos incluidos para el cálculo de los costos de recuperación de la malla vial de los municipios en estudio.

Tabla 50. Costos unitarios para las actividades propuestas para pavimentos flexibles

Actividad	Unidad	Precio unitario
Sello		
Sello de fisuras	ml	\$ 3,818.00
Parcheo		
Demolición para parcheo	m2	\$ 13,440.00
Mezcla parcheo	m3	\$ 423,676.00
Bacheo		
Demolición bacheo	m2	\$ 13,440.00
B.G bacheo	m3	\$ 91,644.65
MDC - 2 Bacheo	m3	\$ 423,675.00
REFUERZO		
Carpeta asfáltica MDC- 2	m3	\$ 517,078.00
Reconstrucción total con reemplazo de subrasante		
Reemplazo de subrasante	m3	\$ 32,936.00
Demolición de subbase granular	m3	\$ 24,778.00
Demolición de base granular	m3	\$ 24,778.00
Demolición de capa asfáltica	m3	\$ 37,994.00
Subbase granular	m3	\$ 74,153.15
Base granular	m3	\$ 91,644.65
Carpeta asfáltica MDC- 2	m3	\$ 517,078.00
Reconstrucción total		
Demolición de subbase granular	m3	\$ 24,778.00

Actividad	Unidad	Precio unitario
Demolición de base granular	m3	\$ 24,778.00
Demolición de capa asfáltica	m3	\$ 37,994.00
Subbase granular	m3	\$ 74,153.15
Base granular	m3	\$ 91,644.65
Carpeta asfáltica MDC- 2	m3	\$ 517,078.00
Reconstrucción capa asfáltica		
Demolición de capa asfáltica	m3	\$ 37,994.00
Carpeta asfáltica MDC- 2	m3	\$ 517,078.00

Fuente: Elaboración propia

9.1.6. Costos de recuperación para pavimentos flexibles

Las cantidades de obra involucradas en cada una de las actividades planteadas para el mejoramiento de la condición superficial de los segmentos viales se determinan por la cantidad de área afectada en el segmento, la gravedad del daño y el tipo de intervención que deba realizarse, entre reconstrucción, rehabilitación, mantenimientos periódicos o rutinarios para segmento vial. Con esto se plantean las posibles reparaciones y se estiman los costos necesarios para dejar en óptimas condiciones la capa de rodadura de los segmentos.

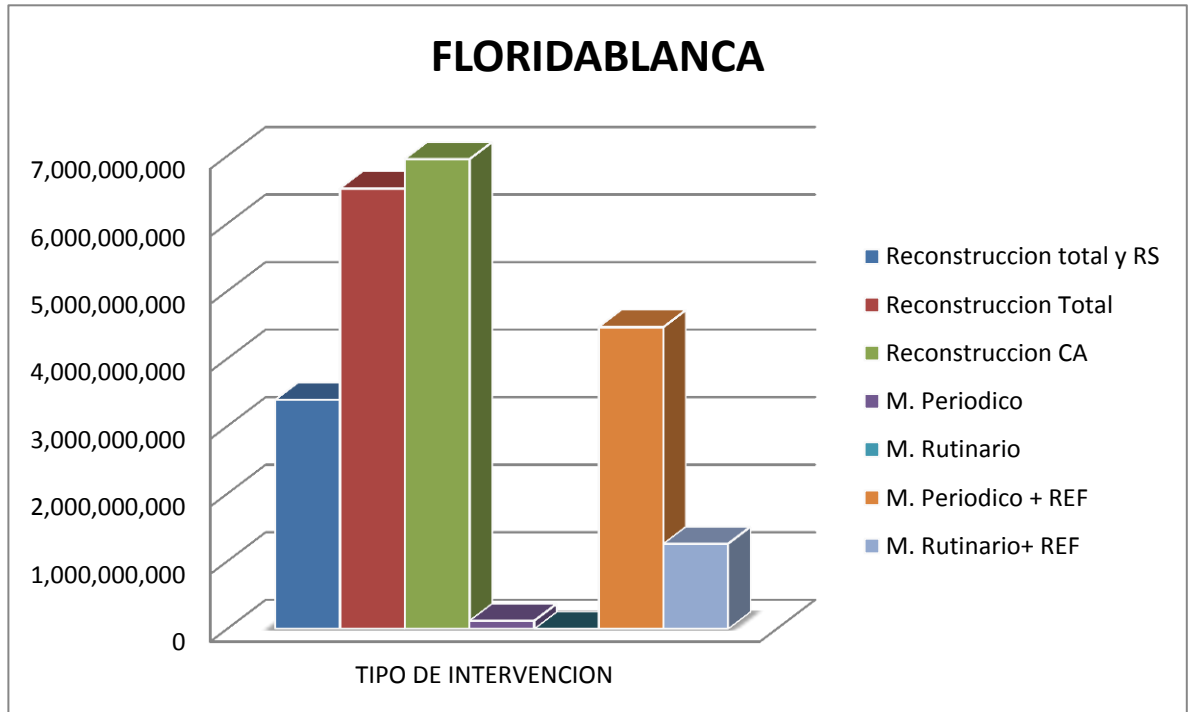
A continuación se mostrara el tipo de intervención y el costo de recuperación para el pavimento flexible en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta. Los avalúos presentados no involucran los costos indirectos.

Tabla 51. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Floridablanca

Tipo de intervención	Km-Carril	Área Intervenida m2	Costo de Intervención
Reconstrucción total y reemplazo de subrasante	2.96	21350.33	\$ 3,393,342,704.35
Reconstrucción total	6.31	44402.90	\$ 6,521,951,633.04
Reconstrucción carpeta asfáltica	12.18	85305.22	\$ 6,957,672,768.97
Mantenimiento periódico	5.98	38173.87	\$ 123,775,167.82
Mantenimiento rutinario	1.93	12889.52	\$ 504,040.54
Mantenimiento periódico + refuerzo	15.21	108868.23	\$ 4,470,751,586.24
Mantenimiento rutinario + refuerzo	6.27	44474.59	\$ 1,262,898,642.95
Total	50.84	355464.66	\$ 22,730,896,543.90

Fuente: Elaboración propia

Figura 68. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Floridablanca



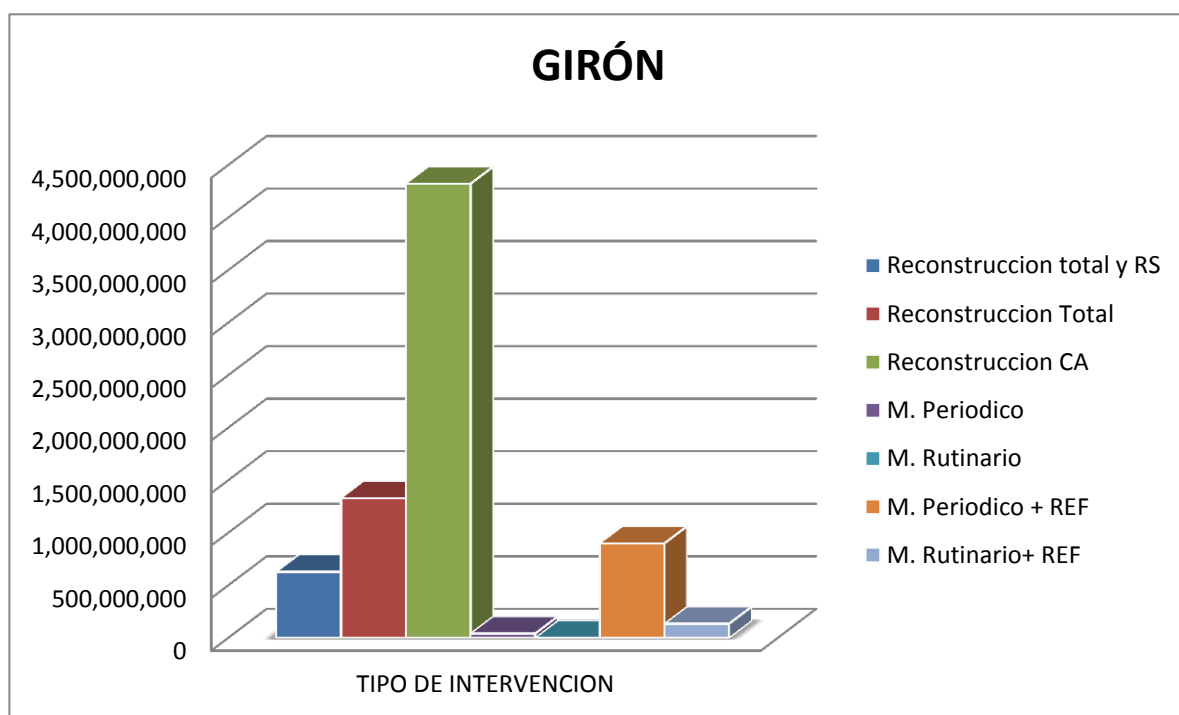
Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Girón

Tipo de intervención	Km-Carril	Área Intervenida m2	Costo de Intervención
Reconstrucción total y reemplazo de subrasante	0.51	3584.02	\$ 630,775,578.52
Reconstrucción total	1.24	8829.53	\$ 1,332,253,956.21
Reconstrucción carpeta asfáltica	7.85	51931.99	\$ 4,324,499,060.18
Mantenimiento periódico	1.01	8505.20	\$ 43,676,907.51
Mantenimiento rutinario	2.02	13788.05	\$ 1,865,373.88
Mantenimiento periódico + refuerzo	3.30	21771.13	\$ 901,472,805.22
Mantenimiento rutinario + refuerzo	0.52	4421.15	\$ 135,730,071.92
Total	16.46	112831.06	\$ 7,370,273,753.45

Fuente: Elaboración propia

Figura 69. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Girón



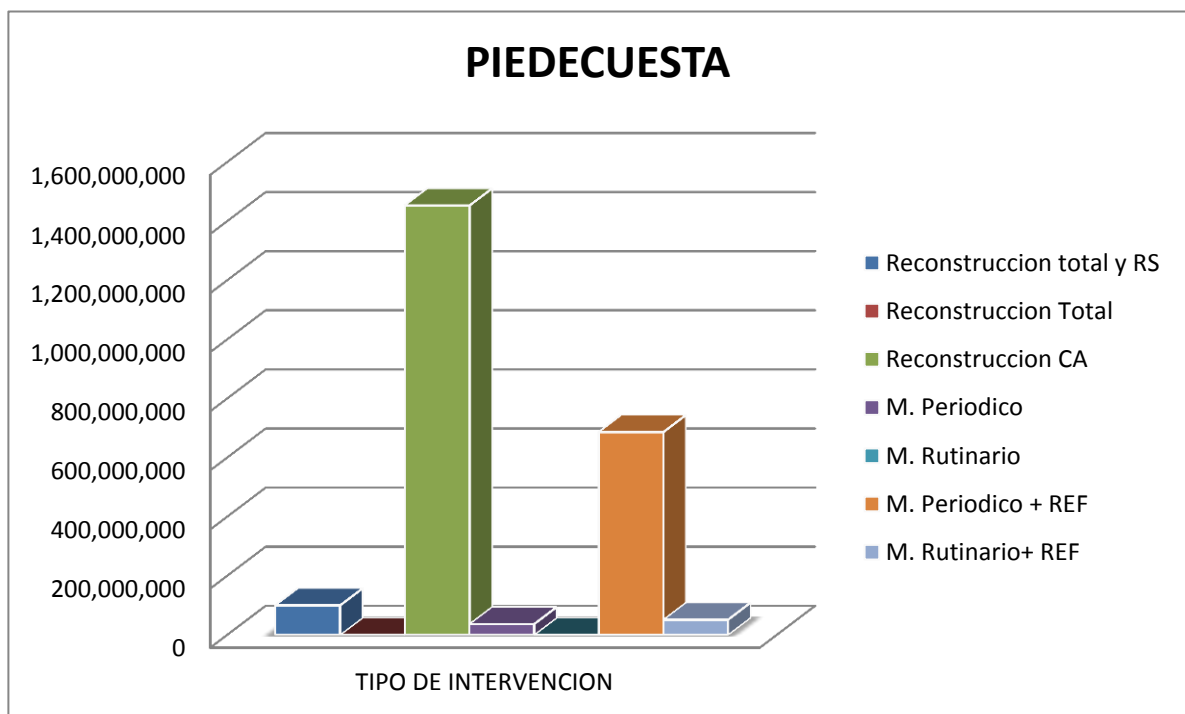
Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Piedecuesta

Tipo de intervención	Km-Carril	Área Intervenida m2	Costo de Intervención
Reconstrucción total y reemplazo de subrasante	0.42	869.73	\$ 100,593,093.09
Reconstrucción total	0.00	0.00	\$ 0.00
Reconstrucción carpeta asfáltica	6.32	28700.98	\$ 1,453,755,480.24
Mantenimiento periódico	2.20	13863.62	\$ 37,467,770.02
Mantenimiento rutinario	0.77	4101.13	\$ 88,342.13
Mantenimiento periódico + refuerzo	5.01	21740.24	\$ 686,952,127.01
Mantenimiento rutinario + refuerzo	0.49	1992.96	\$ 51,920,832.32
Total	15.20	71268.67	\$ 2,330,777,644.80

