

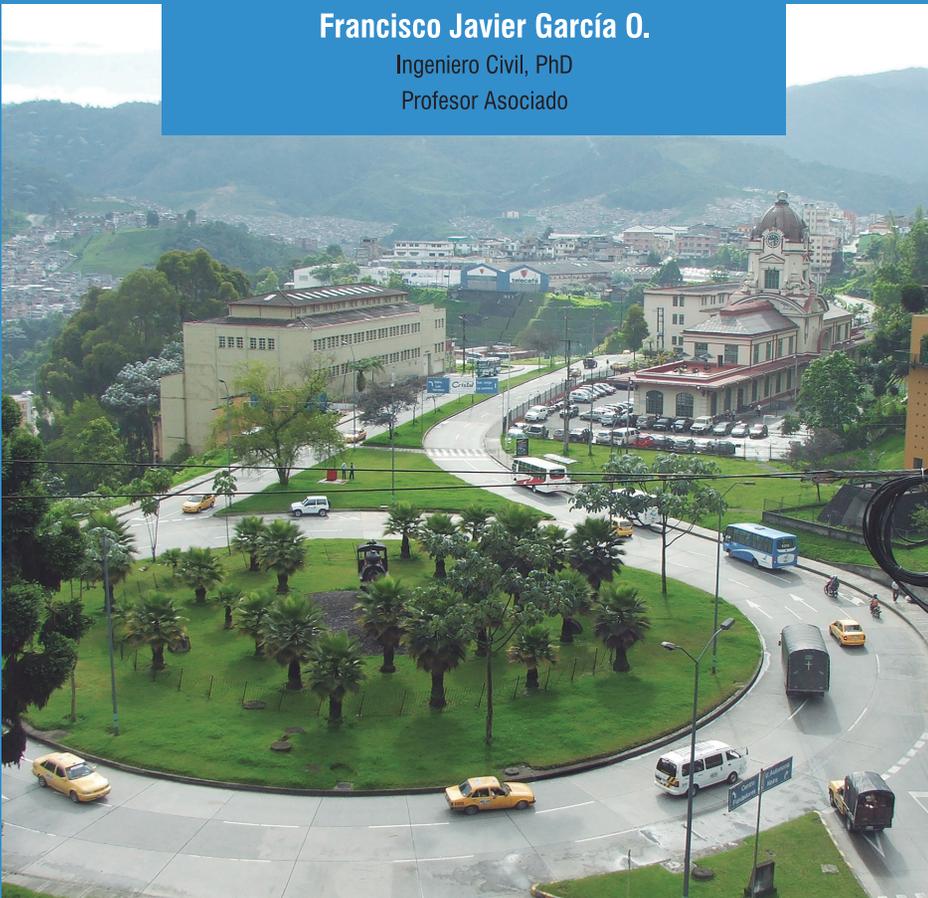
ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS VIALES Caso Manizales (Colombia)

Diego Alexander Escobar G.

Ingeniero Civil, PhD
Profesor Asociado

Francisco Javier García O.

Ingeniero Civil, PhD
Profesor Asociado



**ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE
PROYECTOS VIALES
Caso Manizales (Colombia)**

ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS VIALES Caso Manizales (Colombia)

Diego Alexander Escobar G.

Ingeniero Civil, PhD
Profesor Asociado

Francisco Javier García O.

Ingeniero Civil, PhD
Profesor Asociado



ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS VIALES Caso Manizales (Colombia)

Escobar García, Diego Alexander

Análisis de priorización de proyectos viales - Caso Manizales (Colombia)
/ Diego Alexander Escobar García, Francisco Javier García Orozco. - Manizales:
Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2012.

IX, 159 p.; 96 il.; 21,5 cm (Libro de investigación)

ISBN: 978-958-761-129-8

1. Proyectos viales, 2. Accesibilidad, 3. Movilidad, 4. Modos de transporte,
5. Cable aéreo

© Universidad Nacional de Colombia

Sede Manizales

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

© Diego Alexander Escobar G., Francisco Javier García O.

ISBN: 978-958-761-129-8

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad Nacional de Colombia, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor asume la responsabilidad por los derechos de autor y conexos contenidos en la obra, así como por la eventual información sensible publicada en ella.

Este libro o parte de él no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

Esta publicación es un producto del proyecto de extensión “Formulación del Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales” llevado a cabo por la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, para la Alcaldía del municipio de Manizales (contrato inter - administrativo No. 1007300912) por medio del cual se llevó a cabo la formulación del Plan de Movilidad de Manizales).

Promotor:

Oficina de Proyectos Especiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Diseño de carátula:

E. Sotelo Zúñiga

Impresión:

Editorial Blancocolor S.A.S.

Primera edición, 2012

Impreso y hecho en Manizales, Colombia

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	1
Capítulo 1: ACCESIBILIDAD MEDIA GLOBAL ACTUAL	5
1.1. Accesibilidad media global del sistema	6
1.2. Accesibilidad media global ofrecida por la red vial en modo de Transporte Público Colectivo Urbano incluyendo el sistema tipo cable	9
Capítulo 2: EVALUACIÓN DEL IMPACTO PRODUCIDO POR LOS FUTUROS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTOS PARA LA CIUDAD DE MANIZALES	17
2.1. Futuros proyectos de infraestructura vial	17
2.1.1. Paquete de proyectos No. 1	20
2.1.2. Paquete de proyectos No. 2	26
2.1.3. Paquete de proyectos No. 3	32
2.1.4. Paquete de proyectos No. 4	39
2.1.5. Paquete de proyectos No. 5	45
2.1.6. Paquete de proyectos No. 6	51
2.1.7. Paquete de proyectos No. 7	57
2.1.8. Análisis comparativo de los resultados obtenidos por los diferentes paquetes de infraestructura vial	63
2.2. Futuros proyectos de cable aéreo	69
2.2.1. Cable Los Yarumos	71
2.2.2. Cable Villamaría	71
2.2.3. Cable Universidad	77
2.2.4. Cable Sancancio	82
2.2.5. Conjunto de todos los cables	83
2.2.6. Análisis comparativo de los resultados obtenidos por los sistemas de transporte tipo cable estudiados	89

Capítulo 3:	
ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE LOS PAQUETES DE PROYECTOS	97
3.1. Modelación del sistema año 2005	97
3.1.1. Proceso de asignación de tránsito	98
3.1.2. Principales resultados	98
3.2. Modelación del sistema hoy	100
3.2.1. Evaluación de la capacidad vial	100
3.2.2. Escenarios para la modelación	101
3.2.3. Resultados de la modelación	103
3.3. Resultados de la modelación actual	104
3.4. Resultados de la modelación por paquete de proyectos	116
3.5. Priorización de paquete de proyectos por modelación	124
Capítulo 4:	
MODELO DE CRECIMIENTO URBANÍSTICO	125
Capítulo 5:	
ACCIDENTALIDAD VIAL	133
Capítulo 6:	
ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA	141
6.1. Estimativo preliminar de costos globales de los paquetes de proyectos de infraestructura estudiados	145
CONCLUSIONES	151
BIBLIOGRAFÍA	157

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para todo el sistema incluyendo todos los modos de transporte.	8
Tabla 2. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para la ciudad de Manizales, modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual.	14
Tabla 3. Paquetes de proyectos de intervención de la red vial propuestos.	18
Tabla 4. Velocidades de diseño y operación asumidas para los proyectos de intervención vial.	20
Tabla 5. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°1.	22
Tabla 6. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el paquete de proyectos N°1.	24
Tabla 7. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°2.	29
Tabla 8. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°2.	30
Tabla 9. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°3.	35
Tabla 10. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°3.	36
Tabla 11. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°4.	43
Tabla 12. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°4.	44
Tabla 13. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°5.	45
Tabla 14. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°5.	50
Tabla 15. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°6.	54
Tabla 16. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°6.	56
Tabla 17. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°7.	60
Tabla 18. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°7.	62
Tabla 19. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo con la inserción del cable hacia Villamaría.	74

Tabla 20. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el proyecto de cable aéreo hacia Villamaría.	76
Tabla 21. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo con la inserción del cable hacia el sector universitario.	78
Tabla 22. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el proyecto de cable aéreo hacia el sector universitario.	80
Tabla 23. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo con la inserción de todos los sistemas tipo cable estudiados.	85
Tabla 24. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el proyecto de inserción de todos los sistemas tipo cable estudiados.	86
Tabla 25. Valores de tráfico aforado y modelado con parámetros de velocidad medidos en campo.	99
Tabla 26. Factores de expansión escenario medio.	103
Tabla 27. Factores de expansión escenario alto.	103
Tabla 28. Cronograma estimado para la generación de suelo y desarrollo urbanístico.	127
Tabla 29. Síntesis de la proyección de vivienda según densidades del Plan de Ordenamiento Territorial.	128
Tabla 30. Modelo de crecimiento urbanístico.	129
Tabla 31. Proyección de suelos disponibles para el desarrollo urbano 2015 - 2040.	131
Tabla 32. Número de accidentes equivalentes en la ciudad de Manizales, 2010.	136
Tabla 33. Sitios que solucionarían los paquetes de proyectos.	138
Tabla 34. Sitios que están por fuera de los paquetes de proyectos.	139
Tabla 35. Factor multiplicador promedio general por paquete de proyectos.	139
Tabla 36. Priorización de los paquetes de proyectos estudiados.	142
Tabla 37. Períodos de ejecución de los paquetes de proyectos priorizados.	143
Tabla 38. Variación porcentual del índice de precios al consumidor - IPC.	147
Tabla 39. Presupuesto global consolidado para los paquetes de proyectos estudiados.	149

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> para todo el sistema incluyendo todos los modos de transporte.	7
Figura 2. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el sistema.	9
Figura 3. Red de rutas de TPCU de la ciudad de Manizales y primera línea de cable.	10
Figura 4. Recorrido de un usuario por la red peatonal y de TPCU.	11
Figura 5. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual.	12
Figura 6. Barrios cubiertos por la menor curva isócrona de tiempo medio de viaje para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual.	13
Figura 7. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual.	15
Figura 8. Paquetes de proyectos de intervención a la red vial propuestos para la ciudad de Manizales.	19
Figura 9. Paquete de proyectos N°1.	21
Figura 10. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°1.	23
Figura 11. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°1.	25
Figura 12. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje - paquete de proyectos N°1.	26
Figura 13. Paquete de proyectos N°2.	27
Figura 14. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°2.	28
Figura 15. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°2.	31
Figura 16. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – paquete de proyectos N°2.	32
Figura 17. Paquete de proyectos N°3.	33
Figura 18. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°3.	34
Figura 19. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°3.	3
Figura 20. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – paquete de proyectos N°3.	38
Figura 21. Paquete de proyectos N°4	40

Figura 22. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°4.	41
Figura 23. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°4.	42
Figura 24. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – paquete de proyectos N°4.	44
Figura 25. Paquete de proyectos N°5.	46
Figura 26. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°5.	47
Figura 27. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°5.	49
Figura 28. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – paquete de proyectos N°5.	50
Figura 29. Paquete de proyectos N°6.	52
Figura 30. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°6.	53
Figura 31. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°6.	55
Figura 32. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – paquete de proyectos N°6.	56
Figura 33. Paquete de proyectos N°7.	58
Figura 34. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°7.	59
Figura 35. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°7.	61
Figura 36. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – paquete de proyectos N°7.	62
Figura 37. Comparación de porcentaje de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos y para la situación actual.	63
Figura 38. Ojiva porcentual de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos analizados y para situación actual.	64
Figura 39. Comparación de porcentaje de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos y para la situación actual.	64
Figura 40. Ojiva porcentual de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos analizados y para situación actual.	65
Figura 41. Comparación de porcentaje del número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos y para la situación actual.	65
Figura 42. Ojiva porcentual de número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos analizados y para situación actual.	66

Figura 43. Comparación de porcentaje de cobertura para tiempos medios de viaje de 25 y 30 minutos, analizadas respecto a cada uno de los paquetes de proyectos y para la situación actual.	66
Figura 44. Porcentaje de los gradientes de tiempo medio de viaje contra porcentaje de área, población y número de viviendas urbanas cubiertas para los paquetes de proyectos analizados.	67
Figura 45. Comparación de los paquetes de proyectos respecto a la curva gradiente (% de cambio) y el porcentaje de cobertura.	68
Figura 46. Red de rutas de TPCU y sistemas tipo cable actual y estudiados.	70
Figura 47. Cable aéreo Los Yarumos.	71
Figura 48. Cable aéreo hacia Villamaría.	72
Figura 49. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención de cable aéreo hacia Villamaría.	73
Figura 50. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual y el cable a Villamaría.	74
Figura 51. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con el proyecto del cable aéreo hacia Villamaría.	75
Figura 52. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – cable Villamaría.	76
Figura 53. Cable aéreo hacia el sector universitario.	77
Figura 54. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención de cable aéreo hacia el sector universitario.	79
Figura 55. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual y el cable al sector universitario.	80
Figura 56. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con el proyecto del cable aéreo hacia el sector universitario.	81
Figura 57. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – cable Universidad.	82
Figura 58. Cable aéreo Sancancio.	83
Figura 59. Curvas de <i>Accesibilidad media global</i> obtenidas con la intervención de todos los cables aéreos estudiados.	84
Figura 60. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual y todos los sistemas tipo cable estudiados.	86
Figura 61. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con la inserción de todos los proyectos tipo cable estudiados.	87
Figura 62. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – todos los proyectos tipo cable estudiados.	88
Figura 63. Comparación de porcentaje de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para la situación actual.	89

Figura 64. Ojiva porcentual de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para situación actual.	90
Figura 65. Comparación de porcentaje de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para la situación actual.	90
Figura 66. Ojiva porcentual de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable analizados y para la situación actual.	91
Figura 67. Comparación de porcentaje del número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para la situación actual.	91
Figura 68. Ojiva porcentual de número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para situación actual.	92
Figura 69. Comparación de porcentaje de cobertura para tiempos medios de viaje de 25 y 30 minutos, analizadas respecto a cada uno de los paquetes de proyectos y para la situación actual.	93
Figura 70. Porcentaje de los gradientes de tiempo medio de viaje contra porcentaje de área, población y número de viviendas urbanas cubiertas para los proyectos tipo cable analizados.	94
Figura 71. Comparación de los proyectos tipo cable respecto a la curva gradiente (% de cambio) y el porcentaje de cobertura.	95
Figura 72. Localización de arcos de control con volúmenes aforados en campo. En rojo tramo donde se localiza la estación.	98
Figura 73. Dispersión de resultados obtenidos de la modelación con velocidades obtenidas mediante monitoreo satelital.	99
Figura 74. Capacidad corregida.	102
Figura 75. Volúmenes escenario racional - 2011.	105
Figura 76. Relación volumen / capacidad para el escenario actual – escenario racional.	106
Figura 77. Volúmenes escenario medio - 2011.	107
Figura 78. Volúmenes escenario alto - 2011.	108
Figura 79. Volúmenes escenario racional - 2015.	109
Figura 80. Volúmenes escenario medio - 2015.	110
Figura 81. Volúmenes escenario alto - 2015.	111
Figura 82. Relación volumen/capacidad escenario medio - 2015.	112
Figura 83. Relación volumen/capacidad 2020.	113
Figura 84. Relación volumen/capacidad 2025.	114
Figura 85. Relación volumen/capacidad - 2040.	115
Figura 86. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 1– 2011.	117

Figura 87. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 2– 2011.	118
Figura 88. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 3– 2011.	119
Figura 89. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 4– 2011.	120
Figura 90. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 5– 2011.	121
Figura 91. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 6– 2011.	122
Figura 92. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 7– 2011.	123
Figura 93. Modelo de crecimiento urbanístico.	130
Figura 94. Subproyectos de infraestructura estudiados según el período de ejecución propuesto.	144
Figura 95. Paquetes de proyectos de intervención a la red vial propuestos para la ciudad de Manizales.	146
Figura 96. Muestra de longitudes de proyectos viales.	148

PRESENTACIÓN

El presente libro hace parte de los resultados de un trabajo de extensión / investigación, realizado entre agosto de 2010 y junio de 2011 por un grupo de docentes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Éste fue encargado a la Universidad por la Secretaría de Tránsito y Transporte del Municipio de Manizales a través del Contrato Interadministrativo No. 1007300912 mediante el cual se llevó a cabo la Formulación del Plan de Movilidad del municipio de Manizales.

Actualmente en muchas ciudades en el mundo se están impulsando importantes transformaciones urbanas que buscan mejorar las condiciones de movilidad de la población, lo cual se ha de traducir en una mejor calidad de vida. En este libro se aborda el tema de la metodología de priorización de proyectos de infraestructura vial, la cual -a partir de la evaluación de impactos sobre los tiempos medios de viaje generados por cada uno de los proyectos, del análisis de demanda de los proyectos, del modelo de crecimiento urbanístico y del análisis de accidentalidad-, hizo posible definir la priorización de las obras de infraestructura vial que la ciudad necesita desarrollar durante el período 2010 – 2040.

Como punto inicial de la investigación, se actualizó la red de infraestructuras del transporte de la ciudad de Manizales mediante trabajo de campo y de oficina, apoyados con fotografías aéreas de la ciudad con el fin de validar la información introducida en el GIS. Se tomaron datos de velocidad de operación de los diferentes modos de transporte (auto, taxi, motocicleta, camión y transporte público) mediante el uso de equipos GPS, metodología que ha sido objeto de investigaciones en nuestra ciudad (García & Escobar, 2010; Escobar & García, 2010a).

El libro está compuesto por siete (7) capítulos, en cada uno de los cuales se desarrollan puntos esenciales para el análisis y formulación de los proyectos contenidos en el *Plan de Movilidad*. En el primer capítulo se resumen los principales resultados obtenidos del análisis de *Accesibilidad media global* para el sistema particular (teniendo en cuenta como velocidad de operación de los arcos el promedio de las velocidades de todos los modos de transporte) y para el sistema de *Transporte Público Colectivo Urbano* (TPCU).

En el segundo capítulo se realiza la evaluación del impacto producido por los futuros proyectos de infraestructura propuestos para la ciudad de Manizales. Se analizan los futuros proyectos de infraestructura vial y los futuros proyectos de cable aéreo. La evaluación del impacto trata de establecer cuánto aportan cada uno de los proyectos en la disminución de los tiempos medios de viaje de la población; la evaluación se basa entonces en el cálculo de los gradientes de *Accesibilidad media global*, obtenidos mediante la comparación de la situación actual y de la situación futura con la existencia de cada uno de los proyectos.

Existen adelantos en materia de estudios de movilidad, los cuales agrupan conceptos, enfoques y lineamientos matemáticos que permiten diagnosticar y evaluar los diferentes sistemas de transporte que discurren por las ciudades. Los análisis de accesibilidad están tomando cada vez más fuerza en la evaluación de planes y proyectos

de infraestructura, teniendo que la mejora de accesibilidad es en muchos casos uno de los criterios tenidos en cuenta en dichas evaluaciones (Gutiérrez et al., 2010). Así mismo, existen análisis de accesibilidad que permiten abordar criterios relacionados con el desarrollo económico (Rietveld y Nijkamp, 1993; Vickerman et al., 1999; MacKinnon et al., 2008), demografía (Kotavaara et al., 2011) y cohesión social (Schürman et al., 1997; López et al., 2008) por citar algunos ejemplos; igualmente, existen algunas experiencias regionales de aplicación de dichos conceptos (Escobar & García, 2010b; 2010c).

Una ventaja importante en el uso de los GIS es que permiten comprender el comportamiento de las redes (Gutiérrez et al., 2010), el cual es analizado mediante el uso de algoritmos (*p.e.* caminos mínimos) que proporcionan a los investigadores herramientas que simulan dicho comportamiento. Los GIS tienen la capacidad de almacenar gran cantidad de información respecto a características socioeconómicas y demográficas de la población, así como información respecto a las características operativas de las redes. Lo anterior permite relacionar diferentes capas de información que llevarían a un conocimiento más detallado de las características de accesibilidad ofrecida por los variados modos de transporte y el impacto generado por la inserción de nuevas infraestructuras.

En el tercer capítulo se realiza la modelación de demanda para cada uno de los conjuntos de proyectos estudiados, definiéndose la metodología de modelación y lográndose ordenar los proyectos de mayor a menor impacto en términos de modelación y carga de la red vial. Mediante la herramienta informática se procedió a modelar la red vial, obteniendo cargas vehiculares sobre diferentes arcos que le conforman, los cuales se validaron mediante 18 puntos de control y sobre los cuales se conoce el valor medido en campo del volumen vehicular; estos sitios corresponden a los mismos utilizados en el año 2005, en la fase inicial del *Plan de Movilidad* (Universidad Nacional de Colombia, 2005).

En el cuarto capítulo se establece el modelo de crecimiento urbano, por medio del cual, en conjunto con la administración municipal, fue posible establecer los diferentes períodos de tiempo para los cuales se tendrían desarrolladas nuevas áreas urbanas. En este capítulo se establece la metodología llevada a cabo para la definición del modelo y las relaciones de éste con el crecimiento pronosticado de la población, siendo un insumo fundamental del análisis de priorización.

En el quinto capítulo, se muestran los principales resultados obtenidos del análisis de accidentalidad vial, definiéndose claramente cuáles son los sitios que para el año 2010 y según las estadísticas de años anteriores, han presentado unos mayores índices de accidentes, en términos de *Número de Accidentes Equivalentes* (NAE). Se aborda el análisis de relación entre los puntos identificados como de mayor

accidentalidad en la ciudad y los diferentes paquetes de proyectos, teniendo que si un paquete de proyectos soluciona un mayor número de puntos críticos de accidentalidad, tendrá mayor valoración en el análisis de prioridad.

En el sexto capítulo se realiza el análisis de priorización y se muestra un cálculo preliminar de los costos globales de construcción de los proyectos estudiados.

En el séptimo capítulo se presentan las principales conclusiones del análisis de priorización; no obstante, es importante reconocer que las decisiones que se tomen respecto al tema, impactarán profundamente el futuro de los asentamientos y de sus pobladores por varias generaciones.

Capítulo 1:

ACCESIBILIDAD MEDIA GLOBAL ACTUAL

Un análisis de accesibilidad permite explicar de forma técnica cuáles son las posibilidades de interacción entre los distintos puntos geográficos de un territorio (Izquierdo, 1994), definiéndose ésta como una medida de la facilidad de comunicación entre actividades o asentamientos humanos, utilizando un determinado modo de transporte (Morris et al., 1978; Zhu and Liu, 2004). Así mismo, permite medir la facilidad o dificultad aportada por las infraestructuras y medios de transporte para llegar a cierto lugar (Geurs & Ritsema van Eck, 2001) o para la realización de un viaje. De forma general, la accesibilidad es considerada como un importante factor de competitividad (Biehl, 1991), teniendo en cuenta que las comunidades más accesibles son las que han demostrado a través del tiempo un mayor éxito económico.

Es posible establecer que la accesibilidad se encuentra estrechamente relacionada con la variable “distancia”, convirtiéndose en una función que depende de la cercanía existente entre puntos geográficos de un área o región. No obstante, es válido afirmar que dados los desarrollos tecnológicos actuales, la accesibilidad depende cada vez menos de la

distancia real a los centros de actividad y por el contrario, depende cada vez más de la distancia a las infraestructuras de transportes (Gutiérrez, 1998) y de cómo dichas infraestructuras acortan los tiempos de conexión, en donde los variados modos de transporte juegan un papel fundamental en el análisis.

Para el caso que nos ocupa, el procesamiento de toda la información requirió de la aplicación de diferentes cálculos de acuerdo al desarrollo del proyecto, colocándose especial énfasis en el análisis de la velocidad de operación dado que esta variable determina el comportamiento general de la red y se convierte en un elemento clave para los cálculos de accesibilidad (Herce & Magrinya, 2002; Geurs & Ritsema van Eck, 2001). La velocidad de operación se determinó para cada arco de la red a partir de los datos de tiempo obtenidos en forma continua por los equipos GPS.

Se obtuvieron más de 18 millones de datos de velocidad de operación, los cuales fueron usados para definir las características operativas de la red. Las velocidades de operación se calcularon a partir de datos reales de monitoreo y muestran las verdaderas características operacionales de los arcos que conforman la red, lo cual se destaca dado que -por lo general-, en los análisis de accesibilidad, se asumen las velocidades de operación dependiendo de la categoría de la vía (Burns, 2007); no obstante existen recientes investigaciones de accesibilidad que toman velocidades reales de los vehículos (Li et al., 2011).

Según datos proporcionados por la administración municipal de Manizales, el área urbana de la ciudad alcanza los 35,1 km², su población es de 361.422 habitantes (año 2010) y el número de viviendas es de 83.868 unidades. La información de área, población y número de viviendas se desagregó en 115 barrios que conforman la ciudad. Mediante el uso del GIS, se relacionaron las curvas de tiempos medios de viaje obtenidas para cada modo de transporte con la información demográfica. Lo anterior, permitió realizar estimaciones acerca de qué porcentaje de la población, del área y del

número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona. Aplicaciones similares de cobertura se han realizado en otros contextos (Straatemeier, 2008).

1. 1. ACCESIBILIDAD MEDIA GLOBAL DEL SISTEMA

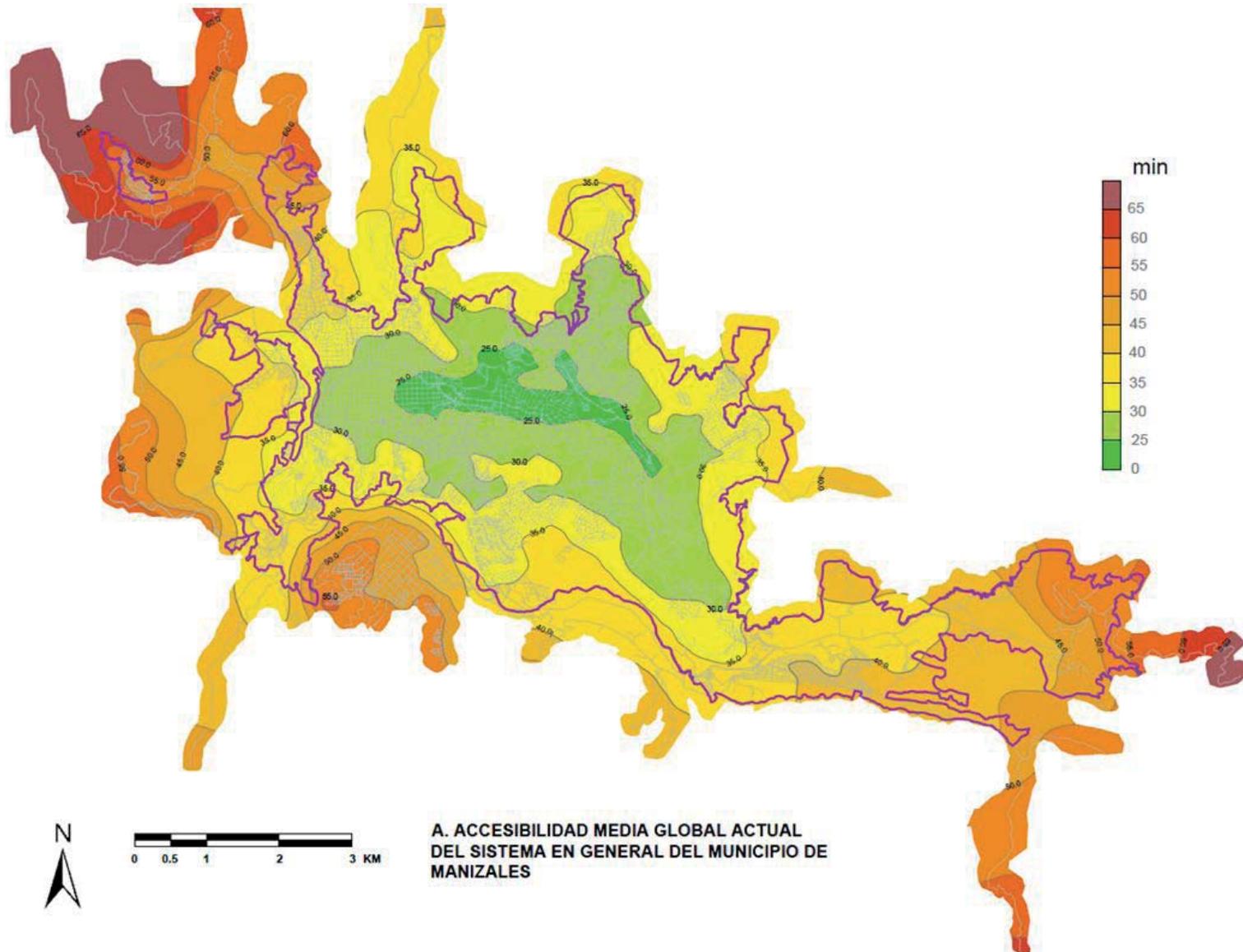
En la Figura 1 se observan las curvas isócronas de tiempo medio de viaje en términos de *Accesibilidad media global* para todo el sistema, es decir, teniendo en cuenta las velocidades de operación promedio de todos los arcos sin diferenciar el modo de transporte.

De forma general, en el análisis del sistema, se tiene que la ciudad se encuentra cubierta entre curvas isócronas de 25 a 67,5 minutos. Se observa que la curva isócrona de menor valor es la de 25 minutos, cubriendo un amplio sector entre las avenidas Santander y Kevin Ángel, así como una parte del sector céntrico de la ciudad, lo anterior indica que es dicha zona la que actualmente se beneficia de la mejor accesibilidad posible en la ciudad, en donde el tiempo promedio de viaje de todos los nodos contra todos los nodos llega a ser menor a los 25 minutos.

Es posible apreciar que las curvas se expanden a lo largo del corredor vial occidente – oriente, siguiendo el filo de la montaña sobre la cual reposa la ciudad; así mismo se cuenta con el hecho de que las curvas isócronas permiten identificar el impacto que generan sobre los tiempos medios de viaje la existencia de corredores vehiculares como las avenidas Alberto Mendoza, Kevin Ángel, Santander, Paralela, El Guamo, La Sultana, Centenario, vía Ruta 30, entre otras.

Se identifica por ejemplo que los corredores viales sobre la vía al Magdalena, la salida hacia Medellín por el norte y la salida hacia

Figura 1. Curvas de *Accesibilidad media global* para todo el sistema incluyendo todos los modos de transporte.



Fuente: elaboración propia.

Medellín por el sur, permiten la expansión de las curvas isócronas, que aunque en mayor magnitud en direcciones sur y oriente, establecen cuáles son los puntos de conexión del área urbana de la ciudad con corredores regionales de intercambio.

Observando las curvas isócronas que cubren el contiguo municipio de Villamaría, es posible establecer que existe una discontinuidad en la conexión de ambos municipios, los cuales se unen por un solo punto, mediante el llamado “puente de Villamaría”, superando la barrera ambiental que conforma el río Chichiná. Este municipio reporta tiempos medio de viaje de entre 40 y 55 minutos.

En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona. Se cuenta con el estimado del área urbana de la ciudad de Manizales asciende a 35,1 km², que su población al año 2010 es de 361.422 habitantes y que el número de viviendas es de 83.868 unidades, según datos proporcionados por su administración municipal.

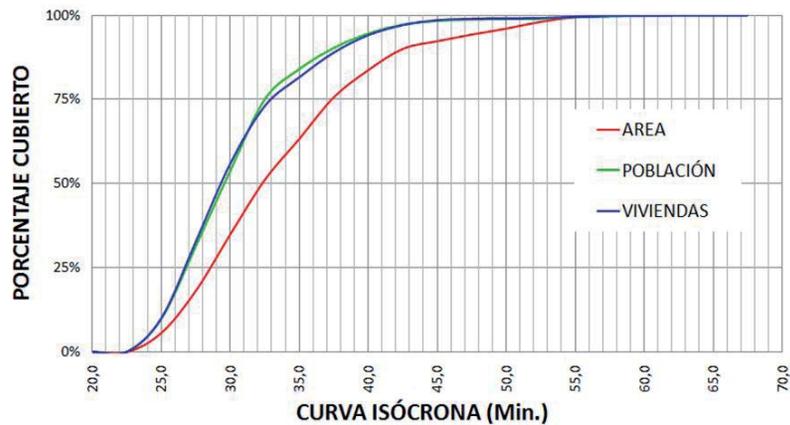
Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 17% del área urbana total; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 27,5 y 37,5 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 2 km², representando el 6% del área urbana. Respecto al porcentaje de población cubierta, se tiene que es entre las curvas de 27,5 y 32,5 minutos, que se presenta un mayor cubrimiento de ella. Situación similar se presenta respecto al número de viviendas cubiertas.

Tabla 1. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para todo el sistema incluyendo todos los modos de transporte.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No.)	%
20,0	0,0	0%	0	0%	0	0%
22,5	0,0	0%	0	0%	0	0%
25,0	2,0	6%	35.532	10%	8.416	10%
27,5	4,4	13%	78.342	22%	19.102	23%
30,0	5,9	17%	80.918	22%	19.416	23%
32,5	5,7	16%	76.551	21%	14.323	17%
35,0	4,3	12%	32.216	9%	7.153	9%
37,5	4,3	12%	22.654	6%	6.146	7%
40,0	2,8	8%	15.459	4%	4.341	5%
42,5	2,2	6%	9.695	3%	2.503	3%
45,0	0,8	2%	4.007	1%	1.227	1%
47,5	0,7	2%	1.477	0%	338	0%
50,0	0,6	2%	418	0%	104	0%
52,5	0,7	2%	304	0%	71	0%
55,0	0,5	1%	1.647	0%	314	0%
57,5	0,1	0%	947	0%	180	0%
60,0	0,1	0%	693	0%	129	0%
62,5	0,0	0%	418	0%	78	0%
65,0	0,0	0%	143	0%	27	0%
67,5	0,0	0%	1	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el sistema.



Fuente: elaboración propia.

Con el fin de obtener resultados gráficos más explicativos, se aprecia en la Figura 2 la ojiva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el sistema.

Es posible concluir que el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se cubre con tiempos medios de viaje de hasta 29,5 minutos, mientras que el 50% del área urbana estaría cubierta por tiempos medios de viaje de hasta 32,5 minutos. Para el cálculo de los pronósticos de tiempos medios de viaje en sectores ausentes de datos, se aplicó un modelo de predicción estadístico, *Kriging ordinario con semivariograma lineal*, con el fin de obtener el modelo de tiempos. Vale la pena resaltar que el resultado de validación cruzada arrojó un valor de correlación superior a 0,90, indicando que el modelo usado para las predicciones de tiempo ha sido estadísticamente adecuado.

1.2. ACCESIBILIDAD MEDIA GLOBAL OFRECIDA POR LA RED VIAL EN MODO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO (TPCU), INCLUYENDO EL SISTEMA TIPO CABLE AÉREO

Para el análisis de operación del *Transporte Público Colectivo Urbano* (TPCU) en términos de accesibilidad territorial, se tomó la red de rutas actuales, incluyendo en dicha red el sistema de cable aéreo; se analizaron las bases de datos respecto a recorridos de algunas rutas de transporte que poseían registro de su operación mediante la plataforma tecnológica del TIM (dicha información fue suministrada por la mencionada entidad y fue complementada con trabajo en campo mediante equipos GPS).

La estructura de rutas de transporte público colectivo urbano de la ciudad de Manizales es servida con buses, busetas y microbuses y una ruta servida por el sistema de cable aéreo (estaciones del sistema

Figura 3. Red de rutas de TPCU de la ciudad de Manizales y primera línea de cable aéreo.



Fuente: elaboración propia.

en puntos rojos) inaugurado en el mes de octubre del 2009, como se presenta en la Figura 3.

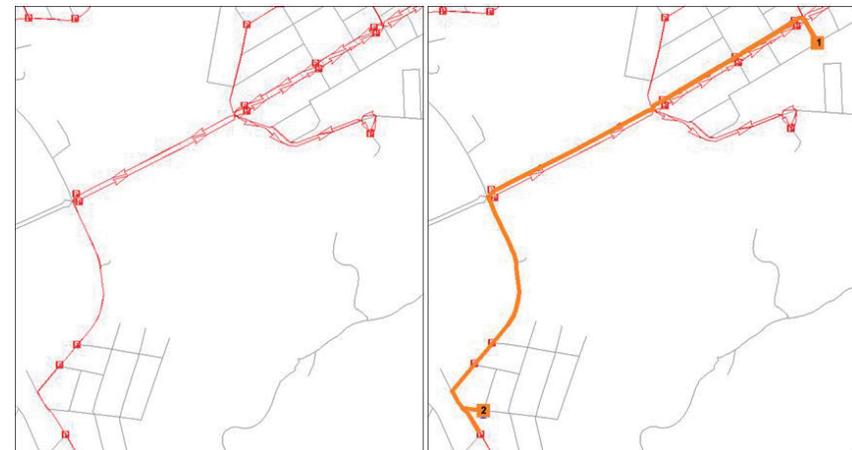
Para el análisis que se presenta en este libro se tomó la red vial de Manizales y se retiró la direccionalidad de los arcos, dado que los usuarios pueden caminar en cualquier dirección. De igual forma se calcularon para todos los arcos, los tiempos o impedancias que se presentan en cada uno de ellos, producto de la velocidad de la caminata, teniéndose que por todos los arcos se puede caminar, excepto por los arcos del cable aéreo, obteniéndose de esta forma la red vial peatonal. Sobre esta red, con las características descritas con anterioridad, se superpuso la red vial sobre la que circulan las rutas de TPCU y se conectó a la red vial peatonal por los puntos donde están localizados los paraderos.

En la Figura 4 se aprecia la representación de un recorrido de un usuario que camina hasta el paradero, se sube al sistema de transporte, se baja del sistema en un paradero y luego se devuelve caminando por la red peatonal hasta su destino. El punto 1 corresponde al origen y el punto 2 corresponde al destino del desplazamiento, siendo la porción izquierda de la figura, la red sobre la que se realiza el recorrido en TPCU y la derecha el recorrido total realizado.

El valor obtenido de tiempo medio de viaje corresponde a la suma de las impedancias de los diferentes tiempos sobre cada segmento de arco sobre los que camina o se desplaza en TPCU.

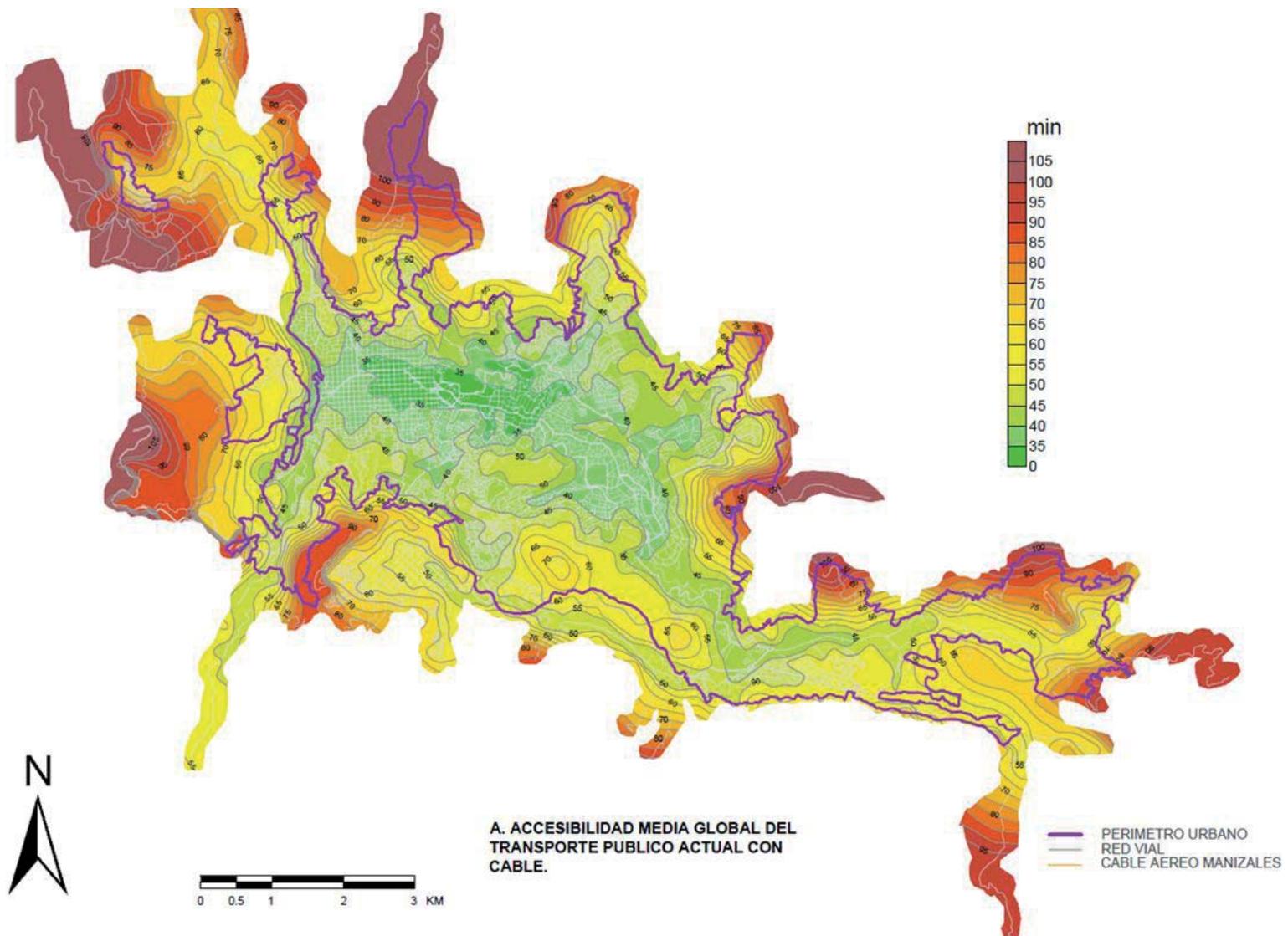
En los paraderos se considera la demora ocasionada por la espera de la ruta, como una función de la frecuencia de la ruta, por su parte, en el descenso del sistema de TPCU no se considera demora alguna. A partir de la definición de la anterior red, se establece la red matriz de caminos mínimos para el sistema de TPCU de todos los nodos contra todos los nodos, matriz que permite elaborar los modelos de accesibilidad necesarios para la evaluación del impacto de inserción del sistema tipo cable aéreo.

Figura 4. Recorrido de un usuario por la red peatonal y de TPCU.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Curvas de *Accesibilidad media global* para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable aéreo actual.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se observan las curvas isócronas de tiempo medio de viaje en términos de *Accesibilidad media global* para el modo TPCU incluido el sistema tipo cable aéreo actual, el cual posee tres estaciones, en los sectores de Fundadores, Villacarmenza y Terminal de Transporte Intermunicipal en Los Cábmulos.