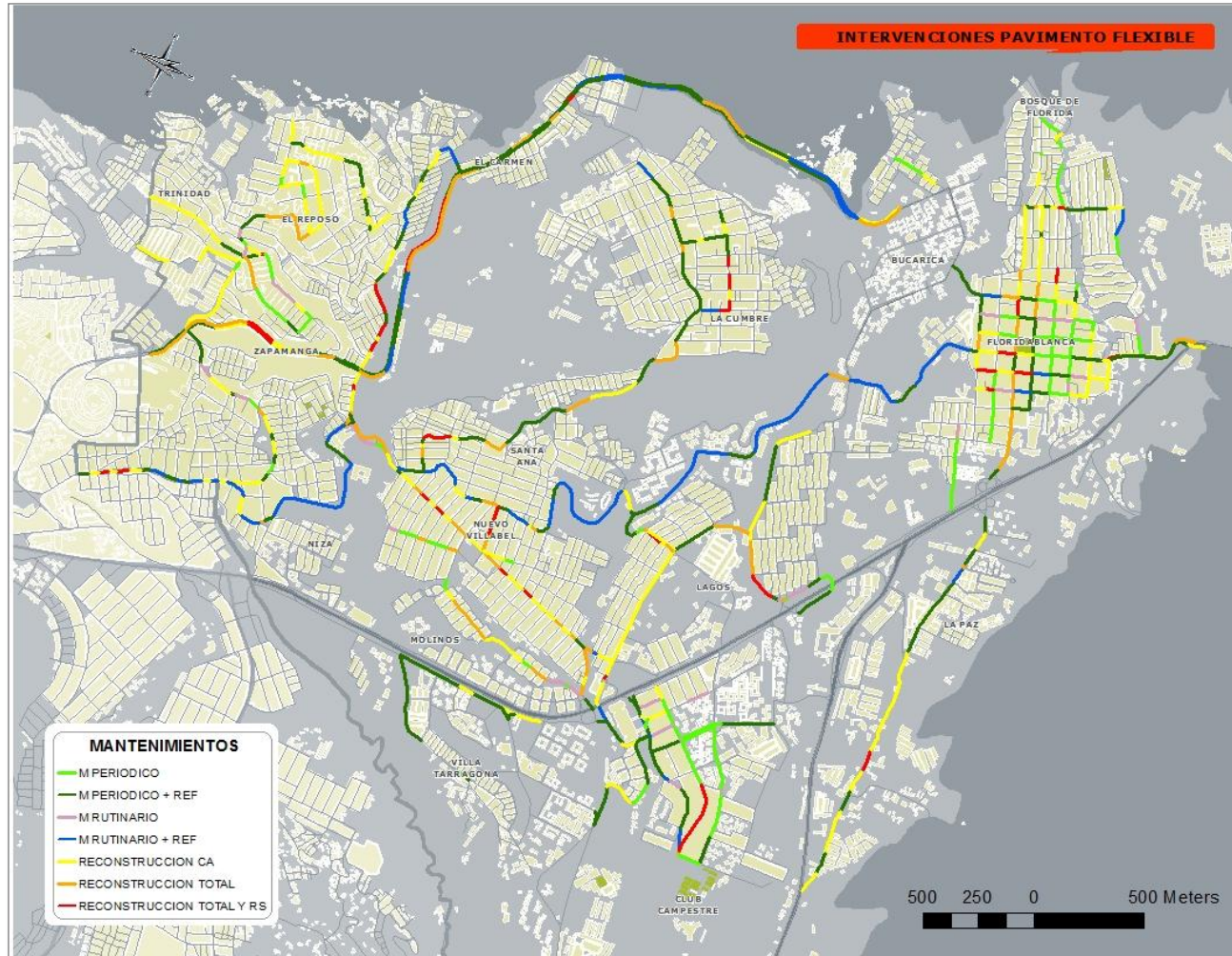
Fuente: Elaboración propia

Figura 70. Costo de recuperación pavimento flexible, municipio de Piedecuesta



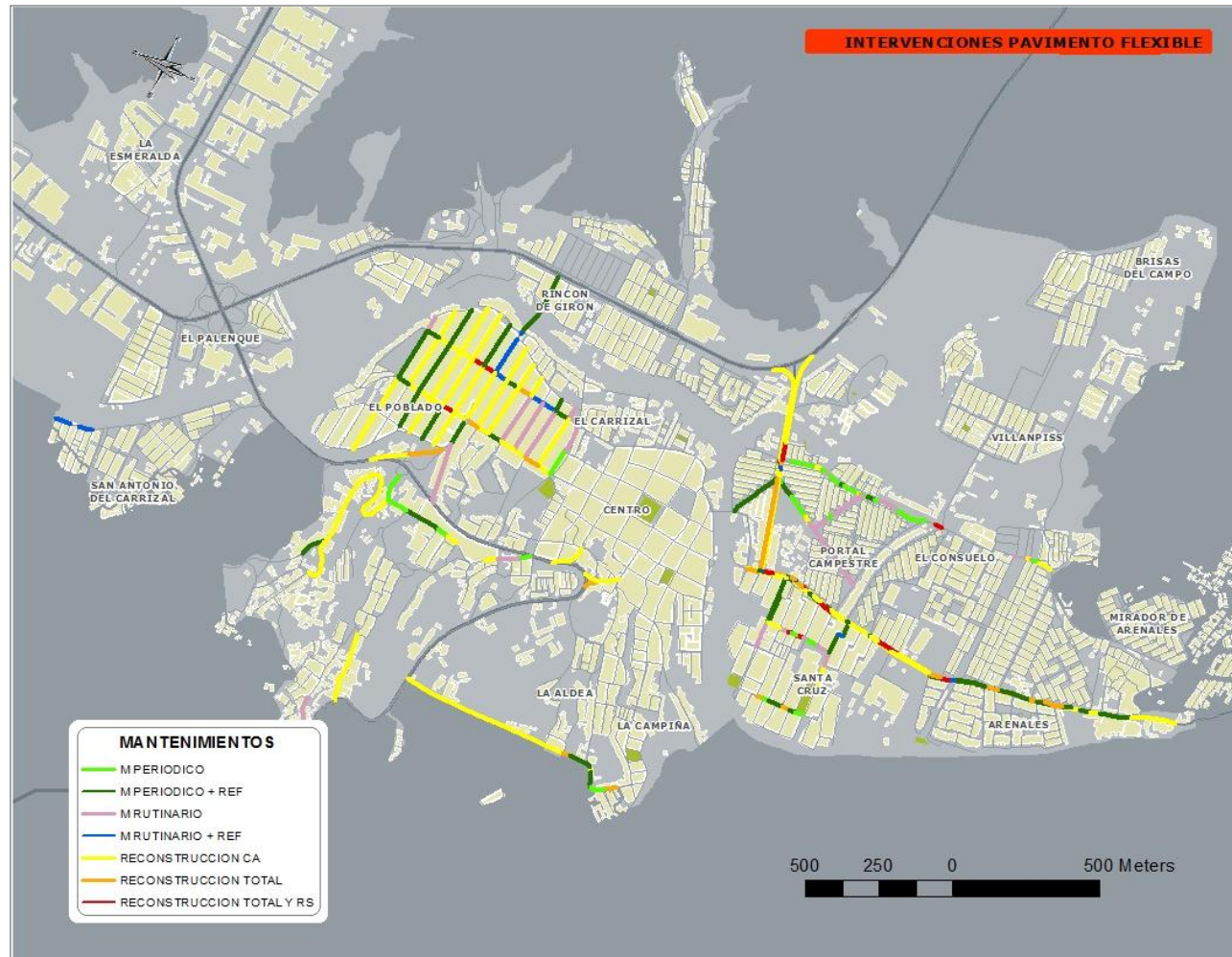
Fuente: Elaboración propia

Figura 71. Intervenciones pavimento flexible, municipio de Floridablanca



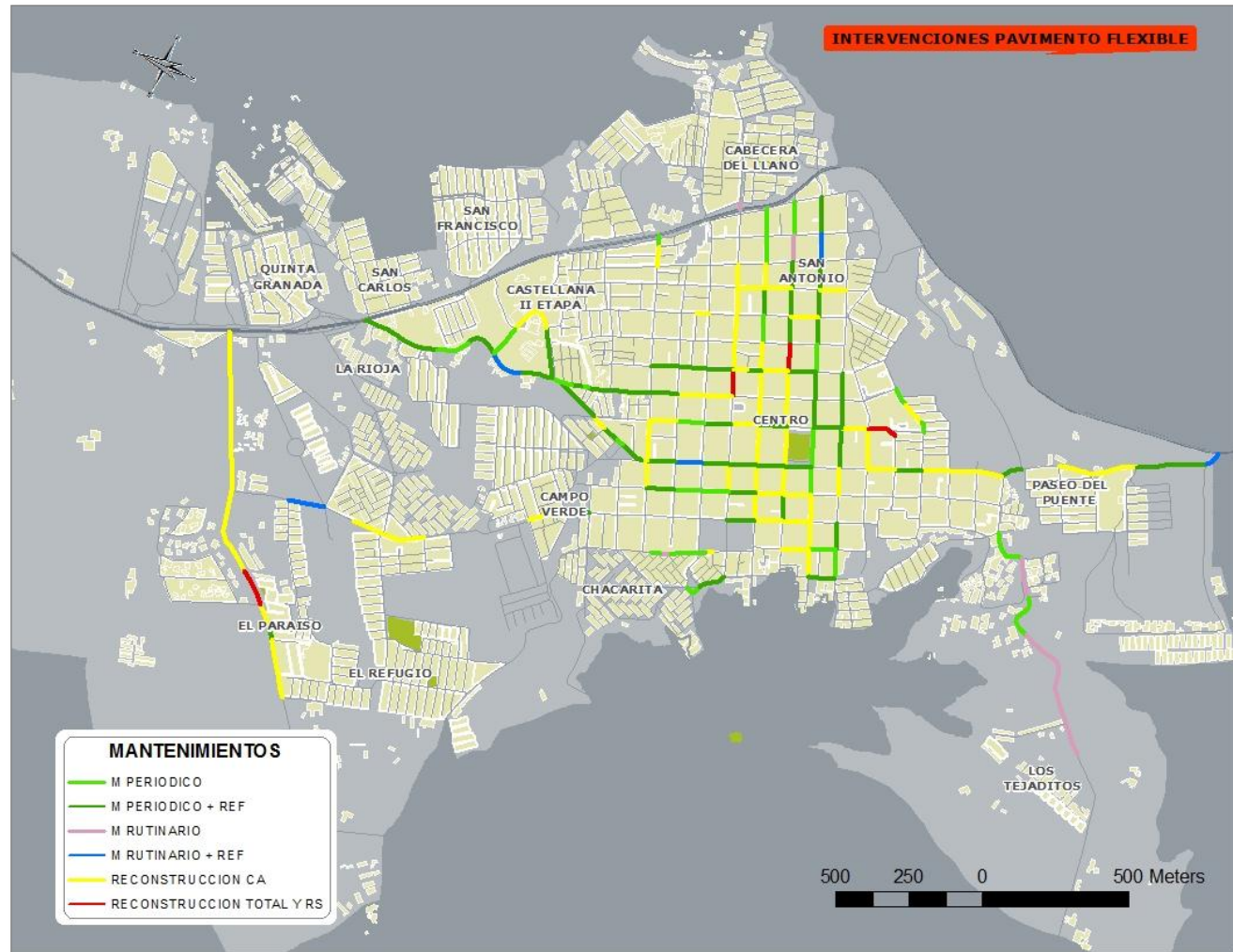
Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 72. Intervenciones pavimento flexible, municipio de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 73. Intervenciones pavimento flexible, municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

9.2. Intervención para pavimentos rígidos

9.2.1. Valoración del estado superficial

Dependiendo del índice de condición superficial del pavimento (PCI), se define para los pavimentos rígidos una clasificación, como fue mostrado anteriormente en este trabajo, donde los colores azul y verde son tramos cuyo estado superficial se encuentran entre 100-85 y 70-85 respectivamente, requiriendo la realización de actividades de mantenimiento rutinario o periódico.

Cuando la calificación superficial o PCI indique calificación amarilla o roja, se deberán realizar actividades de rehabilitación o reconstrucción, respectivamente. En la siguiente matriz se presenta el tipo de intervención para pavimentos rígidos, en donde también se evaluará el nivel de servicio del tramo mediante el número de ejes equivalentes que circulan por cada uno de estos, que por lo general son segmentos con bajo y mediano flujo vehicular. **Ver Tabla 54.**

9.2.2. Planteamiento de alternativas de mantenimiento y conservación.

9.2.2.1. Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo de los tramos viales y que se realiza a diario en toda la malla vial. Tiene como objetivo la preservación del pavimento con la mínima cantidad de daños, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la contricción y la rehabilitación. Es de carácter preventivo y se incluyen la actividades de limpieza de juntas, reparación de sello de juntas, también, el corte de la vegetación, entre otras.

❖ **Limpieza de juntas**

Debido a que los materiales utilizados para el sello de juntas transversales y longitudinales se agrietan con el tiempo, es necesario limpiarlos por lo menos cada año, extrayendo residuos de vegetación y de objetos que deterioren el sello.

❖ **Reparación de sello de juntas**

Consiste en la reparación del sello antiguo, si existe, delimitar y aserrar una nueva caja de dimensiones apropiadas para aplicar el nuevo sellante, se debe limpiar la caja en todo su espesor y luego aplicar el sellante. Los materiales más utilizados son asfalto, la silicona y los insertos preformados de neopreno.

9.2.2.2. Mantenimiento periódico

El mantenimiento periódico es el conjunto de actividades que se ejecutan en periodos, en general más de un año, y que tienen la función de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales del pavimento, de conservar la integridad de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplo de estos son el sellado de fisuras, colocación de barras en juntas, el texturado e inyecciones.

❖ **Sello de fisuras**

Los métodos empleados para sellar las grietas o fisuras son esencialmente los mismos, esto consiste en limpiar la superior de la hendidura y llenarlo con un material sellante. El sellante se debe adherir en ambos lados de la hendidura para que sea efectivo. La arena, grava, polvo y basura que se hallan acumulado en la abertura deberán ser removidos, de otro modo, cuando la fisura se cierre por expansión de la losa podría astillarse. Si la grieta es muy angosta o tiene extremos astillados o descostrados, debe ranurarse con una cierra de concreto para aplicar el sellante.

❖ **Colocación de barras en juntas**

El principal objetivo de la colocación de barras en juntas, en cuanto al mantenimiento periódico, es restablecer la transferencia de cargas en las juntas o grietas ya que estas con el paso del tiempo y el tráfico vehicular se van deteriorando, también son utilizadas las barras para prevenir escalonamientos futuros de las losas. El proceso consiste en hacer una abertura en medio de las dos juntas, e insertar las barras requeridas para soportar los volumen de tráfico sin que se deteriore la losa, posteriormente se hace un sellado del pavimento.

❖ **Texturado e inyecciones**

El texturado o cepillado se realiza con los objetivos de eliminar escalonamientos y deformaciones superficiales, recuperar la resistencia al deslizamiento, reducir el efecto de las cargas dinámicas y reducir la rugosidad. Este proceso consiste el cepillar superficialmente el pavimento mediante discos diamantados, corrigiendo irregularidades en el pavimento dejando una superficie más suave al tránsito.

Las inyecciones son una actividad realizada con el objetivo de rellenar espacios vacíos ubicados debajo de las losas de concreto, lo cual permite nivelar las losas y evitar que se fracturen con el paso del tráfico.

9.2.2.3. Rehabilitación

Es el proceso por medio del cual la estructura del pavimento es restaurada a su condición original de soporte. Se obtiene de la recuperación con o sin estabilización del pavimento existe en combinación con material de aporte si es necesario. Dentro de las actividades de re3habilitacion se destacan la reposición parcial a profundidad de la losa y el reemplazo total de losas de concreto.

❖ **Reposición parcial a profundidad**

Reparación localizada de defectos confinados en la profundidad total de la losa, pero no en todo su ancho, solo el área afectada, como el descascamiento en las juntas transversales, esta actividad se puede realizar con concreto convencional o con mezclas de concreto de alta resistencia.

❖ **Reemplazo total de la losa**

Reparación localizada en el ancho del carril y en toda la profundidad de la losa, de deterioros relacionados con daños estructurales, con materiales de mala calidad o construcciones de pavimento deficientes. Cuando esta reparación se realiza en pavimentos con juntas se deben colocar varillas de transferencia de cargas en las juntas de contracción con las losas vecinas, esta actividad se puede realizar con concreto convencional o con mezclas de concreto de alta resistencia.

9.2.2.4. Reconstrucción

Se define como el retiro y reemplazo total de la estructura de un pavimento para generar una nueva estructura, la cual queda como una vía nueva. Es posible considerar la reutilización total o parcial de los materiales existentes. En su detalle, se debe hacer el estudio de tránsito, materiales, dimensionamiento estructural y, si se requiere, renovación o diseño de redes hidráulicas necesarias para garantizar el período de vida útil previsto.

Se destaca de los tramos inventariados y que se encontraban clasificados como pavimentos rígidos su pertenencia a la red secundaria y terciaria de la malla vial de los municipios en estudio. A continuación, se presentaran los resultados obtenidos para este tipo de pavimento.

9.2.3. Determinación de alternativas de mantenimiento y conservación

Tabla 54. Intervenciones pavimento rígido

ESTADO INICIAL		CLASIFICACIÓN INICIAL	MANTENIMIENTO					REHABILITACIÓN		RECONSTRUCCIÓN
			ROUTINARIO		PERIODICO			Reposición parcial a profundidad	Reemplazo total de la losa	
PCI			Limpieza de juntas	Reparación de sello de juntas	Sello de fisuras	Colocación de barras en juntas	Texturado e inyecciones			
Excelente	100-85		X	X	X	X	X			
Muy Bueno	85-70		X	X	X	X	X			
Bueno	70-55				X	X	X	X	X	
Regular	55-40							X	X	
Malo	40-25									
Muy Malo	25-10									X
Fallado	10-0									

Fuente: Elaboración propia

❖ PCI (0-40)

Para esta condición del pavimento, en la cual, se califica el estado superficial entre cero y cuarenta se debe realizar reconstrucción total del tramo. Se determina el espesor de la losa basados en el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, otorgada por el INVIAS, donde se tienen en cuenta las características del suelo, el tránsito promedio (TPD) y el tipo de concreto a emplear en la obra. Son tramos viales en los cuales las losas presentan daños con severidades

altas y el número de losas afectadas es mucho mayor que el de las losas en buen estado.

❖ **PCI (40-70)**

Para esta clasificación se realizaran obras de rehabilitación en el pavimento, como reemplazo parcial y total de las losas. Este estado superficial presenta daños severos de losas a lo largo del tramo, más el número de losas en buenas condiciones es mayor que el de las afectadas, por lo cual es más económico reemplazar solo las losas averiadas que reemplazar todo el tramo vial.