De forma general, en el análisis de este modo de transporte, se tiene que el área urbana de la ciudad de Manizales se encuentra cubierta entre curvas isócronas de 35 a 105 minutos.

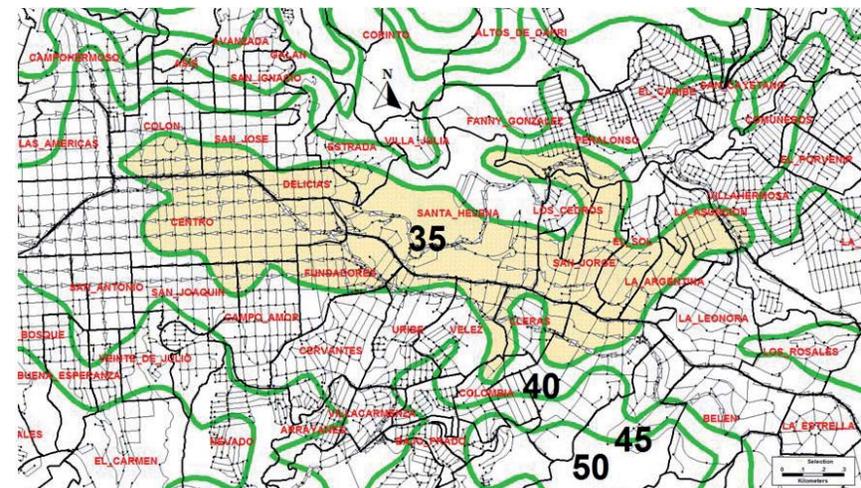
Se observa que la curva isócrona de menor valor es la de 35 minutos, cubriendo sectores de los barrios que se muestran en la Figura 6. Entre ellos, los barrios Centro y Fundadores, presentan una curva que es consecuencia tangible de la inserción del cable aéreo Fundadores – Los Cábmulos. Se tiene entonces que es dicha área la que actualmente refiere la mejor *Accesibilidad media global* si se usa el transporte público.

Las curvas isócronas para este modo de transporte poseen semejantes características de expansión que las obtenidas para el cálculo del sistema; no obstante, los rangos de tiempos medios de accesibilidad son bastante superiores.

Los sectores que refieren unos mayores tiempos medios de accesibilidad en este modo de transporte son los periféricos, como por ejemplo el barrio La Linda, el cual se encuentra cubierto por curvas de entre 75 a 85 minutos; el barrio Maltería con curvas de entre 60 a 80 minutos; el barrio Puerta del Sol con curvas de entre 50 a 70 minutos y el municipio de Villamaría, cubierto por curvas de entre 50 a 80 minutos; valores bastante mayores a los obtenidos en el análisis del sistema completo incluyendo todos los modos de transporte.

Vale la pena resaltar que las curvas isócronas refieren una mayor expansión hacia el sector oriente de la ciudad, lo cual es fácilmente verificable si se recorre la curva de 45 minutos como tiempo medio

Figura 6. Barrios cubiertos por la menor curva isócrona de tiempo medio de viaje para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable aéreo actual.



Fuente: elaboración propia.

de viaje, la cual -hacia el oriente-, cubre hasta más allá del llamado “Recinto del pensamiento”, mientras que hacia el noroccidente, llega hasta el barrio Chipre.

Por otra parte, se observan sectores cubiertos por curvas isócronas de tiempos mayores dentro del área urbana, como por ejemplo, el sector del morro Sancancio y el sector del Bosque Popular el Prado, sectores para los cuales se identifica una deficiente infraestructura que les comunique.

En la Tabla 2 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo obtenidas para el TPCU incluido el cable aéreo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el TPCU incluido el cable aéreo, es posible observar que el área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 35 minutos, asciende a 1,6 km², representando el 5% del área urbana. La mayor cobertura de las tres variables se presenta entre las curvas de 40 y 55 minutos, obteniéndose valores de un 69% para el área, un 85% para la población y un 83% para el número de viviendas.

Comparando los porcentajes de cobertura obtenidos para el análisis del sistema para las tres variables, se tiene que estos ascienden a valores del 63% para el área, 84% para la población y 82% para el número de viviendas, porcentajes estos muy superiores a los obtenidos para el modo TPCU, los cuales ascienden a 5%, 8% y 8%, respectivamente, mostrando que el sistema de TPCU es bastante ineficiente cuando se compara con los otros modos de transporte. En la Figura 7 se observa la ojiva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo TPCU incluido el cable aéreo.

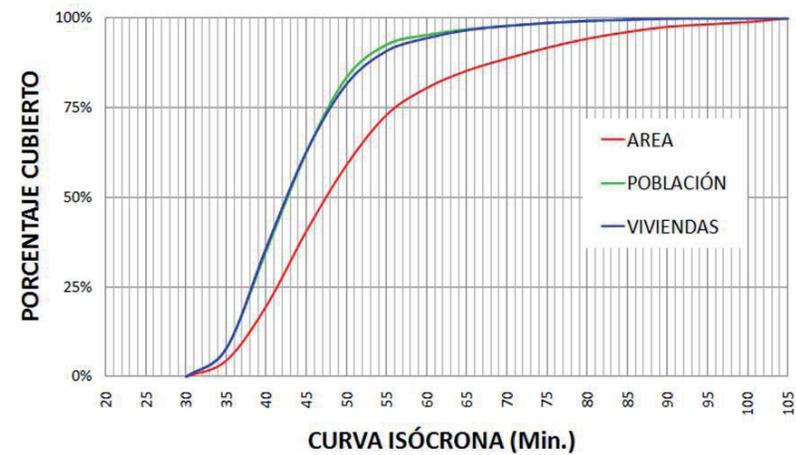
Tabla 2. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para la ciudad de Manizales, modo de TPCU incluido el sistema tipo cable aéreo actual.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(№)	%
35	1,6	5%	28.623	8%	6.590	8%
40	5,4	15%	98.566	27%	23.700	28%
45	7,2	21%	99.149	27%	22.428	27%
50	6,5	19%	75.770	21%	15.802	19%
55	4,9	14%	32.877	9%	7.735	9%
60	2,6	7%	9.642	3%	2.979	4%
65	1,7	5%	5.753	2%	1.876	2%
70	1,2	3%	3.401	1%	984	1%
75	1,1	3%	2.999	1%	722	1%
80	0,9	3%	2.066	1%	456	1%
85	0,7	2%	1.204	0%	275	0%
90	0,5	1%	1.220	0%	263	0%
95	0,2	1%	70	0%	23	0%
100	0,2	1%	78	0%	34	0%
105	0,4	1%	4	0%	1	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Es posible concluir que el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se cubre con tiempos medios de viaje de hasta 42,5 minutos, mientras que el 50% del área urbana estaría cubierta por tiempos medios de viaje de hasta 47,5 minutos, tiempos muy superiores a los obtenidos para el cálculo del sistema, 29,5 minutos y 32,5 minutos, respectivamente, diferencia de entre 13 y 15 minutos, valores considerados altos; lo anterior, lleva a concluir que para éste modo de transporte, la red vial ofrece unas deficientes condiciones de accesibilidad si se comparara con los otros modos de transporte.

Figura 7. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable aéreo actual.



Fuente: elaboración propia.

Capítulo 2: EVALUACIÓN DEL IMPACTO PRODUCIDO POR LOS FUTUROS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PROPUESTOS PARA LA CIUDAD DE MANIZALES

2.1. FUTUROS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

La metodología de los análisis de accesibilidad, permite realizar una evaluación del impacto que produciría cualquier proyecto de infraestructura vial sobre los tiempos medios de viaje que actualmente se tienen en la ciudad.

En un comienzo se definen todos los proyectos de infraestructura vial que se encuentran propuestos actualmente, ya sea por el *Plan de ordenamiento territorial* (POT) o por la *Piezas intermedias de planificación* (PIP) que al año 2010 se encontraban aprobadas o en proceso de aprobación por parte de la administración municipal.

Los proyectos de intervención vial propuestos suman en su conjunto una longitud de 122 km aproximadamente; de todos los proyectos, uno se encuentra en ejecución en 2011 (avenida Colón – calle 27 proyecto Avanzada) y tres ya poseen diseños finales (intersección túnel de la calle 52, intersección avenida Kevin Ángel sobre el acceso al barrio

La Carola e intersección glorieta de la Universidad Autónoma y sector de Fundadores).

Para la evaluación del impacto generado por las intervenciones propuestas, se agruparon los proyectos en siete diferentes paquetes, como se observa en la Tabla 3; se tiene que el paquete de proyectos N°7 (compuesto por las intervenciones: doble calzada Cerro de Oro – Maltería, doble calzada Puente La Libertad – Maltería, conexión Palermo – Barrio Lusitana y conexión Glorieta de Expoferias – sector barrio Milán) es el paquete de proyectos que refiere mayor longitud de intervención con 32 km (26% del total); por su parte, el paquete de proyectos N°2 (compuesto por la intervención denominada Avenida Sesquicentenario), es el que refiere la menor longitud de intervención con 7 km (6% del total).

En la Figura 8 se observa la posición geográfica de cada una de las intervenciones y su clasificación según el paquete de proyectos al que pertenece.

Para el cálculo de la *Accesibilidad media global* ofrecida por la red vial futura, se debe establecer una hipótesis acerca de cuáles serían las velocidades de operación sobre los arcos que componen los respectivos paquetes de proyectos.

Para la definición de las velocidades de operación de los arcos que componen los futuros proyectos, se acogen los valores de velocidad de diseño establecidos por las normas de las PIP hasta ahora aprobadas, en donde para el caso de la PIP 12, en el Acuerdo 0713 del 6 de mayo de 2009 se establece lo siguiente¹:

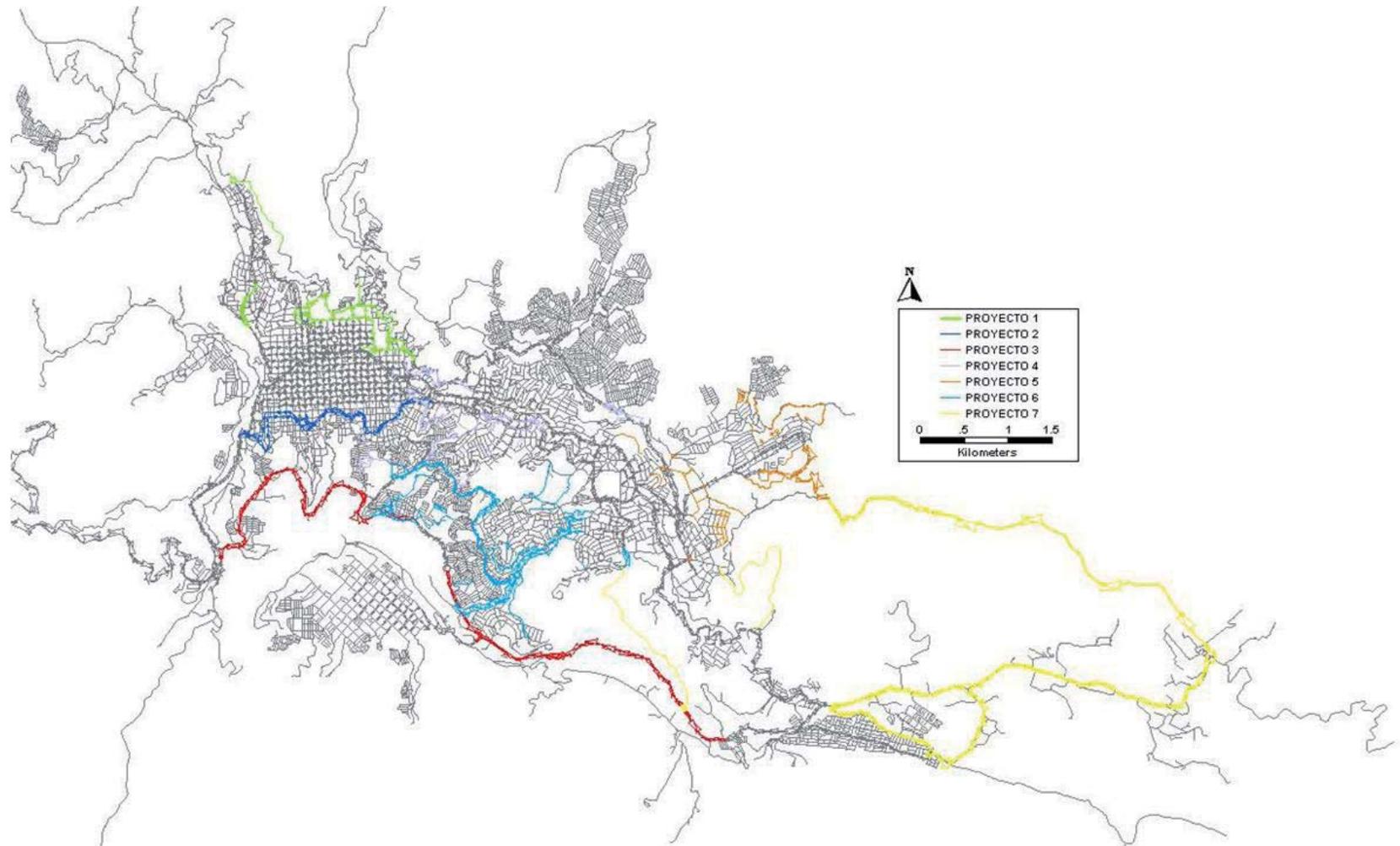
¹ Acuerdo 0713 del 6 de mayo de 2009. Normativa para la Pieza Intermedia de Planificación 12 – PIP 12. CAPITULO IV. NORMAS URBANÍSTICAS ESPECÍFICAS. Alcaldía de Manizales. Secretaría de Planeación Municipal. Artículo 118; p.103.

Tabla 3. Paquetes de proyectos de intervención de la red vial propuestos.

PAQUETE DE PROYECTOS	SUBPROYECTO	LONGITUD SUBPROYECTO	
		Km.	%
Nº1	1.1 Avenida Colón - Calle 27 Avanzada	6,6	5,4%
	1.2 Circuito Chipre	1,3	1,1%
	1.3 Conexión Avenida Colón - Villa pilar	1,4	1,1%
Nº2	2.1 Avenida Sesquicentenario	6,7	5,5%
Nº3	3.1 Variante Sur (Panamericana) - Tramo Terminal de Transportes Lusitania	10,1	8,3%
	3.2 Variante Sur (Panamericana) - Tramo Estación Uribe - Intersección la Fuente	9,4	7,7%
	4.1 Calle 48 (Via la Fuente - Barrio el Campín)	0,7	0,6%
Nº4	4.2 Par Vial Avenida Paralela (Calle 47 - Túnel de la 52)	2,0	1,6%
	4.3 Avenida Kevin Angel - Tramo Glorieta Autónoma, Caldas Motor.	1,3	1,1%
	4.4 Doble calzada Tramo Ondas de Otún - Barrio Villacarmenza	3,8	3,1%
	4.5 Tramo Subestación Marmato	0,5	0,4%
	4.6 Avenida Kevin Angel - accesos Barrio la Carola - Los Rosales	1,3	1,1%
	4.7 Restos de proyectos de la PIP10 y PIP 12	6,2	5,1%
	5.1 Glorieta Mabe - Puente de conexión a la Rambla - Glorieta Carabineros	0,5	0,4%
Nº5	5.2 Restos de proyectos PIP 5 y PIP 6	16,4	13,4%
Nº6	6.1 Conexión Palermo - Panamericana	5,0	4,1%
	6.2 Vía Ruta 30	7,5	6,1%
	6.3 Restos de los proyectos de las PIP 4 y PIP 11	9,5	7,8%
Nº7	7.1 Via Saneando - Lusitania	2,3	1,9%
	7.2 Via Glorieta Expoferias - Barrio Milán	2,4	2,0%
	7.3 Doble calzada Cerro de Oro - Maltería	11,2	9,2%
	7.4 Doble calzada puente la Libertad - Maltería	10,4	8,5%
	7.5 Doble calzada Puente la Libertad - Control busetas enea	3,4	2,8%
	7.6 Doble calzada tramo SENA-Vía al magdalena	2,4	2,0%
LONGITUD TOTAL		122,3	100,0%

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Paquetes de proyectos de intervención a la red vial propuestos para la ciudad de Manizales.



Fuente: elaboración propia.

“ARTICULO 118. VELOCIDAD DE DISEÑO

1. Para las Vías Arterias Principales 1 y 2 se debe emplear una velocidad de diseño de 80 kilómetros por hora de forma que ofrezcan un margen de seguridad para la operación vehicular que llegue a igualar el valor de la norma de circulación. Esta especificación debe manejarse con discreción y complementarse con los operativos de control policial habituales.

2. Para las vías arterias secundarias y para las vías colectoras se debe emplear una velocidad de diseño de 70 kilómetros por hora.

3. Para efectos de la norma se establece una diferencia máxima de velocidad de diseño entre los diferentes elementos del corredor vial de 20 kilómetros por hora con el fin de optimizar la selección de la velocidad de diseño a lo largo de los corredores viales e impedir la existencia de cuellos de botella o puntos críticos de seguridad.

4. Para la Av. Panamericana considerada como vía de integración se debe emplear una velocidad de diseño de 94 Km / hora y restringir en toda su longitud los pasos peatonales a nivel.

5. Para las categorías de vías locales e inferiores no es viable imponer un criterio de diseño geométrico pues sus características deben adecuarse más al esquema urbanístico para ofrecer accesibilidad a los predios. En todo caso la velocidad de diseño no podrá ser mayor de 50 Km/hora.”²

Basados en dicha normativa, para el cálculo de los vectores medios de tiempo, se cargara el grafo con los valores de la velocidad de operación de los arcos, asumiendo que la velocidad de operación de los vehículos sobre los nuevos arcos será el 85% de los valores de diseño establecidos por la norma. En la Tabla 4 se observan los valores de velocidad de diseño y velocidad media de operación asumidos para los cálculos de *Accesibilidad media* para cada uno de los proyectos que se analizan.

² Igual normativa en el Acuerdo 0714 del 12 de mayo de 2009. Normativa para la Pieza Intermedia de Planificación 10 – PIP 10. CAPITULO IV. NORMAS URBANÍSTICAS ESPECÍFICAS. Alcaldía de Manizales. Secretaría de Planeación Municipal. Artículo 107; p.105.

Tabla 4. Velocidades de diseño y operación asumidas para los proyectos de intervención vial.

CATEGORIA DE LA RED	VELOCIDAD DE DISEÑO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN
PRINCIPAL	80	68,0
SECUNDARIA	70	59,5
COLECTORA	70	59,5
LOCAL	45	38,3
SEMIPEATONAL	30	25,5
PEATONAL	2	2,0
PANAMERICANA	94	79,9

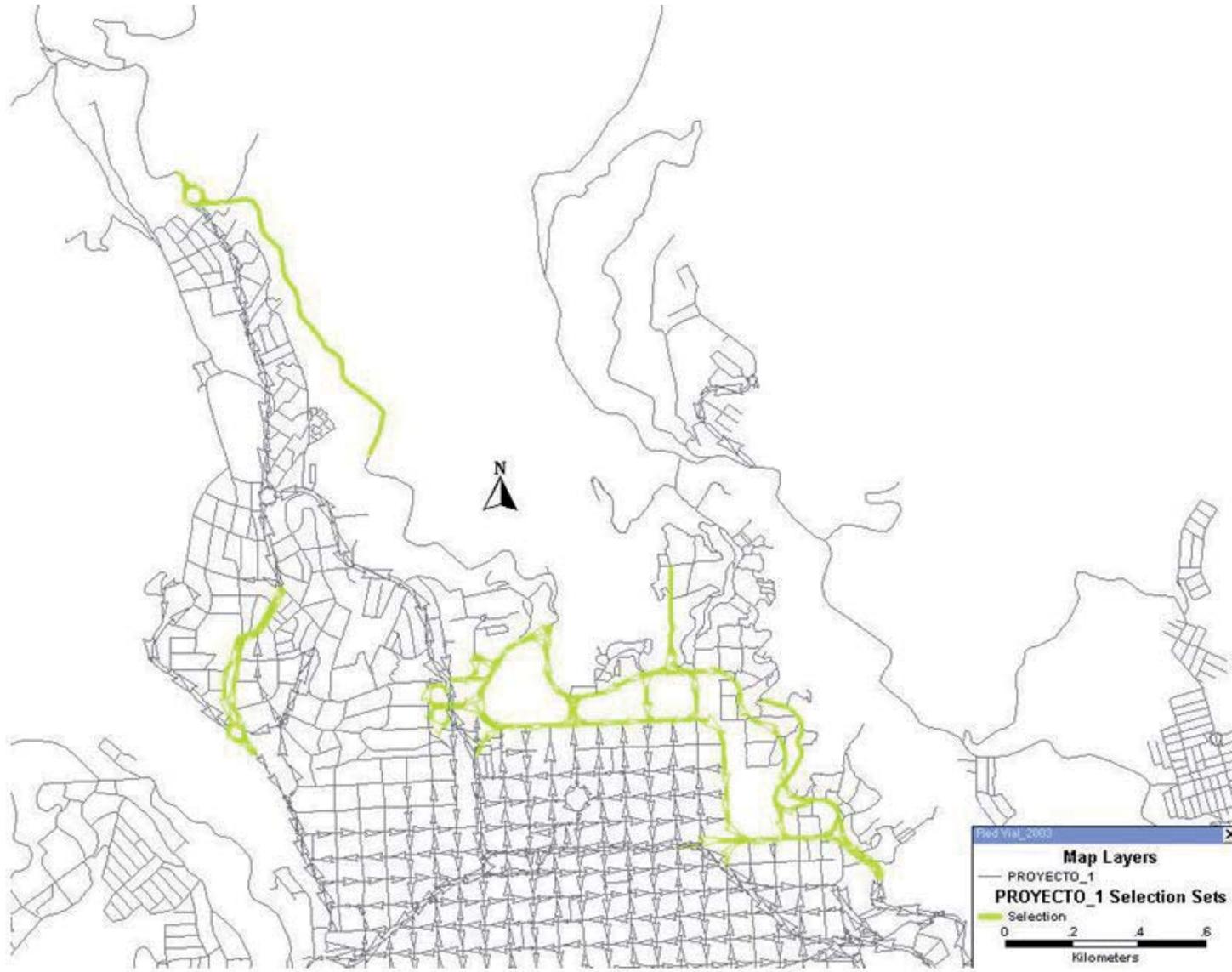
Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de *Accesibilidad media global* para cada uno de los paquetes de proyectos, los cuales son base fundamental para el análisis de priorización. La evaluación se basa en comparar las condiciones de *Accesibilidad media global actual* (Sistema) y las condiciones de accesibilidad obtenidas al realizarse cada uno de los paquetes de proyectos propuestos, mediante el estudio de gradientes de tiempos medios de viaje y la cobertura respectiva de las variables área, población y número de viviendas.

2.1.1. Paquete de proyectos N°1

El paquete de proyectos N°1 (ver Figura 9) está compuesto por las siguientes intervenciones: avenida Colón - calle 27 proyecto Avanzada, circuito Chipre y conexión avenida Colón calle 27 (La Avanzada) – barrio Villapilar. Este paquete de proyectos se ubica en el sector noroccidental de la ciudad y en conjunto suman una longitud de 9 km, representando el 8% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad. Se resalta que la avenida Colón - calle 27 proyecto Avanzada - calle 27 (La Avanzada) ya se encuentra en etapa de construcción (noviembre de 2011).

Figura 9. Paquete de proyectos N°1.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 10 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°1. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación registrada en 2011 (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de estos nuevos corredores.

Al comparar las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°1 y las curvas isócronas de la situación actual (2011), es posible observar que es sobre la región noroccidental donde se aprecia un mayor cambio en los tiempos medios de viaje, detectándose una importante expansión de las curvas de 25 a 40 minutos; así mismo, pero en menor proporción, se expande la curva de 25 minutos hacia el oriente y la curva de 30 minutos en dirección suroriente; el cambio de los tiempos medios de viaje es mínimo en los sectores oriente y sur - occidente de la ciudad.

Se aprecia que las curvas se expanden a lo largo del corredor vial occidente – oriente, siguiendo el filo de la montaña sobre la cual reposa la ciudad; así mismo se tiene que las curvas isócronas permiten identificar el impacto que genera el conjunto de proyectos, resaltándose el futuro corredor avenida Colón - calle 27 proyecto Avanzada, el cual proporcionaría una conexión directa hacia el nor - occidente de la ciudad.

En la Tabla 5 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona.

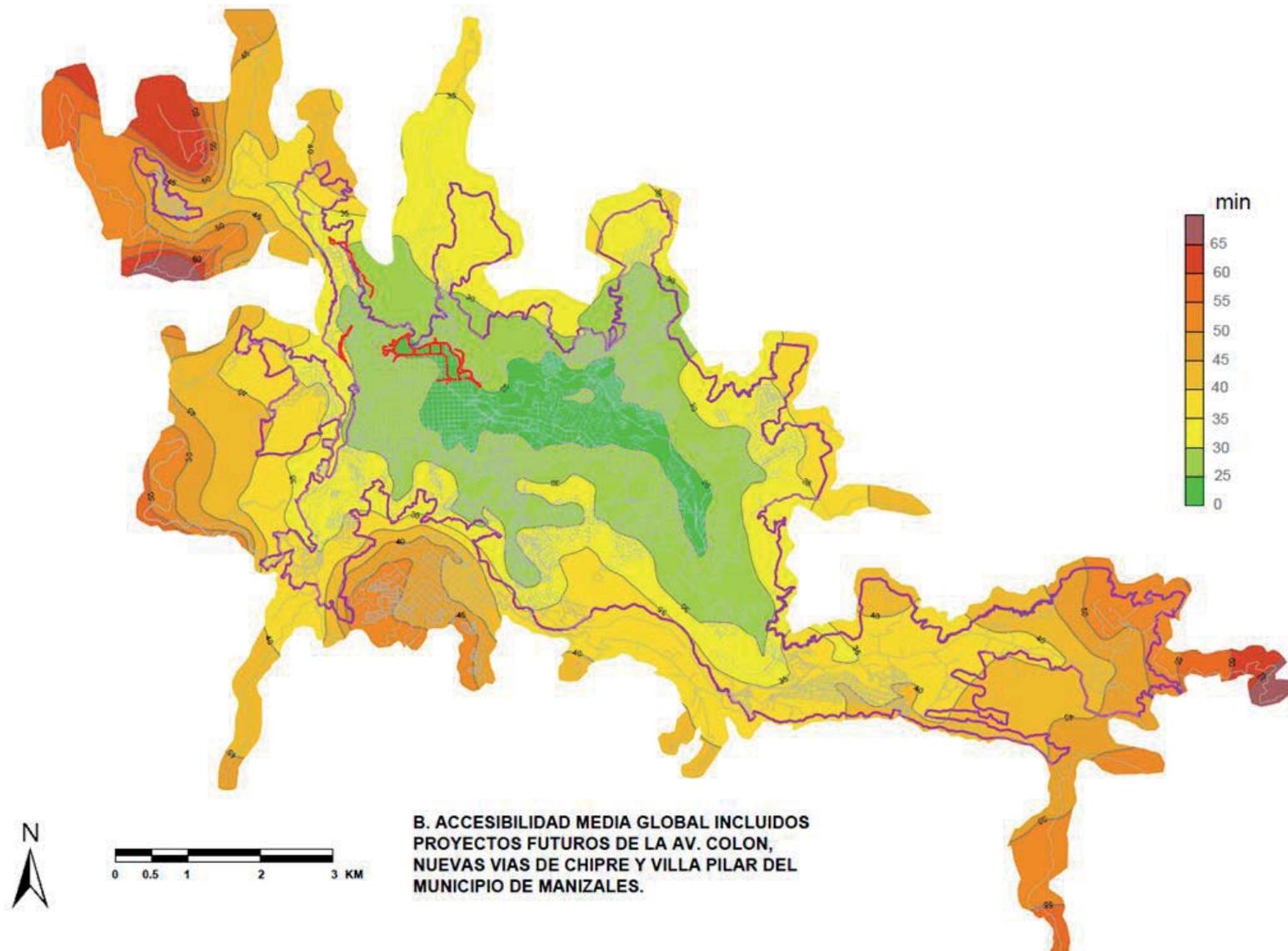
Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 33% del

Tabla 5. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°1.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	3,7	11%	69.936	19%	15.789	19%
30	11,5	33%	176.364	49%	41.346	49%
35	9,1	26%	73.659	20%	16.469	20%
40	6,5	19%	29.160	8%	7.647	9%
45	2,3	7%	9.694	3%	2.108	3%
50	1,2	3%	2.130	1%	418	0%
55	0,8	2%	479	0%	91	0%
60	0,0	0%	0	0%	0	0%
65	0,0	0%	0	0%	0	0%
70	0,0	0%	0	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°1.



Fuente: elaboración propia.

área urbana total, lo cual es un 16% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 3,7 km², representando el 10% del área urbana, valores que en la situación actual son de 2 km² y 6%, respectivamente.

Con relación al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 25 y 35 minutos, que se presenta un mayor cubrimiento de ésta, resaltándose la curva de 30 minutos con una cobertura muy cercana al 50% en ambos casos.

Realizando un análisis del porcentaje acumulado de área, población y número de viviendas cubiertas, se obtuvo que el 50% del área urbana se cubre con tiempos medios de viaje de 31 minutos aproximadamente, representando una rebaja de 1,5 minutos respecto a la situación actual; el 50% de la población y del número de viviendas se cubren con tiempos medios de viaje de 28 minutos, representando también una rebaja de 1,5 minutos respecto a la situación actual.

Es posible calcular curvas que representen el porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°1; en la Figura 11 se observan las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje.

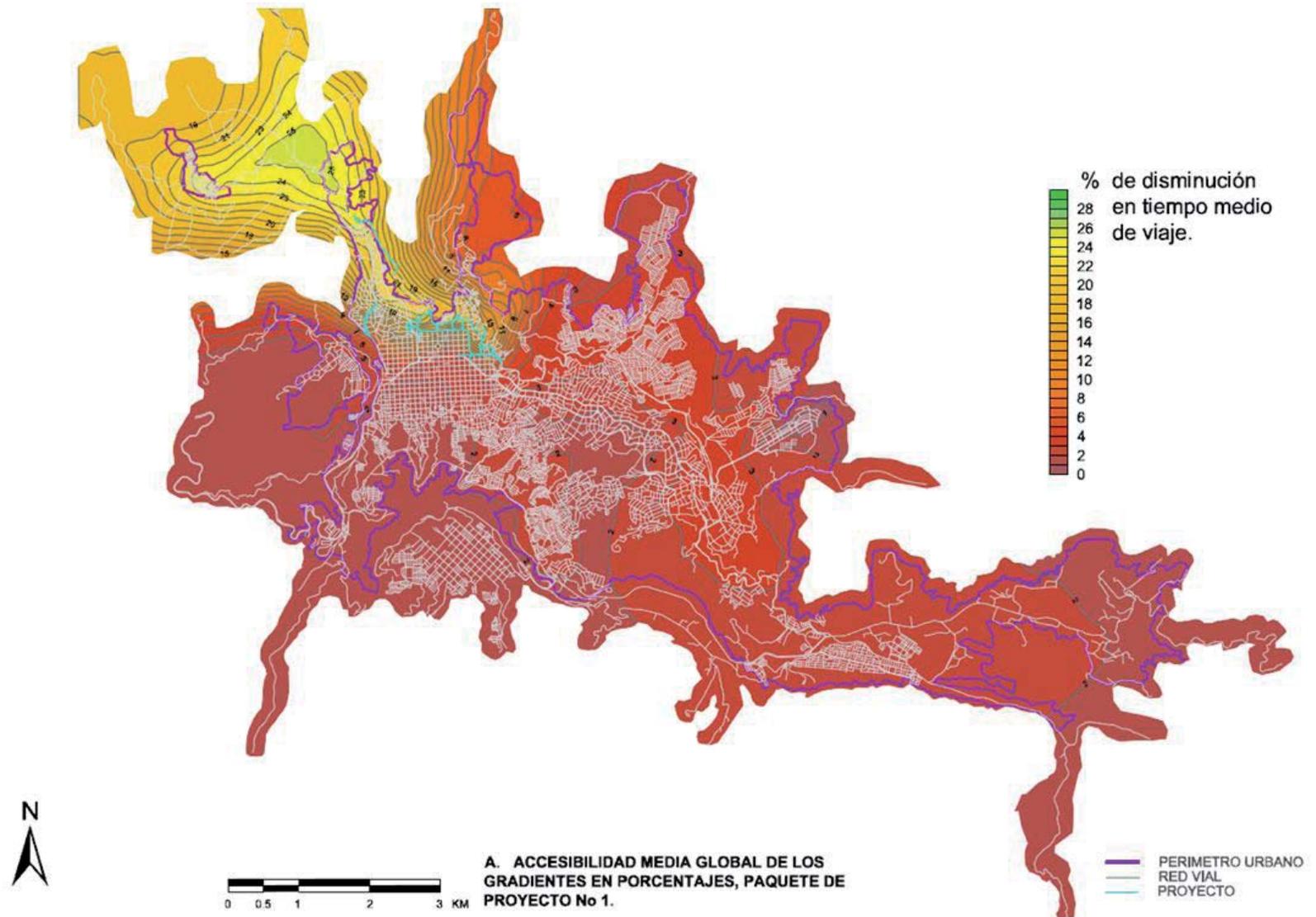
Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje, con reducciones de entre el 2% y el 25% respecto al tiempo medio de viaje en la situación actual, en la zona de ubicación de los proyectos se observan disminuciones de tiempo de entre el 5% y el 21%. Los barrios ubicados en el nor - occidente de la ciudad serían los más beneficiados, Barrios Villa Pilar y La linda.

Tabla 6. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el paquete de proyectos N°1.

CURVA (%)	ÁREACUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	0,2	1%	3.765	1%	611	1%
2	8,7	25%	81.892	23%	16.782	20%
3	14,3	41%	128.472	36%	31.010	37%
4	6,9	20%	88.198	24%	23.328	28%
5	0,4	1%	3.284	1%	797	1%
6	0,9	3%	3.160	1%	528	1%
7	0,4	1%	3.378	1%	515	1%
8	0,3	1%	2.950	1%	468	1%
9	0,3	1%	2.540	1%	418	0%
10	0,2	1%	2.394	1%	405	0%
11	0,2	1%	2.600	1%	424	1%
12	0,2	1%	2.882	1%	479	1%
13	0,1	0%	3.036	1%	496	1%
14	0,1	0%	3.382	1%	537	1%
15	0,1	0%	3.338	1%	544	1%
16	0,1	0%	2.940	1%	495	1%
17	0,1	0%	3.499	1%	582	1%
18	0,1	0%	2.168	1%	407	0%
19	0,1	0%	2.306	1%	446	1%
20	0,1	0%	2.058	1%	536	1%
21	0,2	1%	3.167	1%	895	1%
22	0,3	1%	4.470	1%	1.566	2%
23	0,2	1%	2.156	1%	643	1%
24	0,3	1%	2.766	1%	784	1%
25	0,2	1%	589	0%	154	0%
26	0,1	0%	32	0%	18	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

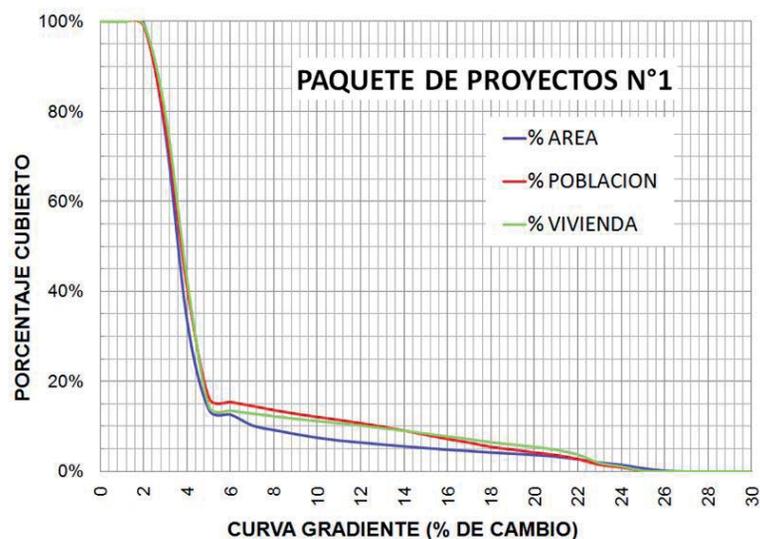
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°1.



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje - Paquete de proyectos N°1.



Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 6 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°1, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan entre el 2% y el 4% de disminución en los tiempos medios de viaje.

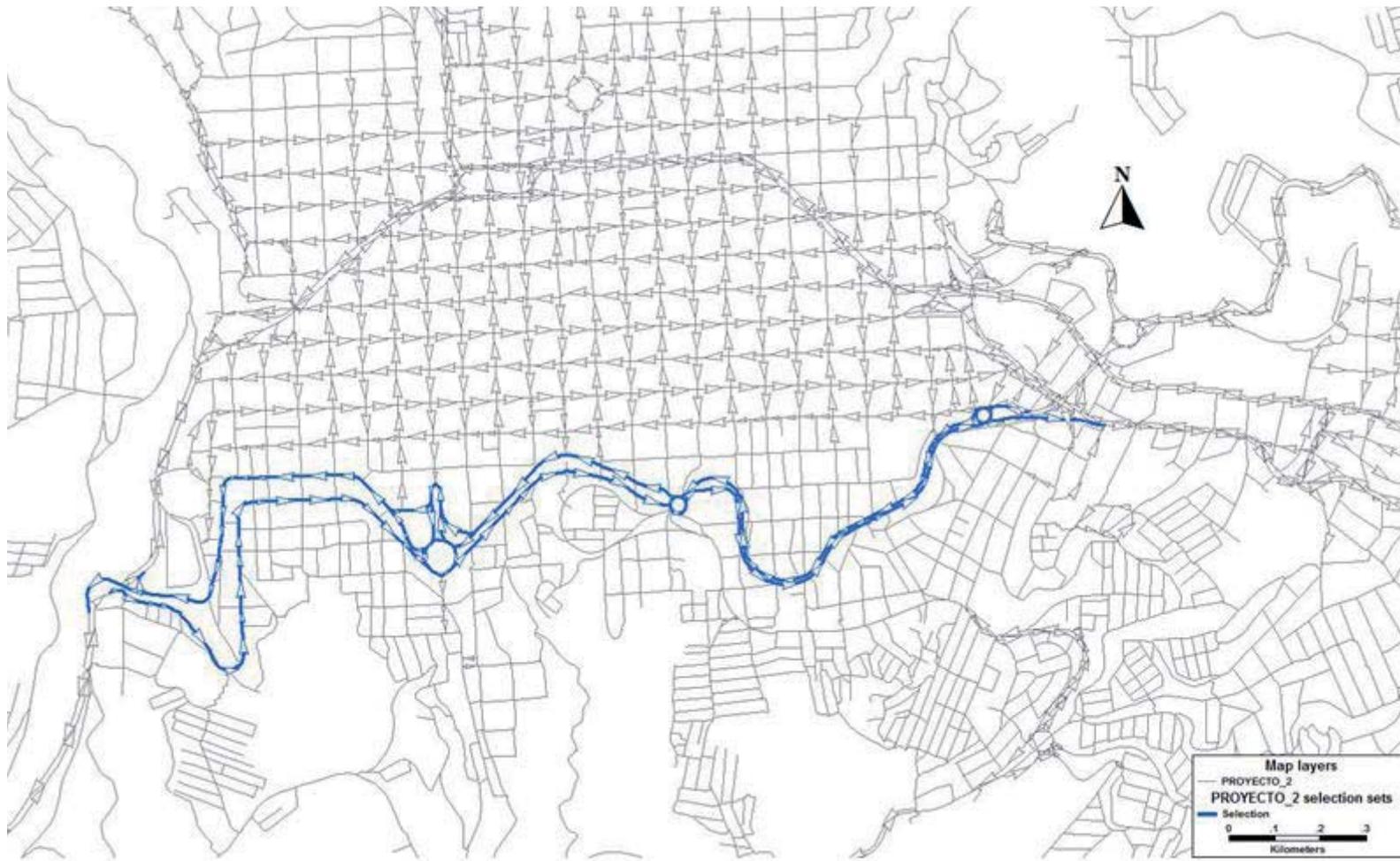
En la Figura 12 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área urbana, de la población y del número de viviendas, refiere cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 3,8% respecto a la situación actual, así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 2% en los tiempos medios de viaje; para porcentajes de cobertura de población y número de viviendas del 10%, se observa un cambio en los tiempos medios de viaje superior al 10% del tiempo medio en la situación actual.