❖ **PCI (70-85)**

Los pavimentos que presentan una calificación del estado superficial entre 70 y 80 se consideran en buen estado, pero que requieren atención rutinaria de mantenimiento, ya que poseen fallas de baja severidad y de no ser atendidas y corregidas a tiempo podrían generar un daño severo en el pavimento.

❖ **PCI (85-100)**

Este tipo de pavimento se considera en excelentes condiciones, y la inversión de mantenimiento requerida es mínima, pero sin embargo, se requiere de un mantenimiento periódico que prevenga la aparición de posibles fallas y roturas en las losas.

9.2.4. Valoración de costos unitarios utilizados en las actividades de mantenimiento y rehabilitación para pavimentos flexibles.

Para cada una de las actividades planteadas en la intervención de los segmentos de la malla vial del Área Metropolitana de Bucaramanga, se emplearon precios unitarios para la determinación del costo por cada una de las intervenciones, los cuales, fueron tomados fundamentalmente de bases de datos de análisis de

precios unitarios utilizados para proyectos viales en el Área Metropolitana de Bucaramanga. A continuación, se presentan los costos incluidos para el cálculo de los costos de recuperación de la malla vial de los municipios en estudio.

Tabla 55. Costos unitarios para las actividades propuestas para pavimentos rígidos

Actividad	Unidad	Costo unitario
Demolición pavimento rígido existente, incluye retiro	m2	\$ 17,900.00
Corte de concreto con disco	m2	\$ 4,000.00
Adhesivo epóxico para concreto	m2	\$ 4,200.00
Pavimento en concreto hidráulico MR 41 $f_c=3000$ PSI, espesor 15 cm, incluye antisol, acero de refuerzo y sello de juntas	m2	\$ 105,000.00

Fuente: Elaboración propia

9.2.5. Costos de recuperación para pavimentos rígidos

Las cantidades de obra involucradas en cada una de las actividades planteadas para el mejoramiento de la condición superficial de los segmentos viales se determinan por la cantidad de área afectada en el segmento, la gravedad del daño y el tipo de intervención que deba realizarse, entre reconstrucción, rehabilitación, mantenimientos periódicos o rutinarios para segmento vial. Con esto se plantean las posibles reparaciones y se estiman los costos necesarios para dejar en óptimas condiciones la capa de rodadura de los segmentos.

A continuación se mostrara el tipo de intervención y el costo de recuperación para el pavimento rígido en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta. Los avalúos presentados no involucran los costos indirectos.

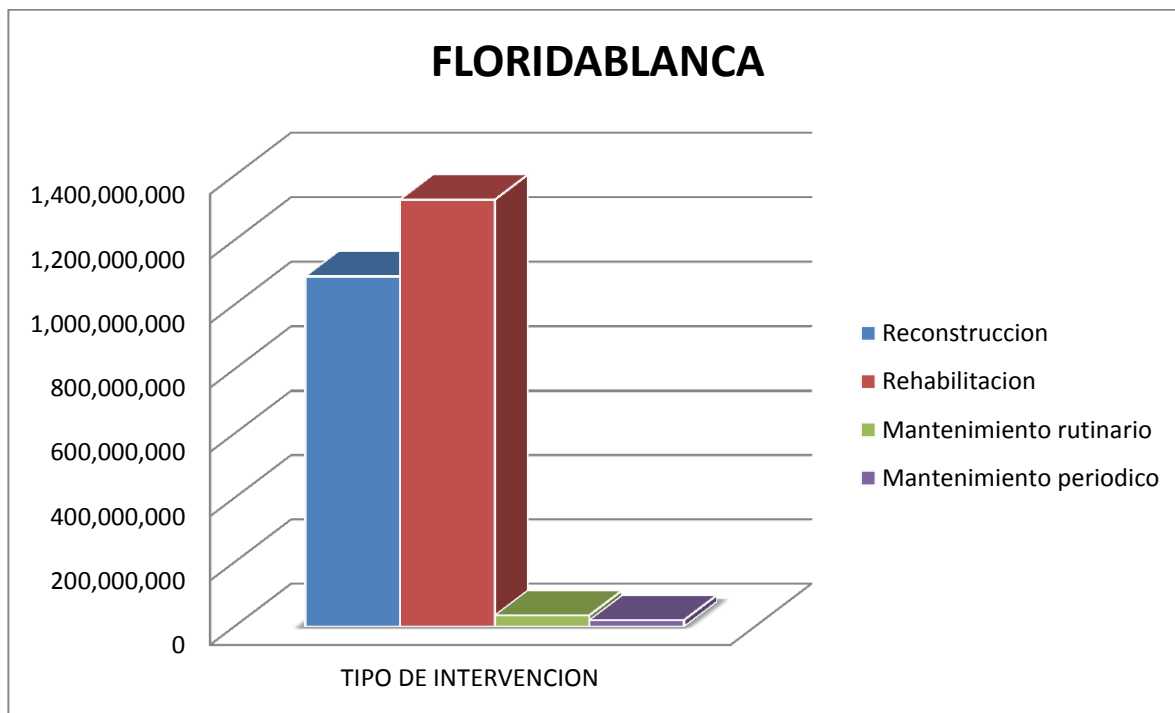
❖ **Municipio de Floridablanca**

Tabla 56. Intervenciones pavimento rígido municipio de Floridablanca

Tipo Intervención	Segmentos	Km-Carril	Área Intervenida (m2)	Costo de intervención
Reconstrucción	17	1.25	8849.76	\$ 1,087,635,504.00
Rehabilitación	63	4.62	10785.25	\$ 1,325,507,225.00
Mantenimiento rutinario	21	1.29	8379.39	\$ 35,193,440.16
Mantenimiento periódico	8	0.64	4748.36	\$ 19,943,111.06
Total	109	7.8	32762.76029	\$ 2,468,279,280.22

Fuente: Elaboración propia

Figura 74. Costo de recuperación pavimento rígido, municipio de Floridablanca



Fuente: Elaboración propia

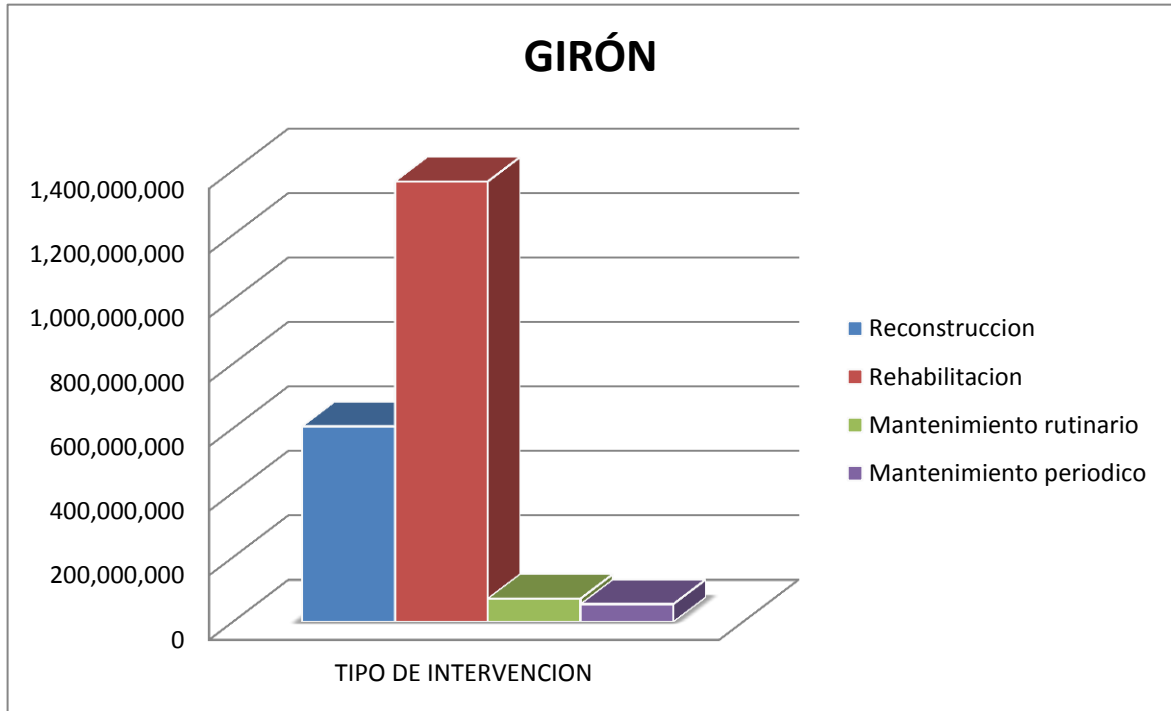
❖ **Municipio de Girón**

Tabla 57. Intervenciones pavimento rígido municipio de Girón

Tipo Intervención	Segmentos	Km-Carril	Área Intervenida (m2)	Costo de intervención
Reconstrucción	19	0.75	4933.73	\$ 606,355,417.00
Rehabilitación	81	2.97	11115.93752	\$ 1,366,148,721.21
Mantenimiento rutinario	60	2.62	17169.72	\$ 72,112,829.66
Mantenimiento periódico	51	2.05	13094.80	\$ 54,998,148.06
Total	211	8.38679274	46314.18602	\$ 2,099,615,115.93

Fuente: Elaboración propia

Figura 75. Costo de recuperación pavimento rígido, municipio de Girón



Fuente: Elaboración propia

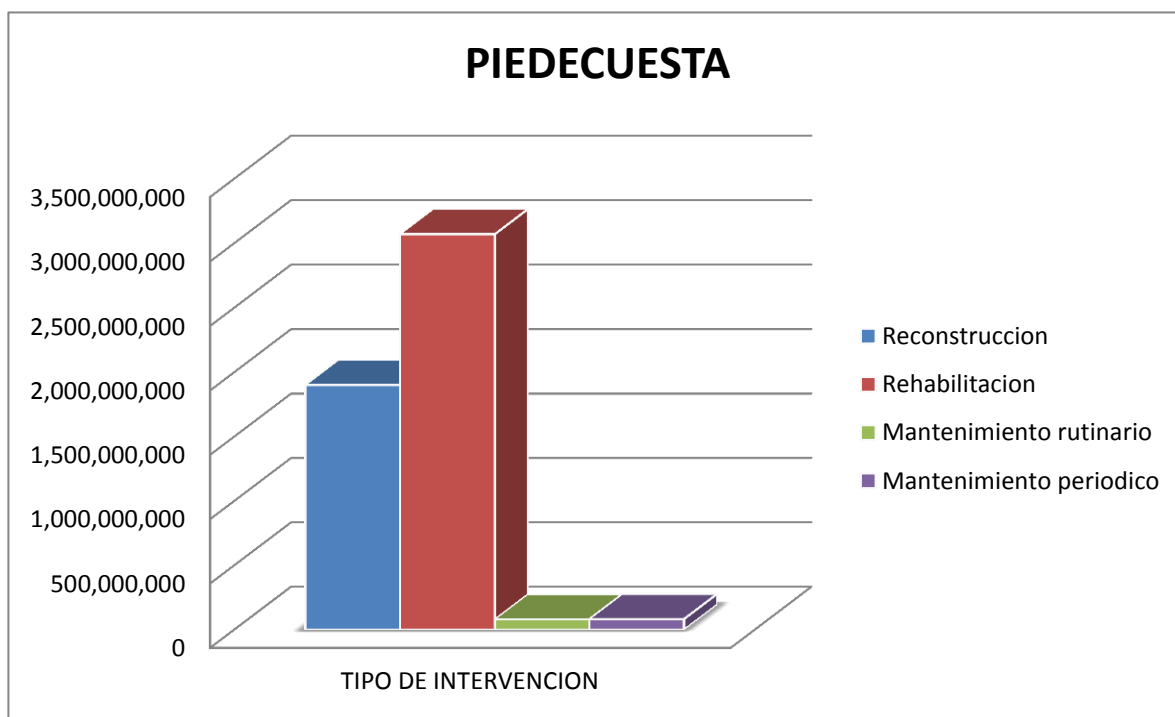
❖ **Municipio de Piedecuesta**

Tabla 58. Intervenciones pavimento rígido municipio de Piedecuesta

Tipo Intervención	Segmentos	Km-Carril	Área Intervenida (m2)	Costo de intervención
Reconstrucción	44	2.68	15457.13423	\$ 1,899,681,797.16
Rehabilitación	85	4.97	24973.745	\$ 3,069,273,260.50
Mantenimiento rutinario	48	2.92	19223.59	\$ 80,739,060.90
Mantenimiento periódico	66	3.27	19347.87	\$ 81,261,050.83
Total	243	13.8	79002.33441	\$ 5,130,955,169.39