2.1.2. Paquete de proyectos N°2

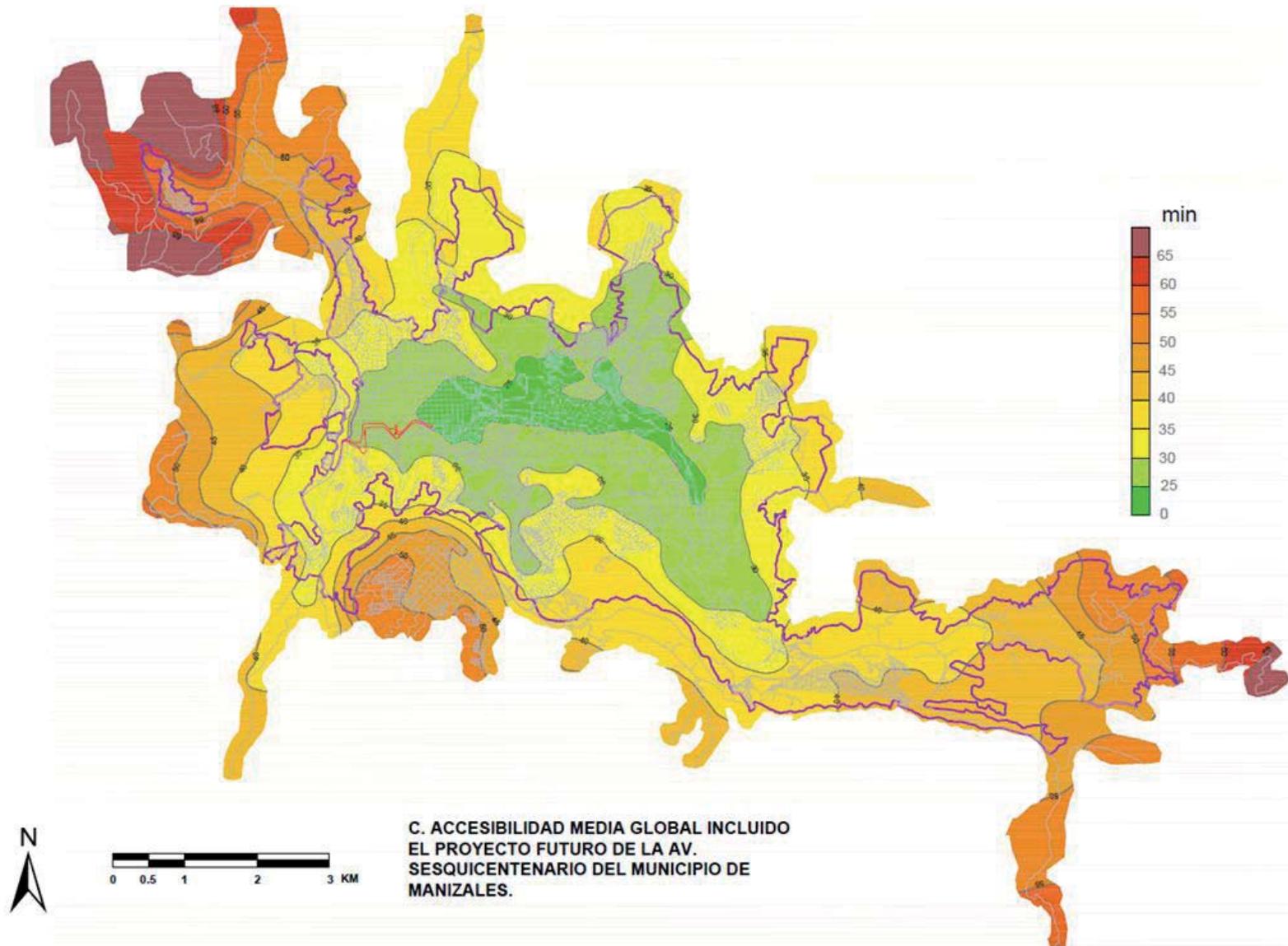
El paquete de proyectos N°2 (ver Figura 13), está compuesto por la intervención avenida Sesquicentenario, dicha infraestructura proporcionaría un corredor vial en dirección occidente – oriente y viceversa, paralelo a la actual avenida del Centro, generándose un nuevo canal de comunicación en la mencionada dirección sin necesidad de cruzar el sector céntrico de la ciudad; este paquete de proyectos se ubica al sur de la zona centro de la ciudad de Manizales,

Figura 13. Paquete de proyectos N°2.



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°2.



Fuente: elaboración propia.

posee una longitud de 7 km, representando el 6% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad.

En la Figura 14 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°2. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de este nuevo corredor.

Comparando las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°2 y las curvas isócronas de la situación actual, es posible observar que es sobre la región sur centro donde se aprecia un mayor cambio en los tiempos medios de viaje, los cambios en los sectores periféricos de la ciudad son prácticamente nulos.

En la Tabla 7 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de la construcción de la avenida Sesquicentenario.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 30% del área urbana total, lo cual es un 13% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 2,6 km², representando el 7% del área urbana, valores que en la situación actual son de 2 km² y 6%, respectivamente.

Tabla 7. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°2.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	2,6	7%	50.773	14%	11.387	14%
30	10,6	30%	158.917	44%	38.285	46%
35	9,8	28%	97.063	27%	19.682	23%
40	6,7	19%	36.623	10%	10.108	12%
45	2,9	8%	12.617	3%	3.360	4%
50	1,3	4%	1.372	0%	324	0%
55	1,1	3%	2.485	1%	479	1%
60	0,1	0%	1.308	0%	243	0%
65	0,0	0%	264	0%	0	0%
70	0,0	0%	0	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Respecto al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 30 y 35 minutos donde se presenta un mayor cubrimiento de ésta, teniéndose un mayor porcentaje de cobertura respecto a la variable área cubierta por una misma isócrona de tiempo.

Realizando un análisis del porcentaje acumulado de área, población y número de viviendas cubiertas, se obtuvo que el 50% del área urbana se cubre con tiempos medios de viaje de 32 minutos aproximadamente, representando una rebaja de medio minuto respecto a la situación actual; el 50% de la población y del número de viviendas se cubren con tiempos medios de viaje de 29 minutos, representando también una rebaja de medio minuto respecto a la situación actual.

El porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, calculado mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°2, permitió obtener las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje, las cuales se observan en la Figura 15. Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje de por lo menos un 1%, encontrando áreas con reducciones máximas del tiempo medio de viaje de 7% respecto a la situación actual, valores de reducción bajos si se comparan con los obtenidos para el paquete de proyectos N°1 (máximo del 25%); en la zona del proyecto se observan disminuciones de tiempo de hasta el 5%.

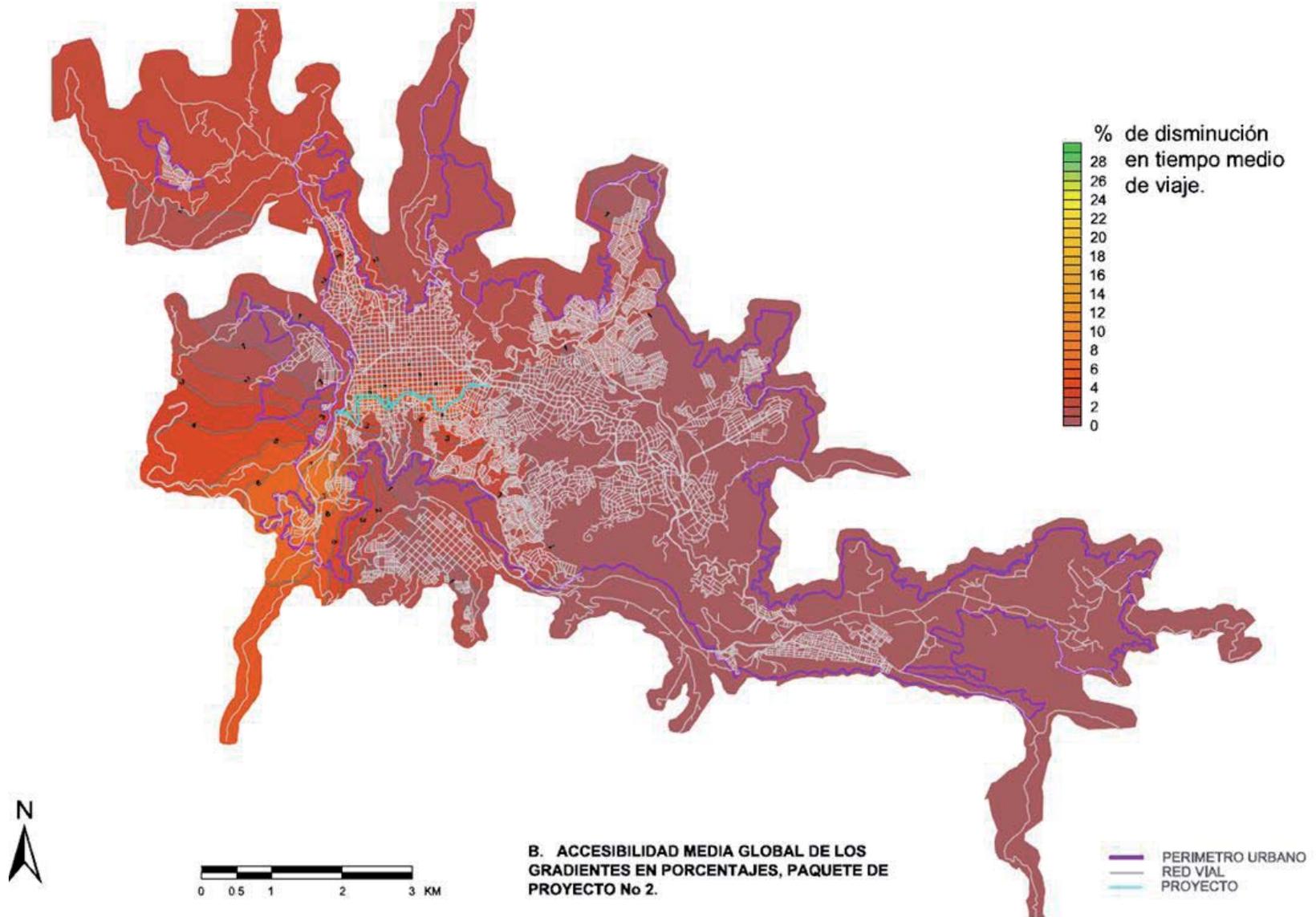
En la Tabla 8 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°2, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje del área, de la población y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Tabla 8. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°2.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	21,1	60%	142.520	39%	39.528	47%
2	8,0	23%	124.538	34%	23.792	28%
3	2,7	8%	37.727	10%	9.553	11%
4	1,0	3%	21.562	6%	4.905	6%
5	0,6	2%	12.776	4%	2.222	3%
6	0,9	3%	17.458	5%	2.946	4%
7	0,6	2%	3.542	1%	664	1%
8	0,2	1%	1.299	0%	258	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

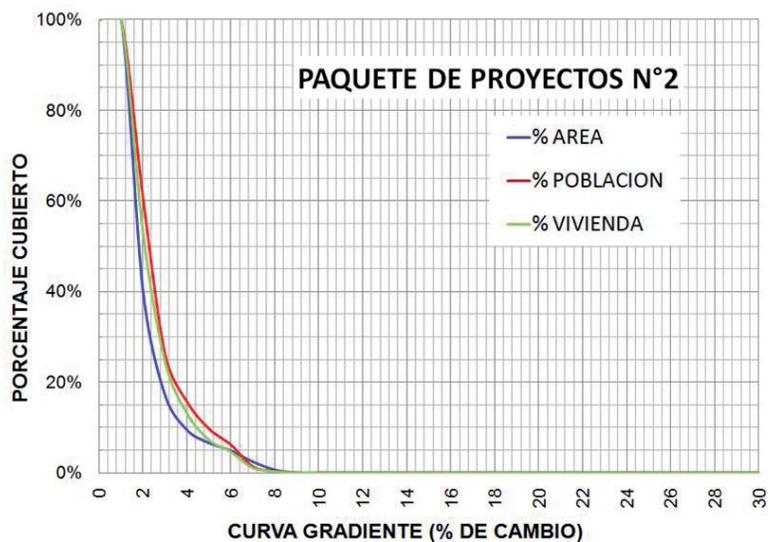
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°2.



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Paquete de proyectos N°2.



Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan entre el 1% y el 2% de disminución en los tiempos medios de viaje, valores que se encuentran por debajo de los encontrados en la evaluación del paquete de proyectos N°1.

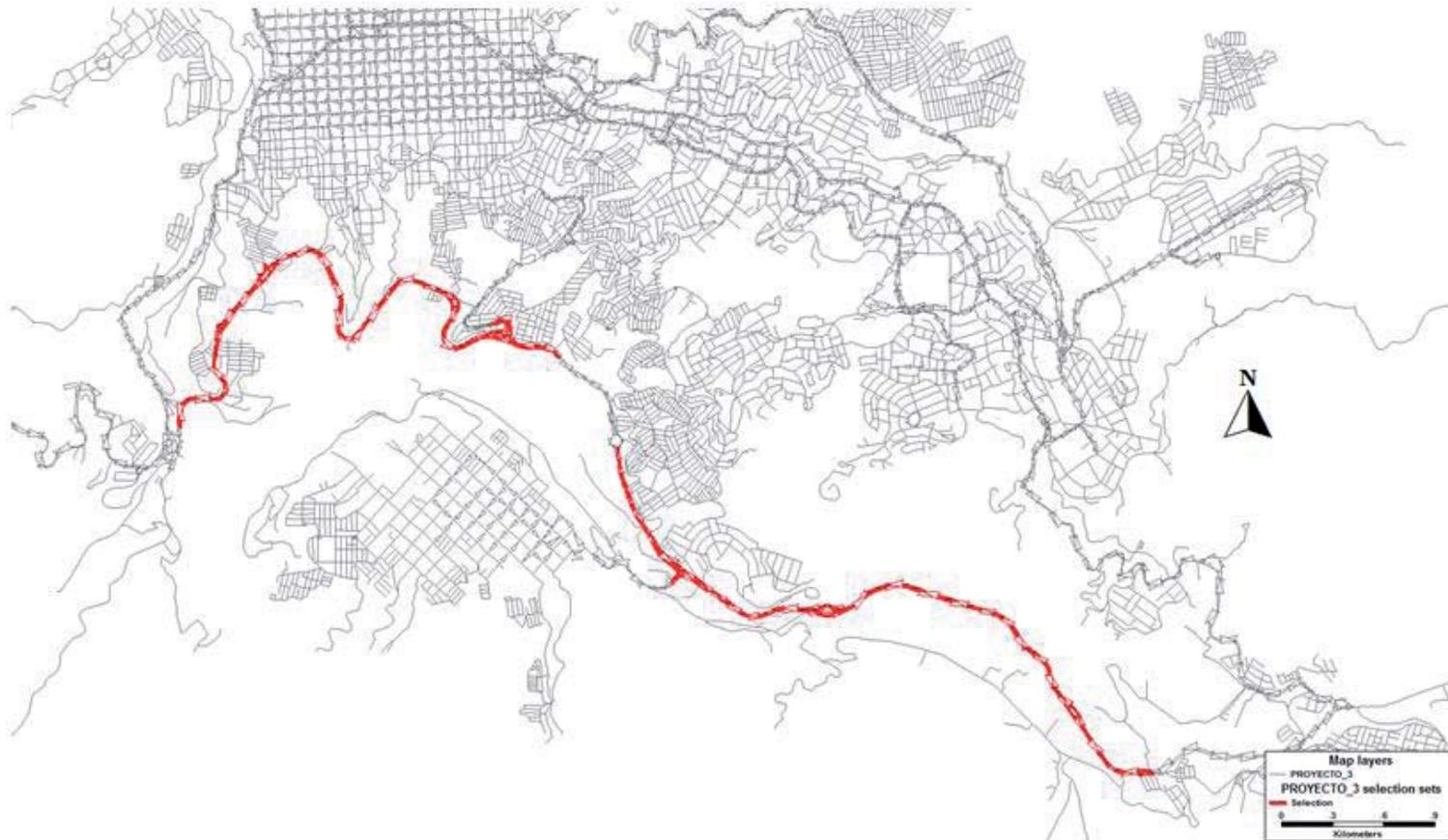
En la Figura 16 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área urbana, de la población y del número de viviendas, refiere cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 1,8% respecto a la situación actual; así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en los tiempos medios de viaje. Para porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas del 10%, se observa un cambio en los tiempos medios de viaje de entre el 4% y el 5% del tiempo medio en la situación actual, valores bajos si se comparan con los obtenidos con el paquete de proyectos N°1.

2.1.3. Paquete de proyectos N°3

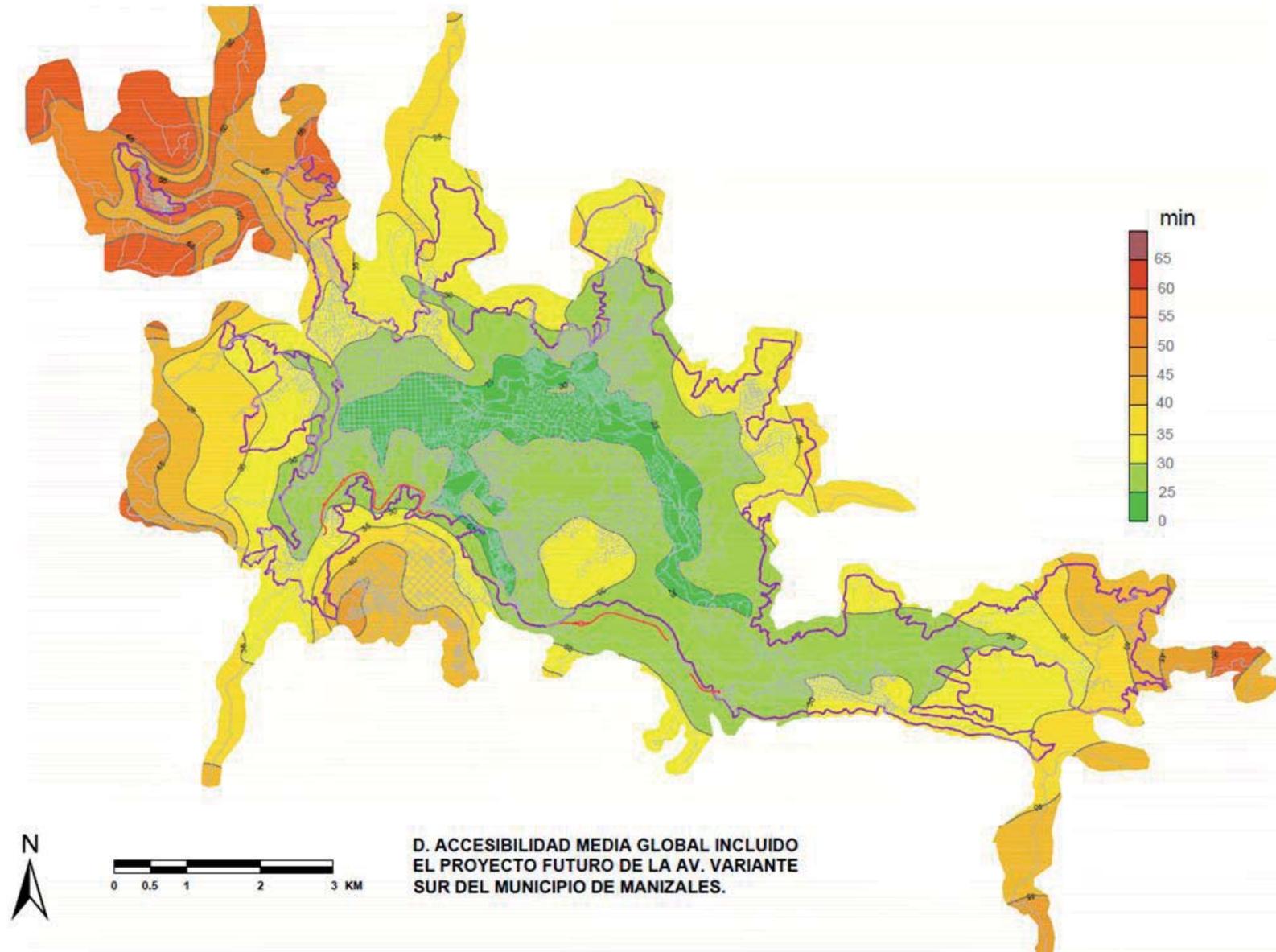
El paquete de proyectos N°3 (ver Figura 17), está compuesto por la intervención de la vía Panamericana, la cual ha sido llamada Variante sur; dicho proyecto contempla la culminación completa de la doble calzada Estación Uribe – Puente La Libertad, a lo largo del cual se incluyen tres intersecciones: intersección con la vía hacia La Fuente, Intersección con la entrada al municipio de Villamaría y una intersección sobre el antiguo barrio La Playita, según lo estipula el POT; dicha infraestructura proporcionaría un corredor vial en dirección occidente – oriente y viceversa por el sector sur de la ciudad, sirviendo de canal de movilidad para los vehículos que van de paso del oriente al occidente de la región, sin tener que cruzar directamente por el sector centro de la

Figura 17. Paquete de proyectos N°3.



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°3.



Fuente: elaboración propia.

ciudad; el proyecto posee una longitud de 19 km, representando el 17% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad.

En la Figura 18 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°3. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de este nuevo corredor. Comparando las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°3 y las curvas isócronas obtenidas en la situación actual, es posible observar que existe un impacto bastante apreciable sobre las curvas de 25 y 30 minutos, las cuales refieren un aumento amplio del área de cobertura; por otra parte, es posible establecer que la mayor influencia de esta obra se presenta a lo largo de la región sur de la ciudad, lo cual es un resultado lógico del análisis.

En la Tabla 9 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de la construcción de la doble calzada Variante sur (vía Panamericana).

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 48% del área urbana total, lo cual es un 31% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 5,5 km², representando el 16% del área urbana, valores que en la situación actual son de 2 km² y 6%, respectivamente.

Tabla 9. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°3.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(№)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	5,5	16%	96.843	27%	22.943	27%
30	16,8	48%	191.576	53%	43.279	52%
35	9,2	26%	59.362	16%	14.150	17%
40	1,9	5%	7.571	2%	2.422	3%
45	1,2	3%	2.251	1%	701	1%
50	0,2	1%	774	0%	176	0%
55	0,2	1%	2.077	1%	14	0%
60	0,1	0%	906	0%	171	0%
65	0,0	0%	62	0%	12	0%
70	0,0	0%	0	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Respecto al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 25 y 35 minutos, que se presenta un mayor cubrimiento de ésta, resaltándose la curva de 30 minutos con una cobertura superior al 50% en ambos casos.

Analizando el porcentaje acumulado de área, se obtuvo que el 50% de ésta se cubre con tiempos medios de viaje de 28,5 minutos, representando una rebaja de aproximadamente 4 minutos respecto a la situación actual; así mismo, para un 50% de cobertura de las variables población y número de viviendas, se tiene tiempos medios de viaje de 27 minutos aproximadamente, representando una rebaja en los tiempos medios de viaje de aproximadamente 2,5 minutos respecto a la situación actual, para estas variables.

El porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, calculado mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°3, permitió obtener las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje que se observan en la Figura 19.

Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje de por lo menos un 3%, encontrando áreas con reducciones máximas del tiempo medio de viaje de hasta un 28% respecto a la situación actual, valores de reducción semejantes a los obtenidos para el paquete de proyectos N°1 (máximo del 25%) y bastante superiores a los obtenidos con el paquete de proyectos N°2 (máximo 7%); en la zona del proyecto se observan disminuciones de tiempo de entre el 15% y el 28%.

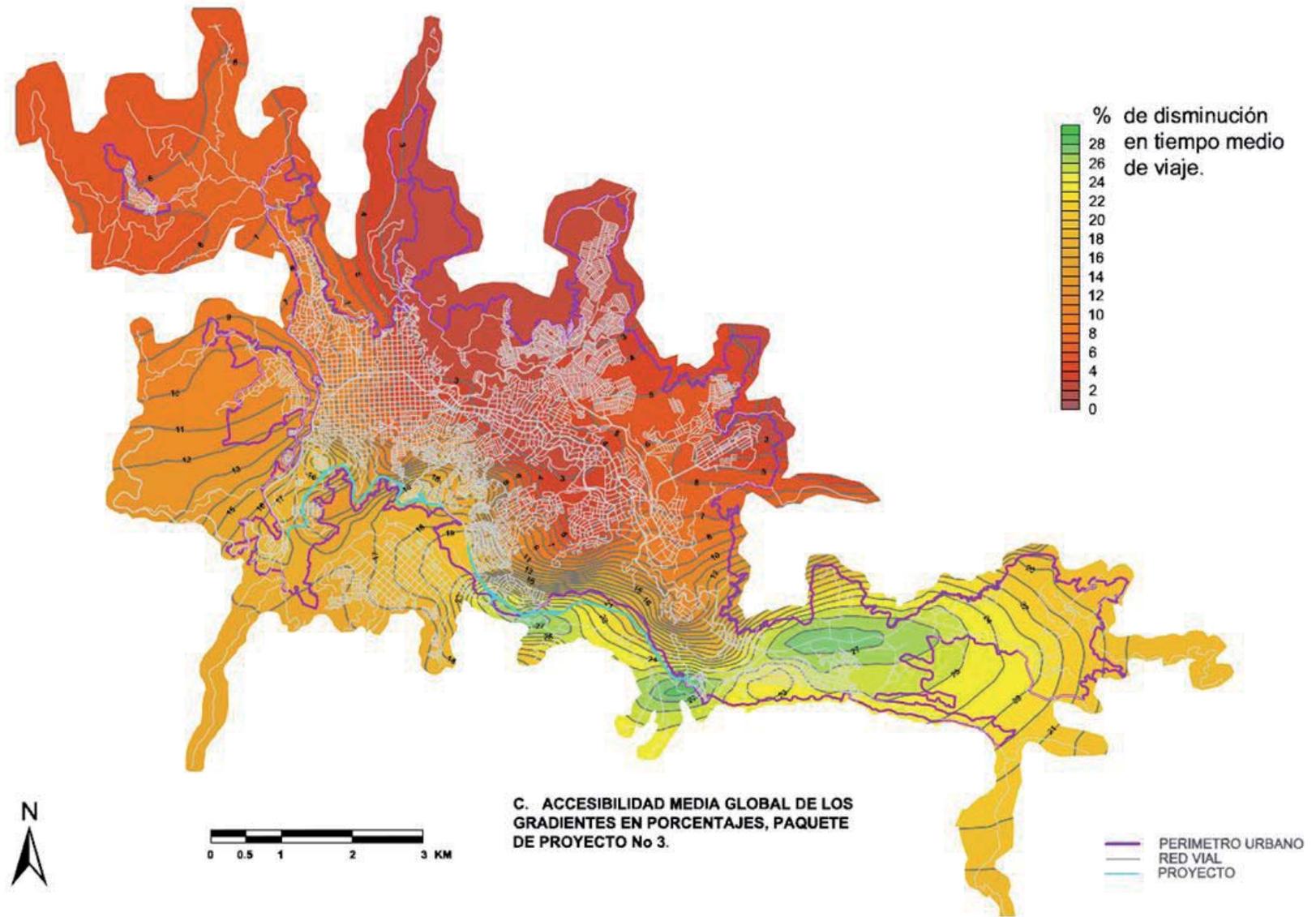
En la Tabla 10 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°3, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje del área, de la población y del número

Tabla 10. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°3.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
3	5,8	17%	64.088	18%	14.877	18%
4	2,7	8%	47.233	13%	10.850	13%
5	2,3	7%	33.025	9%	8.015	10%
6	2,7	8%	29.050	8%	6.630	8%
7	1,9	5%	18.769	5%	4.533	5%
8	1,8	5%	28.930	8%	7.505	9%
9	1,5	4%	28.007	8%	6.679	8%
10	0,9	3%	12.276	3%	2.770	3%
11	1,4	4%	12.663	4%	3.049	4%
12	0,9	3%	10.461	3%	2.310	3%
13	0,6	2%	7.623	2%	1.509	2%
14	0,6	2%	7.161	2%	1.347	2%
15	0,7	2%	6.580	2%	1.391	2%
16	0,7	2%	6.564	2%	1.397	2%
17	1,1	3%	7.584	2%	1.641	2%
18	0,9	3%	6.194	2%	1.272	2%
19	0,5	1%	4.756	1%	1.011	1%
20	0,8	2%	5.355	1%	1.109	1%
21	0,8	2%	893	0%	234	0%
22	0,7	2%	785	0%	212	0%
23	0,8	2%	1.557	0%	388	0%
24	0,9	3%	3.959	1%	905	1%
25	1,2	3%	7.796	2%	1.726	2%
26	1,4	4%	5.814	2%	1.354	2%
27	1,1	3%	3.141	1%	829	1%
28	0,4	1%	961	0%	274	0%
29	0,0	0%	197	0%	51	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°3.



Fuente: elaboración propia.

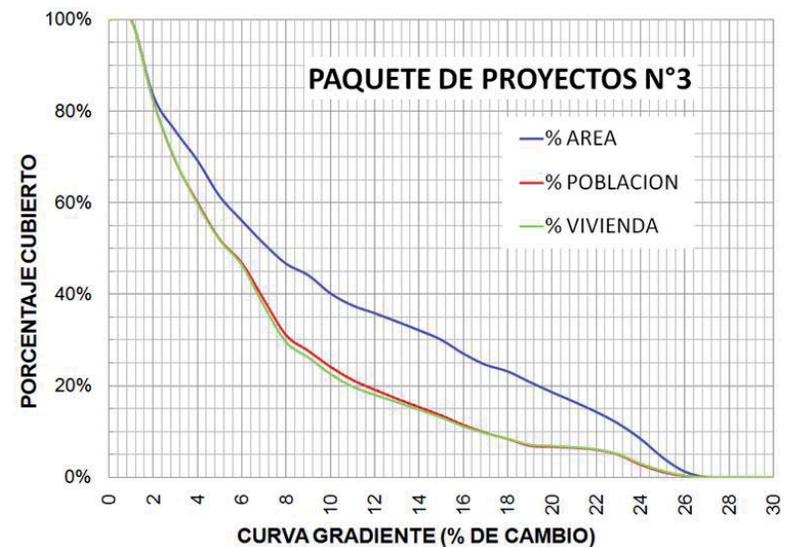
de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan entre el 3% y el 6% de disminución en los tiempos medios de viaje, valores que se encuentran por encima de los encontrados para los paquetes de proyectos N°1 y 2. Para las variables población y número de viviendas cubiertas, se encuentran porcentajes de cobertura de hasta el 8% para cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 9% respecto a la situación actual.

En la Figura 20 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área urbana, refiere cambios en los tiempos medios de viaje de hasta un 7,2% menores que en la situación actual. Con relación a las variables población y número de viviendas se presentarían cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 5,2% respecto a la situación actual; así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en los tiempos medios de viaje. Para porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas del 10%, se observa un cambio en los tiempos medios de viaje de entre el 17% y el 24% del tiempo medio en la situación actual, valores superiores a los obtenidos para los paquetes de proyectos N°1 y 2.

Figura 20. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Paquete de proyectos N°3.



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Paquete de proyectos N°4

El paquete de proyectos N°4 (ver Figura 21), está compuesto por la intervenciones viales propuestas para las PIP 10 y PIP 12, por la intersección en el túnel de la calle 52, por la intersección avenida Kevin Ángel – acceso al barrio La Carola y por la intervención en la glorieta de la Universidad Autónoma y sector Fundadores.

Entre los proyectos se contempla la culminación completa de la doble calzada Panamericana – Ondas de Otún, y el anillo vial sobre la avenida Paralela entre las calles 45 y 52. Las infraestructuras propuestas se expanden en el centro geográfico de la ciudad, impactando la comunicación en todas las direcciones. Los proyectos en conjunto acumulan una longitud de 16 km, representando el 13% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad.

En la Figura 22 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°4. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de esta nueva infraestructura. Comparando las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°4 y las curvas isócronas obtenidas en la situación actual, es posible observar que el mayor cambio lo refieren las curvas de 25 y 30 minutos, las cuales refieren un aumento del área de cobertura sobretudo en dirección sur - norte; por otra parte, se observa que los cambios en las zonas periféricas de la ciudad son bajos.

En la Tabla 11 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el

caso de las intervenciones propuesta en el paquete de proyectos N°4.

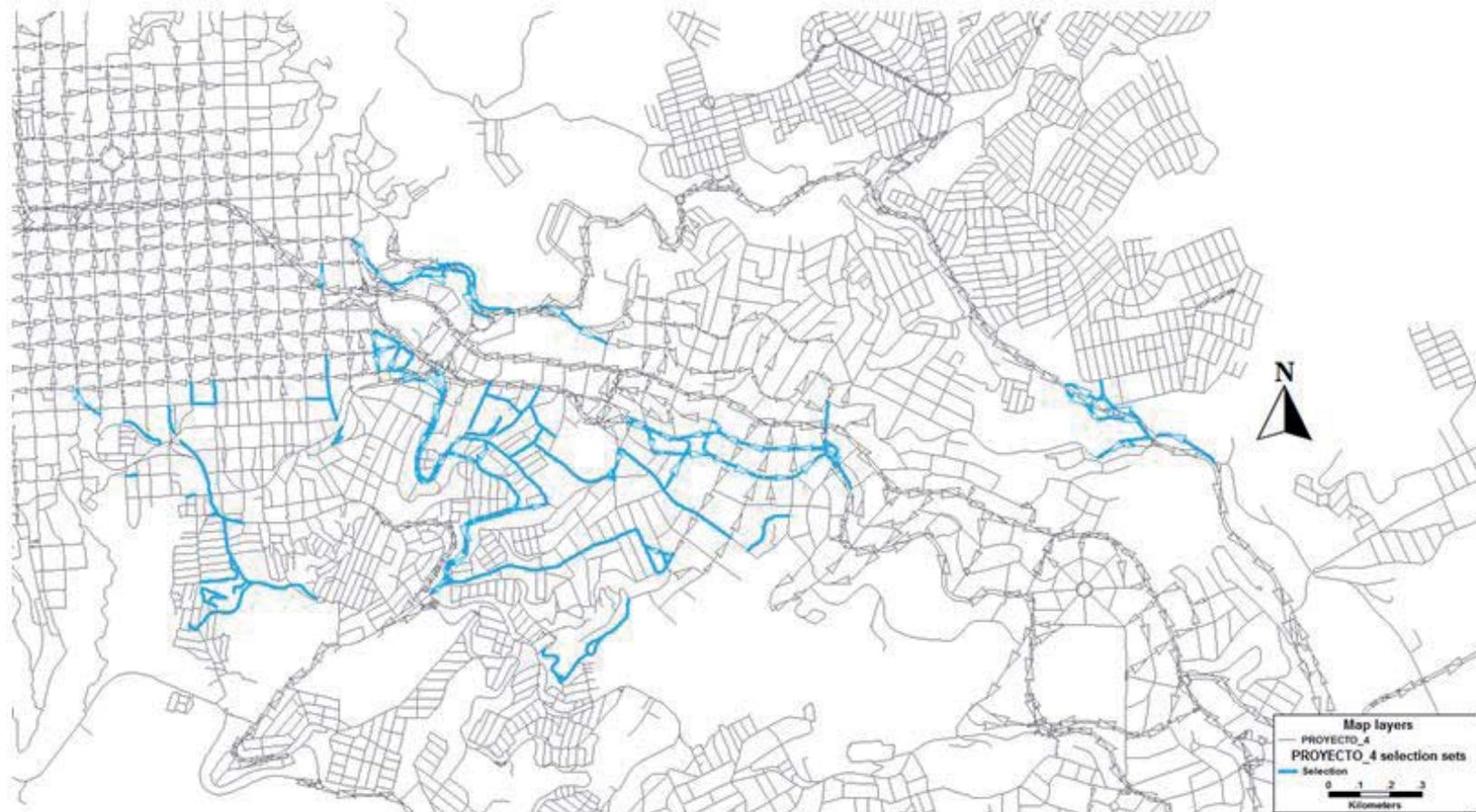
Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 31% del área urbana total, lo cual es un 14% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 4,3 km², representando el 12% del área urbana, valores que en la situación actual son de 2 km² y 6%, respectivamente.

Respecto al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 25 y 35 minutos donde se presenta un mayor cubrimiento de ésta, resaltándose la curva de 30 minutos con una cobertura superior al 40% en ambos casos.

Analizando el porcentaje acumulado de área, se obtuvo que el 50% de ésta se cubre con tiempos medios de viaje de 31,5 minutos, representando una rebaja de aproximadamente 1 minuto respecto a la situación actual; así mismo, para un 50% de cobertura de las variables población y número de viviendas, se tiene tiempos medios de viaje de 28 minutos aproximadamente, representando una rebaja en los tiempos medios de viaje de aproximadamente 1,5 minutos respecto a la situación actual, para estas variables.

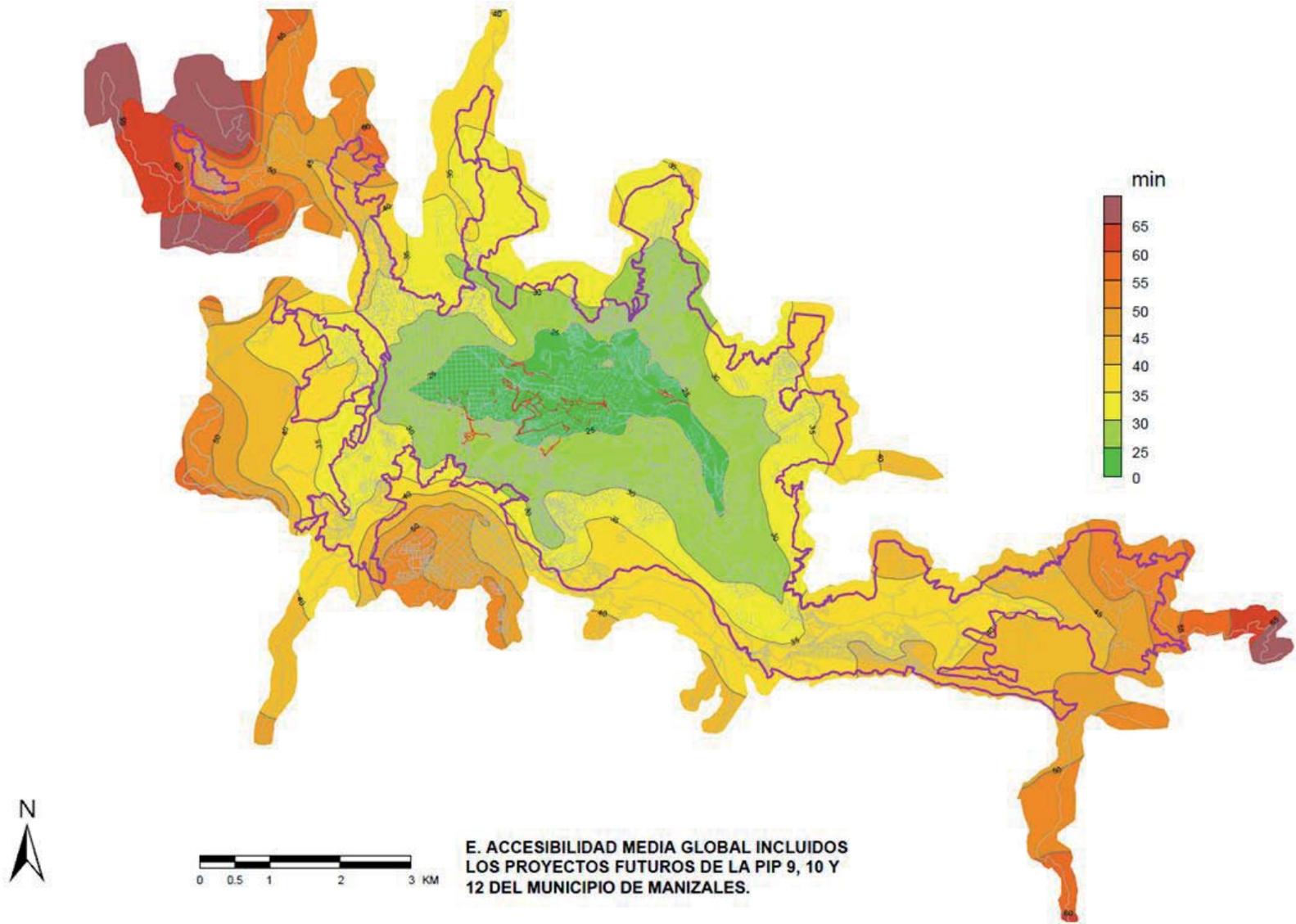
El porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, calculado mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°4, permitió obtener las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje que se observan en la Figura 23.

Figura 21. Paquete de proyectos N°4.



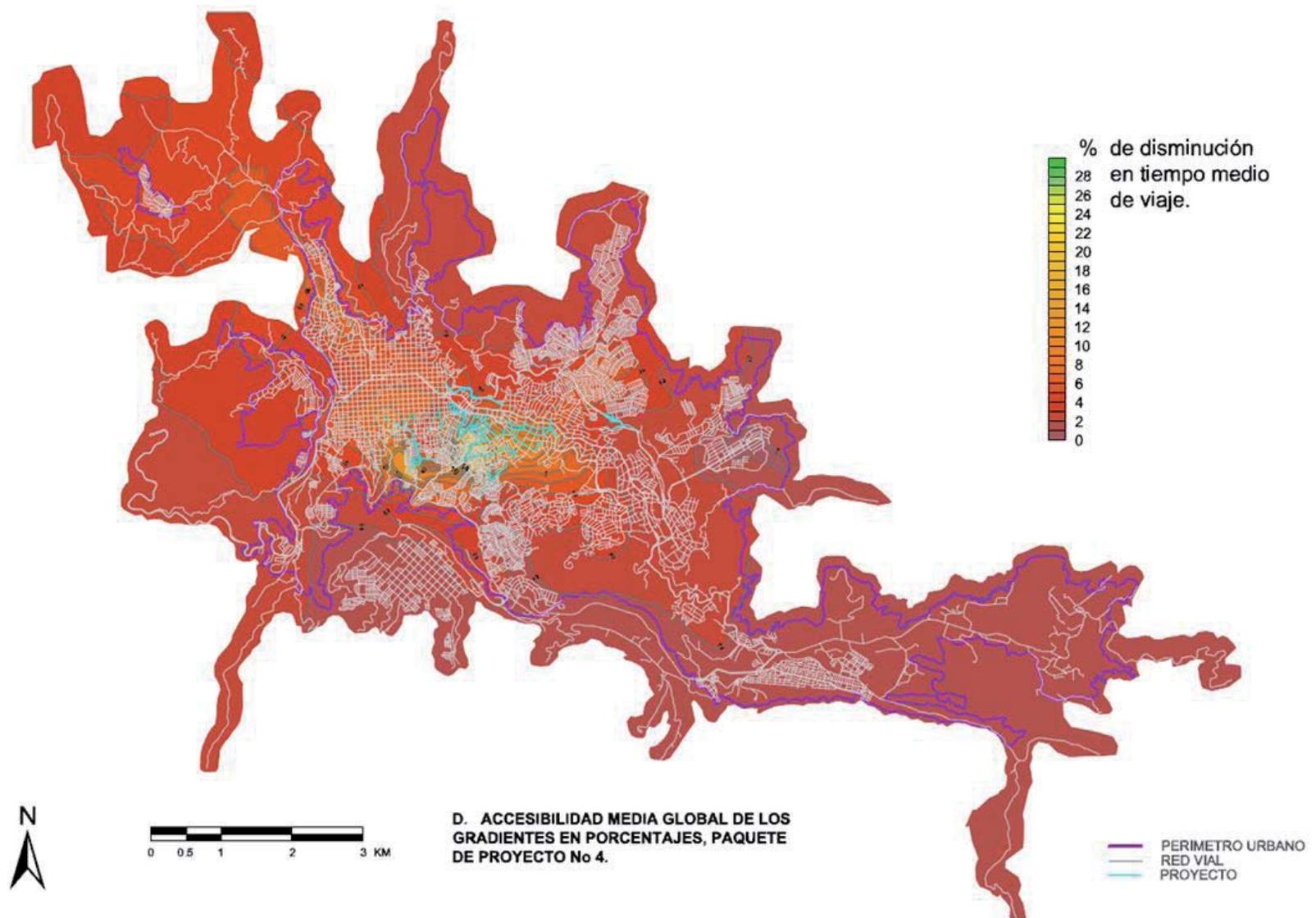
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°4.