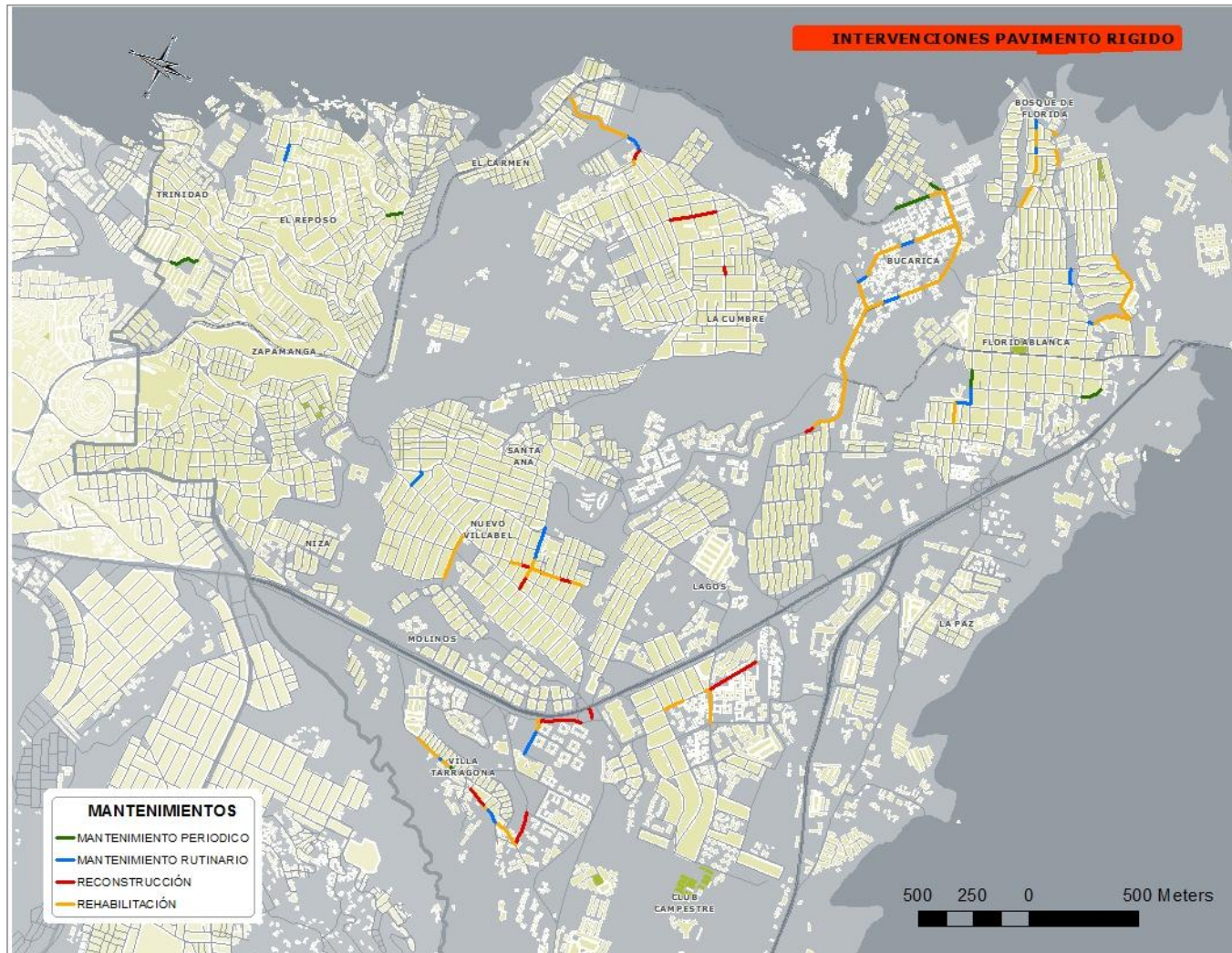
Fuente: Elaboración propia

Figura 76. Costo de recuperación pavimento rígido, municipio de Piedecuesta



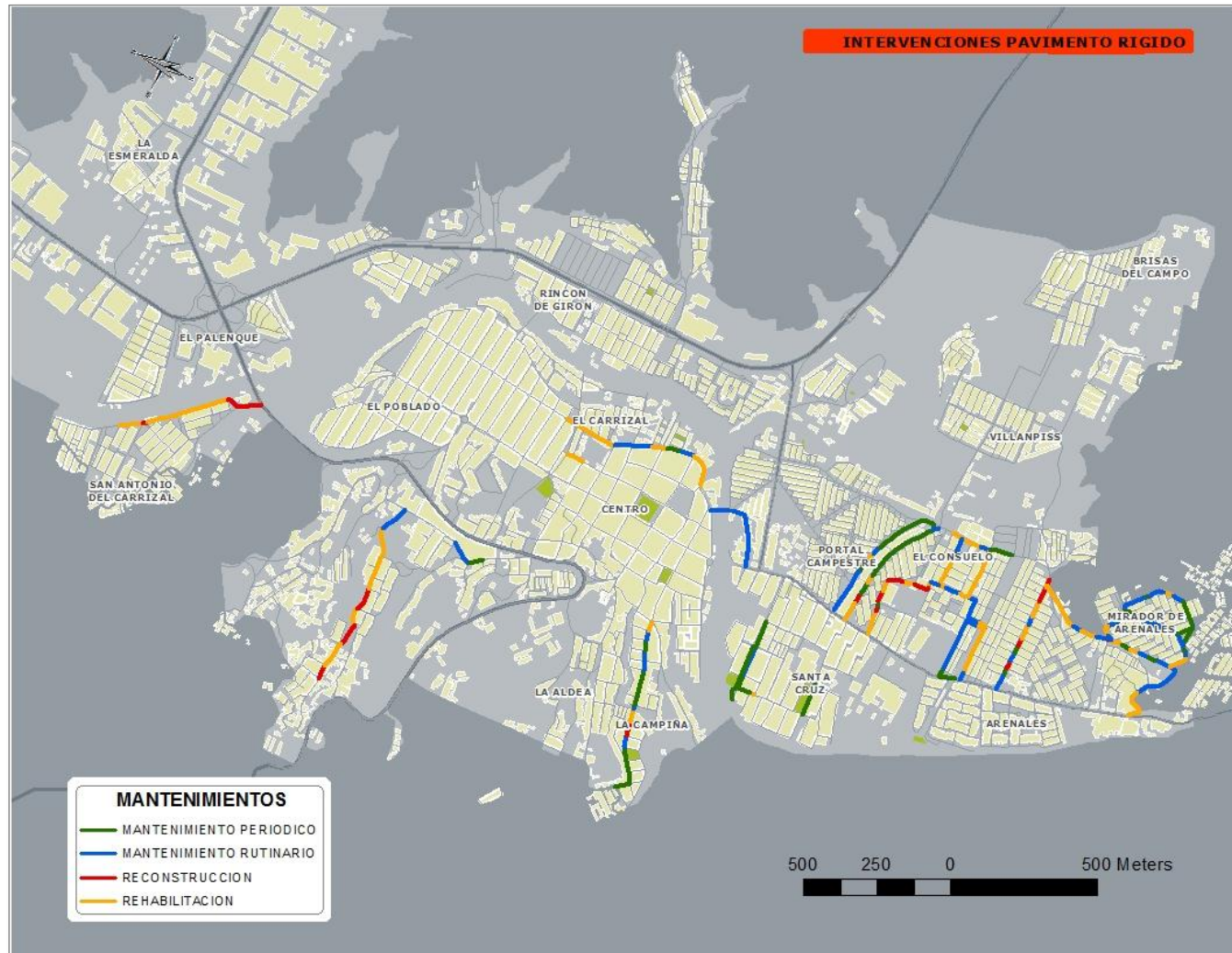
Fuente: Elaboración propia

Figura 77. Intervenciones pavimento rígido, municipio de Floridablanca



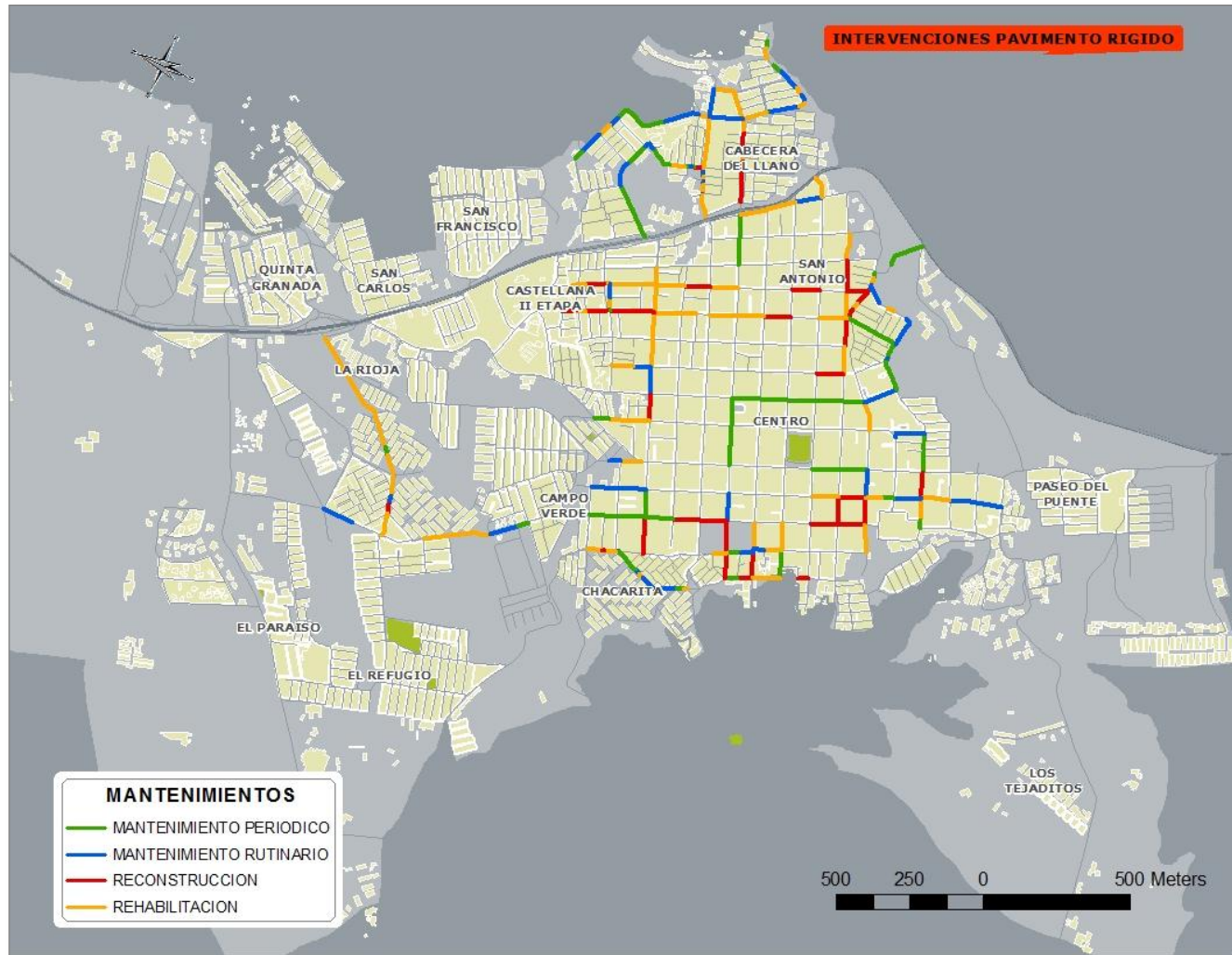
Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 78. Intervenciones pavimento rígido, municipio de Girón



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

Figura 79. Intervenciones pavimento rígido, municipio de Piedecuesta



Fuente: Inventario de Infraestructura vial para el Área Metropolitana de Bucaramanga-UIS, elaboración propia.

9.3. Costo total de recuperación para los principales corredores

En referencia al análisis económico realizado para la estimación de los costos de recuperación de la malla vial de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, se garantiza la reducción de los costos de operación del parque automotor circundante, ya que al mejorar las condiciones del pavimento, se tendrán menores costos de operación y una óptima calidad de servicio.

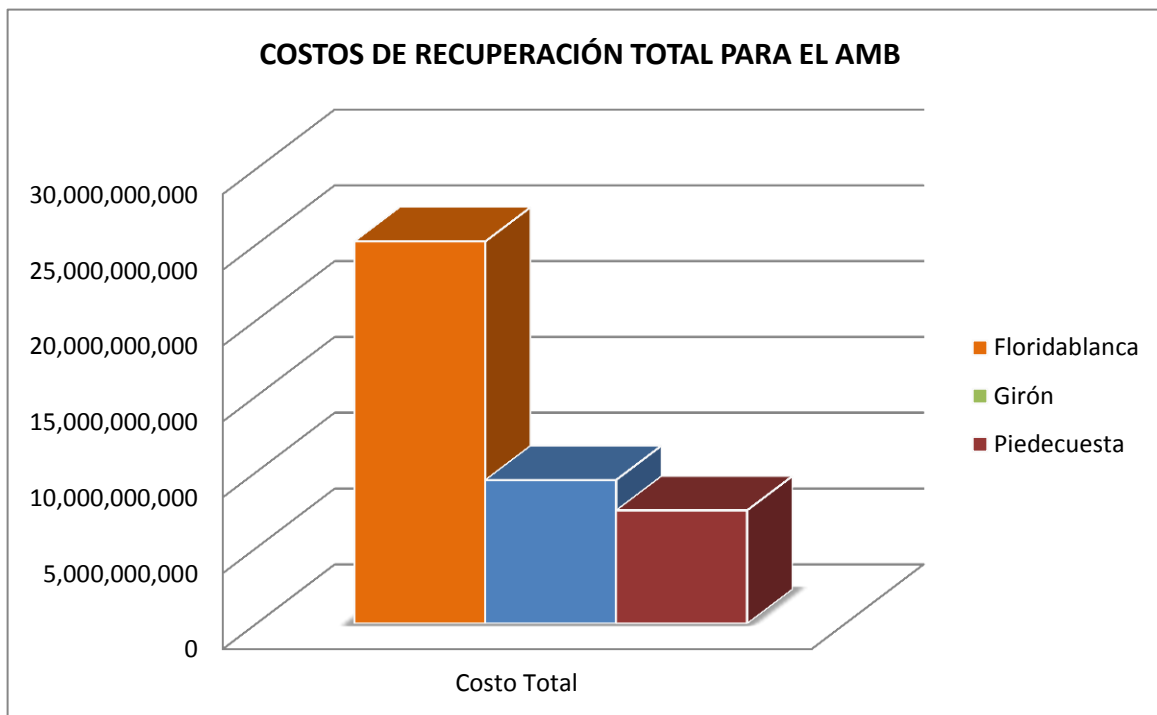
Cabe aclarar que la estimación de estos costos de recuperación se plantea para una proyección del tráfico futuro a diez años. Con base en este periodo se estimaron los diferentes tipos de intervención mencionados anteriormente, separados por categorías, según la clasificación de la malla vial, según su nivel de prioridad y el tipo de superficie que ha de intervenir. A continuación, se muestran los resultados en los cuales se involucrarán los costos totales por tipo de superficie para cada uno de los municipios en estudio.

Tabla 59. Costos de recuperación total de principales corredores del AMB

Municipio	Tipo de rodadura	Segmentos	Km-carril	Costo restitución	Costo Total
Floridablanca	Pav. Asfáltico	725	50.84	\$ 22,730,896,543.90	\$ 25,199,175,824.12
	Pav. Rígido	109	7.80	\$ 2,468,279,280.22	
Girón	Pav. Asfáltico	288	16.46	\$ 7,370,273,753.45	\$ 9,469,888,869.38
	Pav. Rígido	211	8.39	\$ 2,099,615,115.93	
Piedecuesta	Pav. Asfáltico	186	15.20	\$ 2,330,777,644.80	\$ 7,461,732,814.19
	Pav. Rígido	243	13.83	\$ 5,130,955,169.39	
Total costos básicos					\$ 42,130,797,507.70
Total costos indirectos (A.I.U)					\$ 13,481,855,202.46
Total costo de recuperación de la malla vial					\$ 55,612,652,710.16

Fuente: Elaboración propia

Figura 80. Costos de recuperación total de los principales corredores del AMB



Fuente: Elaboración propia

Los costos de recuperación de los principales corredores viales de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, tienen un valor de \$ **55,600** millones, distribuidos de la siguiente forma: Para el municipio de Floridablanca se debe realizar una inversión de \$ **25,200** millones, para San Juan de Girón \$ **9,469** millones y para el municipio de Piedecuesta \$ **7,461** millones, más el avalúo de los costos indirectos (AIU) que tienen un valor de \$ **13,481** millones.

10. ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO VIAL

10.1. Definición

Como lo expresa el Instituto Nacional de Vías INVIAS, el patrimonio vial, es un conjunto de toda la infraestructura de carreteras, está conformado por tres elementos: el derecho sobre el terreno, las obras básicas y la capa de rodadura, valorados en términos relativos y expresados en moneda nacional.

El Instituto Nacional de Vías los define como:

- El *terreno* es el espacio que corresponde a la vía donde se construye la calzada y sus correspondientes bermas, sobre anchos y secciones laterales, necesarias para la protección de la vía y el mejoramiento de las especificaciones geométricas.
- Las *obras básicas* constituyen la esencia misma de la construcción de una carretera, sobre las cuales se brinda una superficie de rodadura para los medios de transporte, tanto de pasajeros como de carga. Se consideran como obras básicas los movimientos de tierra, la conformación de la estructura y las obras de drenaje.
- *Capas de rodadura* (superficie de la vía). Pueden estar construidas en el afirmado o en el pavimento, sobre las cuales es posible la circulación normal de los vehículos en forma cómoda y rápida, dada su condición de firmeza y superficie homogénea.

10.2. Valoración del patrimonio vial

Según el INVIAS, el patrimonio vial puede valorarse en términos de precios de mercado o en precios económicos. Los precios de mercado son los que

generalmente concurren al mercado de la infraestructura vial, y se refleja en ellos el interés particular de quienes participan en la negociación; y los precios económicos son los que analizan el patrimonio y las inversiones del Estado en su justa medida, considerando los precios libres de subsidios e impuestos, así como la demanda y la oferta de cada uno de los recursos que intervienen en la materialización de una obra civil.

10.3. Metodología para el cálculo del patrimonio vial

La metodología empleada por el INVIAS para el cálculo del patrimonio vial consiste en: a partir del costo que tendría un segmento de carretera en muy buen estado, confrontarlo con otro u otros segmentos en condiciones de “bueno, regular, malo o muy mal estado”, con el fin de obtener mediante diferencias el valor de las obras necesarias para convertir el segmento que se encuentra en condiciones deficitarias a condiciones que permitan calificarlo como una carretera en muy buen estado y, por ende, establecer el valor del segmento en su condición actual. Esta metodología consiste en el desarrollo de tres etapas principales: la clasificación de las carreteras, el análisis de costos y el procesamiento de la información.

10.3.1. Clasificación de las carreteras

El INVIAS considera como variables representativas del patrimonio invertido en cada tramo de carretera: el tipo de terreno, el tipo de superficie y el número de carriles. Adicionalmente, para definir el estado presente, considera la auscultación visual de la superficie de rodadura por medio de la asignación de calificativos contemplados para cada grupo de carreteras pavimentadas, en afirmado y en tierra.

- *Tipo de terreno*

Este parámetro no es considerado dentro la estimación de costos para el cálculo del patrimonio vial, debido a que su costo no será involucrado en la construcción de los corredores viales que hacen parte de la malla vial del municipio.