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°4.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°4.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	4,3	12%	85.517	24%	19.744	24%
30	10,8	31%	155.576	43%	35.809	43%
35	8,4	24%	70.638	20%	15.229	18%
40	6,5	19%	33.397	9%	9.186	11%
45	2,5	7%	10.857	3%	2.813	3%
50	1,3	4%	1.336	0%	309	0%
55	1,2	3%	2.857	1%	546	1%
60	0,1	0%	1.043	0%	195	0%
65	0,0	0%	201	0%	37	0%
70	0,0	0%	0	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje de por lo menos un 1%, encontrando áreas con reducciones máximas del tiempo medio de viaje de hasta un 14% respecto a la situación actual, valores de reducción menores a los obtenidos para el paquete de proyectos N°1 (máximo del 25%) y N°3 (máximo 28%) y mayores a los obtenidos con el paquete de proyectos N°2 (máximo 7%); en la zona del proyecto se observan disminuciones de tiempo de entre el 4% y el 28%.

En la Tabla 12 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°4, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje del área, de la población y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan entre el 2% y el 6% de disminución en los tiempos medios de viaje, valores que se encuentran por encima de los encontrados para los paquetes de proyectos N°1 y 2 y semejantes a los alcanzados por el paquete de proyectos N°3.

En la Figura 24 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área urbana refiere cambios en los tiempos medios de viaje de hasta un 3,7% menores que en la situación actual; con relación a las variables población y número de viviendas se presentarían cambios en los tiempos medios de viaje de entre el 4,5 y 5% respecto a la situación actual; así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 2% en los tiempos

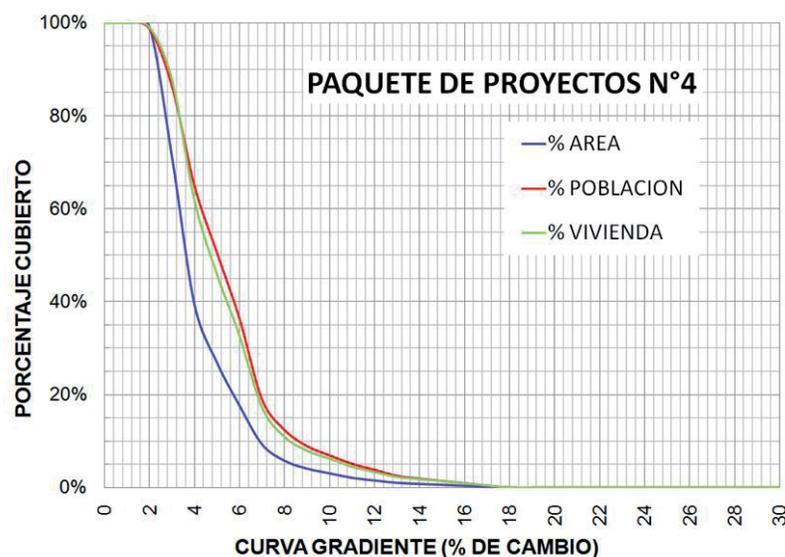
Tabla 12. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°4.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	0,3	1%	4.844	1%	793	1%
2	9,8	28%	44.640	12%	9.490	11%
3	11,1	32%	77.455	21%	21.785	26%
4	4,3	12%	52.130	14%	13.354	16%
5	3,3	9%	51.127	14%	11.046	13%
6	2,9	8%	62.852	17%	12.949	15%
7	1,2	3%	23.680	7%	5.302	6%
8	0,6	2%	12.554	3%	2.502	3%
9	0,4	1%	7.161	2%	1.429	2%
10	0,3	1%	6.592	2%	1.455	2%
11	0,2	1%	4.564	1%	954	1%
12	0,2	1%	4.817	1%	892	1%
13	0,1	0%	2.072	1%	399	0%
14	0,1	0%	1.762	0%	354	0%
15	0,1	0%	1.730	0%	375	0%
16	0,1	0%	1.924	1%	438	1%
17	0,1	0%	1.445	0%	332	0%
18	0,0	0%	73	0%	19	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

medios de viaje. Para porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas del 10%, se observa un cambio en los tiempos medios de viaje de entre el 7% y el 9% del tiempo medio en la situación actual, valores inferiores a los obtenidos por el paquete de proyectos N°3, superiores a los obtenidos para el paquete de proyectos N°2 y semejantes a los obtenidos por el paquete de proyectos N°1.

Figura 24. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Paquete de proyectos N°4.



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Paquete de proyectos N°5

El paquete de proyectos N°5 (ver Figura 25) está compuesto por las intervenciones viales propuestas para las PIP 5 y PIP 6. Los proyectos se ubican en el sector nor - occidental de la ciudad y entre ellos se contempla la construcción de nuevas vías de la red estructurante, así como la culminación de la doble calzada que proporciona acceso al barrio Bosques de Niza. Los proyectos en conjunto acumulan una longitud de 17 km, representando el 14% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad.

En la Figura 26 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°5. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de esta nueva infraestructura.

Comparando las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°5 y las curvas isócronas obtenidas en la situación actual, es posible observar que no se presentan cambios tan significativos como en los anteriores paquetes de proyectos, no obstante se observa que la curva de 30 minutos refiere un aumento del área de cobertura; por otra parte, se observa que los cambios en las zonas periféricas de la ciudad son bajos.

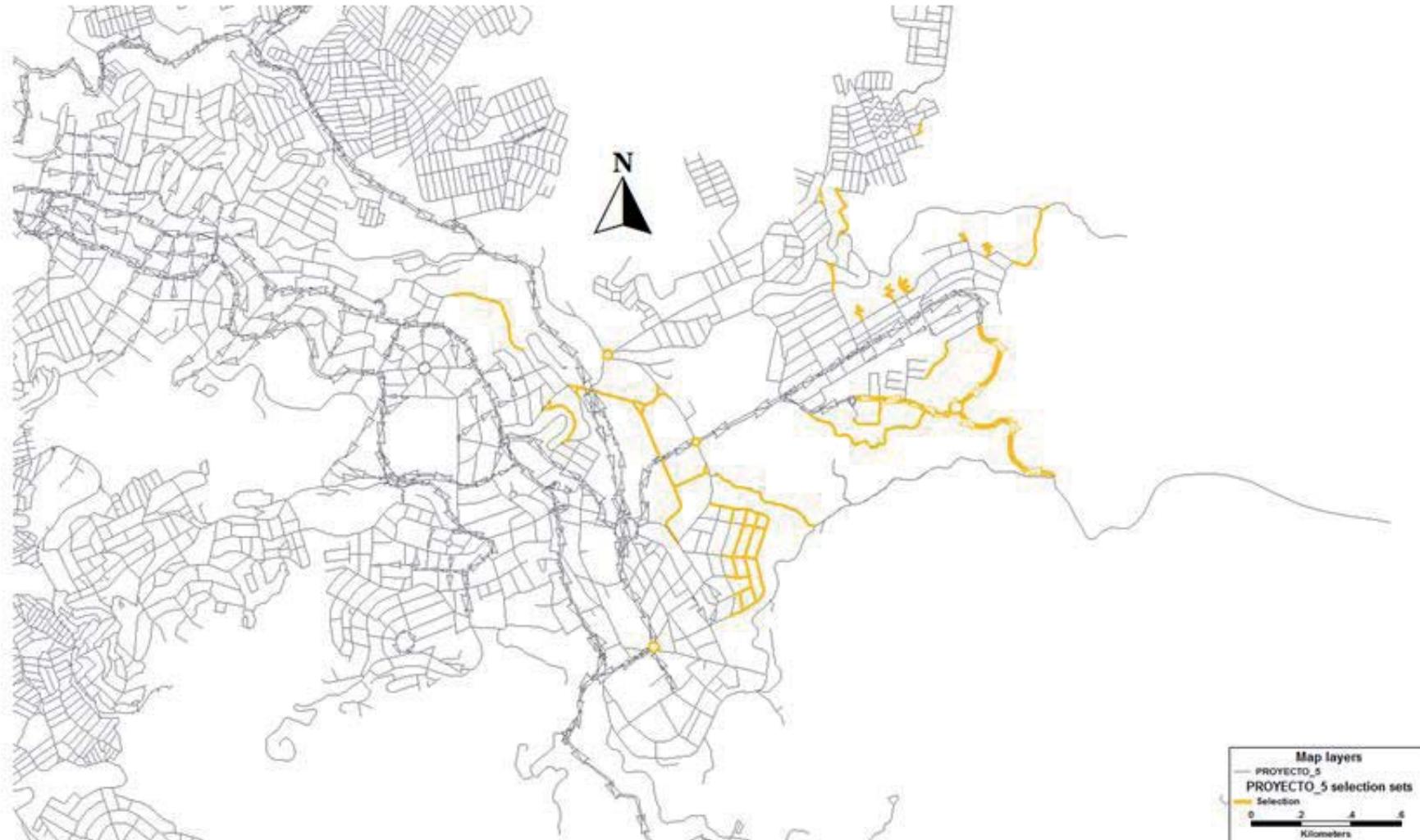
En la Tabla 13 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de las intervenciones propuesta en el paquete de proyectos N°5.

Tabla 13. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°5.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	2,0	6%	32.868	9%	7.934	9%
30	10,8	31%	164.809	46%	39.563	47%
35	9,5	27%	106.614	29%	21.002	25%
40	6,8	19%	36.816	10%	10.318	12%
45	3,2	9%	14.246	4%	3.810	5%
50	1,3	4%	1.876	1%	438	1%
55	1,3	4%	2.448	1%	474	1%
60	0,2	1%	1.408	0%	265	0%
65	0,0	0%	337	0%	64	0%
70	0,0	0%	0	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

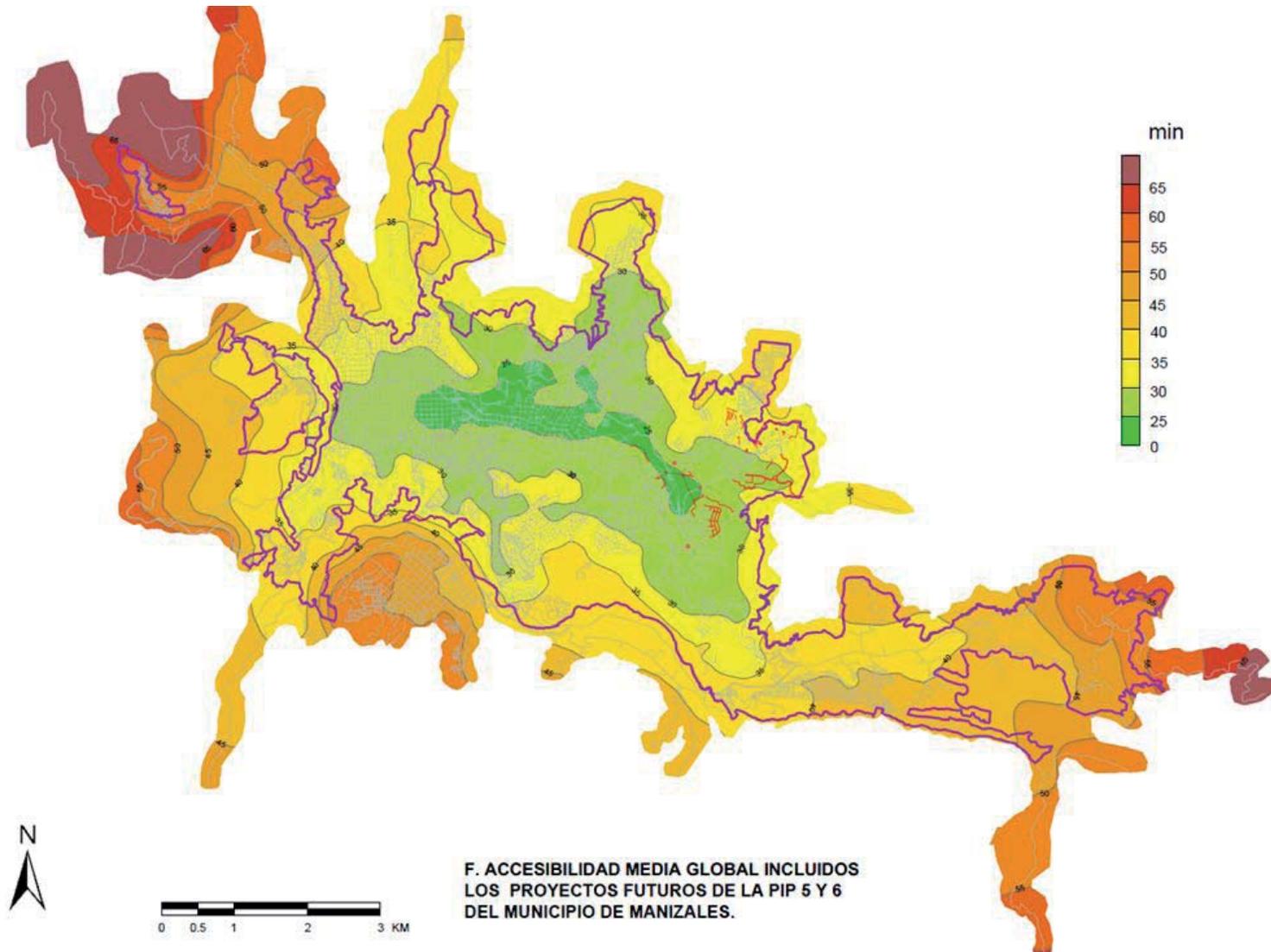
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Paquete de proyectos N°5.



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°5.



Fuente: elaboración propia.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 31% del área urbana total, lo cual es un 14% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, es prácticamente la misma que en la situación actual. Respecto al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 30 y 35 minutos, que se presenta un mayor cubrimiento de ésta, resaltándose la curva de 30 minutos con una cobertura superior al 40% en ambos casos.

Analizando el porcentaje acumulado de área, se obtuvo que el 50% de ésta se cubre con tiempos medios de viaje de 32,5 minutos, igual valor que en la situación actual; así mismo, para un 50% de cobertura de las variables población y número de viviendas, se tiene tiempos medios de viaje de 29,5 minutos aproximadamente, igual al valor obtenido para la situación actual. Lo anterior indica que los proyectos generarían una redistribución de las áreas de cobertura para determinados tiempos medios de viajes, no obstante no se obtendrían unas ganancias apreciables de tiempo medio de viaje.

El porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, calculado mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°5, permitió obtener las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje que se observan en la Figura 27.

Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje de por lo menos un 1%, encontrando áreas con reducciones máximas del tiempo medio de viaje de hasta un 10% respecto a la situación actual, valores de reducción menores a los

obtenidos para el paquete de proyectos N°1 (máximo del 25%), N°3 (máximo 28%) y N°4 (máximo 14%) y mayores a los obtenidos con el paquete de proyectos N°2 (máximo 7%); en la zona del proyecto se observan disminuciones de tiempo de entre el 1% y el 10%.

En la Tabla 14 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°5, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje del área, de la población y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

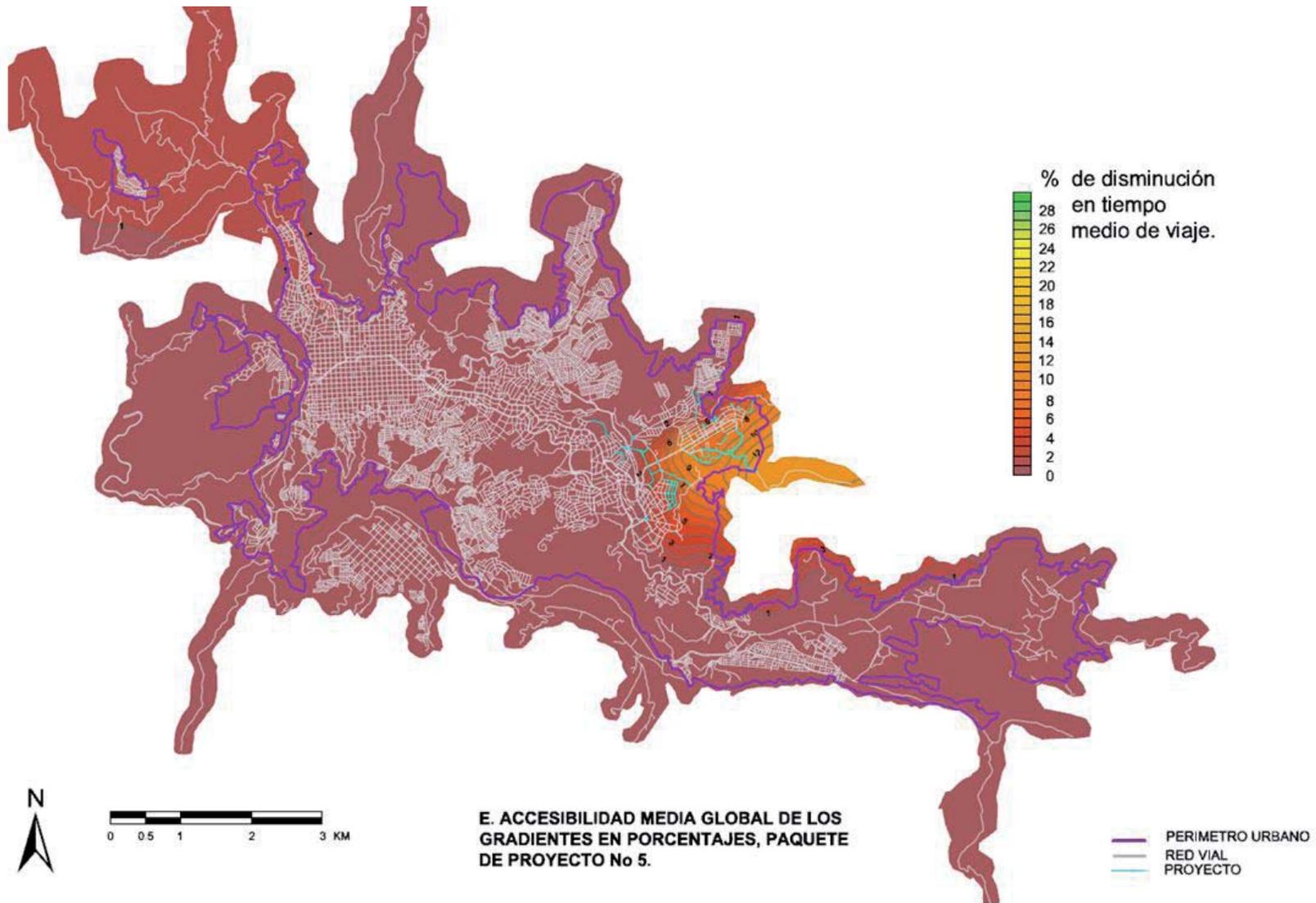
Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan para el 1% de disminución en los tiempos medios de viaje, lo cual evidencia que el impacto que generarían estas intervenciones son bastante menores a las que imprimirían los paquetes de proyectos ya analizados.

Se resalta que para una disminución del 1% en los tiempos medios de viaje, las coberturas de área, población y número de viviendas son superiores al 87%, mostrando entonces que es apenas un 13% de las anteriores variables que referirían mejoras en los tiempos medios de viajes superiores al 1% del tiempo medio de viaje actual.

En la Figura 28 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área, población y número de viviendas urbanas, refieren cambios en los tiempos medios de viaje de hasta un 1,5% menores que en la situación actual; así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en

Figura 27. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°5.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°5.

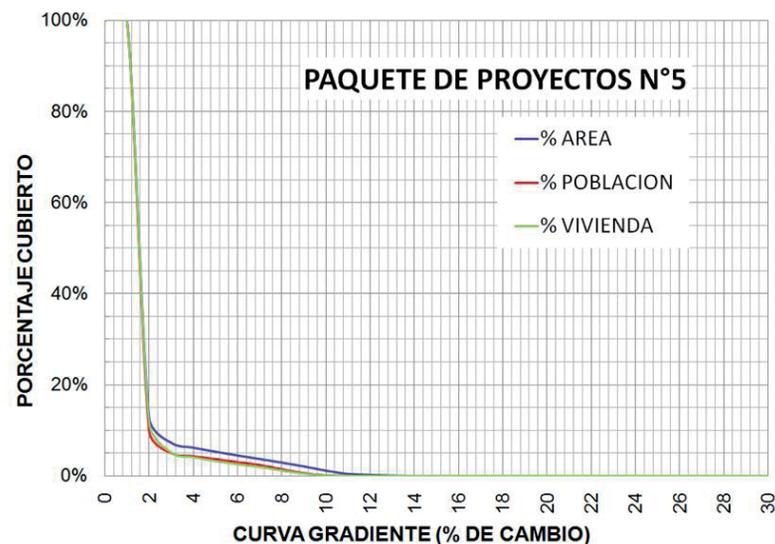
CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	30,5	87%	325.706	90%	74.099	88%
2	1,9	5%	17.446	5%	5.446	6%
3	0,4	1%	2.583	1%	861	1%
4	0,3	1%	2.284	1%	688	1%
5	0,3	1%	2.332	1%	604	1%
6	0,3	1%	2.359	1%	481	1%
7	0,3	1%	3.362	1%	664	1%
8	0,3	1%	2.996	1%	565	1%
9	0,3	1%	1.762	0%	325	0%
10	0,3	1%	450	0%	96	0%
11	0,1	0%	70	0%	19	0%
12	0,1	0%	48	0%	13	0%
13	0,0	0%	24	0%	7	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

los tiempos medios de viaje; para porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas del 10%, se observa un cambio en los tiempos medios de viaje de entre el 2% y el 2,4% del tiempo medio de viaje en la situación actual, valores inferiores a los obtenidos por los paquetes de proyectos hasta el momento analizados.

Los valores máximos de porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje (10%) cubren porcentajes de área, población y número de viviendas bastante reducidos (menores al 5% de cobertura), lo anterior muestra que de los proyectos hasta el momento analizados, es éste el que refiere unos impactos más bajos si se compara con la situación de accesibilidad actual.

Figura 28. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Paquete de Proyectos N°5.



Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Paquete de proyectos N°6

El paquete de proyectos N°6 (ver Figura 29), está compuesto por las intervenciones viales propuestas para las PIP 4 y PIP 11. Los proyectos se ubican en el sector sur de la ciudad, entre éstos se contempla la construcción de nuevas vías de la red estructurante, así como la doble calzada a lo largo de la Ruta 30 y la futura avenida Sancancio, la cual proporciona una conexión norte – sur y viceversa entre la vía Panamericana y el sector del barrio Palermo, canal de movilidad que se extendería hasta el barrio La Sultana. Los proyectos en conjunto acumulan una longitud de 22 km, representando el 18% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad, siendo este paquete de proyectos el segundo en longitud.

En la Figura 30 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°6. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de esta nueva infraestructura. Comparando las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°6 y las curvas isócronas obtenidas en la situación actual, es posible observar que se presentan cambios importantes para las curvas de 25 y 30 minutos, lográndose identificar el impacto que generan la intervención sobre la ruta 30 y la futura avenida Sancancio, llevando la curva de 25 minutos hasta cubrir sectores de los barrios Fátima y Malhabar; por otra parte, se observa que los cambios en las zonas periféricas de la ciudad son bajos.

En la Tabla 15 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas,

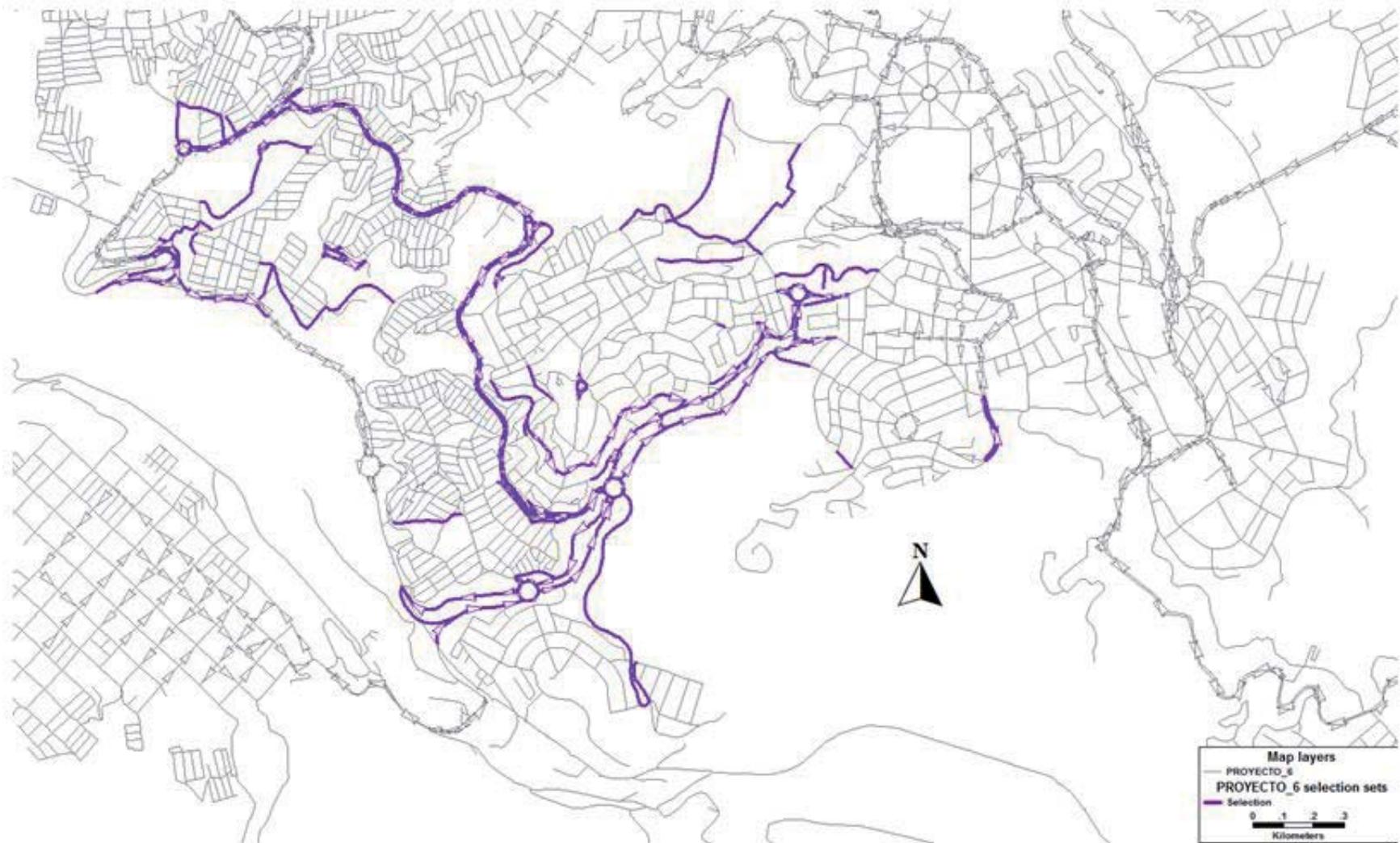
se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de las intervenciones propuesta en el paquete de proyectos N°6.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 34% del área urbana total, lo cual es un 17% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 4,9 km², representando el 14% del área urbana, valores que en la situación actual son de 2 km² y 6%, respectivamente. Respecto al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 25 y 30 minutos, que se presenta un mayor cubrimiento de ésta, resaltándose la curva de 30 minutos con una cobertura superior al 45% en ambos casos.

Analizando el porcentaje acumulado de área, se obtuvo que el 50% de ésta se cubre con tiempos medios de viaje de 30,5 minutos, representando una rebaja de aproximadamente 2 minutos respecto a la situación actual; así mismo, para un 50% de cobertura de las variables población y número de viviendas, se tiene tiempos medios de viaje de 27,5 minutos aproximadamente, representando una rebaja en los tiempos medios de viaje de aproximadamente 2 minutos respecto a la situación actual, para estas variables.

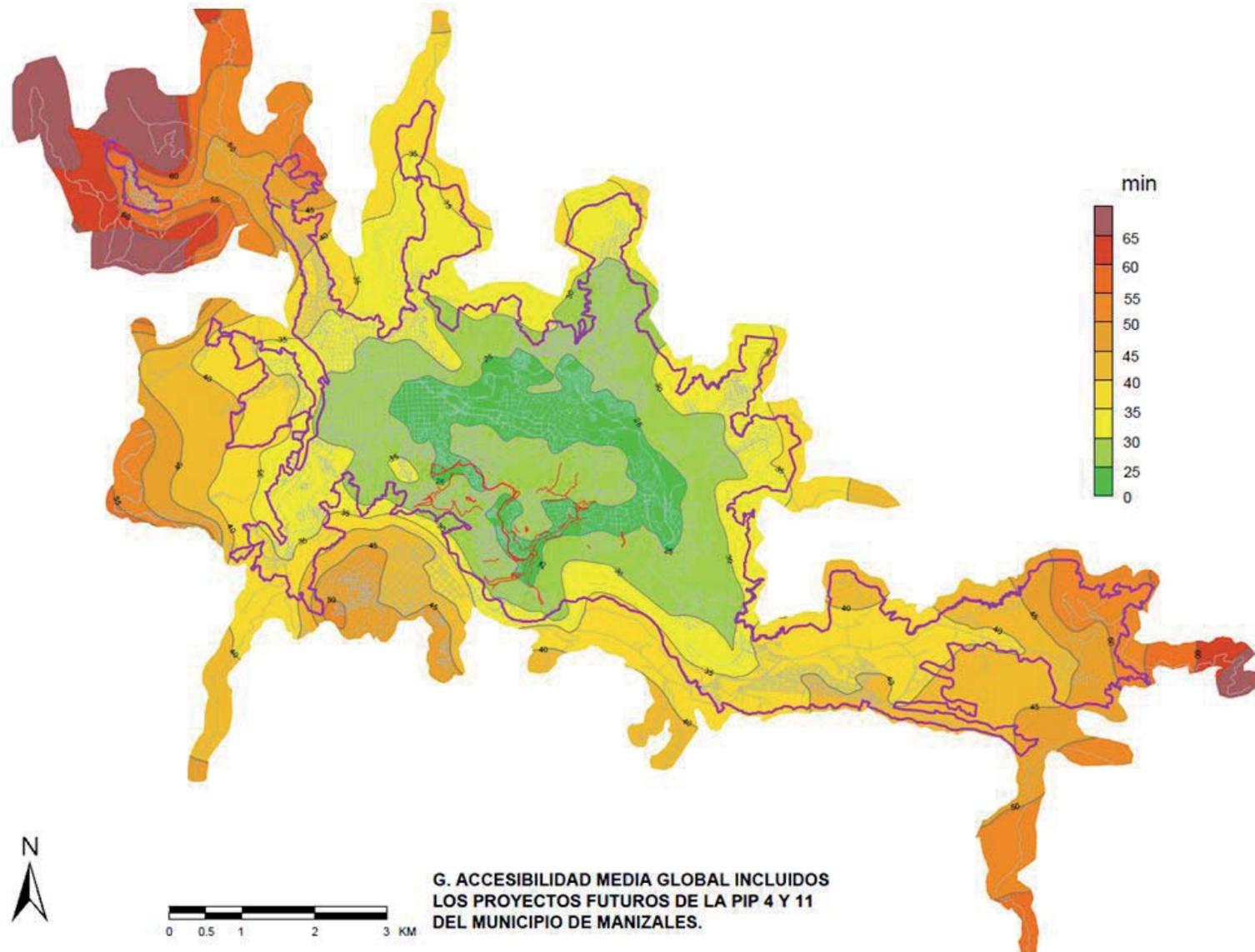
El porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, calculado mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°6, permitió obtener las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje que se observan en la Figura 31.

Figura 29. Paquete de proyectos N°6.



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°6.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°6.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(№)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	4,9	14%	85.881	24%	21.475	26%
30	12,1	34%	170.427	47%	37.597	45%
35	7,6	22%	61.480	17%	13.272	16%
40	5,6	16%	27.028	7%	7.417	9%
45	2,4	7%	11.330	3%	3.038	4%
50	1,3	4%	1.272	0%	305	0%
55	1,1	3%	2.513	1%	483	1%
60	0,1	0%	1.202	0%	227	0%
65	0,0	0%	289	0%	54	0%
70	0,0	0%	0	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

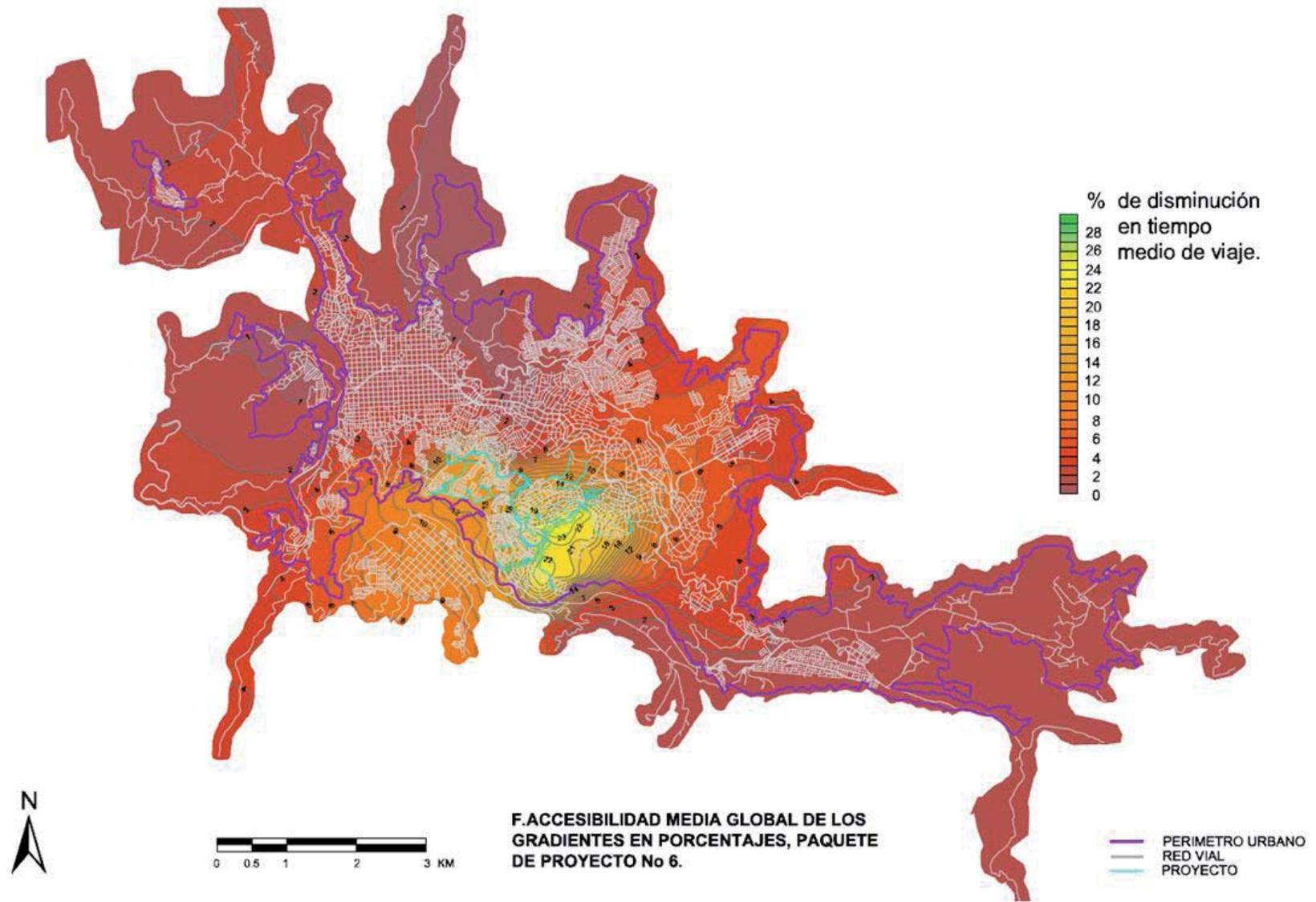
Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje de por lo menos un 2%, encontrando áreas con reducciones máximas del tiempo medio de viaje de hasta un 23% respecto a la situación actual, valores de reducción menores a los obtenidos para el paquete de proyectos N°1 (máximo del 25%), N°3 (máximo 28%) y mayores a los obtenidos con el paquete de proyectos N°4 (máximo 14%) y N°2 (máximo 7%); en la zona del proyecto se observan disminuciones de tiempo de entre el 10% y el 23%.

En la Tabla 16 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°6, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje del área, de la población y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente. Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan para el 2% de disminución en los tiempos medios de viaje, encontrando que las coberturas son bajas para disminuciones porcentuales de tiempo altas.

En la Figura 32 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área, población y número de viviendas urbanas, refieren cambios en los tiempos medios de viaje de hasta un 4% menores que en la situación actual; así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1,5% en los tiempos medios de viaje; para porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas del 10%, se observa un cambio en los tiempos medios de viaje de entre el 13% y el 15% del tiempo medio de viaje en la situación actual.

Figura 31. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°6.



Fuente: elaboración propia.

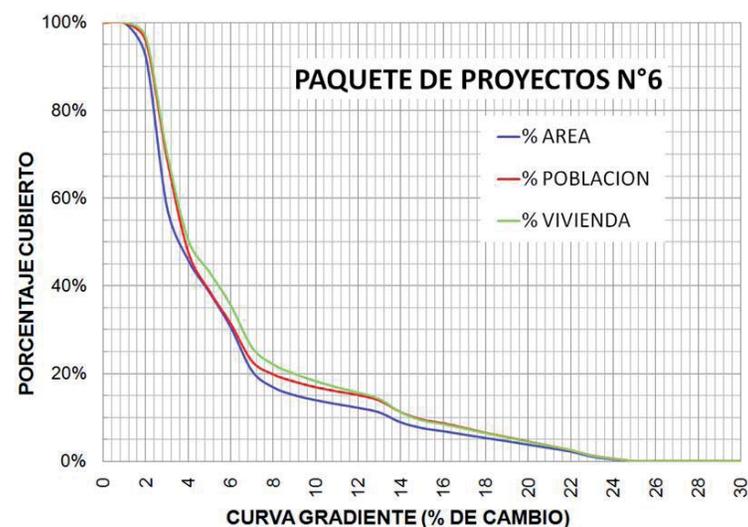
Tabla 16. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°6.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	2,7	8%	14.735	4%	2.800	3%
2	11,8	34%	96.681	27%	22.106	26%
3	4,3	12%	77.462	21%	16.639	20%
4	2,6	7%	32.308	9%	6.195	7%
5	2,8	8%	26.861	7%	6.292	8%
6	3,5	10%	30.916	9%	8.080	10%
7	1,3	4%	10.918	3%	3.276	4%
8	0,6	2%	6.060	2%	1.786	2%
9	0,4	1%	4.528	1%	1.405	2%
10	0,3	1%	3.408	1%	1.194	1%
11	0,3	1%	3.050	1%	1.001	1%
12	0,4	1%	4.484	1%	1.238	1%
13	0,8	2%	9.621	3%	2.526	3%
14	0,5	1%	6.106	2%	1.513	2%
15	0,3	1%	3.036	1%	727	1%
16	0,3	1%	3.852	1%	847	1%
17	0,3	1%	4.019	1%	879	1%
18	0,3	1%	3.541	1%	816	1%
19	0,3	1%	3.663	1%	853	1%
20	0,3	1%	3.476	1%	776	1%
21	0,3	1%	3.669	1%	813	1%
22	0,4	1%	4.455	1%	1.073	1%
23	0,2	1%	2.535	1%	600	1%
24	0,1	0%	2.038	1%	433	1%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Se observa además que para aproximadamente el 20% de cobertura de las tres variables, existen disminuciones del tiempo medio de viaje de entre el 7% y el 24%, valores considerados semejantes a los obtenidos para el paquete de proyectos N°3 y superiores al resto de paquetes de proyectos.

Figura 32. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Paquete de proyectos N°6.



Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Paquete de proyectos N°7

El paquete de proyectos N°7 (ver Figura 33), está compuesto por las intervenciones viales: doble calzada Cerro de Oro – Maltería, doble calzada puente La Libertad – Maltería, conexión Palermo – barrio Lusitania y conexión glorieta Expoferias – barrio Milán.

Los proyectos se ubican en el sector occidente de la ciudad, y proporcionan una nueva conexión oriente – occidente y viceversa; así mismo se genera una nueva conexión vial paralela a la actual avenida Alberto Mendoza. Los proyectos en conjunto acumulan una longitud de 32 km, representando el 26% de la longitud total propuesta en intervenciones viales para la ciudad, siendo este paquete de proyectos el de mayor longitud.

En la Figura 34 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con las intervenciones viales del paquete de proyectos N°7. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 1) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de esta nueva infraestructura.

Comparando las curvas obtenidas para el paquete de proyectos N°7 y las curvas isócronas obtenidas en la situación actual, es posible observar que se presentan cambios importantes para las curvas de 35 a 40 minutos, lográndose identificar el impacto que generan la intervención sobre el sector occidental de la ciudad.

En la Tabla 17 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de las intervenciones propuesta en el paquete de proyectos N°7.