- *Tipo de superficie*

Para las zonas urbanas, se involucrarán vías con diferentes capas de rodadura, entre las que se tienen segmentos en afirmados, con capas asfálticas y capas rígidas. Las *vías en afirmado* son aquellas vías carretables que han sido diseñadas o mejoradas en sus alineamientos; además, cuentan con terraplenes bien conformados destinados a salvaguardar la calzada del agua en las zonas bajas. Otra categoría corresponde a las *vías pavimentadas con mezcla asfáltica*, que han sido diseñadas de conformidad con las características geométricas de estructura, adecuadas al terreno y tipo de carga que deberá soportar durante su vida útil. Las *vías pavimentadas en concreto rígidos* cuya superficie o capa de rodadura han sido construidas en concreto hidráulico.

- *Número de carriles*

El INVIAS, considerando la incidencia del número de carriles en los costos de construcción y mantenimiento, contempla cinco categorías en relación con esta variable, en las cuales incluye todas las carreteras de la red nacional (uno, dos, tres, cuatro y seis carriles).

- *Estado superficial*

Se determinó el estado superficial de las vías pavimentadas y no pavimentadas, según las condiciones presentadas en los capítulos anteriores en donde el PCI

determina una calificación el estado superficial de los segmentos, que se definen como “excelente, muy bueno, regular, malo, muy malo, y fallado”.

10.3.2. Análisis de costos

Para el INVIAS, el análisis de costos (de construcción, reconstrucción, rehabilitación o de simple mejoramiento de la superficie de una vía en particular) es una tarea de gran importancia dentro del ejercicio del cálculo del patrimonio vial, dado que del nivel de confiabilidad de estos costos por kilómetro dependerá, en gran parte, la firmeza de los resultados obtenidos¹.

10.3.3. Procesamiento de la información

Para la estimación del patrimonio de la malla vial de los municipios de Floridablanca, Girón Y Piedecuesta, se determinó el costo de construcción de cada uno de los segmentos, de acuerdo con el tipo de rodadura presente en cada uno de ellos, utilizando precios de 2011. El costo de recuperación para llevar la malla vial a óptimas condiciones y su valor derivado de la diferencia de las alternativas planteadas trabajan sin considerar los costos indirectos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 60. Patrimonio vial

Municipio	Tipo de rodadura	Segmentos	Km-carril	Costo de Construcción	Costo Intervención	Patrimonio
Floridablanca	Pav. Asfáltico	725	50.84	\$ 33,430,278,364.09	\$ 22,730,896,543.90	\$ 10,699,381,820.19
	Pav. Rígido	109	7.80	\$ 7,524,669,599.92	\$ 2,468,279,280.22	\$ 5,056,390,319.70
Girón	Pav. Asfáltico	288	16.46	\$ 10,071,893,034.63	\$ 7,370,273,753.45	\$ 2,701,619,281.18
	Pav. Rígido	211	8.39	\$ 7,366,297,357.95	\$ 2,099,615,115.93	\$ 5,266,682,242.02
Piedecuesta	Pav. Asfáltico	186	15.20	\$ 5,440,529,468.58	\$ 2,330,777,644.80	\$ 3,109,751,823.78
	Pav. Rígido	243	13.83	\$ 11,444,633,340.14	\$ 5,130,955,169.39	\$ 6,313,678,170.75

Fuente: Elaboración propia

¹ Patrimonio vial red nacional de carreteras nacionales, INVIAS.

11. ANÁLISIS DE INVERSIÓN PARA EL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL (2011-2020)

El presente capítulo contiene el planteamiento utilizado en la evaluación económica de las familias de deterioro formuladas para los segmentos viales de los municipios Girón, Piedecuesta y Floridablanca pertenecientes al área metropolitana de Bucaramanga. Se analizará los diferentes tipos de actividades planteadas para la conservación, rehabilitación y/o mantenimiento para cada tramo vial, sobre el cual se realiza una simulación del estado y la evolución del tráfico, a lo largo de un período de análisis de 10 años, con el fin de determinar los costos de inversión anual para cada una de las actividades planteadas anteriormente y de esta forma optar por la estrategia de actuación más conveniente durante dicho lapso, con base en indicadores económicos y teniendo como premisa garantizar el adecuado desempeño de la estructura vial en respuesta a la seguridad, comodidad y economía, tanto de los usuarios como de la entidad local encargada del manejo de la vía en análisis.

11.1. Metodología propuesta

Los trabajos se desarrollaron considerando las siguientes fases de estudio:

- Definición de objetivos y alcance de los trabajos.
- Establecimiento de aspectos del proyecto y estrategias a estudiar.
- Determinación de las estrategias de conservación, rehabilitación y mantenimiento a realizar.
- Definición de precios a utilizar para cada una de las variables planteadas dentro del modelamiento.
- Cálculos de costos de mantenimiento.
- Determinación de cantidades de obra.
- Presentación de la evaluación económica.
- Formulación de conclusiones y recomendaciones.

Para esto se consideró tres escenarios para el modelamiento de la inversión de capital en un periodo de análisis previamente definido, con el fin de mantener y preservar en óptimas condiciones el estado superficial de la malla vial principal de cada uno de los municipios.

11.1.1. Determinación de las familias de deterioro

Para la determinación de las familias de deterioro se tuvo en cuenta tanto la condición superficial de cada uno de los segmentos utilizando la metodología para la evaluación del estado de los pavimentos mediante el levantamiento de fallas clasificadas según los rangos establecidos para el PCI y el número de ejes equivalentes para discriminar los segmentos viales según el flujo y tipo de vehículos que transiten diariamente arrojando como resultado la combinación de estos parámetros 21 familias de Deterioro las cuales harán parte del modelamiento en HDM-4 presentadas en la siguiente Cuadro:

Tabla 61. Familias de deterioro propuestas para el modelo HDM-4

Rangos del PCI		Transito durante 10 años		
		BAJO (< 500000)	MEDIO (500000 - 4000000)	ALTO (> 4000000)
100 – 85	Excelente	1A	1B	1C
85 – 70	Muy Bueno	2A	2B	2C
70 – 55	Bueno	3A	3B	3C
55 – 40	Regular	4A	4B	4C
40 – 25	Malo	5A	5B	5C
25 – 10	Muy Malo	6A	6B	6C
10 – 00	Fallado	7A	7B	7C

Fuente: Elaboración propia

En la anterior tabla se presenta la condición superficial con sus respectivos rangos de clasificación, en donde los segmentos con PCI menores a 30 se consideren

segmentos en malas condiciones, entre 30 y 55 se considera que el tramo está en estado regular, entre 55 a 80 está en un estado superficial aceptable y mayores a 85 el segmento se encuentra en muy buenas condiciones. Para la clasificación por ejes equivalentes se consideró la cantidad y los tipos de vehículos que circulan por cada segmento. Además esta clasificación discrimina por tipo de sector en el cual se encuentre si es de carácter residencial, corredores principales para el flujo de vehículos de carga y de pasajeros.

11.1.1.1. Características de las familias de deterioro

A continuación se presenta la clasificación de las familias de acuerdo al número de ejes equivalentes, su composición de acuerdo al número de segmentos que pertenezcan a cada familia, el número de kilómetros por carril y la cantidad de área que involucra cada segmento vial.

Tabla 62. Parámetros utilizados para las Familias de Deterioro municipio de Floridablanca

FAMILIA	AREA TOTAL	LONGITUD (m)	ANCHO PROMEDIO	SEGMENTOS	CARRILES	PCI PROMEDIO
1A	2070.7	371.5	5.5	5.0	2.0	88.8
2A	4841.0	835.3	5.7	13.0	2.0	77.9
3A	2459.2	388.4	6.8	7.0	2.0	59.1
4A	4327.4	766.7	5.6	13.0	2.0	49.1
5A	1253.9	226.7	5.5	5.0	2.0	33.4
6A	2909.8	430.3	6.7	7.0	2.0	16.0
7A	2915.8	500.6	5.7	7.0	2.0	1.2
1B	13450.4	1933.8	7.1	30.0	2.0	89.3
2B	22645.3	3232.8	7.1	40.0	2.0	77.6
3B	17669.2	2715.7	6.6	32.0	2.0	63.0
4B	11045.9	1587.8	6.9	25.0	2.0	47.0
5B	9845.2	1393.8	7.0	23.0	2.0	33.0
6B	13146.0	1979.3	6.6	29.0	2.0	17.2
7B	8807.5	1267.0	6.5	19.0	2.0	3.4
1C	52351.9	7469.4	6.9	111.0	2.0	90.1
2C	47283.8	6780.6	6.8	85.0	2.0	78.3
3C	40984.6	5571.4	7.1	73.0	2.0	62.1
4C	28506.1	3855.1	7.0	61.0	2.0	47.1
5C	30902.8	4300.1	7.0	60.0	2.0	32.6
6C	22212.0	3095.5	6.5	46.0	2.0	16.3
7C	15836.1	2140.6	7.2	34.0	2.0	3.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Parámetros utilizados para las Familias de Deterioro municipio de Girón

FAMILIA	AREA TOTAL	LONGITUD (m)	ANCHO PROMEDIO	SEGMENTOS	CARRILES	PCI PROMEDIO
1A	1328.0	214.2	6.2	1.0	2.0	100.0
2A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1B	13973.1	1930.4	8.5	46.0	2.0	97.2
2B	5467.6	818.7	7.5	16.0	2.0	76.9
3B	9717.9	1332.7	9.0	32.0	2.0	62.8
4B	6092.1	955.4	6.9	13.0	2.0	47.8
5B	10584.6	1647.6	6.9	18.0	2.0	31.4
6B	13903.4	2242.6	6.5	19.0	2.0	15.5
7B	5721.0	905.3	7.0	12.0	2.0	1.8
1C	4036.1	576.8	6.9	18.0	2.0	96.1
2C	3855.3	511.7	7.4	13.0	2.0	75.5
3C	2971.3	397.4	7.5	13.0	2.0	60.2
4C	9789.9	1374.0	7.2	27.0	2.0	48.0
5C	10634.5	1499.3	7.0	33.0	2.0	31.8
6C	9862.5	1371.3	7.2	15.0	2.0	17.0
7C	4893.6	679.1	12.0	7.3	2.0	2.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Parámetros utilizados para las Familias de Deterioro municipio Piedecuesta

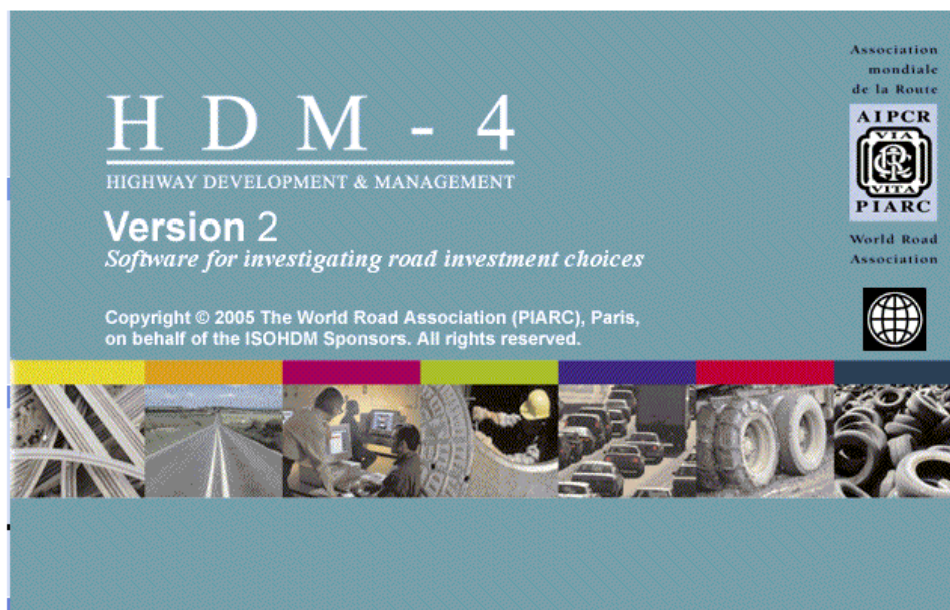
FAMILIA	AREA TOTAL	LONGITUD (m)	ANCHO PROMEDIO	SEGMENTOS	CARRILES	PCI PROMEDIO
1A	207.2	28.4	7.3	1.0	2.0	90.0
2A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1B	6948.1	1230.5	5.7	13.0	2.0	89.8
2B	12628.4	2314.2	5.8	30.0	2.0	77.6
3B	12612.6	2130.7	6.1	30.0	2.0	62.8

FAMILIA	AREA TOTAL	LONGITUD (m)	ANCHO PROMEDIO	SEGMENTOS	CARRILES	PCI PROMEDIO
4B	16842.8	2762.6	6.2	36.0	2.0	47.7
5B	16751.2	2832.0	6.0	33.0	2.0	32.8
6B	10770.2	1851.0	6.0	20.0	2.0	18.9
7B	11627.5	2055.1	5.7	23.0	2.0	2.5
1C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

❖ **Variables consideradas para el modelamiento**

Figura 81. Presentación del modelo HDM-4 para la estimación de los costos de recuperación



Fuente: Elaboración propia

- **Aspectos generales**

El Área Metropolitana Bucaramanga, está ubicada en plena zona ecuatorial o intertropical donde por las condiciones de radiación solar se tienen muy altas y constantes temperaturas a nivel del mar, las cuales descienden con la altitud conservando dicha regularidad pero con cambios importantes entre la noche y el día. En términos de las variaciones de la temperatura con la altitud sobre el nivel del mar se tienen gradientes que van desde $-0.49\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $-0.87\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros de aumento en altura.

La subdivisión climática más elemental y mejor conocida por el común de las personas corresponde a la de los pisos térmicos. Se tiene clima cálido cuando las temperaturas promedio exceden los $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, que en nuestro medio se ubican a alturas que van desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 900 metros de altitud. Por encima de esta altitud y hasta aproximadamente los 1900-2000 metros sobre el nivel del mar se tienen condiciones de clima medio. El área metropolitana se encuentra entre los 700 metros en Girón y 1.100 metros de altitud en los cerros orientales de la ciudad, existiendo condiciones de clima cálido en Girón y condiciones de clima medio en los barrios más altos de Bucaramanga, en tanto que en la meseta se tienen condiciones transicionales entre el clima cálido y el clima medio.

- **Tipo de clima utilizado en el análisis**

Para el análisis se consideró como zona climática el Bosque húmedo Pre montano (bh-P) debido a que la precipitación anual oscila entre 1.000 y 2.000 mm, altitud entre 850 y 1.800 m.s.n.m. y temperatura entre 17 y $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Además se encuentran localizados en el piedemonte de la Cordillera Oriental incluyendo los cascos urbanos de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta; así como las mesas de Ruitoque y Los Santos y los valles altos de estas mesas.

- **Descripción de tramos en análisis**

Los segmentos viales en estudio, estarán compuestos por una estructura de capa de rodadura bituminosa, sobre base granular, con anchos de calzada promedio para cada familia y una longitud definida de 1 km para todos los tramos.

Se consideraron estados superficiales y nivel de tránsito específicos para cada una de las familias de deterioro, en cuanto a las características geométricas tomadas se consideraron las arrojadas por defecto en el programa para el análisis.

Tabla 65. Geometría de las familias de deterioro, modelamiento HDM-4

Geometría	
Subidas + Bajadas	1 m/km
Curvatura Horizontal Media	3°/km
Velocidad Limite	30 km/hr
Altitud	780m.s.n.m
Longitud	1 km
Ancho de Calzada	7 m
Número de Carriles	1
Estado Drenaje	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Estructura del pavimento, modelamiento HDM-4

Estructura de pavimento	T1	T2	T3
Tipo de Material	MDC-2	MDC-2	MDC-2
Espesor Mas Reciente	10 cm	10 cm	10 cm
Espesor Antigo	0,0 cm	0,0 cm	0,0 cm
Numero Estructural	2,6	3,6	4
CBR Sub-Rasante	5	7	12

Fuente: Elaboración propia

La condición superficial se obtuvo de promediar cada uno de los deterioros encontrados en cada segmento perteneciente a cada una de las familias planteadas para el modelamiento en hdm-4.