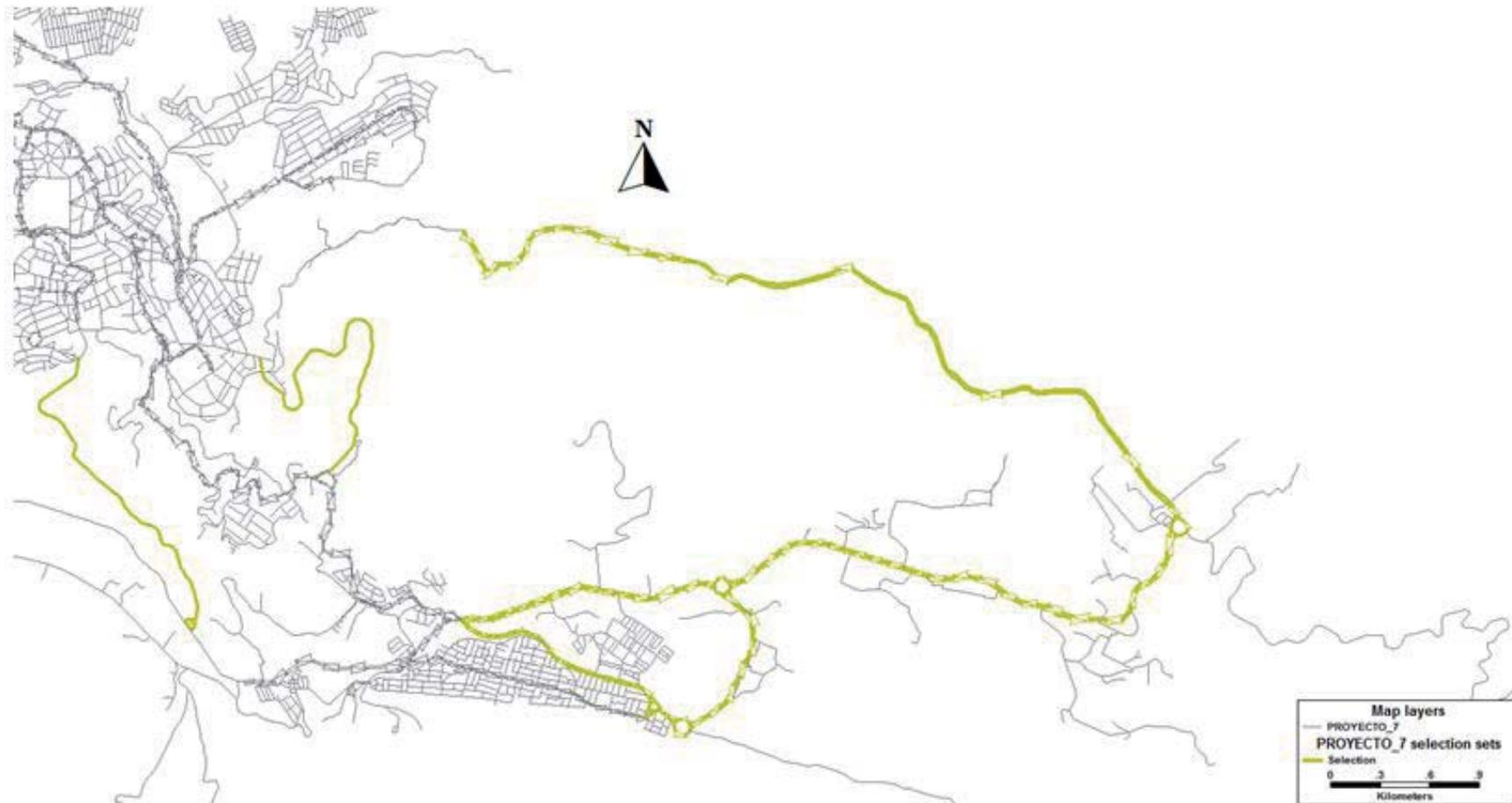
Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo, es posible observar que la curva de 30 minutos es la que mayor porcentaje de área cubierta refiere con un 32% del área urbana total, lo cual es un 15% más de lo que se cubre con esta misma curva en la situación actual; así mismo se observa que los mayores porcentajes de área cubierta se encuentran entre las curvas de 30 y 35 minutos. El área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 25 minutos, asciende a 2,5 km², representando el 7% del área urbana, valores que en la situación actual son de 2 km² y 6%, respectivamente. Respecto al porcentaje de población y número de viviendas cubiertas, se tiene que es entre las curvas de 25 y 30 minutos, que se presenta un mayor cubrimiento de ésta, resaltándose la curva de 30 minutos con una cobertura superior al 45% en ambos casos.

Analizando el porcentaje acumulado de área, se obtuvo que el 50% de ésta se cubre con tiempos medios de viaje de 32 minutos, representando una rebaja de aproximadamente 2,5 minutos respecto a la situación actual; así mismo, para un 50% de cobertura de las variables población y número de viviendas, se tiene tiempos medios de viaje de 29 minutos aproximadamente, representando una rebaja en los tiempos medios de viaje de aproximadamente medio minuto respecto a la situación actual, para estas variables.

El porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, calculado mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media del sistema para la situación actual y las curvas obtenidas con la realización de los proyectos del paquete N°7, permitió obtener las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje que se observan en la Figura 35.

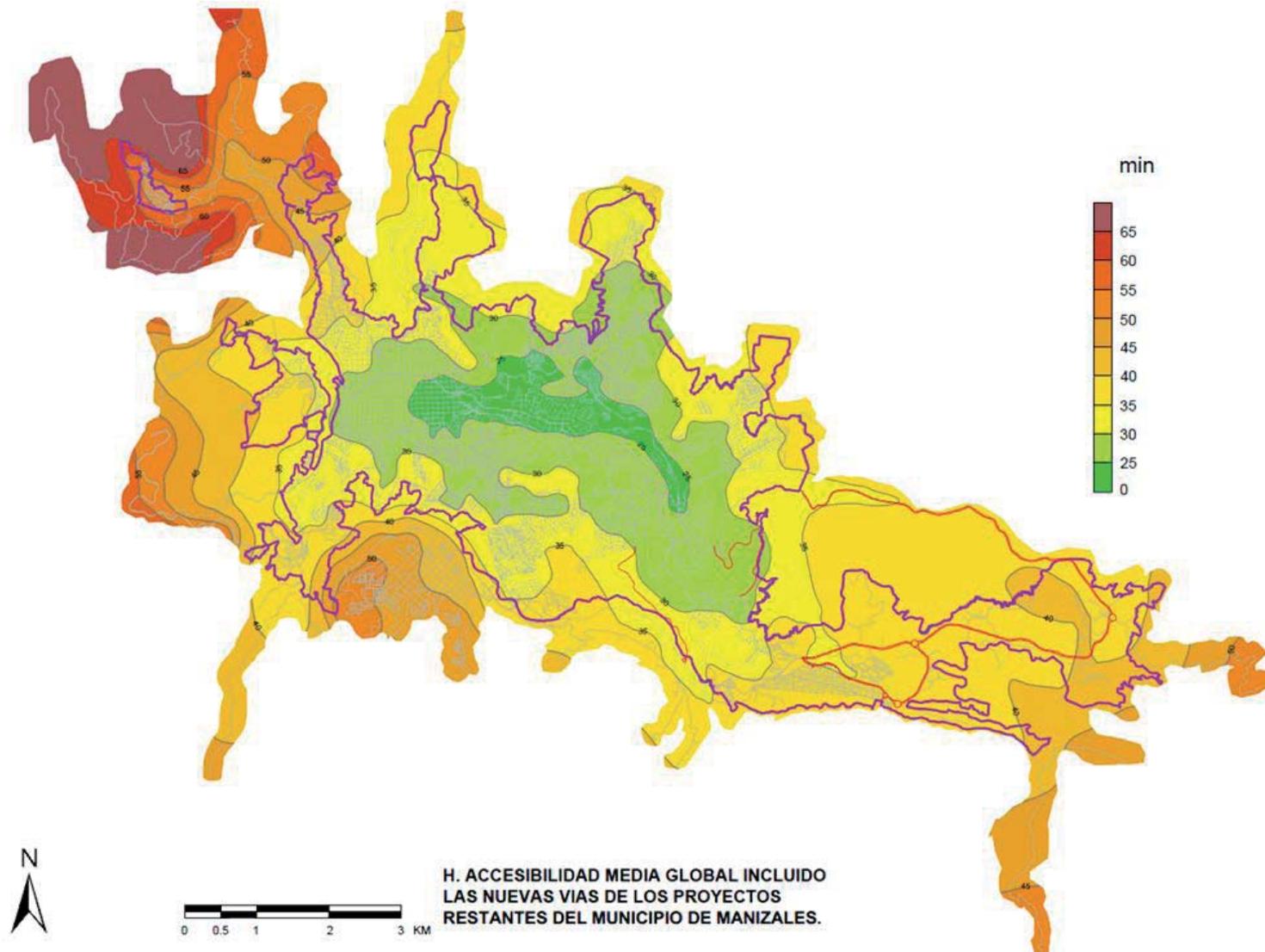
Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje de por lo menos un 1%, encontrando áreas con reducciones máximas del tiempo medio de viaje de hasta un 25% respecto

Figura 33. Paquete de proyectos N°7.



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del paquete de proyectos N°7.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el paquete de proyectos N°7.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
20	0,0	0%	0	0%	0	0%
25	2,5	7%	45.135	12%	10.692	13%
30	11,1	32%	163.905	45%	39.277	47%
35	9,9	28%	98.844	27%	20.011	24%
40	9,2	26%	42.877	12%	11.059	13%
45	1,7	5%	6.240	2%	1.925	2%
50	0,3	1%	567	0%	162	0%
55	0,3	1%	2.023	1%	398	0%
60	0,1	0%	1.330	0%	251	0%
65	0,0	0%	500	0%	93	0%
70	0,0	0%	1	0%	0	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

a la situación actual, valores de reducción semejantes a los obtenidos para el paquete de proyectos N°1 (máximo del 25%), N°3 (máximo 28%), N°6 (máximo 23%) y mayores a los obtenidos con el paquete de proyectos N°4 (máximo 14%) y N°2 (máximo 7%); en la zona del proyecto se observan disminuciones de tiempo de entre el 5% y el 25%.

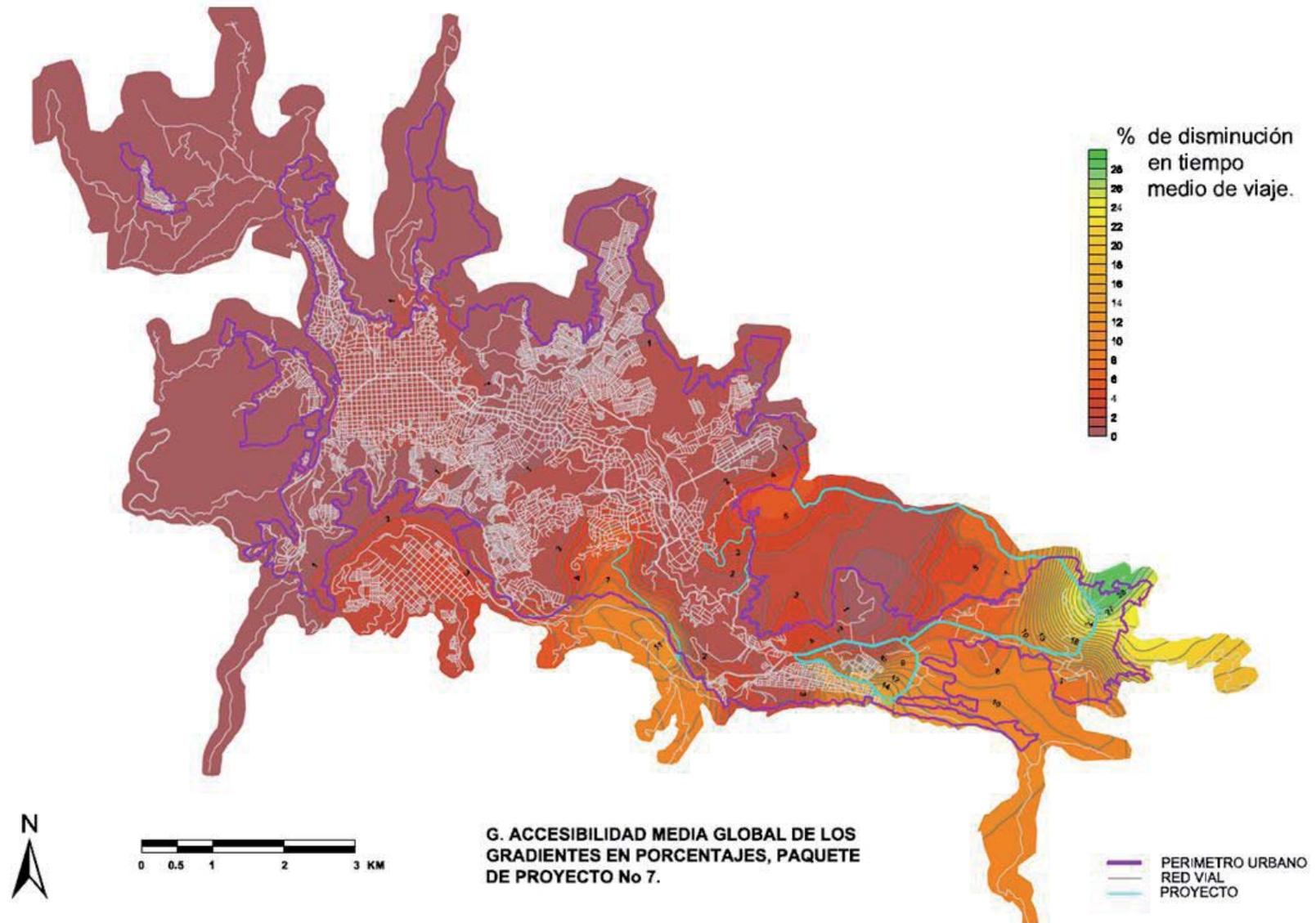
En la Tabla 18 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del paquete de proyectos N°7, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje del área, de la población y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente. Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan para el 1% y 2% de disminución en los tiempos medios de viaje, encontrando que las coberturas son bajas para disminuciones porcentuales de tiempo altas.

En la Figura 36 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

Se concluye que el 50% del área, población y número de viviendas urbanas, refieren cambios en los tiempos medios de viaje de hasta un 2,4% menores que en la situación actual; así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en los tiempos medios de viaje. Para porcentajes de cobertura de área del 10% se observa un cambio en los tiempos medios de viaje de 9%, mientras que para las variables población y número de viviendas dicho porcentaje de cambio llega al 3% aproximadamente.

Se observa además que para aproximadamente el 20% de cobertura de las tres variables, existen disminuciones del tiempo medio de viaje de entre el 3% y el 5%, valores considerados bajos si se comparan con los otros paquetes de proyectos.

Figura 35. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con los proyectos del paquete N°7.



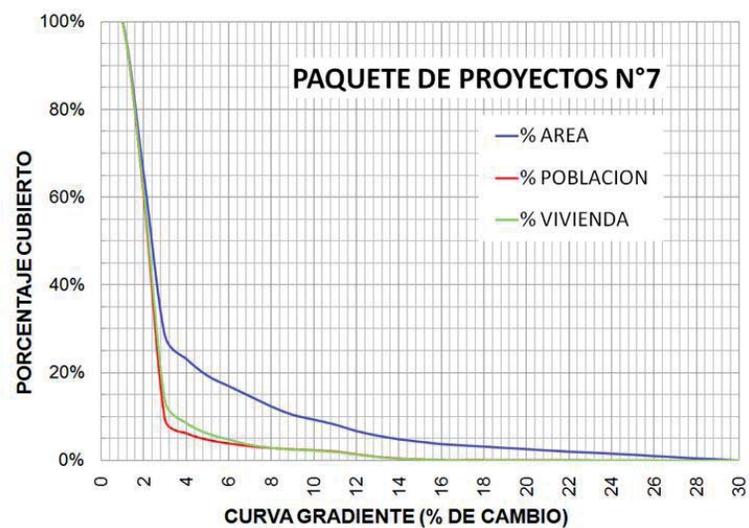
Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradientes de tiempo para el paquete de proyectos N°7.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km²)	%	(Hab.)	%	(№)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	12,2	35%	142.951	40%	32.534	39%
2	12,7	36%	184.567	51%	39.962	48%
3	1,9	5%	11.360	3%	4.187	5%
4	1,4	4%	5.498	2%	2.016	2%
5	0,8	2%	3.015	1%	1.154	1%
6	0,8	2%	2.313	1%	1.049	1%
7	0,8	2%	1.484	0%	553	1%
8	0,7	2%	1.026	0%	311	0%
9	0,4	1%	802	0%	210	0%
10	0,4	1%	978	0%	238	0%
11	0,5	1%	2.256	1%	510	1%
12	0,4	1%	2.149	1%	474	1%
13	0,3	1%	1.410	0%	332	0%
14	0,2	1%	633	0%	140	0%
15	0,2	1%	633	0%	135	0%
16	0,1	0%	26	0%	5	0%
17	0,1	0%	26	0%	5	0%
18	0,1	0%	26	0%	5	0%
19	0,1	0%	27	0%	5	0%
20	0,1	0%	29	0%	5	0%
21	0,1	0%	24	0%	4	0%
22	0,1	0%	22	0%	4	0%
23	0,1	0%	21	0%	4	0%
24	0,1	0%	23	0%	4	0%
25	0,1	0%	26	0%	5	0%
26	0,1	0%	27	0%	5	0%
27	0,1	0%	24	0%	4	0%
28	0,1	0%	18	0%	3	0%
29	0,1	0%	28	0%	5	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Paquete de proyectos N°7.



Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Análisis comparativo de los resultados obtenidos por los diferentes paquetes de infraestructura vial

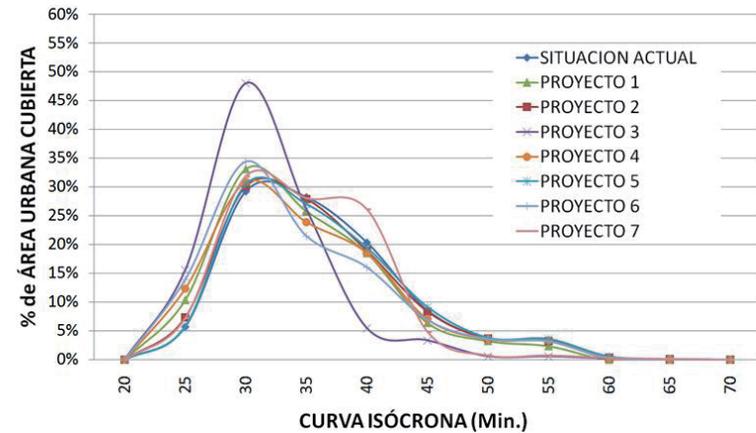
A continuación se realiza un análisis comparativo de los resultados de porcentaje de áreas, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas y por las curvas gradiente para cada uno de los paquetes de proyectos propuestos y para el sistema.

En las siguientes figuras se observa un resumen gráfico de los resultados de cobertura obtenidos del análisis de *Accesibilidad media global* para los diferentes paquetes de proyectos, en los cuales se relaciona el porcentaje cubierto por cada variable y las curvas isócronas en minutos. Lo ideal sería que los porcentajes de cobertura fuesen altos para curvas isócronas menores, es decir, mientras la curva obtenida para un paquete de proyectos se encuentre más a la derecha del origen, significa que al realizar dichos proyectos existirían unas mejores condiciones de *Accesibilidad media global*, lo que se traduce en un mayor impacto sobre las condiciones de desplazamiento dentro de la ciudad, permitiendo concluir cuál paquete de proyectos impactaría más sobre las variables área, población y número de viviendas.

En la Figura 37 se observa la relación existente entre porcentaje de área Urbana cubierta por las curvas isócronas para cada paquete de proyectos analizado y para la situación actual.

Analizando el comportamiento de las curvas obtenidas para por la intervención de cada paquete de proyectos, es posible concluir que respecto al área urbana cubierta, el paquete de proyectos N°3 (curva morada), variante Sur o vía Panamericana, es el que mejores condiciones de *Accesibilidad media global* refiere, dado que es la curva que se encuentra más a la derecha del origen, mostrando que el área urbana la cubre con tiempos que oscilan entre 20 y 60 minutos, teniendo su pico de cobertura de área urbana (48%) para tiempos medios de viaje de aproximadamente 30 minutos.

Figura 37. Comparación de porcentaje de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos y para la situación actual.



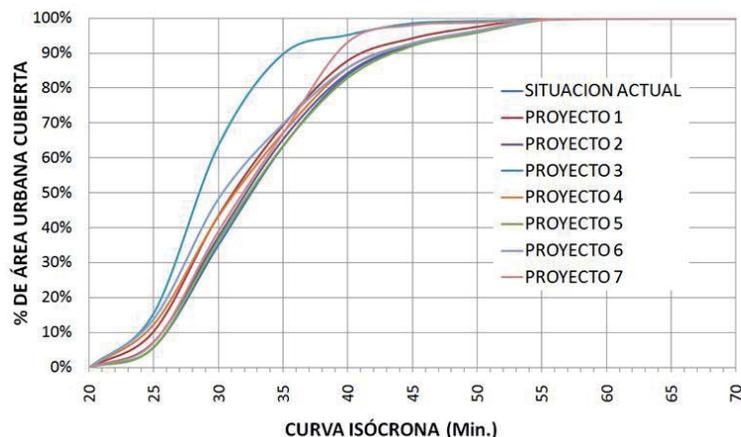
Fuente: elaboración propia.

Se observa también que los porcentajes de cobertura generados por los otros paquetes de proyectos respecto a la curva isócrona de 30 minutos, oscilan entre 29% y 34%; todos los proyectos refieren algún porcentaje de mejora en las curvas isócronas de tiempo.

Todos los paquetes de proyectos refieren el mayor porcentaje de área cubierta para curvas de entre 30 y 32,5 minutos, en donde, al realizar una escala del impacto generado por cada paquete de proyectos, -analizando el pico de cobertura de cada paquete-, se obtendría el siguiente orden: 3, 6, 1, 7, 4, 5 y 2. Es decir, de todos los paquetes de proyectos propuestos, el que generaría un mayor impacto respecto al porcentaje de área cubierta sería el proyecto N°3, variante Sur; el que generaría un menor impacto sería el proyecto N°2, el cual refiere un 19% de menos cobertura que el proyecto N°3 para la curva isócrona de 30 minutos.

Realizando un análisis de ojivas porcentuales de área urbana cubierta contra curvas isócronas de tiempo medio de viaje por cada paquete

Figura 38. Ojiva porcentual de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos analizados y para situación actual.



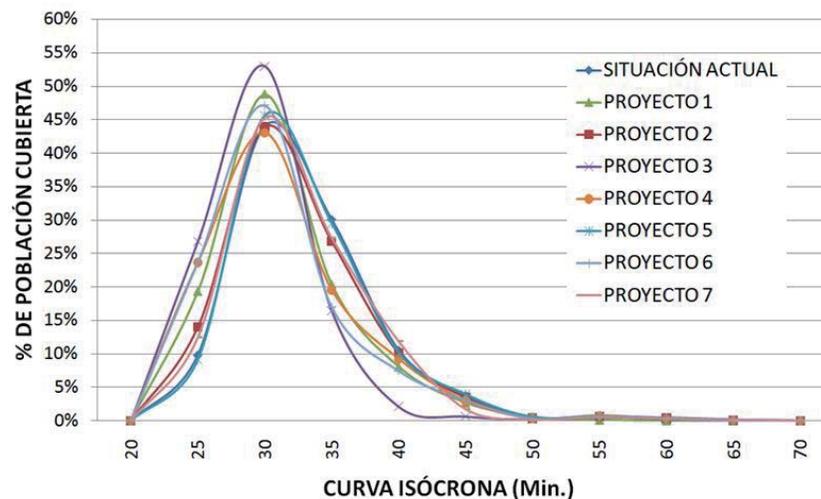
Fuente: elaboración propia.

de proyectos y para la situación actual, se observa en la Figura 38 que el paquete de proyectos N°3 es el que proporcionaría una mayor cobertura de área urbana en menores tiempos medios de viaje.

Se observa que el paquete de proyectos N°3 refiere 28 minutos para un 50% de área urbana cubierta, mientras que en la situación actual, se tiene que para un 50% de área urbana cubierta se deben invertir aproximadamente 32,5 minutos. Los otros paquetes de proyectos, también refieren ganancias en los tiempos medios de viaje, para una cobertura del 50% del área urbana, no obstante, con tiempos medios de viaje superiores a 30 minutos.

En la Figura 39 se observa la relación existente entre el porcentaje de población urbana cubierta por las curvas isócronas para cada paquete de proyectos analizado y el porcentaje de población cubierta para la situación actual.

Figura 39. Comparación de porcentaje de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos y para la situación actual.

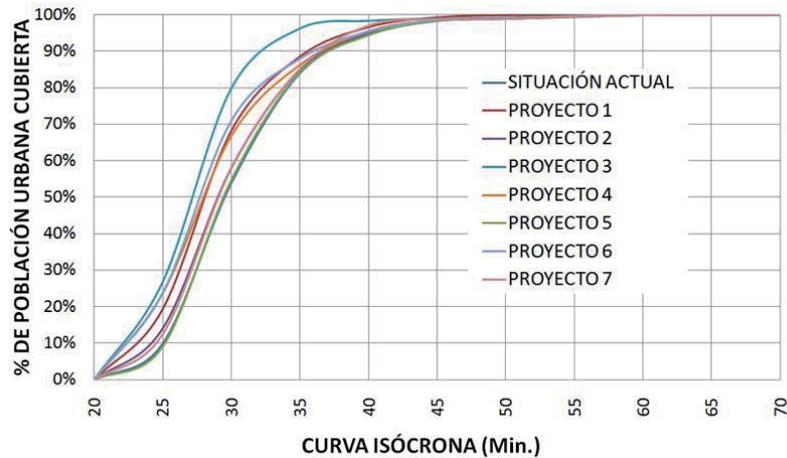


Fuente: elaboración propia.

De forma general, si se comparan estas curvas con las obtenidas en el anterior análisis de área urbana cubierta, es evidente una semejanza en ellas, no obstante, se observa que los porcentajes de cobertura de población para un tiempo medio de viaje de 30 minutos, aumentan, en donde, por ejemplo, para el paquete de proyectos N°3, pasa de 48% al 53%. Es posible establecer que respecto a la variable población, todos los proyectos refieren una mejora en los porcentajes de cobertura para una curva de tiempo de 30 minutos, excepto para los proyectos N°2 y N°4.

Realizando un análisis de ojivas porcentuales de población urbana cubierta contra curvas isócronas de tiempo medio de viaje para cada paquete de proyectos y para la situación actual, se observa en la Figura 40 que el orden de impacto de paquetes de proyectos respecto a la variable población, para un tiempo medio de viaje de

Figura 40. Ojiva porcentual de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos analizados y para situación actual.



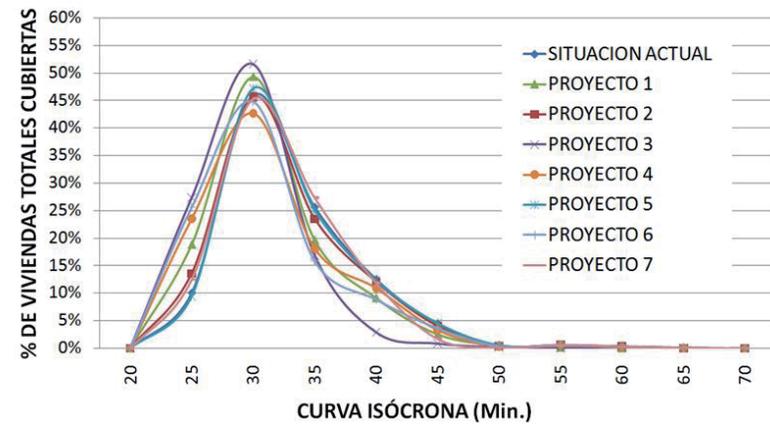
Fuente: elaboración propia.

30 minutos, es: 3, 6, 1, 4, 7, 2 y 5, clasificación que varía un poco en su parte final si se compara con la variable área.

Se observa que el paquete de proyectos N°3 refiere 27 minutos para un 50% de población urbana cubierta, mientras que en la situación actual, se tiene que para un 50% de población urbana cubierta se deben invertir aproximadamente 29,5 minutos. Los otros paquetes de proyectos, también refieren ganancias en los tiempos medios de viaje, para una cobertura del 50% del área urbana, no obstante, con tiempos medios de viaje mayores.

En la Figura 41 se observa la relación existente entre porcentaje del número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para cada paquete de proyectos estudiado y para el sistema.

Figura 41. Comparación de porcentaje del número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos y para la situación actual.

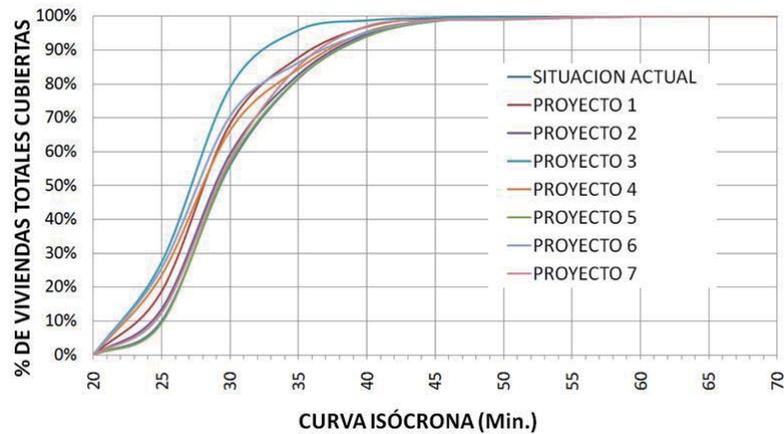


Fuente: elaboración propia.

De forma general, si se comparan estas curvas con las obtenidas para las dos anteriores variables, se aprecia una mayor semejanza con la variable población, encontrándose una situación similar en el análisis. Se observa que los porcentajes de cobertura de número de viviendas para un tiempo medio de viaje de 30 minutos, aumentan, en donde, por ejemplo, para el paquete de proyectos N°3, se tiene un 48% respecto al área, 53% respecto a la población y 52% respecto al número de viviendas cubiertas.

Realizando un análisis de ojivas porcentuales de número de viviendas urbanas cubiertas contra curvas isócronas de tiempo medio de viaje para cada paquete de proyectos y para la situación actual, se observa en la Figura 42 que el orden de impacto de paquetes de proyectos respecto a la variable población, para un tiempo medio de viaje de 30 minutos, es: 3, 6, 1, 4, 2, 7 y 5, clasificación que varía un poco en su parte final si se compara con las variables área y población.

Figura 42. Ojiva porcentual de número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los paquetes de proyectos analizados y para situación actual.

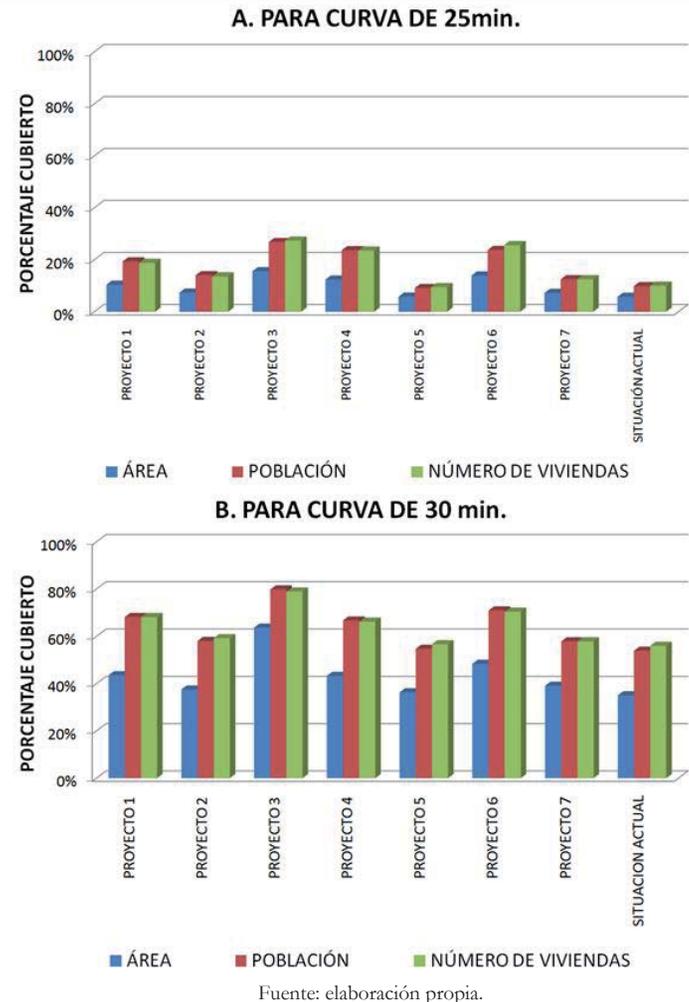


Fuente: elaboración propia.

Se observa que el paquete de proyectos N°3 refiere 27 minutos para un 50% de número de viviendas urbanas cubiertas, mientras que en la situación actual, se tiene que para un 50% del número de viviendas cubiertas se deben invertir aproximadamente 29 minutos. Los otros paquetes de proyectos, también refieren ganancias en los tiempos medios de viaje, para una cobertura del 50% del área urbana, no obstante, con tiempos medios de viaje mayores.

Del análisis realizado sobre porcentajes de área, población y número de viviendas cubiertas por una determinada curva isócrona, para los diferentes paquetes de proyectos y el sistema, se observa en la Figura 43, la comparación de porcentajes cubiertos para cada variable para las curvas isócronas de tiempo medio de viaje de 25 (Figura 43A) y 30 minutos (Figura 43B).

Figura 43. Comparación de porcentaje de cobertura para tiempos medios de viaje de 25 y 30 minutos, analizadas respecto a cada uno de los paquetes de proyectos y para la situación actual.



Se obtuvo que para 25 minutos de tiempo medio de viaje, sólo los paquetes de proyectos N°3 y N°6 refieren porcentajes de cobertura superiores al 20% para las variables población y número de viviendas, para la variable área, todos los valores se encuentran por debajo de una cobertura del 20%.

Se observa que para la curva de 25 minutos, el proyecto que más semejanza tiene respecto a la situación actual es el paquete de proyectos N°5.

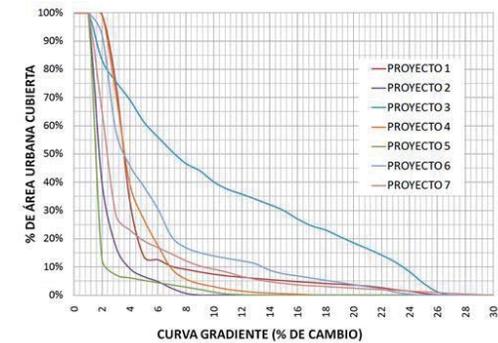
Ahora bien, analizando los resultados, pero con la curva de 30 minutos de tiempo medio de viaje, se observa que el único paquete de proyectos que refiere porcentajes de cobertura para las tres variables superiores al 60% es el N°3. Los paquetes de proyectos N° 3, 6, 1 y 4 refieren porcentajes de cobertura superiores al 60% para las variables población y número de viviendas cubiertas, en dicho orden. Se aprecia que para esta curva de tiempo, los porcentajes de cobertura para las tres variables, para los proyectos N° 2, 5 y 7 son bastante similares a la situación actual.

En la Figura 44 A, B y C, se observa el porcentaje de los gradientes de tiempo medio de viaje contra porcentaje de área, población y número de viviendas urbanas cubiertas para los paquetes de proyectos analizados, respectivamente.

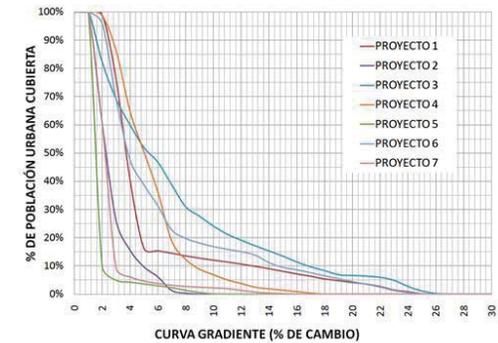
De forma general se tiene que mientras una curva se encuentra más hacia la izquierda y hacia arriba del origen, refiere un mayor porcentaje de una variable cubierta con gradientes de cambio en tiempo medio de viaje mayores, lo cual significa que respecto a las tres variables mencionadas, es el paquete de proyectos N°3 el que más beneficios refiere, seguido del paquete de proyectos N°6, así mismo se observa una gran semejanza entre los resultados obtenidos para las variables población y número de viviendas cubiertas.

Figura 44. Porcentaje de los gradientes de tiempo medio de viaje contra porcentaje de área, población y número de viviendas urbanas cubiertas para los paquetes de proyectos analizados.

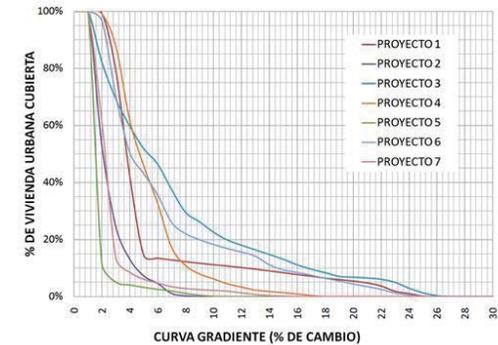
A. Área.



B. Población

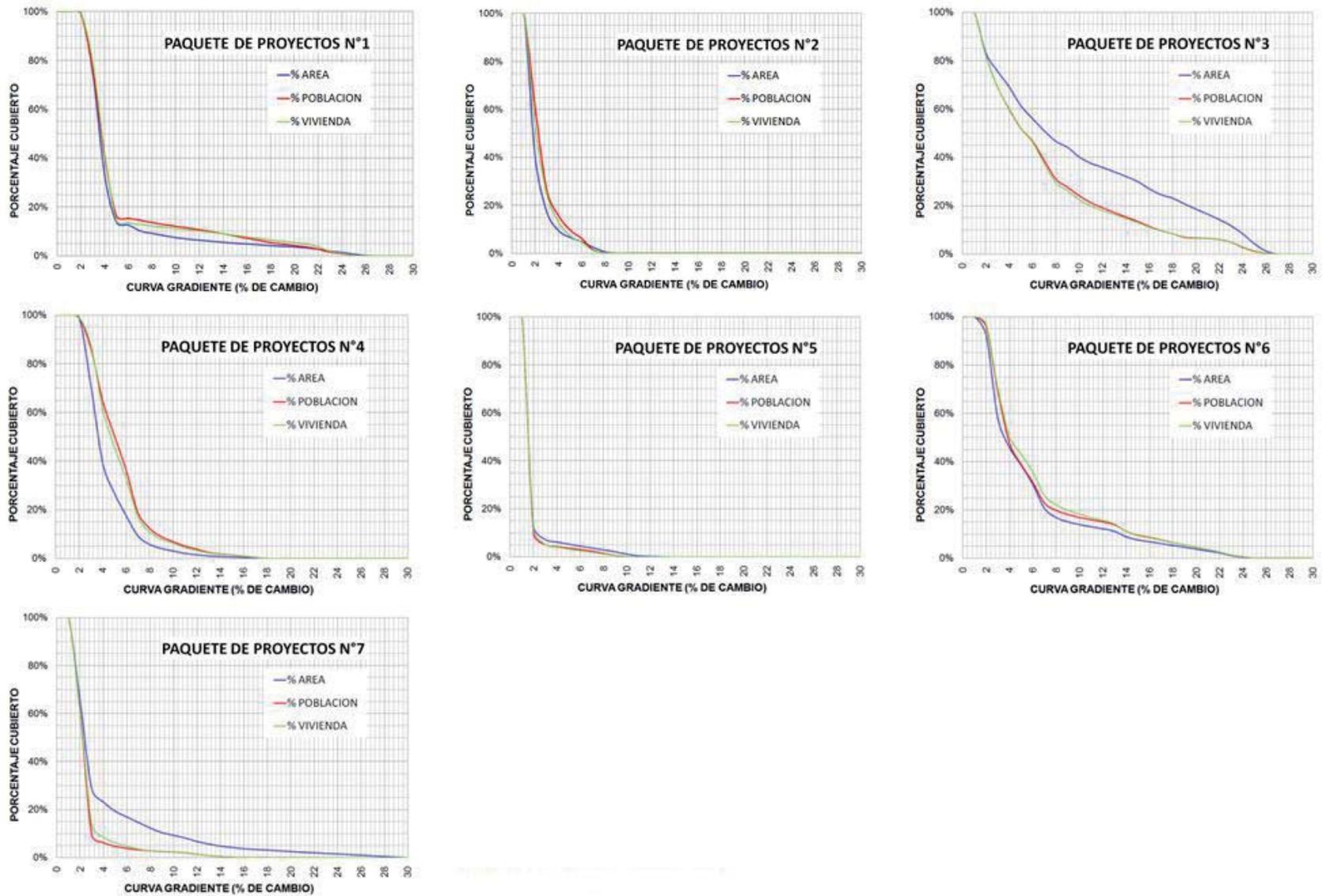


C. Número de viviendas



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Comparación de los paquetes de proyectos respecto a la curva gradiente (% de cambio) y el porcentaje de cobertura.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 45 se observa una comparación entre el comportamiento de las tres variables analizadas, para cada paquete de proyectos. Es posible, a partir de dichas gráficas, concluir cómo se relacionan las variables área, población y número de viviendas, dada la intervención de cada uno de los paquetes de proyectos, en donde para un paquete de proyectos, la curva que se encuentre más a la izquierda y hacia arriba del origen, significa un mayor impacto en dicha variable; dado lo anterior, es posible establecer si un paquete de proyectos impacta un área de una mayor o menor densidad poblacional simplemente comparando las curvas obtenidas para las tres variables.

Se concluye entonces que los paquetes de proyectos N°3, 5 y 7, son los que impactan zonas de la ciudad con bajas densidades de población, o dicho de otro modo, el conjunto de intervenciones que conforman dichos paquetes de proyectos, para un mismo porcentaje de reducción de tiempo medio de viaje, existe una mayor cobertura de la variable área que de las variables población y número de viviendas, lo cual lleva a concluir que son proyectos que impactan un gran número de sectores con densidades poblacionales bajas.

Por su parte, los paquetes de proyectos N°1, 2, 4 y 6 se desarrollan en sectores de la ciudad donde existe una mayor densidad de población, encontrando que para un mismo porcentaje de reducción de tiempo medio de viaje, existe una menor cobertura de la variable área que de las variables población y número de viviendas.

2.2. FUTUROS PROYECTOS DE CABLE AÉREO

Con el fin de evaluar el impacto producido por la inserción de una infraestructura de transporte tipo cable aéreo, es posible aplicar la metodología del análisis de accesibilidad territorial con el fin de calcular los porcentajes de reducción de los tiempos medios de viaje si se llegase a tener una determinada línea.

Para el análisis, se parte de los resultados de *Accesibilidad media global* obtenidos para el sistema de TPCU actual, es decir, teniendo en cuenta la línea de cable existente entre las estaciones Fundadores, Villa Carmenza y Terminal de Transportes Municipal, con una longitud de aproximadamente 2 km. La línea base de análisis se ha abordado con anterioridad (ver 1.2).