Tabla 67. Estado superficial pavimento flexible final 2010

Estado superficial de la calzada promedio para cada familia (AÑO 2010)									
TRAMO	PCI Promedio	Área Total Fisurada (%)	Área con Desprendimientos de Agregados(%)	Numero Baches (0.1 m2 /km)	Área con Rotura de Borde(m2/km)	Profundidad Media Roderas (mm)	Textura (mm)	Fricción (Scrim, 50 Km/h)	Condición Del Drenaje
1A	100 – 85	2.00	1.36	12.5	16.8	6.6	0.5	0.4	Buena
2A	85 – 70	2.90	4.46	20	14.2	5.2	0.5	0.4	Buena
3A	70 – 55	8.59	12.67	27.1	11.3	4.1	0.5	0.4	Buena
4A	55 – 40	13.00	4.79	66.8	8.2	3.8	0.5	0.4	Buena
5A	40 – 25	15.00	7.38	45	16.8	6.6	0.5	0.4	Buena
6A	25 – 10	24.00	34.45	399.3	14.2	5.2	0.5	0.4	Buena
7a	10 – 0	28.98	65.55	1020.6	11.3	4.1	0.5	0.4	Buena
1B	100 – 85	0.21	5.13	13.7	8.2	3.8	0.5	0.4	Buena
2B	85 – 70	0.59	10.48	25.5	16.8	6.6	0.5	0.4	Buena
3B	70 – 55	0.53	8.82	58.6	14.2	5.2	0.5	0.4	Buena
4B	55 – 40	0.79	14.81	92.4	11.3	4.1	0.5	0.4	Buena
5B	40 – 25	2.21	18.45	196	8.2	3.8	0.5	0.4	Buena
6B	25 – 10	0.31	20.54	1298.4	17.6	6.6	0.5	0.4	Buena
7B	10 – 0	15.03	45.06	1213.2	14.5	5.2	0.5	0.4	Buena
1C	100 – 85	0.41	3.99	11.9	10.3	4.1	0.5	0.4	Buena
2C	85 – 70	0.44	7.16	71.4	8.9	3.8	0.5	0.4	Buena
3C	70 – 55	0.70	10.34	223.1	17.6	6.6	0.5	0.4	Buena
4C	55 – 40	0.59	12.58	429.6	14.5	5.2	0.5	0.4	Buena
5C	40 – 25	2.99	15.36	379	10.3	4.1	0.5	0.4	Buena
6C	25 – 10	9.15	25.45	1371.2	8.9	3.8	0.5	0.4	Buena
7C	10 – 0	9.42	35.57	3437.3	17.6	6.6	0.5	0.4	Buena

Fuente: Elaboración propia

❖ Información vehicular

La composición vehicular del parque automotor circundante en el área metropolitana de Bucaramanga será tomada de acuerdo a los porcentajes contemplados a partir de la discriminación dispuesta en el manual de volúmenes de tránsito del INVIAS. Los factores de equivalencia de carga han sido tomados del Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS.

Para la valoración del tránsito y poder desarrollar el procedimiento de modelación de las familias en malla vial en HDM-4, se utilizaron los siguientes datos:

Tabla 68. Composición vehicular, modelamiento HDM-4

Tipo de vehículos	T1	T2	T3
TPD	1608	5731	10447
A	915.00	2279	3098
B	342.00	2518	972
C1P	302.00	596	835
C1G	0.00	265	3644
C3-C4	46.00	66	1898
C5	0.00	0	0

Fuente: Elaboración propia

❖ Planteamiento de las estrategias de mantenimiento y rehabilitación para cada uno los escenarios planteados.

Las estrategias de trabajo o estándares de trabajo definidos para este proyecto en estudio, abarcarán sólo estándares de conservación y/o rehabilitación durante el período de análisis con el fin de preservar en óptimas condiciones el estado de la malla vial de los municipios de Girón Piedecuesta y Floridablanca.

Tabla 69. Actividades de mantenimiento y rehabilitación, modelamiento HDM-4

Estrategia de conservación y/o rehabilitación durante el período de análisis	Actividades a realizar
Estrategia Base	En esta estrategia no se le realizara ningún tipo de mantenimiento para determinar el deterioro presentado en los tramos durante el periodo de análisis
Programa de mantenimiento en los Municipios del Área Metropolitana	• Sello de fisuras cada año
	• Parcheo total cada año
	• Bacheo total cada año
	• Sobrecarpeta de 40 mm de nivelación (IRI mayor a 6,0 km/m) nivel de flujo Vehicular Bajo
	• Sobrecarpeta de 100 mm de Refuerzo (IRI mayor a 6,0 km/m) nivel de flujo Vehicular Alto
• Reconstrucción (PCI<30 y Capacidad Estructural Baja)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Actividades de mantenimiento y rehabilitación, modelamiento HDM-4

PCI	Criterios de selección	Tipo de mantenimiento
0--40 (Fallado, Muy malo, Malo)	Hundimientos + Baches + Parches severidad alta > 10%	Reemplazo de subrasante y reconstrucción total
	Hundimientos + Baches + Parches severidad alta < 10% y Fisuras > 40%	Reconstrucción total
	Hundimientos + Baches + Parches severidad alta < 10% y Fisuras <40%	Reconstrucción de capa asfáltica
40--85 (Regular, bueno, muy bueno)	refuerzo necesario < 3cm	Mantenimiento periódico
	refuerzo necesario > 3cm y se cumple altura de bordillo	Mantenimiento periódico + refuerzo
	refuerzo necesario > 3cm y no se cumple altura de	Reconstrucción de carpeta asfáltica

PCI	Criterios de selección	Tipo de mantenimiento
	bordillo y $SN0 > S_{nfut}$	
	refuerzo necesario $> 3\text{cm}$ y no se cumple altura de bordillo y $SN0 < S_{nfut}$	Reconstrucción total
85--100 (Excelente)	refuerzo necesario $< 3\text{cm}$	Mantenimiento rutinario
	refuerzo necesario $> 3\text{cm}$ y se cumple altura de bordillo	Mantenimiento rutinario + refuerzo
	refuerzo necesario $> 3\text{cm}$ y no se cumple altura de bordillo y $SN0 > S_{nfut}$	reconstrucción de carpeta asfáltica
	refuerzo necesario $> 3\text{cm}$ y no se cumple altura de bordillo y $SN0 < S_{nfut}$	Reconstrucción total

Fuente: Elaboración propia

La valoración de los costos unitarios para cada una de las actividades estipuladas en las posibles estrategias planteadas, se hará con base en condiciones de precios unitarios adecuadas a las condiciones específicas del proyecto; para la cuantificación se hizo la estimación de precios unitarios totales. Como el propósito de la evaluación económica es medir la conveniencia del proyecto para la sociedad, muchos de los rubros de beneficios y costos tienen asociados subsidios, impuestos, etc., que se deben ser eliminados de los precios de mercado. Para ello, se hace uso de factores de conversión (denominados razones precios – cuenta), factores que son calculados por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público o por el organismo central de planeación. A los precios de mercado, corregidos con los factores de conversión, se les denomina precios económicos, precios sombra o precios sociales.

Esta tarea se considera importante, no sólo para que se pueda realizar la evaluación con el modelo HDM-4, sino para simplificar y estandarizar los procedimientos de evaluación económica de cualquier proyecto en el país. De esta manera, es posible determinar si los beneficios totales del proyecto para la

economía en su conjunto son superiores a los respectivos costos, independientemente de quienes sean los que perciban esos beneficios¹.

La valoración de los costos unitarios para cada una de las actividades estipuladas en las posibles estrategias planteadas, se hará con base en condiciones de precios unitarios adecuadas a las condiciones específicas del proyecto; para la cuantificación se hizo la estimación de precios unitarios totales, bajo las siguientes condiciones de costos indirectos:

- Costos administrativos 22%
- Imprevistos 3%
- Utilidad 7%

A continuación se presentan los costos unitarios utilizados en la modelación para cada una de las actividades de mantenimiento propuestas:

Tabla 71. Precios unitarios por actividad

Actividad	Unidad	Costo unitario	
		Económico	Financiero
Sello de fisuras	m ²	\$ 3,018.00	\$ 3,772.50
Parcheo	m ²	\$ 60,450.00	\$ 75,562.50
Bacheo	m ²	\$ 72,550.00	\$ 90,687.50
Sobrecarpeta de 40 mm	m ²	\$ 18,400.00	\$ 23,000.00
Sobrecarpeta de 100 mm	m ²	\$ 46,600.00	\$ 58,250.00
Reconstrucción Parcial	m ²	\$ 60,600.00	\$ 75,750.00
Reconstrucción Total	km	\$ 72,550.00	\$ 90,687.50

Fuente: Elaboración propia

¹ TOMADO DE: “ESTIMACIÓN DE PRECIOS DE CUENTA PARA COLOMBIA”. 3540-2 Fabricación de asfalto y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción “0.82”

11.2. Modelamiento de la malla vial en HDM-4 para estimar los costos de recuperación anual en los municipios del área metropolitana

Tomando como base los resultados obtenidos a partir del inventario realizado por los principales corredores de los municipios del área metropolitana, se establece la condición superficial de cada uno de los segmentos en donde se determina las fallas que estén generando esta tipo de condición, la cantidad de área que se encuentra afectada por cada una de las fallas presentes con su respectivo nivel de severidad en el segmento , con esto se plantean las posibles reparaciones y se estiman los costos necesarios para dejar en óptimas condiciones la capa de rodadura de los segmentos. Dentro del inventario realizado en estos municipios se establecieron los tipos de fallas y de características de cada tramo vial en sus corredores con mayor demanda vial, la muestra considerara que para el municipio de Floridablanca se inspecciono el 20 % de la malla total, para Piedecuesta se levantó el 14% y para Girón se consideró aproximadamente un 12% de la malla De este municipio. A continuación se presenta el kilometraje por municipio y el área total inspeccionada.

Tabla 72. Kilometraje inspeccionado en los municipios del A.M.B

Municipio	Área total (m²)	Longitud inventariada(Km)
Piedecuesta	88388.0	15.20
Girón	112831.1	16.46
Floridablanca	355464.7	50.84

Fuente: Elaboración propia

Las cantidades de obra involucradas para cada una de las actividades planteadas para el mejoramiento de la condición superficial de los segmentos viales, se determinan dependiendo de la cantidad de área afectada en el segmento, la gravedad del daño y el tipo de intervención que se le deba realizar dentro de los cuales se tiene la reconstrucción, rehabilitación, los mantenimientos periódicos o rutinarios para segmento vial. Para los casos en donde se plantean actividades donde se implique utilizar refuerzos estructurales se adicionaran los costos de

mantenimiento previo necesario para lograr un buen desempeño del tipo de refuerzo propuesto.

Para cada uno de los municipios se establece el plan de inversión anual para el mantenimiento y conservación de sus corredores principales, se considerara como criterio de evaluación técnica en comportamiento del índice de calificación del pavimento PCI, siendo este criterio el que permite garantizar un buen desempeño de las vías permitiendo incrementar la vida útil de sus estructuras.

Dentro de las principales tareas del plan de mantenimiento y seguimiento del estado vial de cada casco urbano, corresponde a la selección y priorización de los proyectos que deberán ingresar al plan de mantenimiento y conservación en un período determinado debido a las limitaciones presupuestales. Utilizando los modelos económicos planteados anteriormente los cuales nos permiten realizar una evaluación estructural y funcional de un pavimento, estimando los costos en que incurren las agencias encargadas de la conservación de estos y los costos en que incurren los usuarios por su utilización durante un período determinado.

Utilizando la herramienta para la evaluación técnica y económica HDM-4 se permite realizar la evaluación de este tipo de proyectos en un lapso de tiempo permitiendo ajustar el modelo a condiciones actuales de la malla, modelando el deterioro de los pavimentos, los costos de conservación y rehabilitación, los costos de operación de los usuarios y realizando análisis socioeconómicos para distintas estrategias de conservación a lo largo del ciclo de vida de los pavimentos.

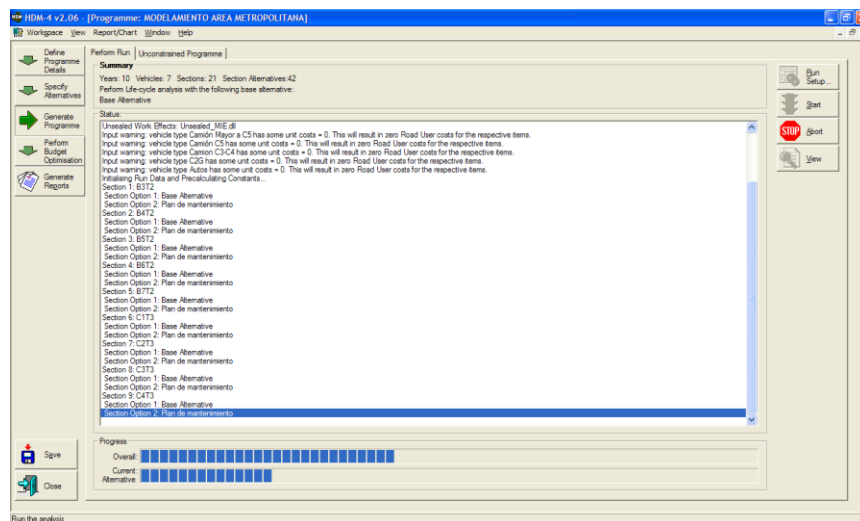
La utilización y manejo de estos modelos requiere de una apreciable cantidad de recursos, tanto económicos como humanos, para su adecuado desarrollo. Si bien, estos modelos son completamente automatizados, para su utilización es necesario contar con conocimientos amplios de los temas de evaluación estructural y funcional de los pavimentos, solicitudes, acciones y estrategias de conservación, etc. por lo cual, se hace imprescindible poseer un equipo de trabajo

capacitado que esté dedicado exclusivamente a las tareas de administración de una red de pavimentos.

Como una forma de aportar al problema expuesto, se propone una metodología simplificada de priorización la cual busca darle un buen uso a los recursos destinados por el municipio dándole el mayor provecho posible. La metodología optimiza la asignación de los recursos que se destinan a la conservación de los pavimentos, identificando aquellos segmentos o corredores viales que pertenezcan al plan de mantenimiento y conservación que ofrezcan una mayor rentabilidad.

De acuerdo al diagnóstico desarrollado para conocer la situación en la que se encuentran todos los segmentos viales de cada municipio, se plantearon los diferentes tipos de intervención para mejorar las condiciones en las que se encuentran la malla vial en la actualidad y en un determinado lapso de tiempo planteando unas condiciones futuras de deterioro mediante la herramienta HDM-4 la cual permite darle un seguimiento detallado a cada una de las familias planteadas para el modelamiento.

Figura 82. Corrida del modelo HDM-4 para la estimación de los costos de recuperación



Fuente: Elaboración propia

Para evaluar los pavimentos que compone la malla vial del municipio es necesario variables fundamentales para la toma de decisiones al momento de realizar una priorización para la destinación de los recursos entre las que se tienen el estado del pavimento calificado de acuerdo a su condición superficial del segmentos o corredor vial, las condición estructurales y funcionales de acuerdo a la demanda y tipos de vehículos que pueda presentar en un futuro. Es importante resaltar, que en los datos obtenidos fueron tomados en el 2010 y que la actualización de algunos segmentos que fueron reparados a partir de enero del 2011 no se consideró dentro del análisis.