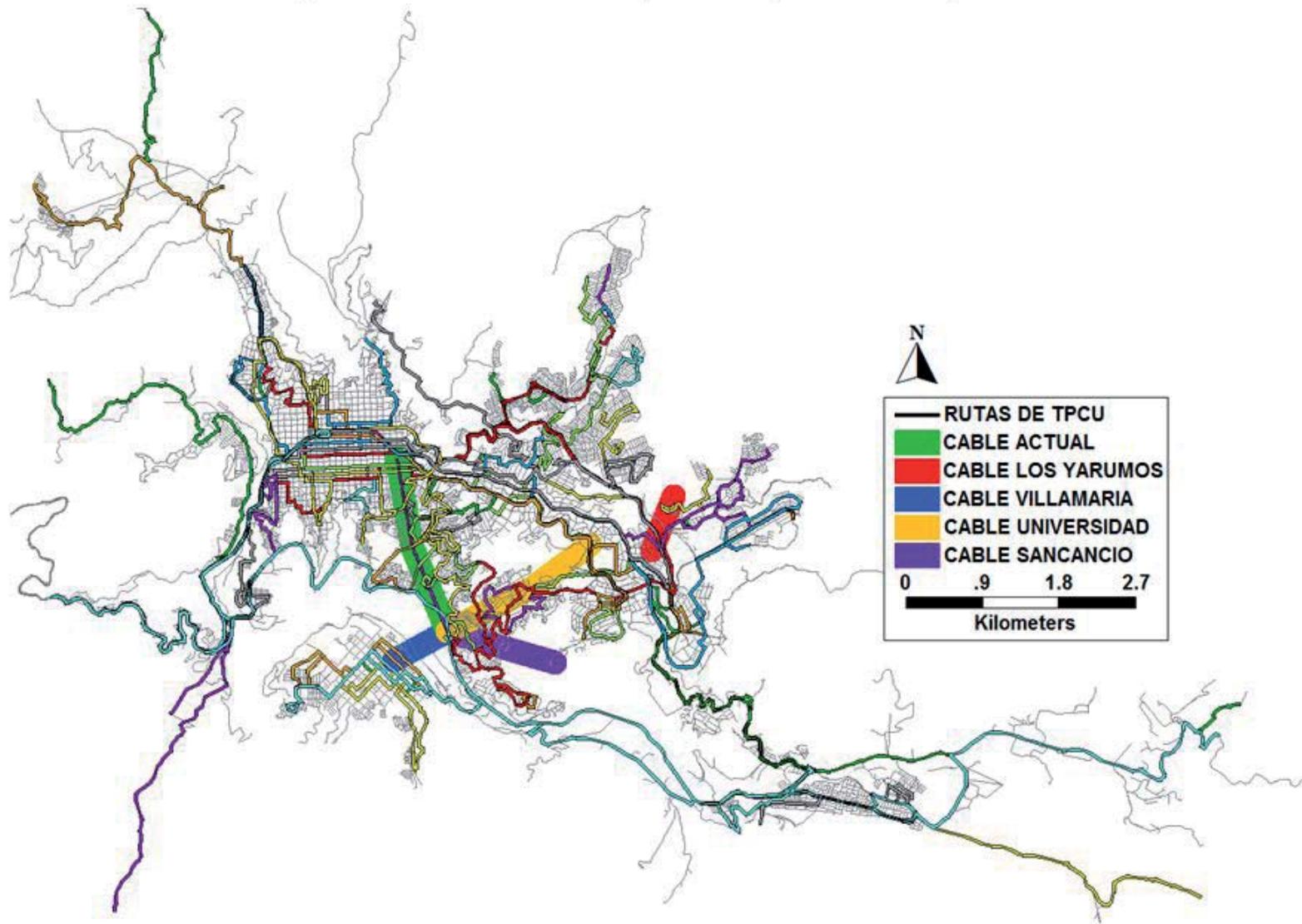
Se definen tres variables base del análisis para la situación actual: las curvas de accesibilidad media global ofrecidas por el sistema de TPCU incluido el cable actual (ver Figura 5), los porcentajes de área, población número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas (ver Tabla 2) y el análisis acumulado de cobertura (ver Figura 7).

En la Figura 46 se definen todos los proyectos de infraestructura tipo cable que se encuentran propuestos actualmente por la administración municipal. Los proyectos de intervención tipo cable propuestos suman en su conjunto una longitud de 4,7 km aproximadamente; de todos los proyectos, el cable aéreo Los Yarumos, con una longitud aproximada de 700 m, ya se encuentra en ejecución (2011), uno se encuentran en etapa de diseño cable Villamaría (longitud aproximada de 700 m) y uno se encuentra en etapa de prefactibilidad, cable Universidad (longitud aproximada de 2 km).

Para la evaluación del impacto generado por las intervenciones propuestas, se analizan los proyectos de cable por separado (velocidad de operación de 18 km/h) y en conjunto, para un total de seis escenarios estudiados respecto a la *Accesibilidad media global* ofrecida por cada intervención; así mismo otros cinco escenarios de análisis de gradiente en porcentaje de cambio de los tiempos medios de viaje.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de *Accesibilidad media global* para cada uno de los proyectos tipo cable, los cuales son base fundamental para la evaluación multicriterio. La evaluación se basa en comparar las condiciones de *Accesibilidad*

Figura 46. Red de rutas de TPCU y sistemas tipo cable actual y estudiados.



Fuente: elaboración propia.

media global actual del sistema de TPCU incluido el cable existente y las condiciones de accesibilidad obtenidas al realizarse cada uno de los proyectos propuestos, mediante el estudio de gradientes de tiempos medios de viaje y la cobertura respectiva de las variables área, población y número de viviendas.

2.2.1. Cable Los Yarumos

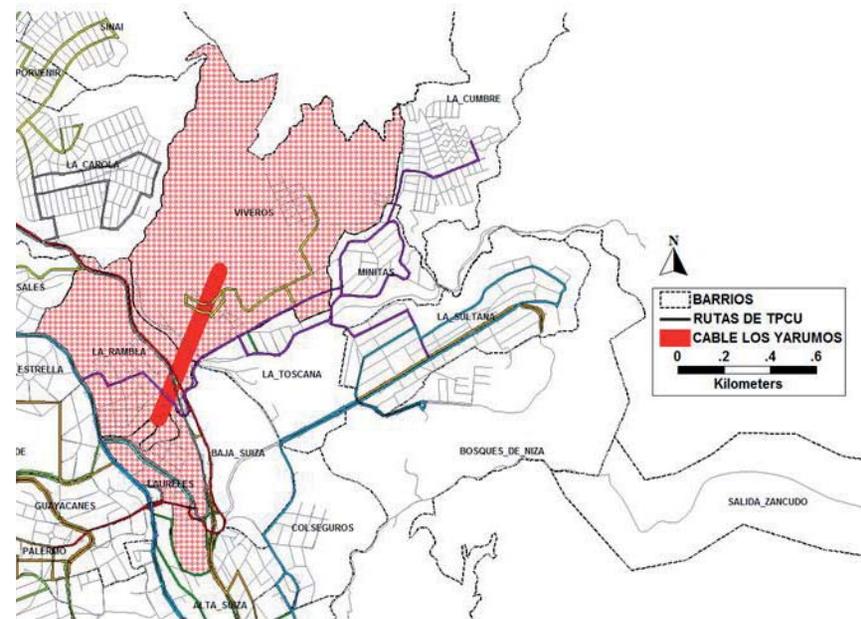
Este cable ya se encuentra en ejecución, posee una longitud aproximada de 700 m y une las comunas Ecoturístico Cerro de Oro (barrio Viveros) y Palogrande (barrios La Rambla y Laureles), sobrevolando la avenida Kevin Ángel y proporcionando una comunicación directa entre el parque Los Yarumos y la avenida Santander (ver Figura 47).

Los resultados del análisis de *Accesibilidad media global* obtenidos por la inserción de esta infraestructura, revelan que el impacto sobre los tiempos medios de viaje es mínimo, lo cual se debe no sólo a la existencia de rutas de TPCU que sirven dichos sectores, sino también a las caminatas que se deberían realizar para alcanzar una de las estaciones de abordaje y la posterior caminata que se debe realizar para tomar nuevamente una ruta de TPCU.

Se tiene entonces que los porcentajes de área, población y número de viviendas cubiertas dada la inserción de este cable son las mismas que las obtenidas para la situación actual, encontrando unos mínimos ahorros de tiempo (menores a 0,5% del tiempo medio actual) alrededor de las estaciones de abordaje planteadas.

Se concluye entonces que desde el punto de vista de la accesibilidad, esta infraestructura no genera un verdadero impacto; no obstante, la finalidad de su construcción no se fundamenta en la necesidad de reducir los tiempos medio de viaje en el sistema de transporte, sino de dar comunicación directa a un parque recreativo importante (parque

Figura 47. Cable aéreo Los Yarumos.



Fuente: elaboración propia.

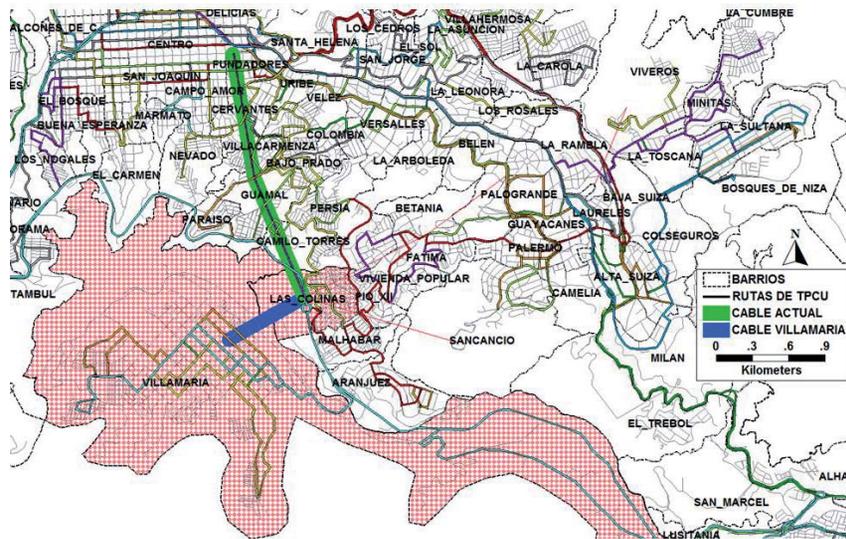
Los Yarumos) y a un sector de importante afluencia económica, turística y social como lo es el sector de El Cable sobre la avenida Santander.

2.2.2. Cable Villamaría

Este cable se encuentra en etapa de diseño (2011); posee una longitud aproximada de 700 m y une la comuna Universitaria (barrio Las Colinas) y el municipio de Villamaría, sobrevolando el río Chichiná y proporcionando una comunicación directa entre la zona centro del área urbana del municipio de Villamaría y el Terminal de Transportes Intermunicipal de Manizales (ver Figura 48).

En la Figura 49 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del cable aéreo hacia Villamaría. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 5) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de este nuevo transporte hacia el municipio de Villamaría.

Figura 48. Cable aéreo hacia Villamaría.



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las curvas obtenidas por la inserción del cable hacia Villamaría y las curvas isócronas de la situación actual, es posible observar un cambio tangible de los tiempos medios de viaje para el sector de Villamaría, el cual actualmente se encuentra cubierto por curvas de entre 55 y 80 minutos, y con la intervención, pasan a estar entre 50 y 70 minutos; se observa que el cambio de los tiempos medios de viaje es mínimo en el resto de la ciudad.

Se tendría entonces que la población más beneficiada con esta nueva infraestructura sería precisamente la población de Villamaría, reforzando el intercambio económico existente entre la ciudad de Manizales y dicho municipio.

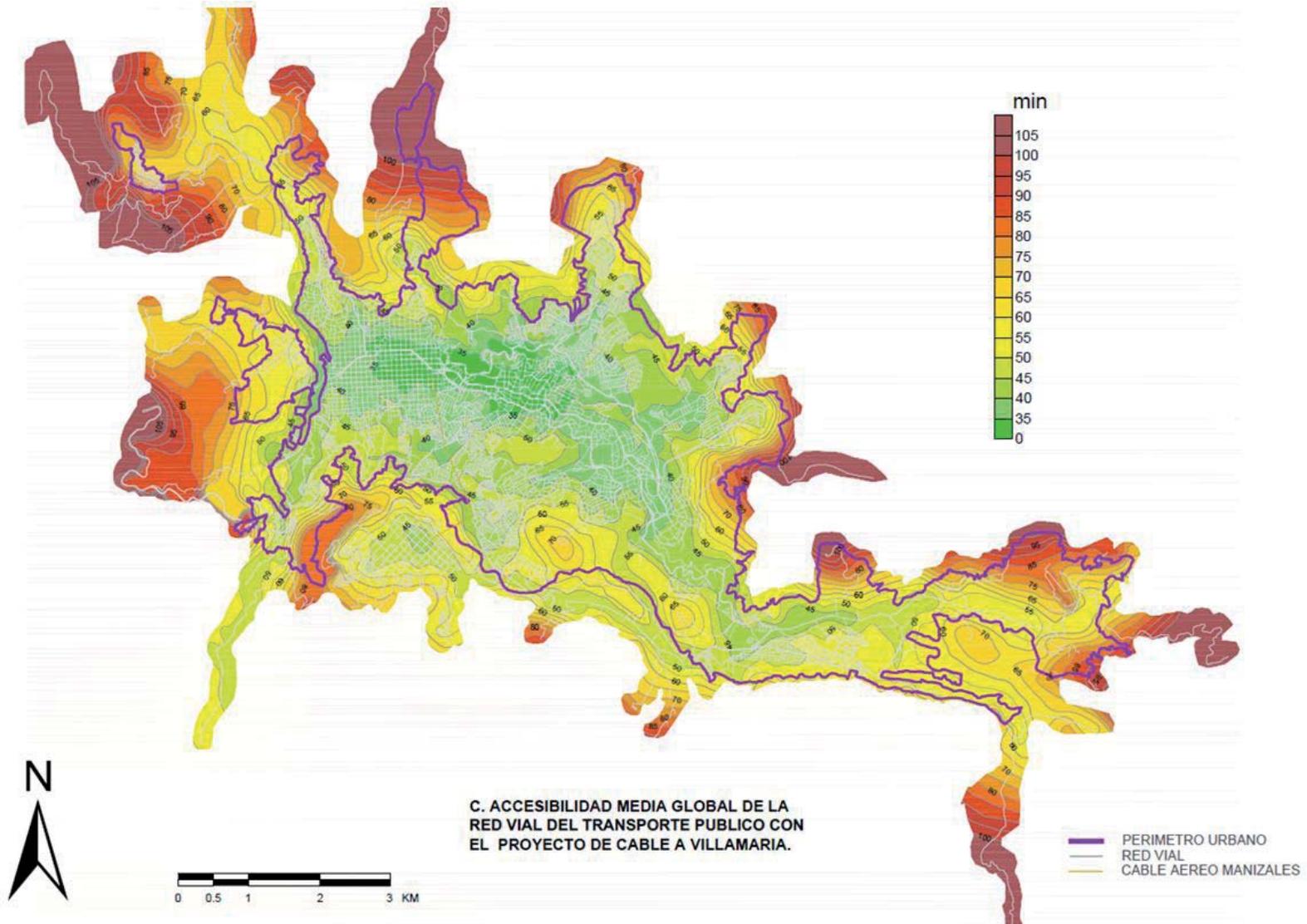
En la Tabla 19 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de la inserción de este cable.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el TPCU incluido el cable existente y el cable a Villamaría, es posible observar que el área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 35 minutos, asciende a 1,9 km², representando el 5% del área urbana, mostrando un aumento de cobertura para la variable área respecto a la situación actual de 0,3 km². Por su parte, la cobertura de población y número de viviendas aumenta un 2% respecto a la situación actual para la curva de tiempo de 35 minutos (ver Tabla 2).

La mayor cobertura de las tres variables se presenta entre las curvas de 40 y 55 minutos, obteniéndose que respecto a la situación actual existe una ínfima variación del porcentaje de área cubierta y variaciones un poco mayores para las otras dos variables.

En la Figura 50 se observa la ojiva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo TPCU incluido el cable existente y el cable a Villamaría. Vale la pena recordar que los valores de área, población y número de viviendas son los establecidos sólo para la ciudad de Manizales, es decir, este análisis no tiene en cuenta las tres variables mencionadas para el municipio de Villamaría.

Figura 49. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del cable aéreo hacia Villamaría.



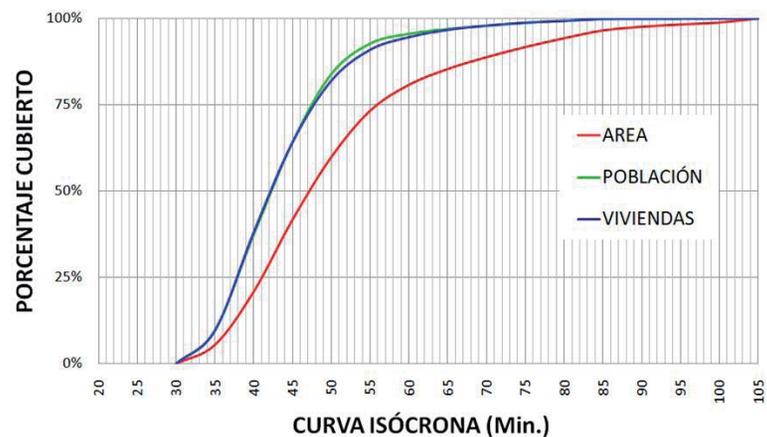
Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo con la inserción del cable hacia Villamaría.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(№)	%
35	1,9	5%	35.008	10%	8.028	10%
40	5,4	15%	100.228	28%	23.891	28%
45	7,4	21%	96.544	27%	21.869	26%
50	6,4	18%	71.430	20%	14.962	18%
55	4,7	13%	31.946	9%	7.513	9%
60	2,6	7%	10.182	3%	3.074	4%
65	1,6	5%	5.052	1%	1.765	2%
70	1,2	3%	3.540	1%	1.016	1%
75	1,0	3%	3.001	1%	727	1%
80	0,9	3%	2.005	1%	446	1%
85	0,8	2%	2.109	1%	461	1%
90	0,4	1%	224	0%	59	0%
95	0,2	1%	70	0%	23	0%
100	0,2	1%	57	0%	20	0%
105	0,4	1%	26	0%	14	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual y el cable a Villamaría.

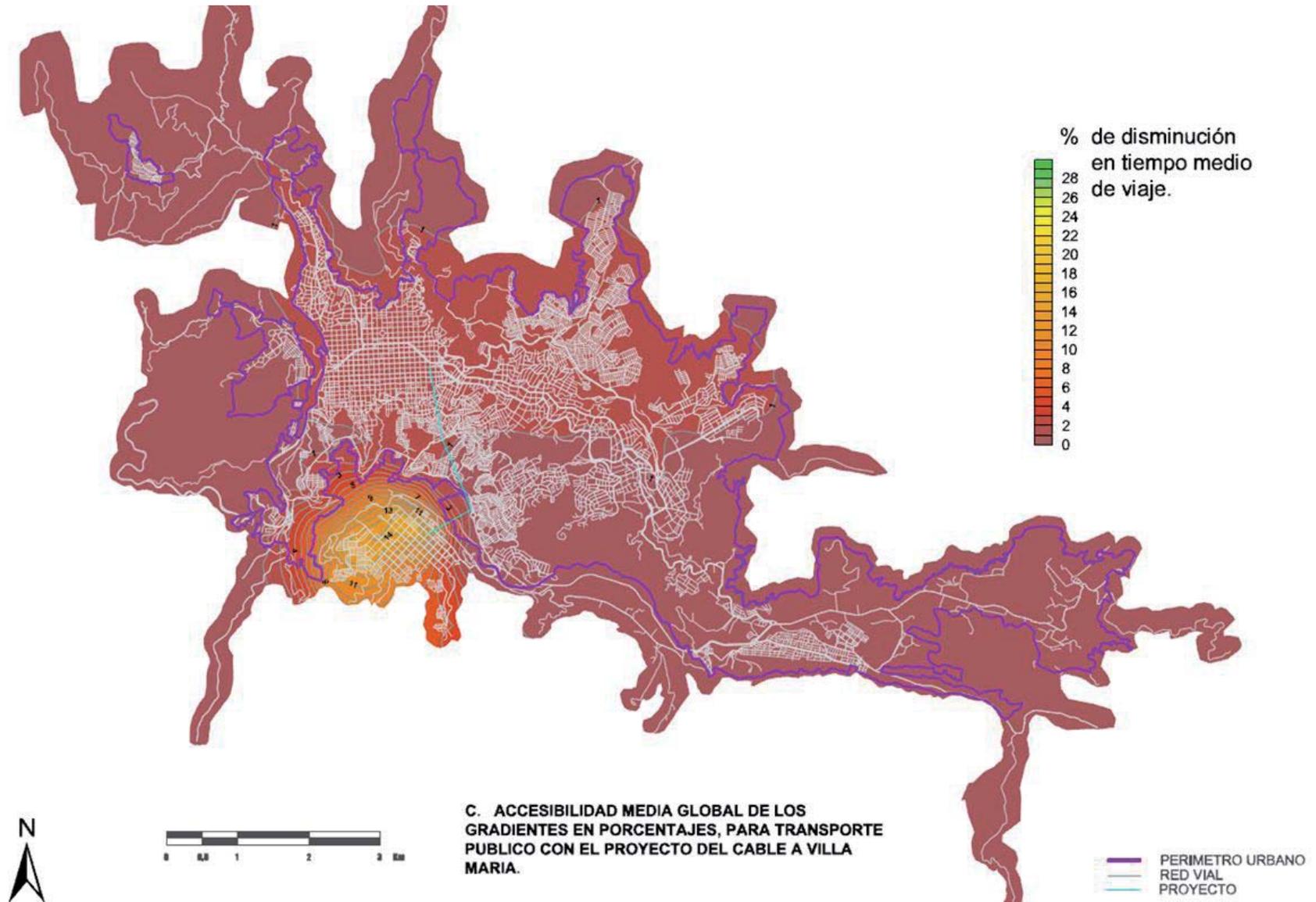


Fuente: elaboración propia.

Se concluye que el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se cubre con tiempos medios de viaje de hasta 42,1 minutos, mientras que el 50% del área urbana estaría cubierta por tiempos medios de viaje de hasta 47,1 minutos, tiempos muy similares a los obtenidos para la situación actual, 42,5 minutos y 47,5 minutos, respectivamente, indicando disminuciones en el tiempo medio de viaje de un poco menos de medio minuto para dichos porcentajes de cobertura.

Es posible calcular curvas que representen el porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media de la situación actual para el TPCU y las curvas obtenidas con la realización del cable aéreo a Villamaría, en la Figura 51 se observan las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje.

Figura 51. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con el proyecto del cable aéreo hacia Villamaría.



Fuente: elaboración propia.

Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje, con reducciones de como mínimo el 1% respecto al tiempo medio de viaje en la situación actual del TPCU. Se observa que el sector más beneficiado es el contiguo municipio de Villamaría, el cual reporta cambios en los tiempos medios de viaje de entre el 5% y el 15% del tiempo medio de viaje en la situación actual.

En la Tabla 20 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del cable hacia Villamaría, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan entre el 1% y el 2% de disminución en los tiempos medios de viaje, valores de disminución considerados bajos si se tiene en cuenta la gran inversión que se tendría que afrontar.

En la Figura 52 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, para el área urbana de la ciudad de Manizales, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

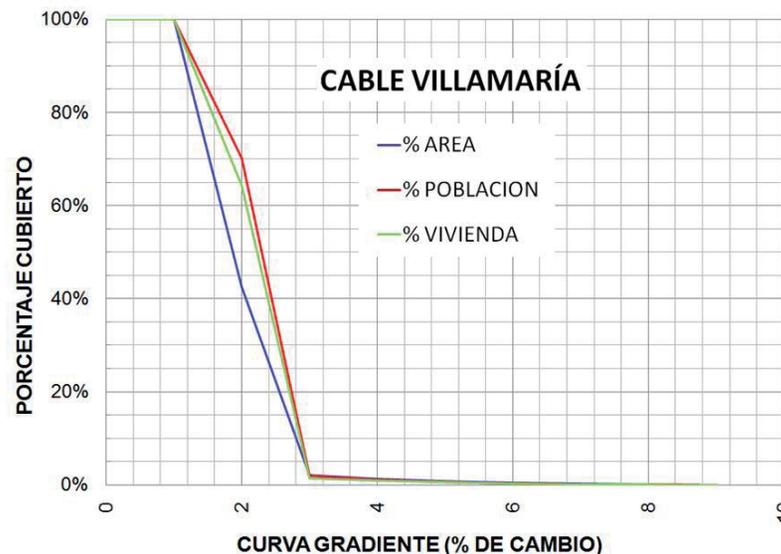
Se concluye que el 50% del área urbana, refiere cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 1,8% respecto a la situación actual del TPCU; el 50% de las variables población y número de viviendas refiere cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 2,3% respecto a la situación actual del TPCU. Así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en los tiempos medios de viaje; finalmente, se tiene que los porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas son muy bajos para porcentajes de cambio en los tiempos medio de viaje superiores al 3%.

Tabla 20. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el proyecto de cable aéreo hacia Villamaría.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	20,2	58%	107.674	30%	29.900	36%
2	14,2	40%	247.059	68%	52.718	63%
3	0,2	1%	2.617	1%	467	1%
4	0,2	1%	1.749	0%	325	0%
5	0,1	0%	1.016	0%	193	0%
6	0,1	0%	659	0%	132	0%
7	0,1	0%	426	0%	87	0%
8	0,0	0%	145	0%	30	0%
9	0,0	0%	77	0%	16	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – cable Villamaría.

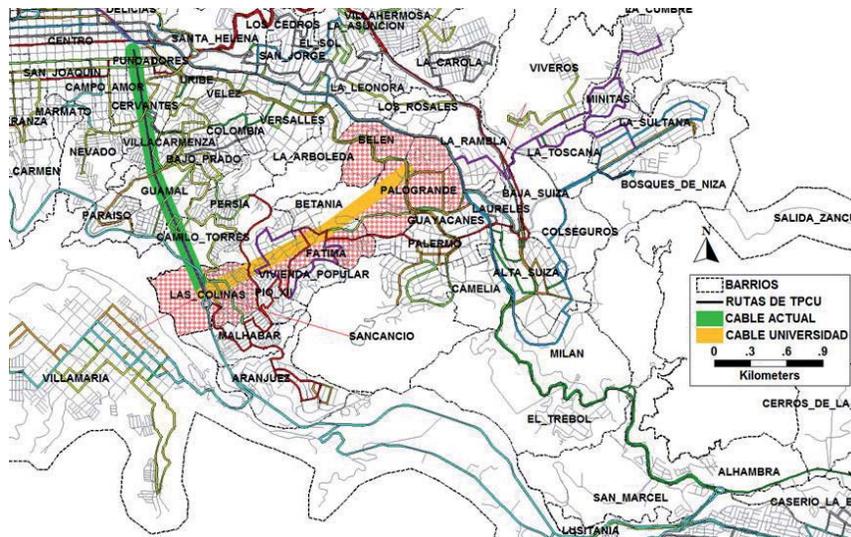


Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Cable Universidad

Este cable se encuentra en etapa de prefactibilidad, posee una longitud aproximada de 2 km y une las comunas Universitaria (barrios Las Colinas y Fátima) y Palogrande (barrios Palogrande, Rambla y Belén), sobrevolando un sector de la ciudad que se caracteriza por su abrupta topografía, permitiendo salvar la diferencia de nivel entre el Terminal de Transporte Intermunicipal (sector Los Cábmulos, vía Panamericana) y el sector universitario (universidades Nacional y de Caldas) (ver Figura 53).

Figura 53. Cable Aéreo hacia el sector universitario.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 54 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención del cable aéreo hacia el sector universitario. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 5) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de este nuevo transporte.

Es posible observar un cambio tangible de los tiempos medios de viaje para el sector de Villamaría, el cual actualmente se encuentra cubierto por curvas de entre 55 y 80 minutos, y con la intervención, pasan a estar entre 50 y 75 minutos; así mismo, se observa un pequeño cambio a lo largo del sector sur - occidente (vía Panamericana); el cambio de los tiempos medios de viaje es mínimo en el resto de la ciudad.

Se tiene entonces que la población más beneficiada con esta nueva infraestructura sería la población de Villamaría, reforzando el intercambio económico existente entre la ciudad de Manizales y dicho municipio y generando un canal de comunicación expedito entre el Terminal de Transportes Intermunicipal y el sector universitario.

En la Tabla 21 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona, para el caso de la inserción de este cable.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el TPCU incluido el cable existente y el cable al sector universitario, es posible observar que el área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 35 minutos es exactamente igual a la que se tiene en la situación actual (1,6 km²), representando el 5% del área urbana; igual sucede con las variables población y número de viviendas (ver Tabla 2).

La mayor cobertura de las tres variables se presenta entre las curvas de 40 y 55 minutos, obteniéndose que respecto a la situación actual existe una ínfima variación del porcentaje de área cubierta y variaciones un poco mayores para las otras dos variables.

Tabla 21. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo con la inserción del cable hacia el sector universitario.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(№)	%
35	1,6	5%	28.250	8%	6.536	8%
40	5,6	16%	102.052	28%	24.405	29%
45	7,2	21%	99.885	28%	22.407	27%
50	6,3	18%	71.780	20%	15.071	18%
55	4,9	14%	32.617	9%	7.690	9%
60	2,6	7%	9.947	3%	3.035	4%
65	1,7	5%	5.537	2%	1.874	2%
70	1,2	3%	3.446	1%	1.008	1%
75	1,1	3%	3.072	1%	750	1%
80	0,9	3%	2.082	1%	463	1%
85	0,7	2%	1.255	0%	286	0%
90	0,5	1%	1.346	0%	285	0%
95	0,2	1%	73	0%	24	0%
100	0,2	1%	56	0%	20	0%
105	0,4	1%	24	0%	14	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 55 se observa la ojiva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo TPCU incluido el cable existente y el cable hacia el sector universitario.

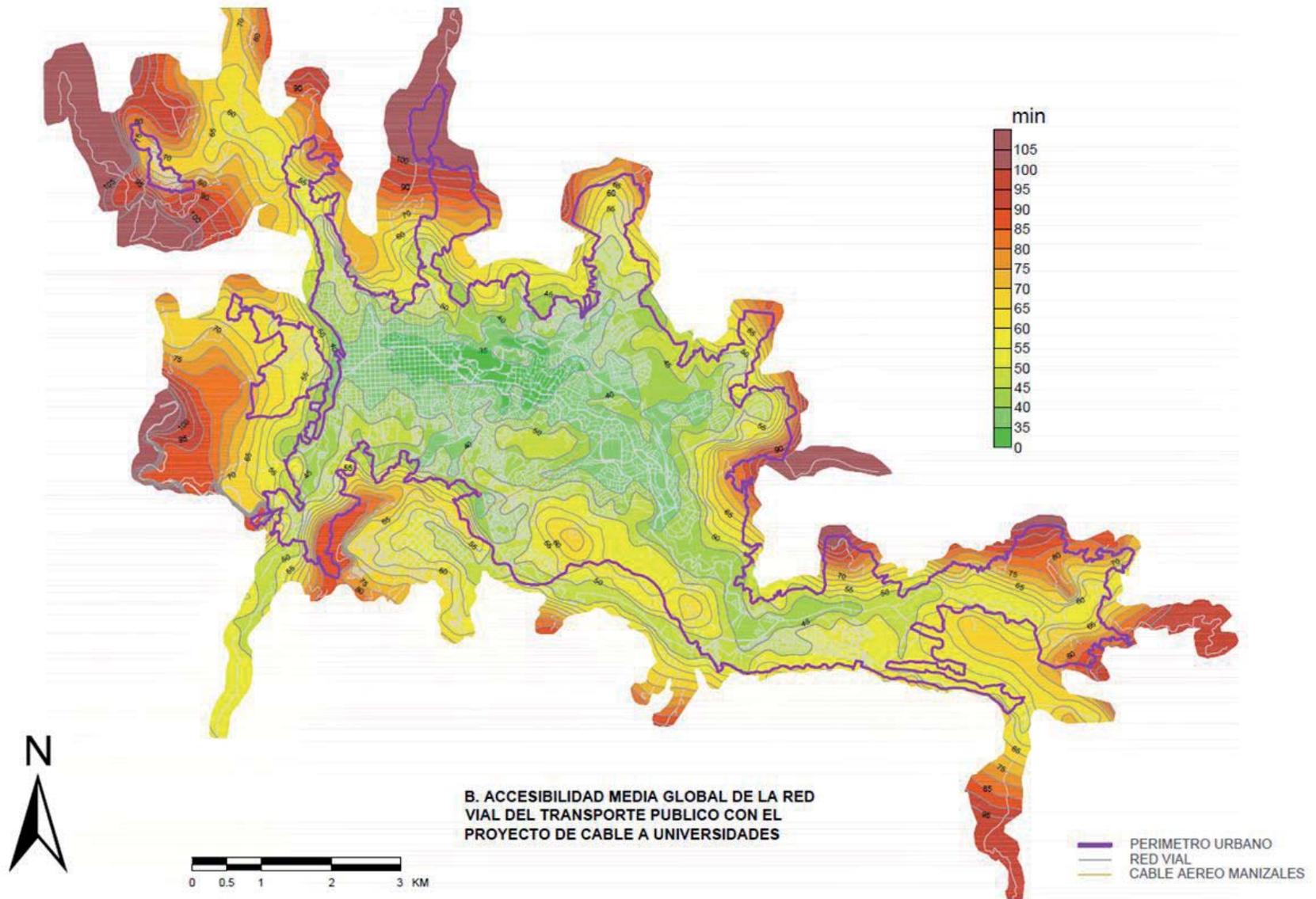
Se concluye que el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se cubre con tiempos medios de viaje de hasta 42,3 minutos, mientras que el 50% del área urbana estaría cubierta por tiempos medios de viaje de hasta 47,3 minutos, tiempos muy similares a los obtenidos para la situación actual, 42,5 minutos y 47,5 minutos, respectivamente, indicando disminuciones en el tiempo medio de viaje de menos de medio minuto para dichos porcentajes de cobertura.

Es posible calcular curvas que representen el porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media de la situación actual para el TPCU y las curvas obtenidas con la realización del cable aéreo a hacia el sector universitario; en la Figura 56 se observan las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje.

Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje, con reducciones de como mínimo el 1% respecto al tiempo medio de viaje en la situación actual del TPCU. Se observa que los mayores beneficios se dan a lo largo del corredor de la carretera Panamericana hacia el sector sur - occidente de la ciudad (barrios El Paraíso, Guamal, El Nevado y El Carmen); así mismo, el contiguo municipio de Villamaría, reporta cambios en los tiempos medios de viaje de entre el 2% y el 3% del tiempo medio de viaje en la situación actual.

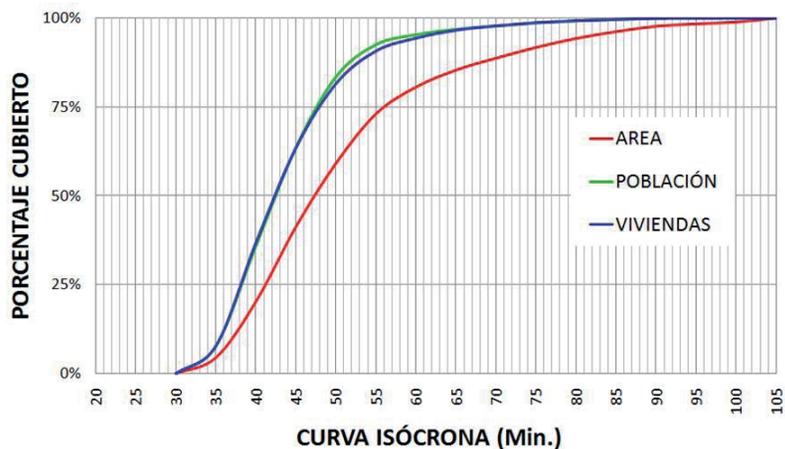
En la Tabla 22 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente del cable hacia el sector universitario, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Figura 54. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención de cable aéreo hacia el sector universitario.



Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual y el cable al sector universitario.



Fuente: elaboración propia.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan para el 1% de disminución en los tiempos medios de viaje, valor considerado bajo si se tiene en cuenta la gran inversión que se tendría que afrontar. Por otra parte se establece que el impacto en los tiempos medios de viaje generados por la inserción de este cable es menor que el generado por la inserción del cable a Villamaría.

En la Figura 57 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, para el casco urbano de la ciudad de Manizales, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre.

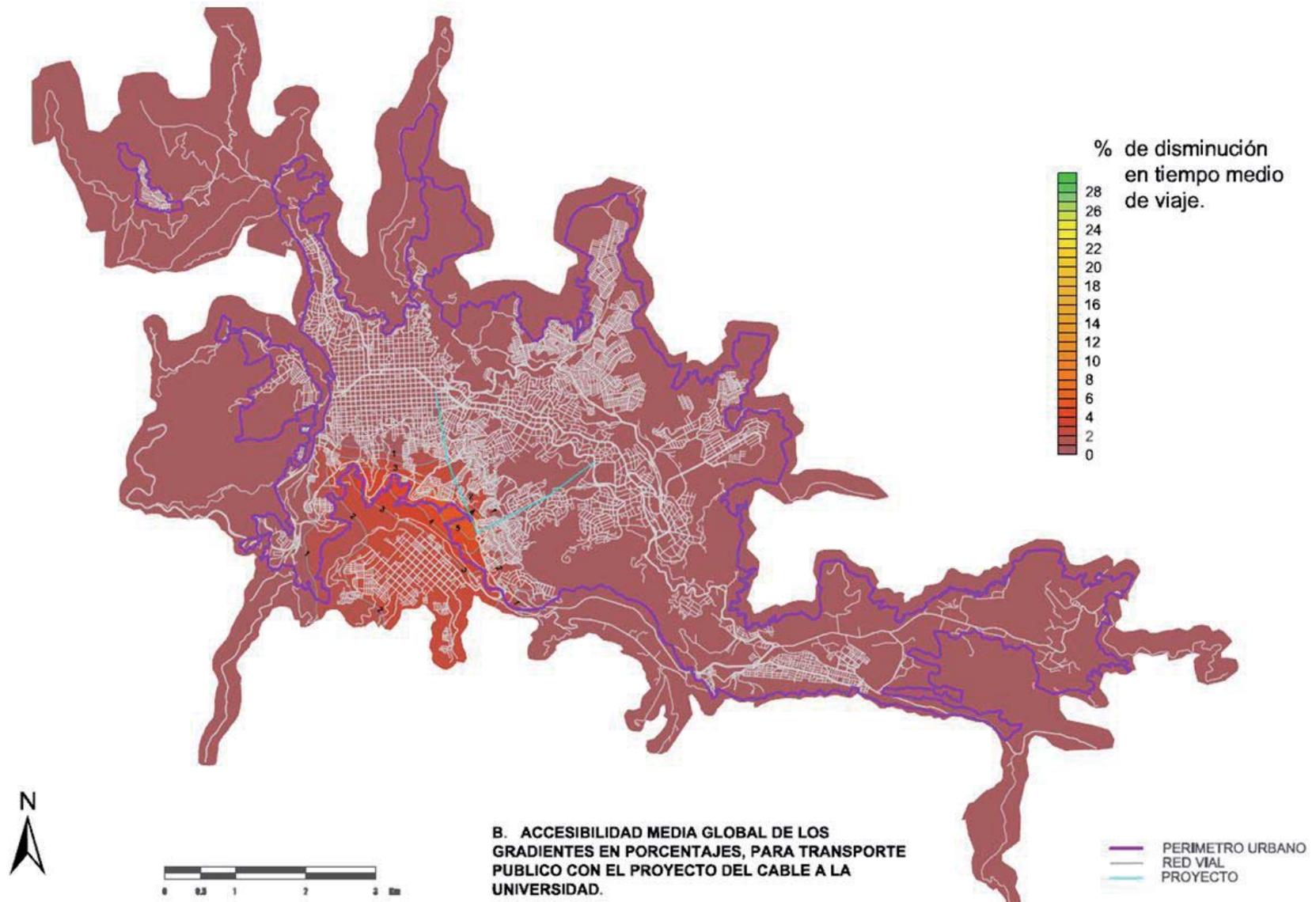
Tabla 22. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el proyecto de cable aéreo hacia el sector universitario.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	32,2	92%	319.218	88%	75.764	90%
2	1,4	4%	19.212	5%	3.887	5%
3	0,6	2%	9.010	2%	1.759	2%
4	0,4	1%	7.451	2%	1.127	1%
5	0,3	1%	4.656	1%	911	1%
6	0,2	1%	1.875	1%	420	1%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

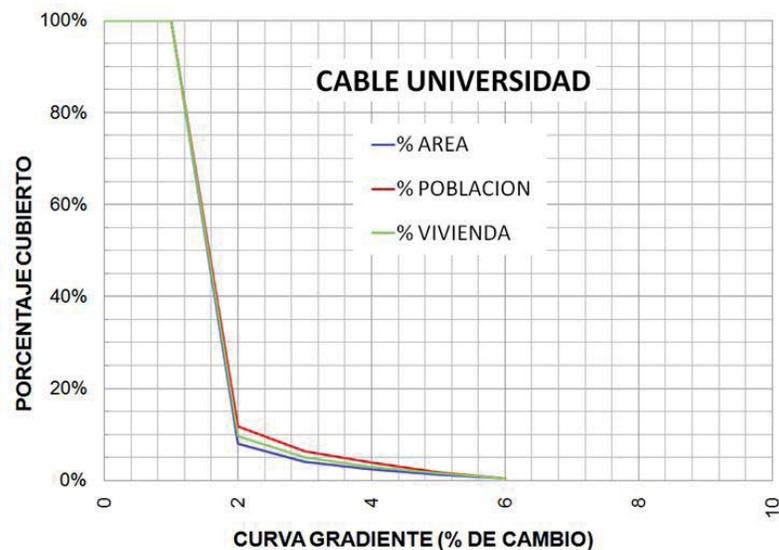
Se concluye que para una cobertura del 50% de las variables área, población y número de viviendas, los cambios en los tiempos medios de viaje serían de hasta el 1,5% respecto a la situación actual del TPCU, valor menor al obtenido para el cable a Villamaría. Así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en los tiempos medios de viaje; finalmente, se tiene que los porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas son muy bajos para porcentajes de cambio en los tiempos medio de viaje superiores al 2%.

Figura 56. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con el proyecto del cable aéreo hacia el sector Universitario.



Fuente: elaboración propia.

Figura 57. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Cable Universidad.



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Cable Sancancio

Este cable está propuesto por la administración municipal y pretende unir el actual Terminal de Transportes Intermunicipal y la cima del llamado “morro Sancancio”; posee una longitud aproximada de 1,3 km, uniendo los barrios Las Colinas y Sancancio, sobrevolando los barrios Malhabar y Pio XII. La finalidad de su construcción es netamente turística (ver Figura 58).

Los resultados del análisis de *Accesibilidad media global* obtenidos por la inserción de esta infraestructura, revelan que el impacto sobre los tiempos medios de viaje es mínimo, lo cual se debe a la caminata que se debería realiza para alcanzar la estación en la cima del morro Sancancio.

Se tiene entonces que los porcentajes de área, población y número de viviendas cubiertas dada la inserción de este cable son las mismas que las obtenidas para la situación actual, encontrando unos mínimos ahorros de tiempo (menores a 0,5% del tiempo medio actual) alrededor de las estaciones de abordaje planteadas. Es decir, el único sector que refiere un cambio en los tiempos medios de viaje es el sector del morro Sancancio, pero dicho sector, al no estar articulado con la red de TPCU, trae como consecuencia que el impacto de insertar esta infraestructura sea prácticamente nulo.

Se concluye entonces que desde el punto de vista de la accesibilidad, esta infraestructura no genera un verdadero impacto, no obstante, la finalidad de su construcción no se fundamenta en la necesidad de reducir los tiempos medio de viaje en el sistema de transporte, sino de dar comunicación directa a una zona ambientalmente amigable y de esparcimiento (morro Sancancio) con el sector donde se emplaza el Terminal de Transportes Intermunicipal sobre la carretera Panamericana.

2.2.5. Conjunto de todos los cables aéreos

A continuación se evalúa el impacto conjunto que se produciría sobre los tiempos medios de viaje si se construyen todos los sistemas tipo cable aéreo estudiados con anterioridad.

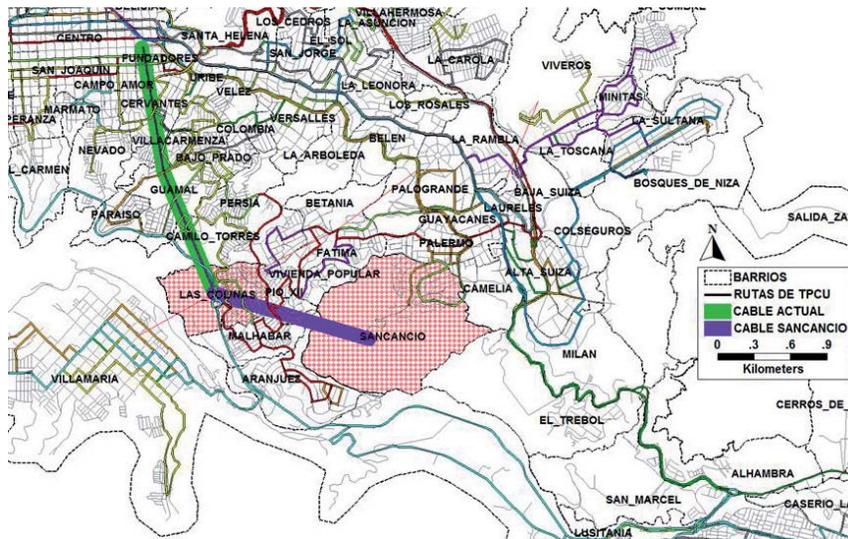
En la Figura 59 se observan las curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención de todos los sistemas tipo cable aéreo estudiados. Es posible comparar dichas curvas con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 5) logrando detectar los sectores de la ciudad que refieren un cambio importante en sus tiempos medios de viaje como consecuencia de la existencia de estas nuevas infraestructuras.

Es posible observar un cambio tangible de los tiempos medios de viaje hacia el municipio de Villamaría, el cual actualmente se encuentra cubierto por curvas de entre 55 y 80 minutos, y con la nueva infraestructura propuesta, pasan a estar entre 50 y 70 minutos, así mismo, se observa un pequeño cambio a lo largo del sector sur occidente (vía Panamericana).

Se tiene entonces que la población más beneficiada con la inserción de estas nuevas infraestructuras sería la población de Villamaría, en donde el Terminal de Transportes Intermunicipal actuaría como nodo articulador de la movilidad en dicho modo de transporte.

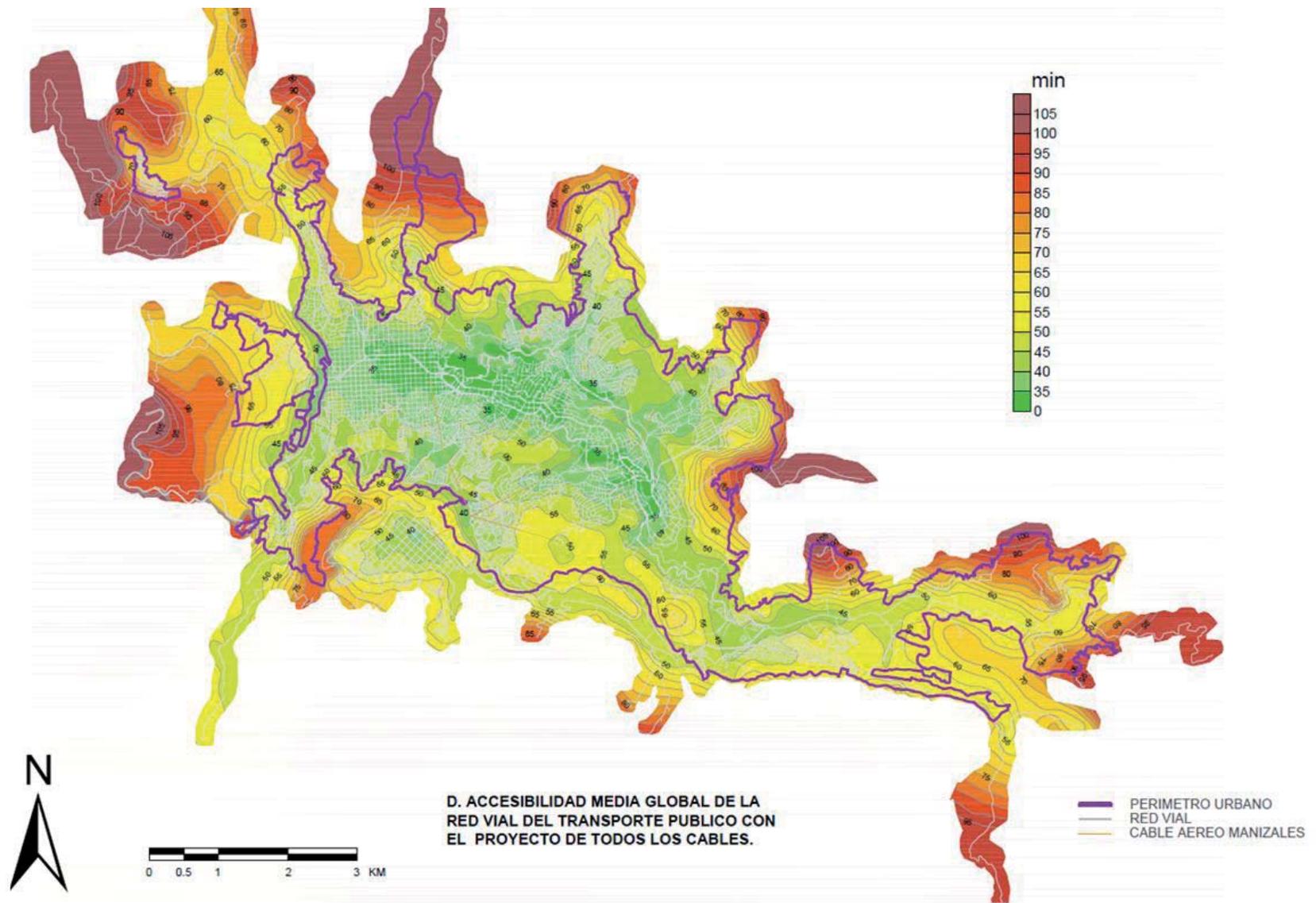
En la Tabla 23 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas isócronas de tiempo obtenidas con la inserción de todos los cables, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva isócrona.

Figura 58. Cable aéreo Sancancio.



Fuente: elaboración propia.

Figura 59. Curvas de *Accesibilidad media global* obtenidas con la intervención de todos los cables aéreos estudiados.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo con la inserción de todos los sistemas tipo cable estudiados.

CURVA (Min.)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(No)	%
35	2,6	7%	44.632	12%	11.280	13%
40	5,5	16%	100.583	28%	23.201	28%
45	7,4	21%	98.672	27%	21.795	26%
50	6,0	17%	63.004	17%	13.532	16%
55	5,0	14%	32.534	9%	8.034	10%
60	2,2	6%	7.124	2%	2.161	3%
65	1,4	4%	4.317	1%	1.323	2%
70	1,1	3%	3.194	1%	830	1%
75	1,0	3%	2.982	1%	720	1%
80	0,9	3%	1.986	1%	440	1%
85	0,8	2%	2.002	1%	435	1%
90	0,4	1%	246	0%	62	0%
95	0,2	1%	70	0%	23	0%
100	0,2	1%	55	0%	20	0%
105	0,4	1%	21	0%	12	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Como resultado del análisis de las áreas cubiertas por las curvas isócronas de tiempo para el TPCU incluido el cable existente y todos los sistemas tipo cable estudiados, es posible observar que el área cubierta por la menor curva isócrona, es decir, por la curva de 35 minutos pasa de cubrir 1,6 km² en la situación actual del TPCU a cubrir 2,6 km², representando un aumento del 2% del área urbana cubierta para dicha curva de tiempo medio de viaje. Por su parte, la cobertura de población y número de viviendas aumenta un 4% y 5%, respectivamente, respecto a la situación actual para la curva de tiempo de 35 minutos (ver Tabla 2).

La mayor cobertura de las tres variables se presenta entre las curvas de 40 y 55 minutos, obteniéndose que respecto a la situación actual existe una pequeña variación del porcentaje de área cubierta y variaciones un poco mayores para las otras dos variables.

En la Figura 60 se observa la ojiva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo TPCU incluido el cable existente y todos los sistemas tipo cable estudiados.

Se concluye que el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se cubre con tiempos medios de viaje de hasta 41,7 minutos, mientras que el 50% del área urbana estaría cubierta por tiempos medios de viaje de hasta 46,7 minutos, tiempos muy similares a los obtenidos para la situación actual, 42,5 minutos y 47,5 minutos, respectivamente, indicando disminuciones en el tiempo medio de viaje de menos de un minuto para dichos porcentajes de cobertura.

Se observa un leve movimiento de las curvas hacia la derecha del origen si se comparan con las obtenidas para la situación actual (ver Figura 7), lo cual indica que en realidad existiría un impacto sobre los tiempos medios de viaje, no obstante dicho impacto es considerado bajo.

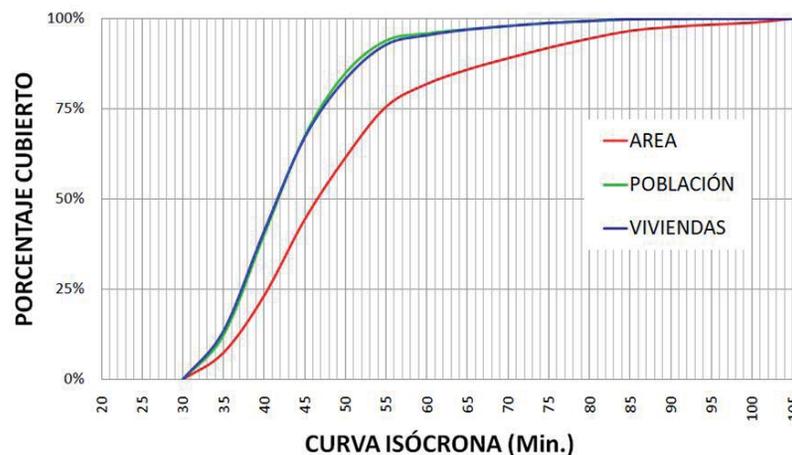
Es posible calcular curvas que representen el porcentaje de cambio respecto al tiempo medio de viaje, mediante una comparación entre las curvas de accesibilidad media de la situación actual para el TPCU y las curvas obtenidas con la realización de todos los sistemas tipo cable estudiados, en la Figura 61 se observan las curvas gradientes en porcentaje de cambio en los tiempos medios de viaje.

Se observa que toda el área urbana de la ciudad reflejaría mejoras en sus tiempos medios de viaje, con reducciones de como mínimo el 1% respecto al tiempo medio de viaje en la situación actual del TPCU. Se observa que los mayores beneficios se dan a lo largo del corredor de la carretera Panamericana hacia el sector sur - occidente de la ciudad (barrios El Paraíso, Guamal, El Nevado y El Carmen); así mismo, el contiguo municipio de Villamaría, reporta cambios en los tiempos medios de viaje de hasta un 17% del tiempo medio de viaje en la situación actual. De igual forma, el sector universitario y el sector donde se ubican las estaciones del cable Los Yarumos y el cable Sancancio, refieren disminuciones del tiempo medio de viaje de hasta el 5%, 4% y 4%, respecto a la situación actual, respectivamente.

En la Tabla 24 se observan los resultados obtenidos al correlacionar la base de datos de área, población y número de viviendas con las curvas gradiente obtenidas para la inserción de todos los cables estudiados, permitiendo realizar estimaciones de qué porcentaje de la población, del área y del número de viviendas, se encuentra cubierto por una determinada curva gradiente.

Se observa que los mayores porcentajes cubiertos para las tres variables se presentan para el 2% de disminución en los tiempos medios de viaje, valor considerado bajo si se tiene en cuenta la gran inversión que se tendría que afrontar. Se observa que tan sólo el 15% del área urbana, el 12% de la población y el 18% del número de viviendas de la ciudad de Manizales tendrían cambios en los tiempos medios de viaje superiores al 5% del tiempo medio actual.

Figura 60. Curva porcentual de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas para el modo de TPCU incluido el sistema tipo cable actual y todos los sistemas tipo cable estudiados.



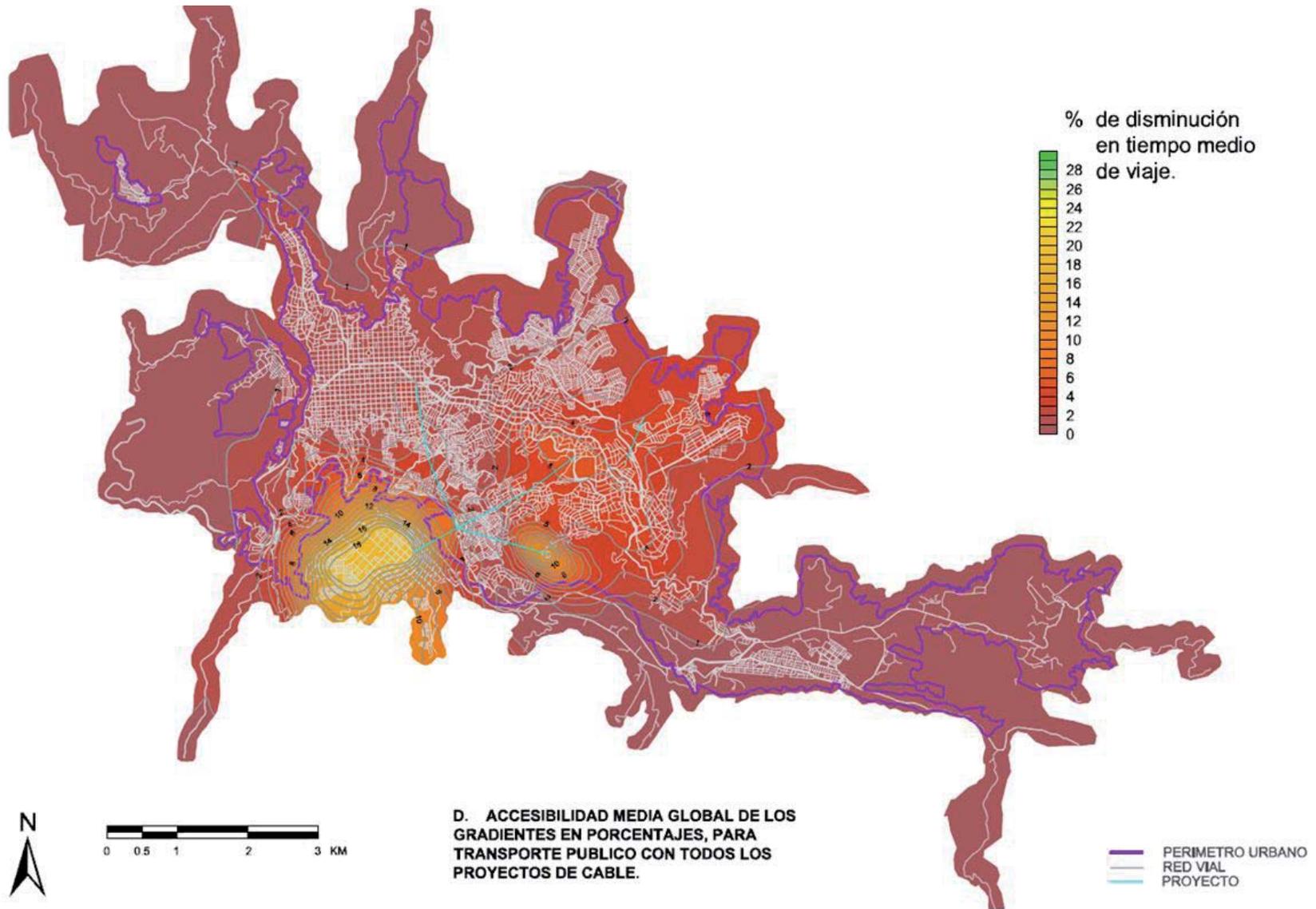
Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Porcentaje de área, población y número de viviendas cubiertas por las curvas gradiente de tiempo para el proyecto de inserción de todos los sistemas tipo cable estudiados.

CURVA (%)	ÁREA CUBIERTA		POBLACIÓN CUBIERTA		TOTAL VIVIENDAS CUBIERTAS	
	(km ²)	%	(Hab.)	%	(Nº)	%
0	0,0	0%	0	0%	0	0%
1	10,1	29%	30.766	9%	7.672	9%
2	10,5	30%	164.278	45%	34.471	41%
3	5,2	15%	78.714	22%	16.576	20%
4	4,1	12%	42.050	12%	10.549	13%
5	3,2	9%	28.445	8%	9.820	12%
6	0,9	3%	7.785	2%	2.310	3%
7	0,4	1%	3.408	1%	817	1%
8	0,3	1%	2.918	1%	701	1%
9	0,2	1%	1.735	0%	444	1%
10	0,1	0%	842	0%	271	0%
11	0,1	0%	305	0%	145	0%
12	0,0	0%	153	0%	77	0%
13	0,0	0%	23	0%	15	0%
TOTALES	35,1	100%	361.422	100%	83.868	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 61. Curvas gradiente de cambio del tiempo medio de viaje con la inserción de todos los proyectos tipo cable estudiados.



Fuente: elaboración propia.

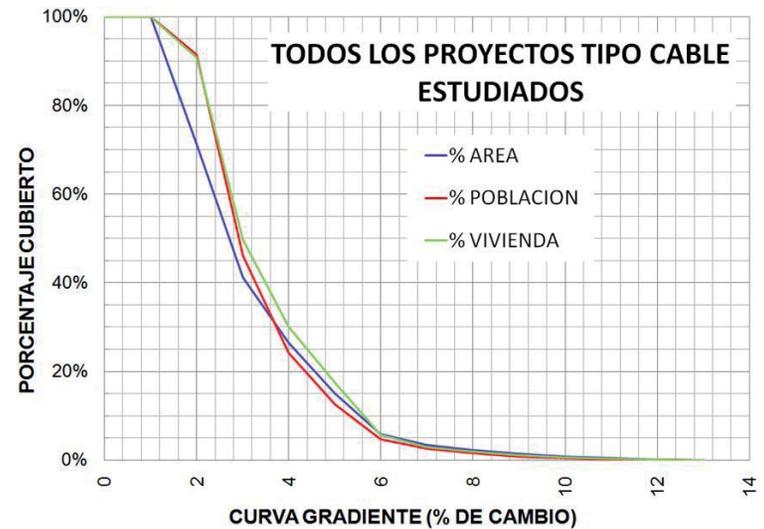
En la Figura 62 se observa la relación entre el porcentaje cubierto de área, población y número de viviendas, para el área urbana de la ciudad de Manizales, a partir del análisis de datos censales de los barrios (datan del año 2008, valores que fueron proyectados al año 2010) y las curvas gradiente isócronas que les cubre para el caso comparativo entre la situación actual de TPCU y la situación que se tendría de realizarse todos los proyectos de infraestructura tipo cable estudiados.

Se concluye que para una cobertura del 50% del área urbana, se tendrían cambios en los tiempos medios de viaje de hasta el 2,7% respecto a la situación actual del TPCU; el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se beneficiarían con disminuciones de hasta el 2,9% y 3% en los tiempos medios de viaje, respectivamente, respecto a la situación actual del sistema de TPCU.

Así mismo, se observa que el 100% de las tres variables refiere cambios de hasta el 1% en los tiempos medios de viaje; finalmente, se tiene que los porcentajes de cobertura de área, población y número de viviendas son de aproximadamente el 5% para porcentajes de cambio en los tiempos medio de viaje superiores al 6%. Se concluye entonces que es mayor el impacto generado por todo el sistema de cables que el impacto generado por cada uno de éstos por separado, lo cual es un resultado lógico.

Numerando los proyectos de sistema tipo cable estudiados en orden de mayor a menor impacto sobre los tiempos medios de viaje para el sistema de TPCU, se tiene en su orden: cable a Villamaría, cable a Universidad, cable a Sancancio y cable a Los Yarumos, recordando que los últimos dos cables mencionados, por sí solos refieren porcentajes de cambio en el tiempo medio de viaje bastante bajos.

Figura 62. Porcentaje cubierto de las variables área, población y número de viviendas, respecto a las curvas gradiente de cambio en los tiempos medios de viaje – Todos los proyectos tipo cable estudiados.



Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Análisis comparativo de los resultados obtenidos por los sistemas de transporte tipo cable estudiados

A continuación se realiza un análisis comparativo de los resultados de porcentaje de áreas, población y número de viviendas cubiertas por las curvas isócronas y por las curvas gradiente para cada uno de los proyectos de sistema tipo cable aéreo, por separado y en conjunto y para la situación actual del TPCU incluido el cable existente.

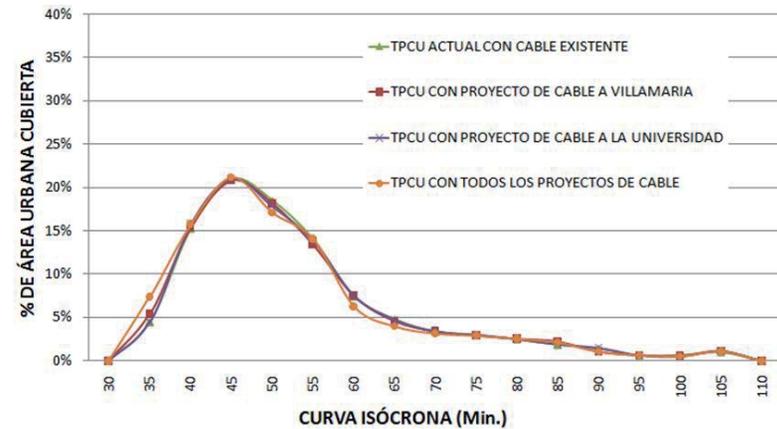
En las siguientes figuras se observa un resumen gráfico de los resultados de cobertura obtenidos del análisis de *Accesibilidad media global* para las diferentes propuestas de cable aéreo, en el cual se relaciona el porcentaje cubierto por cada variable y las curvas isócronas en minutos. Lo ideal sería que los porcentajes de cobertura fuesen altos para curvas isócronas menores, es decir, mientras la curva obtenida para un paquete de proyectos se encuentre más a la derecha del origen, significa que al realizar dichos proyectos existirían unas mejores condiciones de *Accesibilidad media global*, es decir, mayor impacto sobre las condiciones de desplazamiento dentro de la ciudad, permitiendo concluir qué proyecto de cable aéreo impactaría más sobre las variables área, población y número de viviendas.

Los cables hacia Los Yarumos y hacia Sancancio refieren reducciones de tiempo medio de viaje ínfimos respecto a la situación actual de TPCU, por lo tanto las curvas de cobertura para las tres variables área, población y número de viviendas son las mismas que para la situación actual.

En la Figura 63 se observa la relación existente entre porcentaje de área Urbana cubierta por las curvas isócronas para cada propuesta de cable aéreo, por separado y en conjunto y para la situación actual.

Analizando el comportamiento de las curvas obtenidas por la intervención de cada sistema tipo cable estudiado, es posible concluir

Figura 63. Comparación de porcentaje de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para la situación actual.



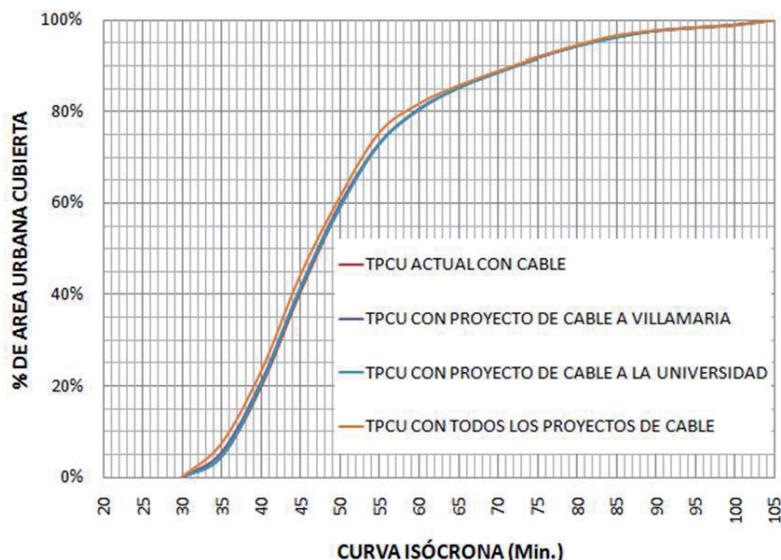
Fuente: elaboración propia.

que respecto al porcentaje de área urbana cubierta, existe una pequeña mejora de cobertura cuando se analizan los sistemas tipo cable en conjunto. El tiempo medio de viaje para el cual se obtiene el mayor porcentaje de cobertura (21%) es para todos los casos aproximadamente de 45 minutos.

Realizando un análisis de ojivas porcentuales del área urbana cubierta contra curvas isócronas de tiempo medio de viaje obtenidas para cada proyecto tipo cable y para la situación actual, se observa en la Figura 64 que el conjunto de proyectos tipo cable generaría una pequeña mejora del área urbana cubierta, los cables Villamaría y Universidad, también refieren mejora de cobertura de esta variables, pero en una magnitud inferior a la del conjunto de proyectos.

Los cables Yarumos y Sancancio poseen ojivas porcentuales de área idénticas a la situación actual, lo que los convierte en proyectos que no generan impacto respecto al área cubierta por determinados tiempos medios de viaje.

Figura 64. Ojiva Porcentual de área urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para situación actual.



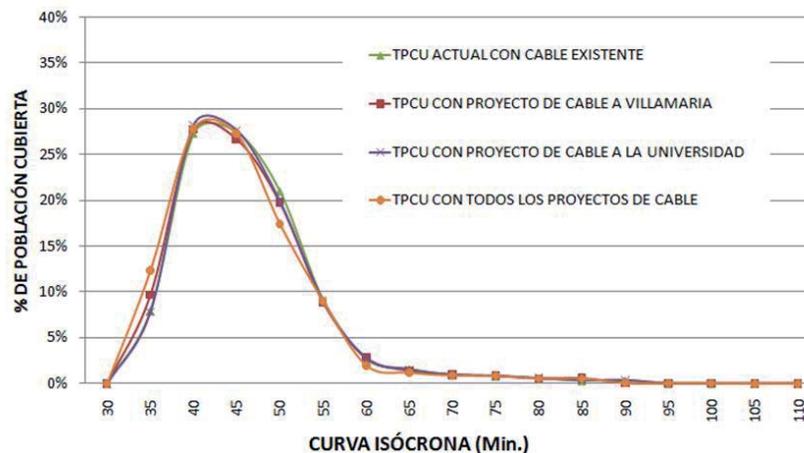
Fuente: elaboración propia.

Se observa que el conjunto de proyectos tipo cable refiere 46,5 minutos para un 50% de área urbana cubierta, mientras que en la situación actual, se tiene que para un 50% de área urbana cubierta se deben invertir aproximadamente 47,2 minutos, lo cual significa una reducción de menos de un minuto respecto a la cobertura del área urbana.

En la Figura 65 se observa la relación existente entre porcentaje de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable analizados, por separado y en conjunto y para la situación actual de TPCU.

De forma general, si se comparan estas curvas con las obtenidas en el anterior análisis de área urbana cubierta, es evidente un mayor

Figura 65. Comparación de porcentaje de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para la situación actual.



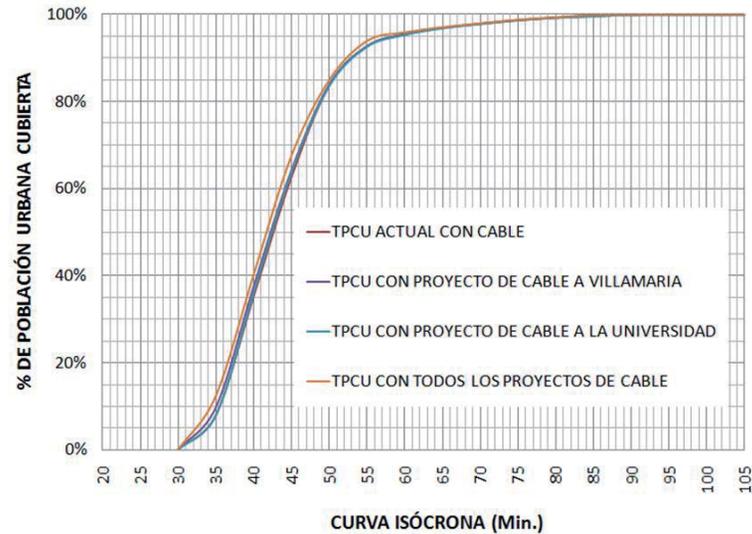
Fuente: elaboración propia.

porcentaje cubierto de población con menores tiempos medios de viaje, se observa por ejemplo, que el valor pico de cobertura de esta variable (28%) se presenta para un tiempo medio de viaje de 42,5 minutos, así mismo, es mayor la cobertura para los tiempos de 35 y 40 minutos que en el caso de porcentaje de área urbana cubierta.

Es posible establecer que respecto a la variable población, el conjunto de proyectos tipo cable refieren una mejora en los porcentajes de cobertura, no obstante, son pequeños respecto a la situación actual.

De igual forma, se tiene que el cable Universidad impacta un poco más que el cable Villamaría respecto a esta variable, recordando que para las tres variables se han tomado los valores sólo de la ciudad de Manizales, es decir, sin incluir los valores del municipio de Villamaría.

Figura 66. Ojiva porcentual de población urbana cubierta por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable analizados y para la situación actual.

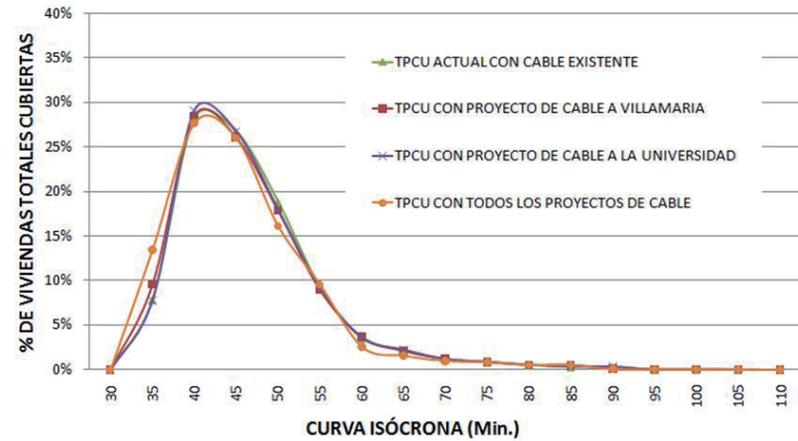


Fuente: elaboración propia.

Realizando un análisis de ojivas porcentuales de población urbana cubierta contra curvas isócronas de tiempo medio de viaje para los proyectos tipo cable -por separado, en conjunto y para la situación actual-, se observa en la Figura 66 que el conjunto de proyectos tipo cable refiere mejoras respecto al porcentaje de cobertura de la población, los cables a Villamaría y a la Universidad, también refieren mejoras, pero con magnitudes inferiores.

Se observa que el conjunto de proyectos tipo cable refiere 41,8 minutos para un 50% de población urbana cubierta, mientras que en la situación actual, se tiene que para un 50% de población urbana cubierta se deben invertir aproximadamente 42,8 minutos, lo cual significa una reducción de aproximadamente un minuto.

Figura 67. Comparación de porcentaje del número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para la situación actual.



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, comparando las ojivas porcentuales obtenidas para la variable área y la variable población, se observa que ésta última, posee una pendiente mayor, lo cual lleva a concluir que para un mismo tiempo medio de viaje, se cubre más población que área urbana, en donde por ejemplo, para un 60% de cobertura de ambas variables, los tiempos medios de viaje se encuentra próximos a 50 minutos para el caso de cobertura de área y menores a 45 minutos para el caso de cobertura de población.

En la Figura 67 se observa la relación existente entre porcentaje del número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable, separados y en conjunto y para la situación actual de TPCU.

De forma general, si se comparan estas curvas con las obtenidas para las dos anteriores variables, se aprecia una importante semejanza con la variable población, encontrándose una situación similar en el análisis.

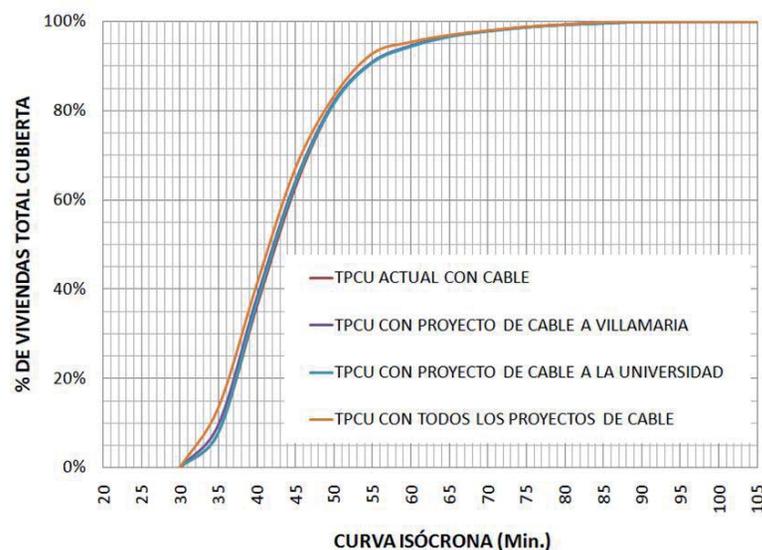
Se observa por ejemplo, que el valor pico de cobertura de esta variable (28%) se presenta para un tiempo medio de viaje de 42,5 minutos, situación similar al análisis de la población; así mismo, es mayor la cobertura para los tiempos de 35 y 40 minutos que en el caso de porcentaje de área urbana cubierta. Es posible establecer que respecto a la variable número de viviendas, el conjunto de proyectos tipo cable refieren una mejora en los porcentajes de cobertura, no obstante, son pequeños respecto a la situación actual.

Igualmente, se concluye que el cable Universidad impacta un poco más que el cable Villamaría respecto a esta variable, recordando que para las tres variables se han tomado los valores solo de la ciudad de Manizales, es decir, sin incluir los valores del municipio de Villamaría.

Realizando un análisis de ojivas porcentuales del número de viviendas urbanas cubiertas contra curvas isócronas de tiempo medio de viaje para los proyectos tipo cable -por separado, en conjunto y para la situación actual-, se observa en la Figura 68 que el conjunto de proyectos tipo cable refiere mejoras respecto al porcentaje de cobertura de la población, los cables a Villamaría y a la Universidad, también refieren mejoras, pero con magnitudes inferiores.

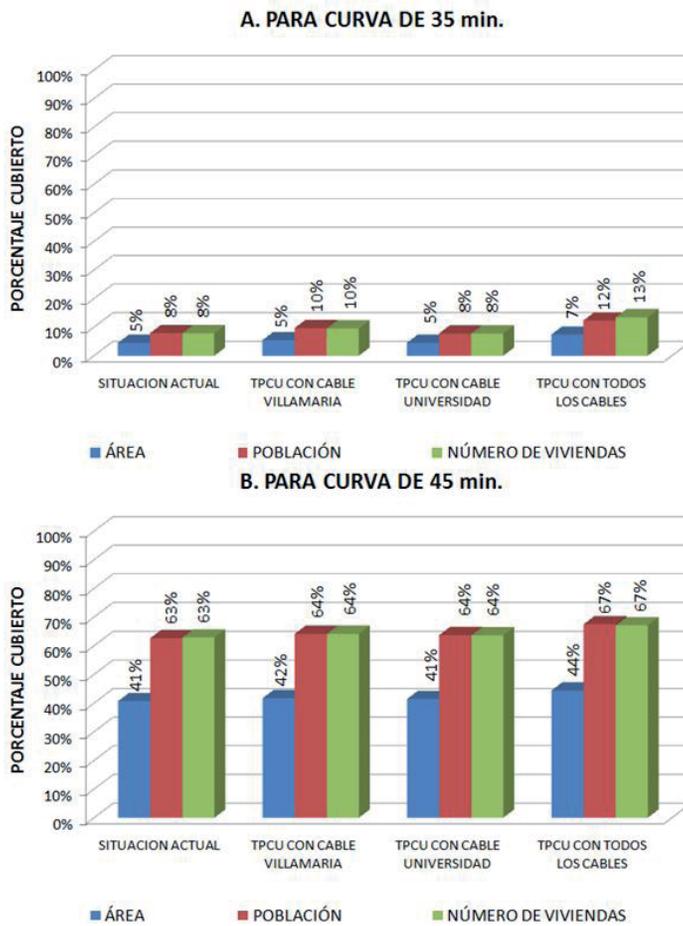
Se observa que el conjunto de proyectos tipo cable refiere 41,8 minutos para un 50% del número de viviendas urbanas cubiertas, mientras que en la situación actual, se tiene que para un 50% del número de viviendas urbanas cubiertas se deben invertir aproximadamente 42,8 minutos, lo cual significa una reducción de aproximadamente un minuto, situación igual a la obtenida para el análisis de la variable población.

Figura 68. Ojiva porcentual de número de viviendas urbanas cubiertas por las curvas isócronas para los proyectos tipo cable estudiados y para situación actual.



Fuente: elaboración propia.

Figura 69. Comparación de porcentaje de cobertura para tiempos medios de viaje de 25 y 30 minutos, analizadas respecto a cada uno de los paquetes de proyectos y para la situación actual.



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, comparando las ojivas porcentuales obtenidas para la variable área y la variable número de viviendas cubiertas, se observa que esta última, posee una pendiente mayor, lo cual lleva a concluir que para un mismo tiempo medio de viaje, se cubre más población que área urbana, en donde por ejemplo, para un 60% de cobertura de ambas variables, los tiempos medios de viaje se encuentra próximos a 50 minutos para el caso de cobertura de área y menores a 45 minutos para el caso de cobertura del número de viviendas cubiertas.

Del análisis realizado sobre porcentajes de área, población y número de viviendas cubiertas por los proyectos tipo cable estudiados y la situación actual, se observa en la Figura 69, la comparación de porcentajes cubiertos para cada variable para las curvas isócronas de tiempo medio de viaje de 35 (Figura 69A) y 45 minutos (Figura 69B).

Se obtuvo que para 35 minutos de tiempo medio de viaje, el porcentaje de cobertura de la variable área es del 5%, valor que aumenta hasta un 7% sólo en el caso del análisis de los proyectos tipo cable en conjunto. Respecto a la variable población, se tiene un porcentaje de cobertura del 8% para la situación actual, valor que aumenta hasta un 10% para el análisis del cable a Villamaría, aumenta hasta un 12% para el análisis del conjunto de cables y se mantiene estable para el análisis del cable a la Universidad.

Respecto a la variable número de viviendas cubiertas, se tiene que en la situación actual se cubre un 8% de éstas para 35 minutos de tiempo medio de viaje, valor que aumenta hasta un 10% para el análisis del cable a Villamaría, aumenta hasta un 13% para el análisis del conjunto de cables y permanece igual para el caso del cable hacia la Universidad.

Analizando los porcentajes de cobertura de las tres variables para un tiempo medio de viaje de 45 minutos, se observa que respecto a la variable área, existe un aumento del 1% para el caso del cable a Villamaría, existe un aumento del 3% para el análisis de todos los cables y permanece igual para el caso del cable hacia la Universidad.

Por su parte, las variables población y número de viviendas refieren un aumento del 1% para los cables Villamaría y Universidad y un aumento del 4% para el análisis de todos los cables en conjunto.

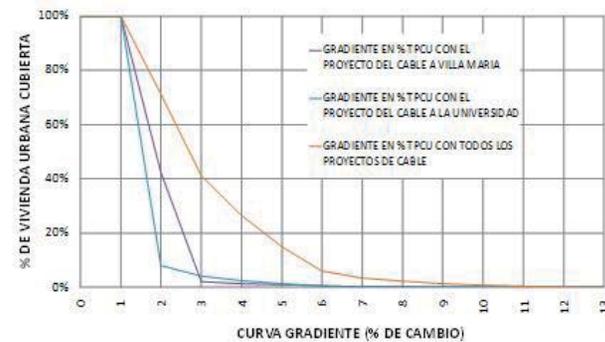
Es posible concluir entonces que los impactos sobre las variables analizadas, dada la inserción de los sistemas tipo cable propuestos y respecto a las variaciones en los tiempos medios de viaje, son bastante bajos, inclusive para el análisis de todos los proyectos tipo cable en conjunto.

En la Figura 70A, B y C, se observa el porcentaje de los gradientes de tiempo medio de viaje contra porcentaje de área, población y número de viviendas urbanas cubiertas para los proyectos tipo cable analizados, por separado y en conjunto, respectivamente.

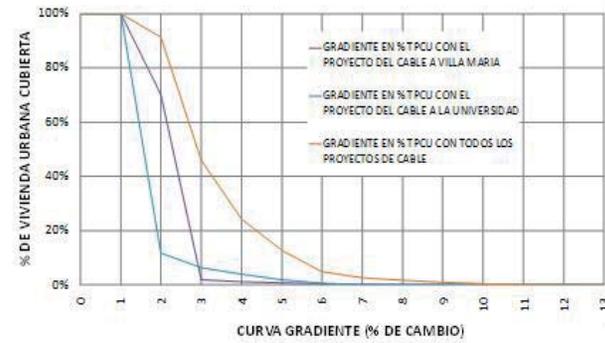
De forma general se tiene que mientras una curva se encuentra más hacia la izquierda y hacia arriba del origen, refiere un mayor porcentaje de una variable cubierta con gradientes de cambio en tiempo medio de viaje mayores. Se observa que el 100% de las tres variables (área, población y número de viviendas) refieren una reducción del tiempo medio de viaje de un 1%.