Figura 83. Reporte del HDM-4 para la estimación de los costos de recuperación

HDM - 4		Road Works Summary (by Year)				
<small>ROADWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT</small>		<small>Study Name: MODELAMIENTO AREA METROPOLITANA</small>				
		<small>Run Date: 20-07-2011</small>				
		<small>Currency: Peso Colombiano</small>				
Alternative: Plan de mantenimiento						
Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted						
Year	Section	Works Description	Code	Economic Cost	Financial Cost	Work Quantity
2011	B3T2	Reparacion de Borde	ER	702,769.2	878,461.5	19.52 sq. m
		Parqueo	PCH1	47,729,056.0	58,190,760.0	789.56 sq. m
	B4T2	Reparacion de Borde	ER	598,369.3	747,961.6	16.62 sq. m
		Parqueo	PCH1	76,563,720.0	93,345,672.0	1,266.56 sq. m
	B5T2	Reparacion de Borde	ER	486,769.3	608,461.6	13.82 sq. m
		Parqueo	PCH1	99,687,344.0	121,537,752.0	1,649.09 sq. m
	B6T2	RC T2	RC T2	562,380,032.0	702,974,976.0	7,000.00 sq. m
	B7T2	RC T2	RC T2	562,380,032.0	702,974,976.0	7,000.00 sq. m
	C1T3	Reparacion de Borde	ER	1,007,373.0	1,259,216.3	27.98 sq. m
	C2T3	Reparacion de Borde	ER	960,573.0	1,200,716.3	26.68 sq. m
	C3T3	Reparacion de Borde	ER	1,270,172.9	1,587,716.1	38.28 sq. m
		Parqueo	PCH1	57,008,196.0	69,503,784.0	943.06 sq. m
	C4T3	Reparacion de Borde	ER	1,158,573.0	1,448,216.3	32.18 sq. m
		Parqueo	PCH1	64,875,504.0	79,095,528.0	1,073.21 sq. m
		Sello de Fisuras	SF	3,132,973.8	3,822,227.8	1,253.19 sq. m
	C5T3	Reparacion de Borde	ER	1,007,373.0	1,259,216.3	27.98 sq. m
		Parqueo	PCH1	79,025,376.0	96,346,896.0	1,307.28 sq. m
		Sello de Fisuras	SF	3,365,265.0	4,105,623.3	1,346.11 sq. m
	A1T1	Reparacion de Borde	ER	619,900.0	774,875.0	17.22 sq. m
	C6T3	Sobre Carpeta de 100 mm	SCM	326,200,000.0	397,600,000.0	7,000.00 sq. m
		Prep. Patching		13,035,337.0	15,882,151.0	179.67 sq. m
		Prep. Edge Repair		0.0	0.0	26.58 sq. m
	C7T3	RC T3	RC T3	562,380,032.0	702,974,976.0	7,000.00 sq. m
	A2T1	Reparacion de Borde	ER	526,225.1	657,781.3	14.62 sq. m
	A4T1	Sello de Fisuras	SF	5,392,345.5	6,578,661.5	2,156.94 sq. m
	A3T1	Reparacion de Borde	ER	421,825.1	527,281.4	11.72 sq. m
		Parqueo	PCH1	58,301,376.0	71,080,424.0	964.46 sq. m
	A5T1	Reparacion de Borde	ER	619,843.8	774,804.8	17.22 sq. m
		Parqueo	PCH1	67,131,448.0	81,845,952.0	1,110.53 sq. m
		Sello de Fisuras	SF	874,930.6	1,067,415.3	349.97 sq. m
	A6T1	RC T1	RC T1	562,380,032.0	702,974,976.0	7,000.00 sq. m

Fuente: Elaboración propia

Dentro del modelamiento efectuado se tomó como criterio de evaluación técnica el comportamiento del índice de calificación del pavimento “PCI”, considerando un valor de PCI permitido el cual nos permitirá ajustar los umbrales que permiten activar los puntos dentro del programa para la ejecución de las obras de mantenimiento y conservación planteadas dentro del modelo de HDM-4. El comportamiento de las familias de deterioro planteadas y establecida como un índice de calificación del estado de los pavimentos anualmente permiten establecer la evaluación del PCI y de esta forma optimizar los programas de mantenimiento a los recursos disponibles por cada municipio anualmente.

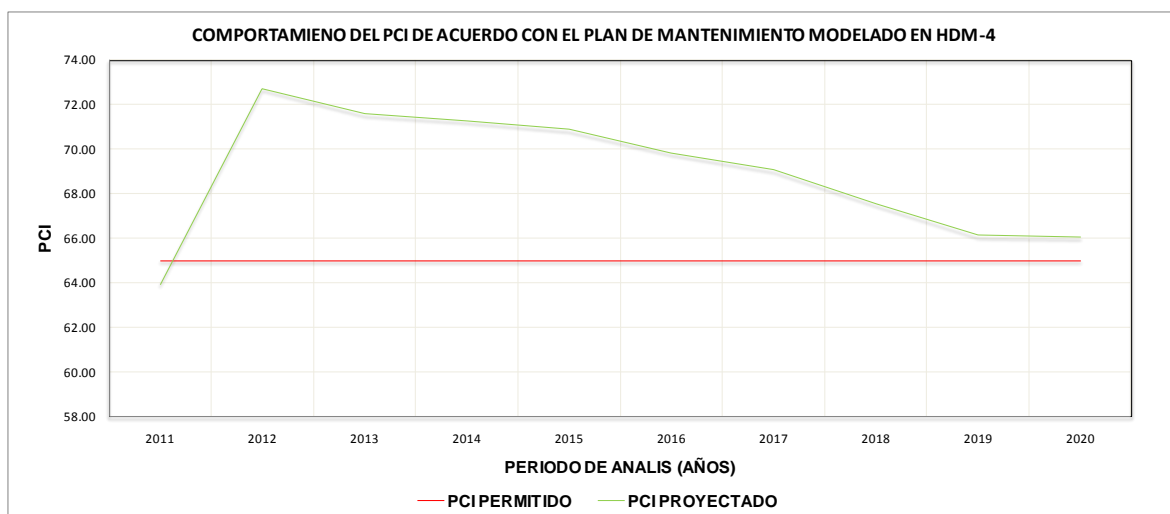
A continuación se presenta el comportamiento del PCI para los municipios que componen el área metropolitana:

Tabla 73. Condición superficial Municipios del Área Metropolitana, modelamiento HDM-4

AÑO	PCI PROYECTADO	PCI PERMITIDO
2011	63.92	65.00
2012	72.72	65.00
2013	71.56	65.00
2014	71.26	65.00
2015	70.86	65.00
2016	69.82	65.00
2017	69.05	65.00
2018	67.53	65.00
2019	66.10	65.00
2020	66.04	65.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 84. Estado de la condición Superficial de la malla Escenario Tendencial con restricción presupuestal



Fuente: Elaboración propia

Conocido el estado el comportamiento del estado superficial de la malla durante el periodo de análisis, se establece cual es el comportamiento anual del patrimonio vial establecido, siendo este establecido como la diferencia entre un valor presupuestal para la condición nueva y los costos que acarrear llevar la condición superficial actual a una condición óptima. Dentro de este modelo de inversión se considera un plan de mantenimiento en el que se priorizara la inversión para realizar las actividades pertinentes de mantenimiento y conservación de los segmentos dependiendo del nivel de demanda con el que cuente. Para esto se priorizara los corredores viales donde se el importancia fundamental de cada uno dependerá del tipo flujo en cuanto a vehículos de transporte público y de vehículos de carga y particulares realizando

Para este modelo se varían los umbrales planteados para efectuar las tareas de mantenimiento y conservación para cada uno las familias contempladas para el modelamiento, conociendo los resultados planteados anteriormente se pretendió establecer este modelo de inversión el cual cumple con los parámetros técnicos

tomados como indicadores para establecer el comportamiento de la condición superficial a partir de los costos destinados para su mantenimiento.

En la evaluación considera mediante el modelamiento de las familias de deterioro se consideraron unos factores de equivalencia que permiten convertir los resultados arrojados en el modelamiento del HDM-4 a datos representativos año a año considerando que este modelo nos permite conocer la cantidad de recursos que se deberán disponer para llevar a cabo el plan de mantenimiento y conservación propuesto. En la tabla que se presenta a continuación se establece los costos proyectados para un periodo de análisis de días años considerandos a precios del 2010 sin considerar el incremento por A.I.U.

Tabla 74. Condición Superficial municipios del Área Metropolitana, modelamiento HDM-4

AÑO	INVERSIÒN ANUAL PLAN DE MANTENIMIENTO		
	FLORIDABLANCA	GIRÒN	PIEDECUESTA
2011	\$ 5,134,236,372.00	\$ 1,721,783,689.00	\$ 857,200,744.00
2012	\$ 16,181,685.00	\$ 93,874,045.00	\$ 963,835.00
2013	\$ 36,446,477.00	\$ 44,455,849.00	\$ 50,116,906.00
2014	\$ 15,643,488.00	\$ 107,234,616.00	\$ 3,930,755.00
2015	\$ 7,620,551.00	\$ 14,971,231.00	\$ 2,699,949.00
2016	\$ 9,831,776.00	\$ 15,467,982.00	\$ 1,386,425.00
2017	\$ 9,244,468.00	\$ 21,717,527.00	\$ 2,604,728.00
2018	\$ 86,257,604.00	\$ 24,158,779.00	\$ 4,621,537.00
2019	\$ 20,453,548.00	\$ 33,338,439.00	\$ 5,195,061.00
2020	\$ 26,576,912.00	\$ 34,153,740.00	\$ 5,882,510.00
Total	\$ 5,362,492,880.00	\$ 2,111,155,897.00	\$ 934,602,450.00

Fuente: Elaboración propia

Para el municipio de Floridablanca se logró proyectar que los recursos disponibles para mejorar las condiciones de la malla vial según la muestra considerada para la evaluación, se estima que el costo de recuperación estaría por el orden de los \$ 5.400 millones de pesos para dejar en óptimas condiciones los segmentos viales que cuenten con capa de rodadura asfáltica .Para el caso del municipio de Girón

los gastos de mantenimiento en el periodo de análisis estarían por el orden de los \$ 2.200 millones y mientras para Piedecuesta es el municipio con menor inversión de los tres municipios al proyectar que durante los 10 años de análisis se requieren de 940 millones de pesos a costos del 2010.

11.3. Inversión anual para los próximos 10 años.

Tabla 75. Costos de mantenimiento anual para el municipio de Floridablanca

AÑO	COSTOS SELLO DE FISURAS	COSTOS PARCHEO	COSTOS BACHEO	COSTOS DE SOBRECARPETA DE REFUERZO	COSTOS DE RECONSTRUCCIÓN	TOTAL ANUAL
2011	\$ 15,138,641.27	\$ 749,587,659.17	\$ 4,108,020.79	\$ 102,800,286.77	\$ 4,262,601,764.16	\$ 5,134,236,372.15
2012	\$ -	\$ 16,181,684.80	\$ -	\$ -	\$ 0	\$ 16,181,684.80
2013	\$ 6,841,796.69	\$ 29,604,679.91	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 36,446,476.60
2014	\$ 2,724,276.09	\$ 12,919,211.78	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15,643,487.87
2015	\$ -	\$ 7,620,550.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7,620,550.84
2016	\$ 2,659,971.47	\$ 7,171,804.93	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,831,776.41
2017	\$ 864,271.97	\$ 8,380,196.47	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,244,468.44
2018	\$ 5,155,642.86	\$ 81,101,960.91	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 86,257,603.77
2019	\$ 8,855,725.12	\$ 11,597,822.55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20,453,547.67
2020	\$ 16,092,027.83	\$ 10,484,883.79	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 26,576,911.63
Total	\$ 58,332,353	\$ 934,650,455	\$ 4,108,021	\$ 102,800,287	\$ 4,262,601,764	\$ 5,362,492,880

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Costos de mantenimiento anual para el municipio de Girón

AÑO	COSTOS SELLO DE FISURAS	COSTOS PARCHEO	COSTOS BACHEO	COSTOS DE SOBRECARPETA DE REFUERZO	COSTOS DE RECONSTRUCCIÓN	TOTAL ANUAL
2011	\$ 4,455,285.22	\$ 505,307,313.84	\$ 9,251,905.77	\$ 231,522,335.27	\$ 971,246,848.84	\$ 1,721,783,688.94
2012	\$ -	\$ 93,874,044.89	\$ -	\$ -	\$ 0	\$ 93,874,044.89
2013	\$ 10,281,731.21	\$ 34,174,117.69	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 44,455,848.90
2014	\$ 6,605,432.17	\$ 100,629,183.34	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 107,234,615.51
2015	\$ -	\$ 14,971,230.70	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14,971,230.70
2016	\$ -	\$ 15,467,982.27	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15,467,982.27
2017	\$ 2,514,138.84	\$ 19,203,388.17	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 21,717,527.01
2018	\$ 3,268,402.07	\$ 20,890,377.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 24,158,779.14
2019	\$ 9,858,944.48	\$ 23,479,494.74	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 33,338,439.22
2020	\$ 7,944,283.15	\$ 26,209,456.92	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 34,153,740.07
Total	\$ 44,928,217	\$ 854,206,590	\$ 9,251,906	\$ 231,522,335	\$ 971,246,849	\$ 2,111,155,897

Fuente: Elaboración propia

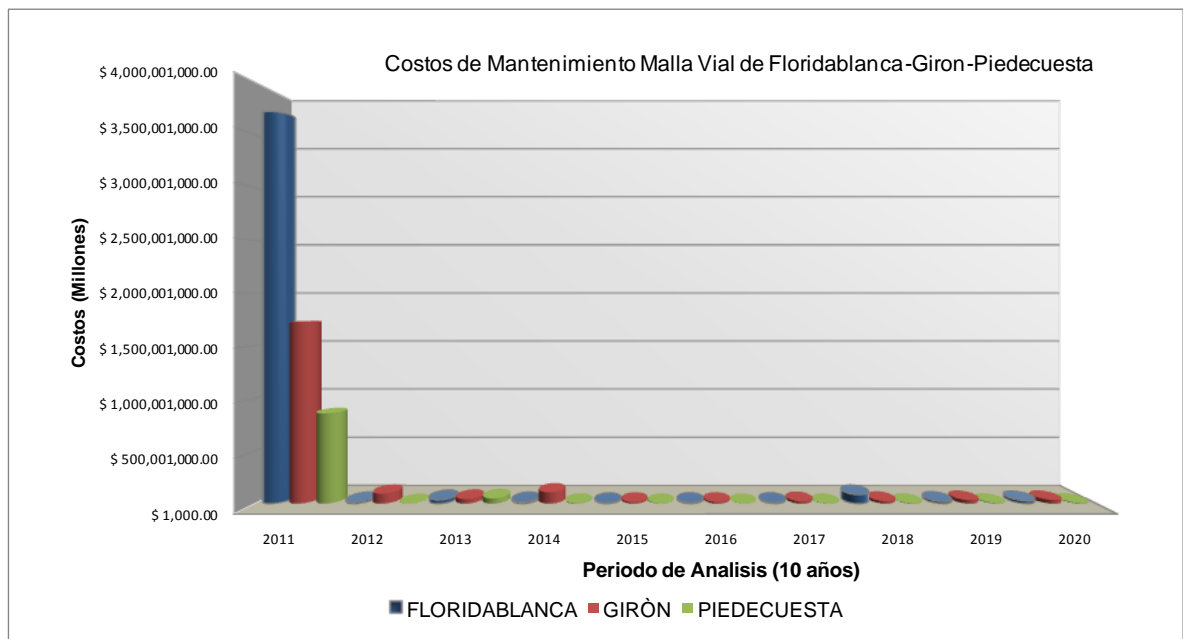
Tabla 77. Costos de mantenimiento anual para el municipio de Piedecuesta

AÑO	COSTOS SELLO DE FISURAS	COSTOS PARCHEO	COSTOS BACHEO	COSTOS DE SOBRECARPETA DE REFUERZO	COSTOS DE RECONSTRUCCIÓN	TOTAL ANUAL
2011	\$ -	\$ 153,122,316.12	\$ -	\$ -	\$ 704,078,428.21	\$ 857,200,744.33
2012	\$ -	\$ 963,834.84	\$ -	\$ -	0	\$ 963,834.84
2013	\$ 3,224,275.93	\$ 46,892,629.94	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 50,116,905.88
2014	\$ 3,174,693.43	\$ 756,061.18	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,930,754.61
2015	\$ -	\$ 2,699,949.41	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,699,949.41
2016	\$ -	\$ 1,386,424.80	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,386,424.80
2017	\$ -	\$ 2,604,728.07	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,604,728.07
2018	\$ 2,369,337.30	\$ 2,252,199.33	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,621,536.64
2019	\$ 2,728,748.77	\$ 2,466,312.14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,195,060.91
2020	\$ 3,158,976.33	\$ 2,723,534.06	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,882,510.39
Total	\$ 14,656,032	\$ 215,867,990	\$ -	\$ -	\$ 704,078,428	\$ 934,602,450

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que se parte que la inversión inicial permitirá aumentar las condiciones de capacidad y estado de cada uno de las mallas viales de los municipios en cuestión. A continuación se presenta lo que se deberá invertir por municipio en cada una de las obras de mantenimiento planteadas:

Figura 85. Costos de Mantenimiento malla vial de los municipios de Florida-Girón-Piedecuesta



Fuente: Elaboración propia

12. PRIORIZACIÓN PARA INVERSIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL

Para la atención de la malla vial del Área Metropolitana de Bucaramanga apuntando a disminuir accidentes, costos de operación elevados para los usuarios, tiempos de viaje, entre otros; se desarrolló un modelo de priorización para lograr una buena planificación que optimice los recursos. Así se plantean un conjunto de parámetros basados en el modelo desarrollado por el IDU para vías intermedias en la ciudad de Bogotá y en el plan de gestión para mantenimiento y conservación de los pavimentos en Bucaramanga. Los criterios de priorización para el mantenimiento y conservación de los pavimentos de los principales corredores viales del AMB fueron los siguientes:

12.1. Modelo de priorización vial

- **Factor de movilidad (Fm):** Determina la importancia de la vía en función del tránsito (actual y proyectado) y la capacidad.

$$Fm = 0,3Fc + 0,7Ft$$

- **Factor de capacidad (Fc):** Factor de capacidad del segmento, está en función del número de calzadas y carriles.

Tabla 78. Factor de capacidad

Número de carriles	Ancho Carril	Factor de capacidad
1 Carril	Menor a 5 m	0 - 25
2 Carril	Menor a 7,5 m	26 - 50
3 Carril	Menor a 10 m	51 - 75
Mayor a 4 Carriles	Mayores a 10 m	76 - 100

Fuente: Plan maestro de movilidad AMB - UIS

- **Factor de tránsito (Ft):** Factor tránsito, dado en función del número de ejes equivalentes que circulan sobre la vía en un periodo establecido.

Tabla 79. Factor de transito

Designación	Número de ejes equivalentes proyectados a 10 años	Factor transito
Tránsito bajo	<500000	0 a 10
T1	500000 - 1000000	10 a 20
T2	1000000 - 2000000	20 a 30
T3	2000000 - 4000000	30 a 40
T4	4000000 - 6000000	40 a 50
T5	6000000 - 10000000	50 a 60
T6	10000000 - 15000000	60 a 70
T7	15000000 - 20000000	70 a 80
T8	20000000 - 30000000	80 a 90
T9	30000000 - 40000000	90 a 100

Fuente: Plan maestro de movilidad AMB - UIS

- **Índice de pavimentación (ICP):** establece el porcentaje de malla vial y mal estado dentro de la zona de influencia del corredor. Para este criterio se consideró la clasificación del estado superficial de los pavimentos según la clasificación del PCI.

Tabla 80. Índice del estado superficial de los segmentos viales

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Elaboración propia

- **Formula de priorización:** el orden de la priorización propuesto está dado por el factor total del corredor en donde 0 es un tramo con PCI crítico y una vía con importancia según el factor de movilidad y 100 para un tramo vial con un buen estado superficial y una vía con poca importancia según su capacidad de tránsito actual y futura. La fórmula del factor total se dedujo del modelo propuesto por el IDU para vías intermedias en la ciudad de Bogotá ajustándola a los criterios utilizados para el mantenimiento y conservación de los pavimentos del AMB conservando los porcentajes de influencia de cada parámetro.

$$FT = (50 - 0.5 * Fm) + 0.5 * PCI$$

- Factor total (Ft): Indicador del estado de las condiciones de movilidad y condición superficial del pavimento.
- Factor de movilidad (Fm): Determina la importancia de la vía en función del tránsito (actual y proyectado) y la capacidad.
- PCI: Índice de condición superficial del pavimento.

12.2. Prioridad de inversión

De acuerdo al modelo los valores cercanos a cero tienen que ser intervenidos en primera instancia, ya que partimos de la condición más crítica por la prioridad que se les ha otorgado. Este modelo toma como base la condición superficial del pavimento y la importancia de la vía en función del tránsito futuro y la capacidad. Los costos de inversión para cada segmento vial y su prioridad se entregaran en los anexos de este libro.

A continuación se mostrara la inversión inmediata que requiere cada municipio para obtener una malla vial aceptable.

Tabla 81. Tramos con mayor prioridad de inversión

Municipio	Tipo de pavimento	Costos para tramos priorizados	costos para todos los tramos
Florida	Flexible	5,134,236,372.	22,730,896,544
	Rígido	373,813,110	2,472,703,162
Girón	Flexible	1,721,783,689	7,370,273,753
	Rígido	66,780,288	2,091,076,585
Piedecuesta	Flexible	857,200,744.	2,330,777,645
	Rígido	46,277,504	5,157,962,444

Fuente: Elaboración propia

13. CONCLUSIONES

Este estudio pretendía desarrollar un plan de inversión para el mantenimiento y la conservación de los principales corredores viales de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, a partir de esto surgen una serie de conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados, las cuales se presentan a continuación:

Inventario de deterioros

- ❖ De acuerdo al inventario de daños levantados en campo, los deterioros que más afectan los pavimentos flexibles de los principales corredores viales en los Municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta son: Pulimiento de agregados con 54.37% del área total afectada, 16.41% para Desprendimiento de agregados y 7.32% para Piel de cocodrilo. Los cuales se presentan principalmente porque las vías no fueron diseñadas para soportar altos volúmenes de tránsito, por falta de obras de drenaje lo cual permite que el agua afecte los materiales granulares, y el no aplicar estrategias de mantenimiento rutinarias y periódicas.
- ❖ Las fallas que más afectan los pavimentos rígidos para los municipios en estudio son: Pulimiento con 22.87% del total de área afectada, Grieta longitudinal con 18.35%, 14.67% para el tipo de falla Acometida, 13.67% para Grieta en bloque y finalmente Grietas de esquina con 12.68% de afectación. Estas fallas se deben principalmente al alto porcentaje de vehículos pesados que transitan los corredores viales, a la pobre estructura de los pavimentos y a deficiencias en la construcción, reparación y mantenimiento de los pavimentos.
- ❖ De acuerdo con información recolectada en el inventario de fallas superficiales, el municipio de Piedecuesta posee un mayor porcentaje de

afectación superficial del pavimento, ya que cuenta con 65.31% de área afectada por algún tipo de deterioro para tipo de rodadura flexible respecto al área total de los principales corredores viales inventariados, seguido por el municipio de Floridablanca que cuenta con 57.98% de área deteriorada, y el municipio con menor porcentaje de afectación es San Juan de Girón que cuenta con 32.58% de área afectada.

Condición superficial del pavimento (PCI)

- ❖ La red vial de los principales corredores del municipio de Floridablanca cuenta con una calificación del estado superficial de la siguiente forma:

- Fallado	→	7.57%
- Muy malo	→	9.68%
- Malo	→	11.66%
- Regular	→	13.73%
- Bueno	→	19.08%
- Muy bueno	→	22.10%
- Excelente	→	15.46%

Los tramos viales de mayor afectación se encuentran en el centro urbano del municipio, como la calle 4 entre la carrera 7 a la 13, calle 9 entre la carrera 6 a la 10, también la calle 29 entre la carrera 7 a la 12 y el sector el bosque a la altura de la carrera 23.

- ❖ La red vial de los principales corredores del municipio de Girón cuenta con una calificación del estado superficial de la siguiente forma:

- Fallado	→	6.78%
- Muy malo	→	11.37%
- Malo	→	12.10%

- Regular → 11.94%
- Bueno → 28.45%
- Muy bueno → 12.97%
- Excelente → 16.40%

Los tramos viales que presentan una condición más deplorable se encuentran localizados sobre la avenida Los Caneyes-Bahondo, también las calles 43, 44, 45 y 46 entre carrera 23 y 27.

- ❖ La red vial de los principales corredores del municipio de Piedecuesta cuenta con una calificación del estado superficial de la siguiente forma:

- Fallado → 6.78%
- Muy malo → 8.55%
- Malo → 16.60%
- Regular → 19.07%
- Bueno → 14.91%
- Muy bueno → 18.02%
- Excelente → 15.67%

Los tramos viales que presentan una condición más deteriorada se encuentran sobre la Avenida Guatiguará, también en el sector Centro la calle 7 entre carrera 8 a la 13, y calle 8 entre carrera 4 a la 10.

- ❖ Las principales causas de deterioros en los pavimentos de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, falta de capacidad estructural del pavimento, factores climáticos y la falta de una actividad organizada de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos por parte de las entidades encargadas.

Costos de recuperación vial

- ❖ El costo de recuperación de los principales corredores viales de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, tienen un valor de \$ 55,500 millones, distribuidos de la siguiente forma: Para el municipio de Floridablanca se debe realizar una inversión de \$ 25,200 millones, para San Juan de Girón \$ 9, 500 millones y para el municipio de Piedecuesta \$ 7, 400 millones, más el avalúo de los costos indirectos (AIU) que tienen un valor de \$13, 400 millones.

Patrimonio vial

- ❖ El patrimonio vial de los principales corredores viales del municipio de Floridablanca está avaluado en \$15, 700 millones, \$ 7, 900 millones para San Juan de Girón y \$ 9, 400 millones para el municipio de Piedecuesta. Al comparar con los costos de recuperación se observa que el valor actual de la infraestructura vial es inferior al costo de recuperación, lo cual denota la falta de inversión en la infraestructura en los municipios, y el atraso que vive el departamento en cuanto a la construcción de vías y alternativas de movilidad, también la falta de organización para tomar las medidas preventivas de mantenimiento y rehabilitación que permitan la conservación en óptimas condiciones de los corredores viales de estos municipios.

Priorización vial

- ❖ De acuerdo al modelo propuesto se necesita \$ 5, 130 millones para restaurar los tramos viales que requieren una reparación inmediata para el municipio de Floridablanca, \$ 1, 720 millones para el municipio de San Juan de Girón, y \$ 857 millones para Piedecuesta. Lo cual dejaría en buenas condiciones de circulación los tramos de mayor afectación superficial y que

poseen un alto volumen de tránsito, estos sectores se encuentran principalmente en las zonas céntricas de los municipios.

- ❖ Según el modelo de priorización planteado los sectores que tienen una mayor importancia en cuanto a su restauración son: En Floridablanca las zonas del Reposo, Nuevo Villabel, centro de Florida, Lagos y La paz; en Girón los sectores del Poblado, avenida los Caneyes y avenida Bahondo; en Piedecuesta el sector del Centro y la avenida Guatiguara.

Inversión vial

- ❖ Dentro del análisis de los resultados obtenidos en el modelo de inversión aplicado para el comportamiento del estado estructural y funcional del tipo de pavimento en estudio, se obtiene como resultado una herramienta que permite tener el conocimiento y los criterios para establecer las obras de mayor prioridad, considerando las limitaciones presupuestales con las que cuentan las administraciones.

14. RECOMENDACIONES

Con base en este estudio se dan la siguientes recomendaciones:

- ❖ Incentivar la introducción de nuevas técnicas de evaluación y gestión de pavimentos, que permitan la optimización de los recursos destinados a obras de construcción, mantenimiento y rehabilitación de vías en nuestros municipios.
- ❖ Promover la creación de un sistema de seguimiento vial, que sea responsable de la actualización del estado de los pavimentos de forma periódica, no mayor a dos años, que establezca planes de gestión y proyecte soluciones sostenibles para mantenimiento y conservación de la malla vial.
- ❖ Desarrollar diferentes métodos de gestión de pavimentos que me permitan comparar varias alternativas de solución, para establecer un adecuado plan de inversión que sea sostenible económicamente para las entidades administrativas.
- ❖ Para una mejor precisión en los costos de mantenimiento y recuperación vial, se sugiere recopilar información más detallada sobre la estructura del pavimento y parámetros que permitan conocer el deterioro exacto de la capa de rodadura.
- ❖ Con el fin de promover la inversión en infraestructura vial es necesario fijar dentro de las políticas administrativas una tasa creciente de inversión de los presupuestos nacionales y municipales, que permitan lograr una infraestructura vial sostenible y a su vez promuevan el desarrollo económico de los municipios y el país.

- ❖ Investigar el procedimiento de modelación del pavimento rígido en la herramienta de cómputo HDM-4 u otro software de gestión de pavimentos, que permita establecer un análisis del comportamiento de la estructura a lo largo de su vida útil, y así poder aplicar un modelo de inversión para un periodo de análisis más extenso.

15. BIBLIOGRAFÍA

BALLESTEROS COY Jhon Fernando, BARRERA BARBOSA Freddy Mauricio, CABALLERO Leyvin Harvey, FRANCO JEREZ Edwin, LOPEZ HERNANDEZ Diego Andrés, PICO GONZALES Hamer Darío. Diagnóstico, control y rediseño de la malla vial del municipio de Floridablanca. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2005.

CAMACHO GRASS Maryury Paola. Diseño y elaboración de documentación soporte para las clases de diseño de pavimentos en el programa de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2008.

CASTRO SALINAS Andrés Felipe, VEGA JAIMES Mayra Alejandra. Análisis del periodo de diseño para pavimentos flexibles con base en el modelo HDM – 4. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2009.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CI-INF N°099/2009 entre el Municipio de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander. “Caracterización de las vías de mediano y bajo flujo vehicular, implementación de un sistema de gestión de pavimentos para la malla vial vehicular y modelamiento, diagnóstico y alternativas de solución para la movilidad urbana del municipio de Bucaramanga”, 2010.

CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CI-INF N°039/2010. “Consultoría para la elaboración del Plan Maestro de Movilidad de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, la articulación de los planes de movilidad de los municipios

al plan de movilidad del municipio de Bucaramanga y su compilación en un plan maestro de movilidad metropolitano”, 2011.

ESRI shapefile technical description. ESRI. 1998.

GUSTAVO DUQUE V. Practica recomendada para la ejecución y control de calidad de los pavimentos asfálticos o flexibles, 2002.

GUSTAVO DUQUE V. Practica recomendada para la ejecución y control de calidad de pavimentos articulados o en adoquín de concreto, 2002.

GRASS Adriana Carolina, SIERRA ANAYA Lisseth Carolina. Análisis de la incidencia de las señales de tránsito en los índices de accidentalidad en la ciudad de Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Segunda edición, Bogotá D.C., 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Volumen 1, Bogotá D.C., 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. Volumen 1, Bogotá D.C., 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje. Volumen 1, Bogotá D.C., 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Patrimonio vial red de carreteras nacionales. Bogotá D.C., 1997.

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM-4 para pavimentos asfálticos. Publicación técnica No 253. Sanfandila, Qro, 2004.

LEIVA Fabricio. "Sistemas de soporte para la toma de decisiones en la administración de carreteras". Trabajo final de graduación. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Sistema de estudios de posgrado, 2005.

LOPEZ CANDELA Carlos Rene. Metodología para recolección y análisis de información primaria como soporte al modelo de gestión de pavimentos en la red vial de Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2010.

Plan básico de ordenamiento territorial municipio de Piedecuesta. Universidad Industrial de Santander (UIS), 2000.

Plan de desarrollo Metropolitano - componente físico-territorial. Tomo 1, 2000.

Plan de ordenamiento territorial de Floridablanca 2000-2009. Universidad Industrial de Santander (UIS)-Centro de estudios regionales (CER), 2000.

Plan de ordenamiento territorial de San Juan de Girón 2000-2009. Universidad Industrial de Santander (UIS)-Centro de estudios regionales (CER), 2000.

TEJEDA PIUSSEAUT Eduardo. Sistema para la gestión de la conservación de vías secundarias, seminario de mantenimiento de pavimentos de carreteras.

VASQUEZ VARELA Luis Ricardo. Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, 2002.

VASQUEZ VARELA Luis Ricardo. Instructivo para el manejo del software UnalPCI para el cálculo automatizado del Pavement Condition Index (PCI). Manizales, 2002.