Para el caso del análisis en conjunto de los sistemas tipo cable, se observa que para el 50% de cobertura de las tres variables, existen porcentajes de reducción del tiempo medio de viaje del 2,7% para la variable área, 2,9% para la variable población y 3% para la variable número de viviendas. Para el caso del cable a Villamaría, los porcentajes de reducción del tiempo medio de viaje para un 50% de cobertura de las tres variables son del 1,8% para respecto a la variable área, del 2,3% respecto a la variable población y del 2,2% respecto a la variable número de viviendas. Para el caso del cable hacia el sector universitario, los porcentajes de reducción del tiempo medio de viaje para un 50% de cobertura de las tres variables son del 1,5% respecto a la variable área, del 1,6% respecto a las variables población y número de viviendas.

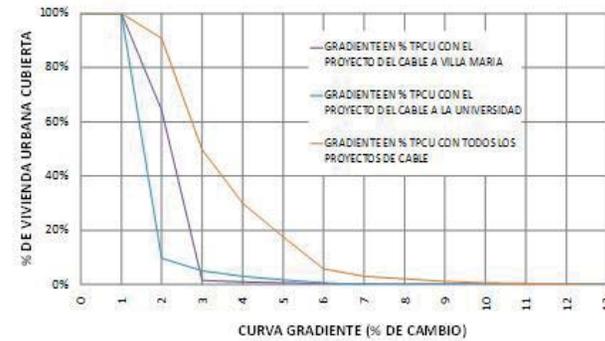
Figura 70. Porcentaje de los gradientes de tiempo medio de viaje contra porcentaje de área, población y número de viviendas urbanas cubiertas para los proyectos tipo cable analizados.



A. Área.



B. Población



C. Número de viviendas

Fuente: elaboración propia.

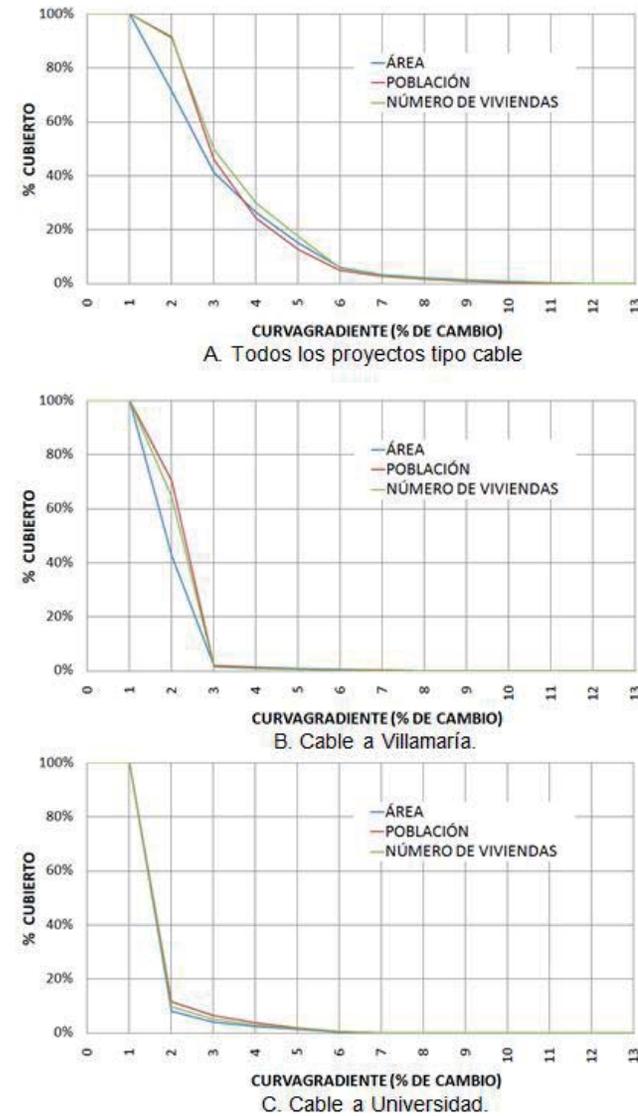
Se concluye entonces que desde la óptica de las variaciones sobre los tiempos medios de viaje, dada la inserción de los sistemas tipo cable, existe un mayor impacto sobre las variables analizadas cuando se estudia el sistema con todos los proyectos de cable propuestos en conjunto, a pesar de que dicho impacto es considerado bajo si se compara con las grandes inversiones que implican las obras.

Analizando los cables por separado, se tiene que los cables a Los Yarumos y a Sancancio, no refieren ningún cambio tangible en los tiempos medios de viaje si se compara con la situación actual de TPCU, no obstante, su funcionalidad es más de carácter turístico que de solución a la movilidad. El cable a Villamaría genera más impacto que el cable a la Universidad, aunque ambos con valores de reducción del tiempo medio de viaje, bajos.

En la Figura 71 se observa una comparación entre el comportamiento de las tres variables analizadas, para los casos de todos los proyectos tipo cable en conjunto, para el cable a Villamaría y el cable a Universidad.

Es posible, a partir de dichas gráficas, concluir cómo se relacionan las variables área, población y número de viviendas, dada la intervención de cada uno de los proyectos tipo cable, en donde la curva que se encuentre más a la izquierda y hacia arriba del origen, significa un mayor impacto en dicha variable desde el punto de vista del porcentaje de disminución del tiempo medio de viaje; dado lo anterior, se refuerza la conclusión de que se obtendrían mejores resultados si se tiene todos los proyectos de cable en conjunto, así mismo, que el cable a Villamaría impacta más que el cable Universidad y finalmente, que dichos impactos en todos los casos son bastante bajos.

Figura 71. Comparación de los proyectos tipo cable respecto a la curva gradiente (% de cambio) y el porcentaje de cobertura.



Fuente: elaboración propia.

Capítulo 3: ANÁLISIS DE DEMANDA DE LOS PAQUETES DE PROYECTOS

3.1. MODELACIÓN DEL SISTEMA AÑO 2005

Una vez obtenida la velocidad de operación sobre cada arco, se procedió a recalcular los tiempos de traslado de cada segmento de vía, para posteriormente, con la información existente, modelar el sistema en el escenario 2005 y así evaluar la representatividad del modelo. Vale la pena destacar que para este caso las velocidades corresponden a datos de campo cercanos al 100% de la red, lo que no es común tener este grado de detalle de información.

También se debe considerar que las velocidades que se miden hoy corresponden a las condiciones actuales de la red y para el caso, se han realizado cambios importantes sobre la malla vial que han afectado sus características operativas, especialmente por la construcción de las nuevas infraestructuras. De otra parte, como se usan los parámetros del 2005, es decir, matriz de origen y destino, red vial y aforos, se excluyen los sitios de mayor impacto, justamente buscando que sean utilizables los datos y poder determinar el coeficiente de correlación del modelo. Adicionalmente se complementa la base de datos de

análisis por medio de los resultados de tránsito de paso arrojados por el proyecto de investigación / extensión titulado: “Estudios para el Desarrollo del Ordenamiento Territorial y Estudios Técnicos para el Sistema Vial de la Región Centro Sur del Departamento de Caldas” (Universidad Nacional de Colombia, 2010).

3.1.1. Proceso de asignación de tránsito

Se pretende modelar el transporte privado, haciendo la asignación del tránsito sobre los diferentes arcos de la red, a partir de la malla vial georeferenciada y sus propiedades, así como de la matriz de origen y destino obtenida para el sistema de transporte privado. Dicha matriz, en nuestro caso corresponde a viajes individuales, por lo que se han transformado a viajes en vehículos utilizando valores de ocupación obtenidos de estudios de tasa de ocupación vehicular, consiguiendo una matriz con los viajes para cada *Zona de Análisis del Transporte (ZAT)* en las horas pico.

Con lo anterior se procede a realizar la asignación de la matriz de origen y destino basados en los parámetros ya expuestos y que en síntesis, son como mínimo: longitud del arco, capacidad del arco, tiempo de viaje (calculado a partir de la velocidad), tipo de arco (vehicular o peatonal), dirección, sentido, precarga y parámetros α y β de la función de congestión.

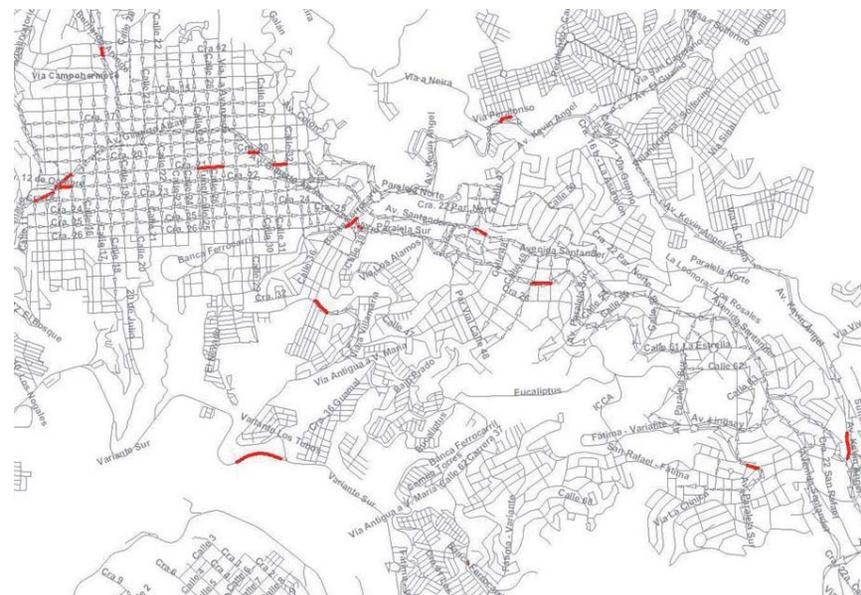
Según esto, se realiza la asignación con los siguientes parámetros:

- Método: Equilibrio estocástico del usuario.
- Impedancia: Tiempo de viaje (obtenido de las velocidades de operación reales medidas en campo).
- Capacidad del arco: Los mismos valores utilizados en el *Plan de Movilidad 2005*.
- Parámetros alfa y beta: Los mismos valores utilizados en el *Plan de Movilidad 2005* (0,50 y 5,00, respectivamente).

3.1.2. Principales resultados

Mediante la herramienta informática se procedió a modelar según lo expuesto, obteniendo cargas vehiculares sobre diferentes arcos de la red, los cuales se validan mediante 18 puntos de control, sobre los cuales se conoce el valor medido en campo del volumen vehicular; estos sitios se presentan en la Figura 72 y corresponden a los mismos utilizados en el año 2005 (Universidad Nacional de Colombia, 2005), siendo descartados dos de los sitios usados en ese año por ser zona de influencia de proyectos importantes que afectaron la variable de volúmenes vehiculares y por tanto la velocidad.

Figura 72. Localización de arcos de control con volúmenes aforados en campo. En rojo tramo donde se localiza la estación.



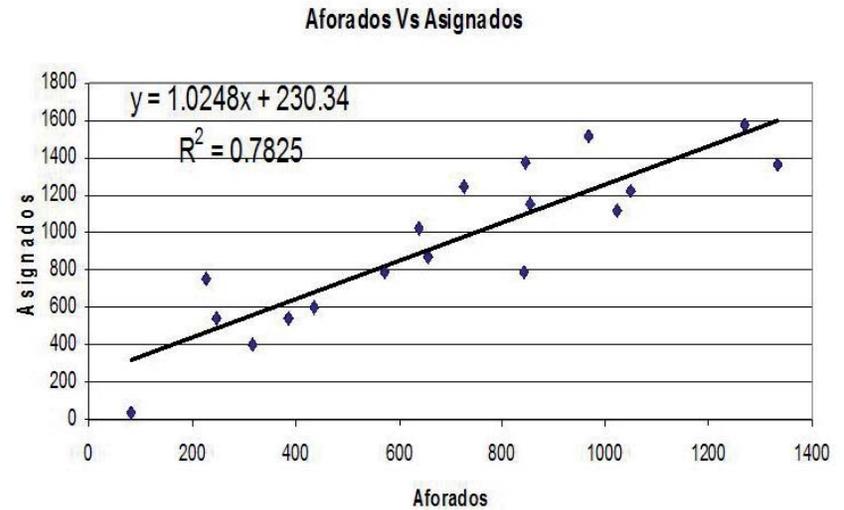
Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Valores de tráfico aforado y modelado con parámetros de velocidad medidos en campo.

LINK_ID	ESTACIÓN	Aforado	Asignado
8793	AV. PARALELA CLL 49 Y 50	572	786
4419	AVENIDA BERNARDO ARANGO POR CARRERA 12 Y CARRERA 13	657	865
6657	AVENIDA KEVIN ENTRADA A PERALONSO	317	397
10077	AVENIDA PANAMERICANA POR LA FUENTE	247	545
5963	AVENIDA PARALELA POR CALLE 67	385	543
6782	AVENIDA SANTANDER POR CALLE 45 Y CALLE 46	1269	1573
5280	CARRERA 20 Y 21 POR CALLE 30	726	1243
7210	CARRERA 20 Y 21 POR CALLE 30	1333	1366
6764	CARRERA 22 - CALLES 14 Y 15	841	789
8794	CARRERA 22 - CALLES 14 Y 15	1048	1225
10527	CARRERA 22 - CALLES 14 Y 15	854	1150
8345	CARRERA 32A POR CALLE 37	435	604
254	CARRERA 39 POR CALLE 67	81	32
6858	CARRERAS 20 Y 21 - CALLES 25 Y 26	966	1519
6954	CARRERAS 20 Y 21 - CALLES 25 Y 26	844	1381
9177	GLORIETA SANRAFAEL	638	1022
869	ONDAS DE OTUN	1021	1117

Fuente: elaboración propia.

Figura 73. Dispersión de resultados obtenidos de la modelación con velocidades obtenidas mediante monitoreo satelital.



Fuente: elaboración propia.

Los valores del tráfico aforado y el obtenido mediante el modelo se presentan en la Tabla 25. Con estos valores se realiza la regresión lineal para calcular el valor de la correlación, y la ecuación de la línea de tendencia (ver Figura 73), obteniendo un coeficiente de correlación de 0,7825 y una pendiente de la recta muy próximo a 1,0 lo que es considerado bueno y que por tanto el modelo obtenido representa el comportamiento del tráfico en la ciudad.

3.2. MODELACIÓN DEL SISTEMA HOY

A continuación se pretende modelar la red hoy como está y para cada paquete de proyectos, con el fin de obtener la información pertinente que permita evaluar desde el punto de vista de los volúmenes vehiculares, cuál proyecto tiene mayor impacto y de esta manera generar un valor a incluir en el proceso de priorización.

3.2.1. Evaluación de la capacidad vial

Con base en el *Manual de capacidad de carreteras norteamericano (Highway Capacity Manual, 2000 - HCM)*, específicamente respecto al flujo de saturación para intersecciones semaforizadas, en el manual de capacidad colombiano y en las diferentes aplicaciones realizadas y propuestas para la ciudad de Manizales en proyectos anteriores, se propone la expresión contenida en la Ecuación 1, donde se obtiene la capacidad ajustada para cada calzada de la ciudad:

Ecuación 1. Capacidad ajustada por calzada.

$$C_i = CBC \times N_i \times fw_i \times fg_i \times fp_i \times fbb_i \times fa_i$$

Dónde:

C_i : Capacidad ajustada del arco i en vehículos / hora-arco.

CBC : Capacidad básica por carril.

N_i : Número de carriles del arco i .

fw_i : Factor de ajuste de la capacidad por el ancho de carril del arco i .

fg_i : Factor de ajuste de la capacidad por la pendiente del acceso del arco i .

fp_i : Factor de ajuste de la capacidad por la existencia de un carril de estacionamiento adyacente y su actividad de parqueo del arco i .

fbb_i : Factor de ajuste de la capacidad por el efecto de bloqueo de los buses del arco i .

fa_i : Factor de ajuste por el tipo de área donde está localizado el arco i .

Estos factores son adimensionales y se pueden obtener de acuerdo con las siguientes expresiones:

3.2.1.1. Capacidad básica por carril CBC:

En este caso se utiliza una capacidad ideal de 1900 veh./hora – carril para arcos unidireccionales y de 1600 veh./hora – carril para arcos bidireccionales o de doble sentido.

3.2.1.2. Corrección por ancho promedio de carril:

En la Ecuación 2 se presenta la corrección de la capacidad ideal, según la variación respecto al parámetro estándar del ancho promedio de carril.

Ecuación 2. Factor de ajuste de capacidad por ancho promedio de carril, fw_i .

$fw_i = 1 + ((W - 3,6) / 9,0)$. Si $W > 4,8$ m debe considerar dos carriles.

3.2.1.3. Corrección por pendiente del arco:

En la Ecuación 3 se presenta la función de la variación de la capacidad según la pendiente del arco i .

Ecuación 3. Factor de ajuste de capacidad por pendiente del arco, fg_i .

$$fg_i = 1 - (\%G / 200) \quad \text{Para } -6\% \leq \%G \leq +10\%.$$

3.2.1.4. Corrección de la capacidad por estacionamiento:

En este caso, de acuerdo con la metodología americana, se consideran reducciones en aquellos arcos donde se tengan maniobras de parqueo por hora. El número de maniobras (Nm) máximo será de 180 para un fp máximo de 0,5 como se presenta en la Ecuación 4. Para este caso especial, por carecer de más información, solo se consideran las zonas azules con un total de 20 maniobras.

Ecuación 4. Factor de ajuste de capacidad por estacionamiento, fp_i ,

$$fp_i = (N - 0.1 - (18 * Nm / 3600)) / N$$

3.2.1.5. Corrección de la capacidad por efecto de bloqueo de los buses:

Se consideran aquellos arcos por donde se tengan rutas de transporte público en el que se den paradas (Np corresponde al número de paradas por hora) es decir que exista paradero, como se presenta en la Ecuación 5. El número máximo de paradas por hora es de 250 para un fb de 0,5. En nuestro caso se considera como factor de atenuación la tasa de ocupación del 60% propio de la tasa de ocupación del sistema de transporte público de la ciudad.

Ecuación 5. Factor de ajuste de capacidad por el efecto de bloqueo de los buses, fb_i ,

$$fb_i = (N - (14,4 * Np / 3600)) / N$$

3.2.1.6. Corrección de la capacidad por el tipo de área:

En este caso se considera si el arco se encuentra en un sector comercial o de negocios o con concentraciones de servicios y equipamientos, en cuyo caso el factor fa_i se considera de 0,9 y de 1,0 en los demás casos (valor propuesto del HCM).

Este factor considera zonas comerciales con flujos peatonales y condiciones operativas restringidas, por lo que en este caso también es utilizado para zonas de aglomeración de equipamientos.

3.2.1.7. Evaluación de la velocidad:

Para definir la velocidad de operación sobre los arcos de la red se adopta la velocidad obtenida y ampliamente explicada en el análisis de accesibilidad, por lo que no se hace necesario ningún proceso adicional de ajuste por tratarse de datos directamente obtenidos de campo.

3.2.1.8. Capacidad:

Como resultado de la aplicación de la Ecuación 1, de acuerdo con los factores obtenidos para cada arco, se obtienen las capacidades para cada segmento de vía, según se presenta en la Figura 74, distribuida en cinco categorías.

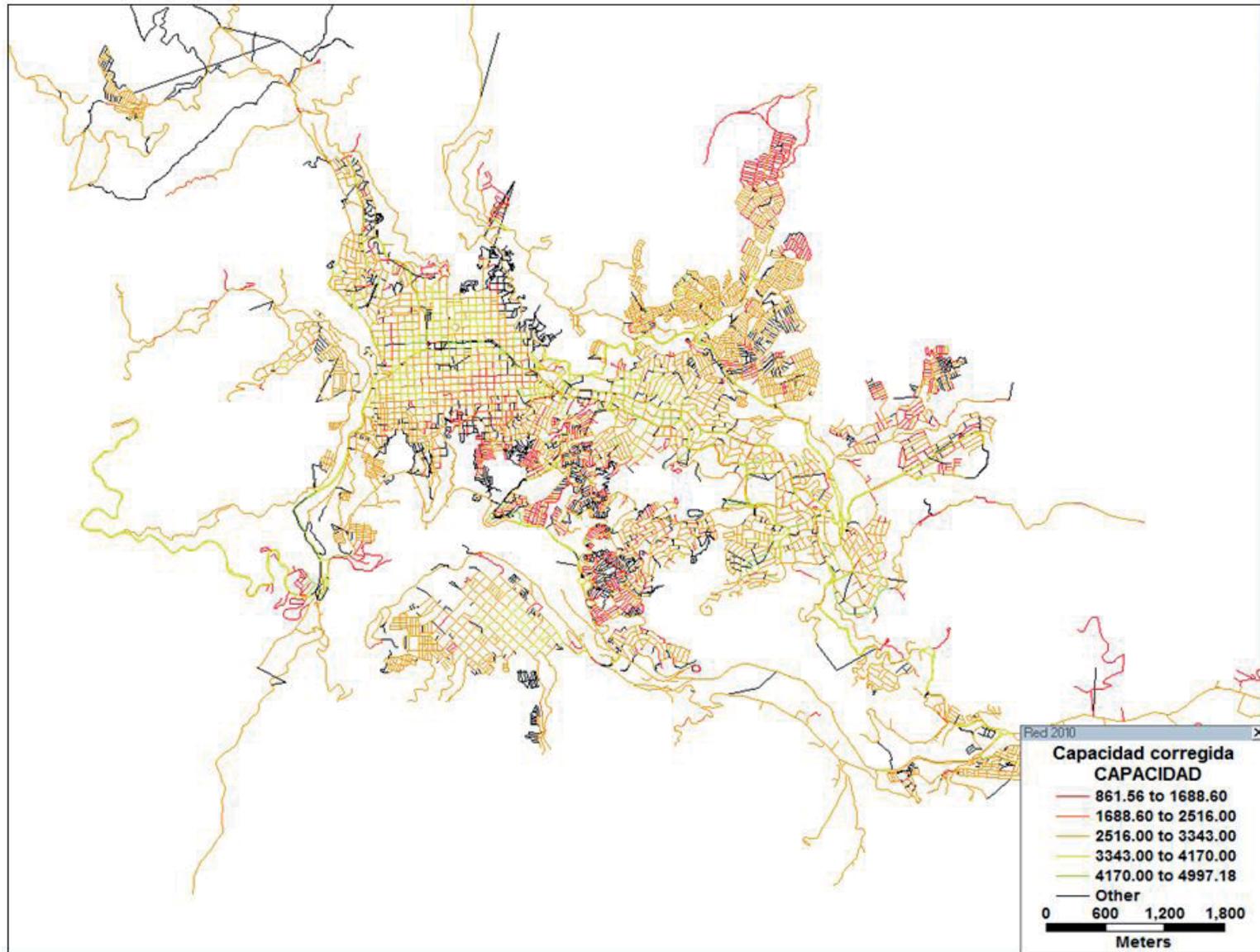
3.2.2. Escenarios para la modelación

Como consecuencia de factores no incluidos en los sistemas de proyección relacionados con fenómenos como variaciones en los índices de motorización, políticas de incentivación de la inversión y creación de empresa, deficiencias en los sistemas de transporte y de otros factores que pueden repercutir en el aumento del tráfico vehicular, se presentan tres escenarios donde se consideran diferentes valores de crecimientos para el tráfico automotor.

3.2.2.1. Escenario racional:

Para este caso se considera el método racional, producto del análisis detalladamente expuesto con anterioridad, donde no se asumen variaciones adicionales a las determinables de forma matemática.

Figura 74. Capacidad corregida.



Fuente: elaboración propia.

3.2.2.2. Escenario medio:

En este caso se asume una tasa de crecimiento del 3% anual, correspondiente al valor promedio utilizado usualmente en Colombia para estudios de tránsito, y más comúnmente relacionado con el diseño y simulación de intersecciones. En la Tabla 26 se presentan los factores para cada periodo de análisis.

3.2.2.3. Escenario alto:

En este caso, se considera una tasa de crecimiento del 6%, valor que es consecuente con la tasa de crecimiento del parque automotor registrado y con el aumento del tránsito observado en algunos sectores de la ciudad. En la Tabla 27 se presentan los factores para cada periodo de análisis.

3.2.3. Resultados de la modelación

Calculada la capacidad corregida y la velocidad sobre cada arco con la cual se calcula el tiempo para cada arco, se procede a efectuar la modelación de acuerdo con todos los parámetros ya definidos. En este primer caso se utiliza la red vial actualizada y la matriz de origen y destino para el presente. Con lo anterior se procede a realizar la asignación de la matriz de origen y destino de acuerdo con los siguientes parámetros:

Método: Equilibrio estocástico del usuario.
 Impedancia: Tiempo de viaje (obtenido de las velocidades de operación reales medidas en campo).
 Parámetros alfa y beta: Los mismos valores utilizados en el *Plan de Movilidad 2005* (0,50 y 5,00, respectivamente).

Tabla 26. Factores de expansión escenario medio.

Año	FE
2011	1,1941
2015	1,3439
2020	1,5580
2025	1,8061
2040	2,8139

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Factores de expansión escenario alto.

Año	FE
2011	1,3401
2015	1,6289
2020	2,0789
2025	2,6533
2040	5,5160

Fuente: elaboración propia.

3.3. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN RED ACTUAL

En la Figura 75 se presentan los resultados para la red vial del año 2011, donde se aprecia cómo efectivamente los corredores de mayor tráfico corresponden a las vías principales y donde se destaca la avenida Kevin Ángel, la avenida Centro y el sector de la vía Panamericana comprendido entre el nuevo terminal de Transporte y el acceso a Villamaría como sectores con una alta concentración vehicular.

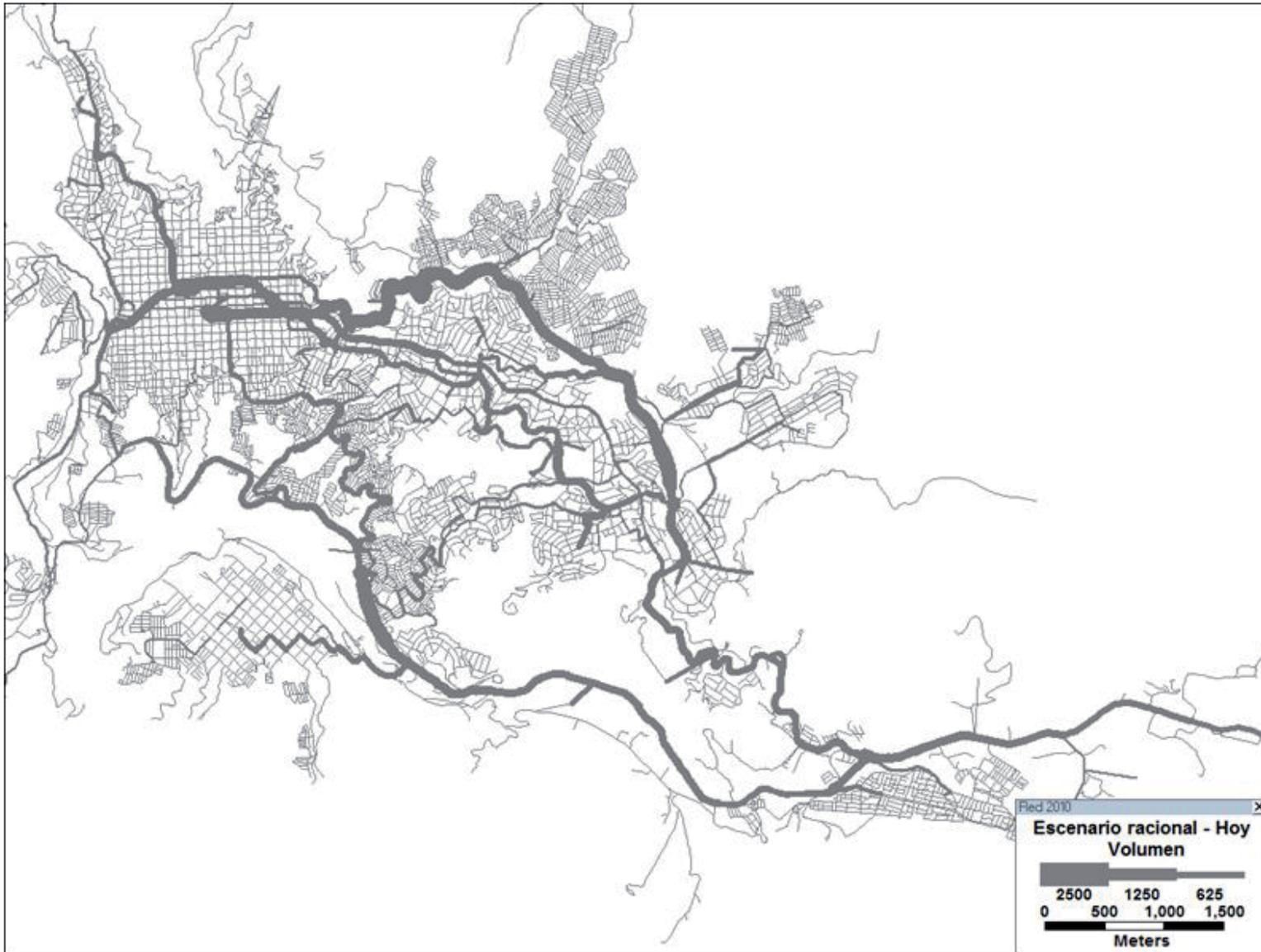
En la Figura 76 se presenta la relación volumen/capacidad, donde se destaca sectores como la avenida Kevin Ángel en el sector de acceso a Los Rosales y en el tramo entre la intersección con la vía a Neira y el sector de la Universidad Autónoma. Se destaca también el sector del nuevo Terminal de Transporte.

En la Figura 77 se presentan los resultados para los volúmenes en la red vial actual con escenario medio y en la Figura 78 los volúmenes para hoy en el escenario alto. En los tres casos los comportamientos de la red son semejantes, teniendo variaciones básicamente en la magnitud del volumen que no es apreciable a la escala de la figura.

Este mismo procedimiento se repite para los escenarios racional, medio y alto para el año 2015, como se presenta en la Figura 79, Figura 80 y Figura 81. También se presenta en la Figura 82 la relación volumen / capacidad, donde se destacan los mismos sectores del escenario hoy y se encuentran sectores como el acceso a Villamaría, avenida Kevin Ángel en el acceso al barrio Peralonso y acceso al barrio Los Cedros, entre otros sitios.

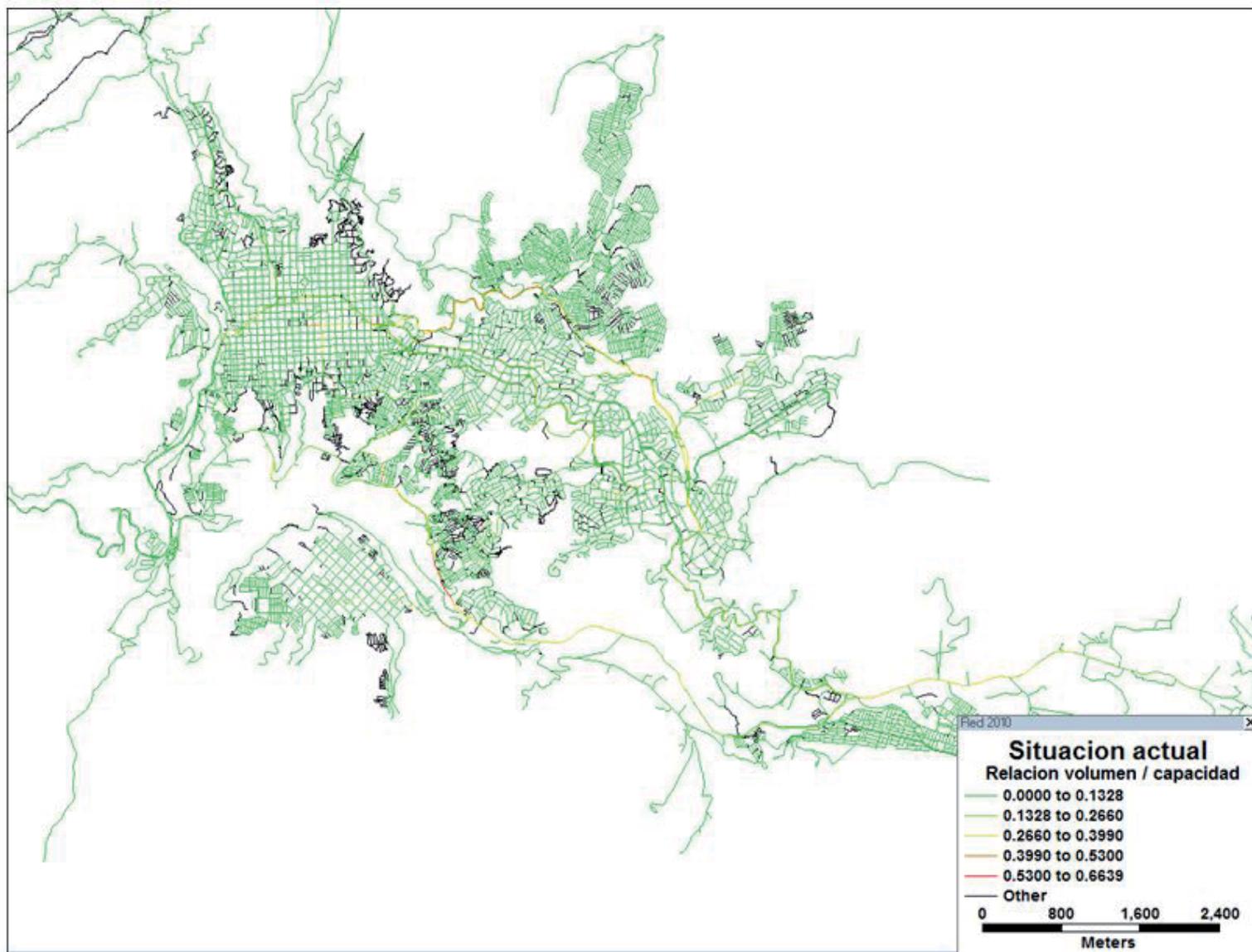
Se analizan a continuación los periodos 2020, 2025 y 2040 a través de la relación volumen/capacidad, como se presenta en la Figura 83, Figura 84 y Figura. Se observa en estas imágenes cómo la red va alcanzando progresivamente la capacidad, siendo los corredores centrales como las vías arterias principales las primeras en llegar a los límites operativos.

Figura 75. Volúmenes escenario racional – 2011.



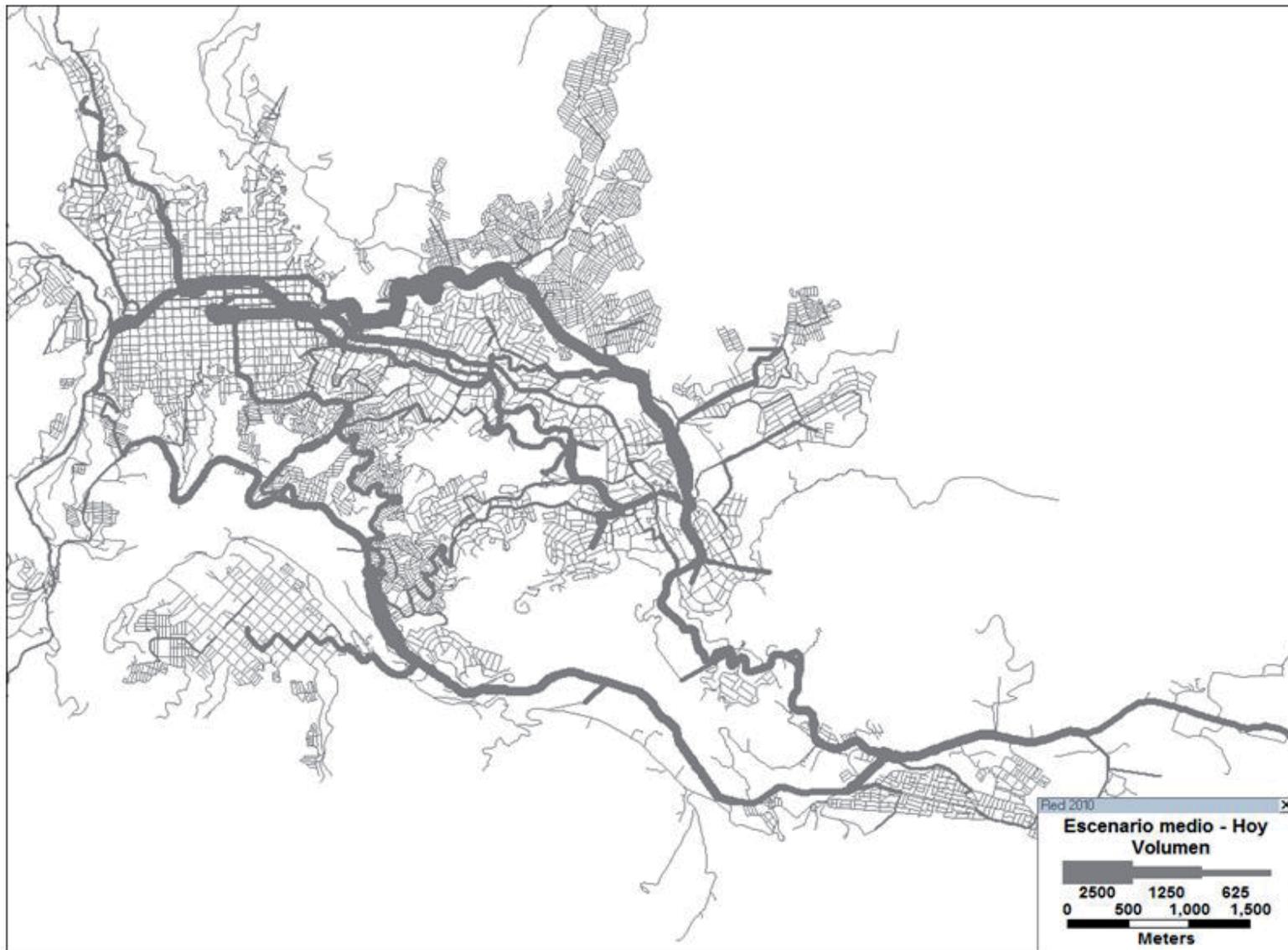
Fuente: elaboración propia.

Figura 76. Relación volumen / capacidad para el escenario actual – escenario racional.



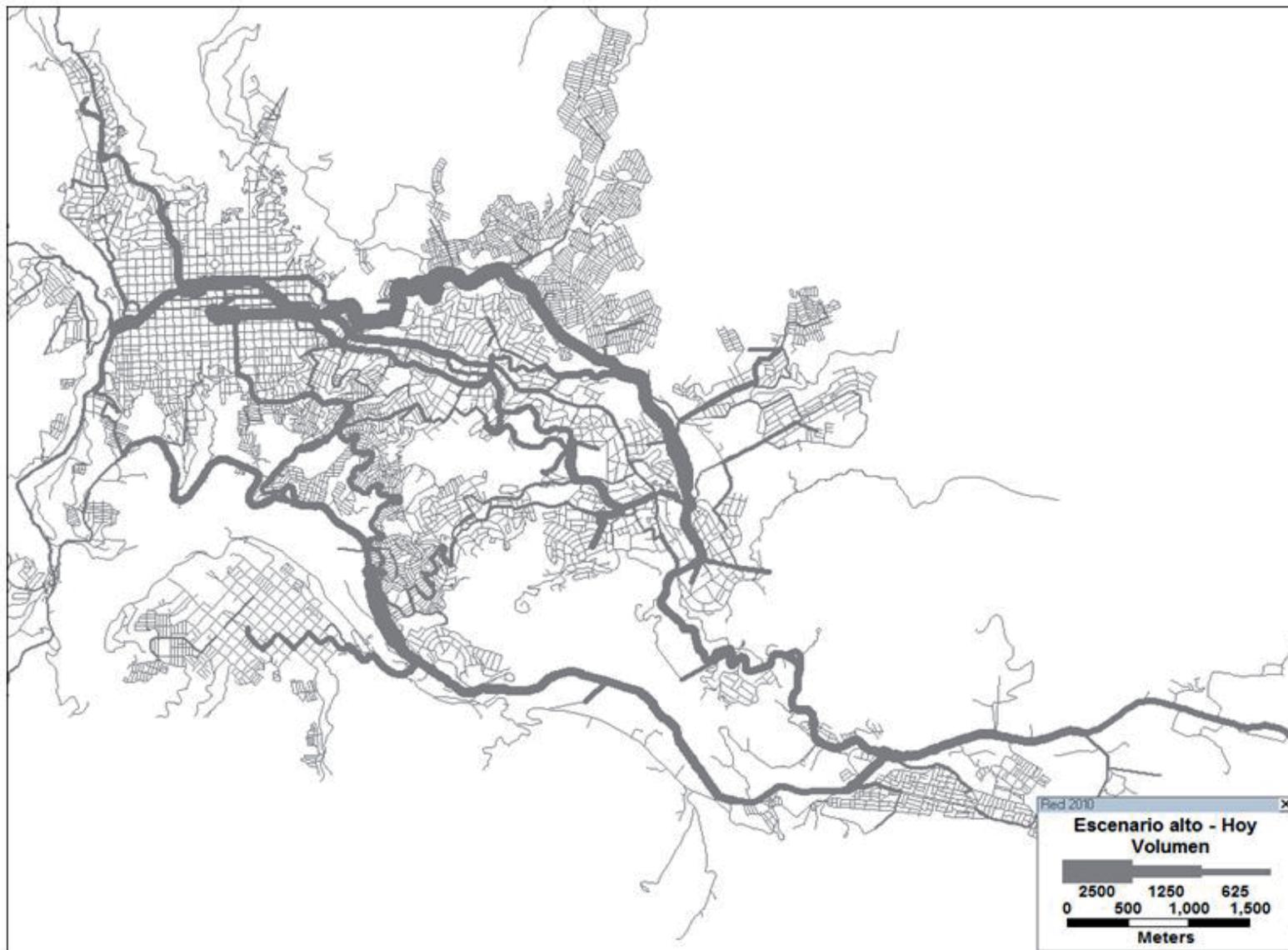
Fuente: elaboración propia.

Figura 77. Volúmenes escenario medio – 2011.



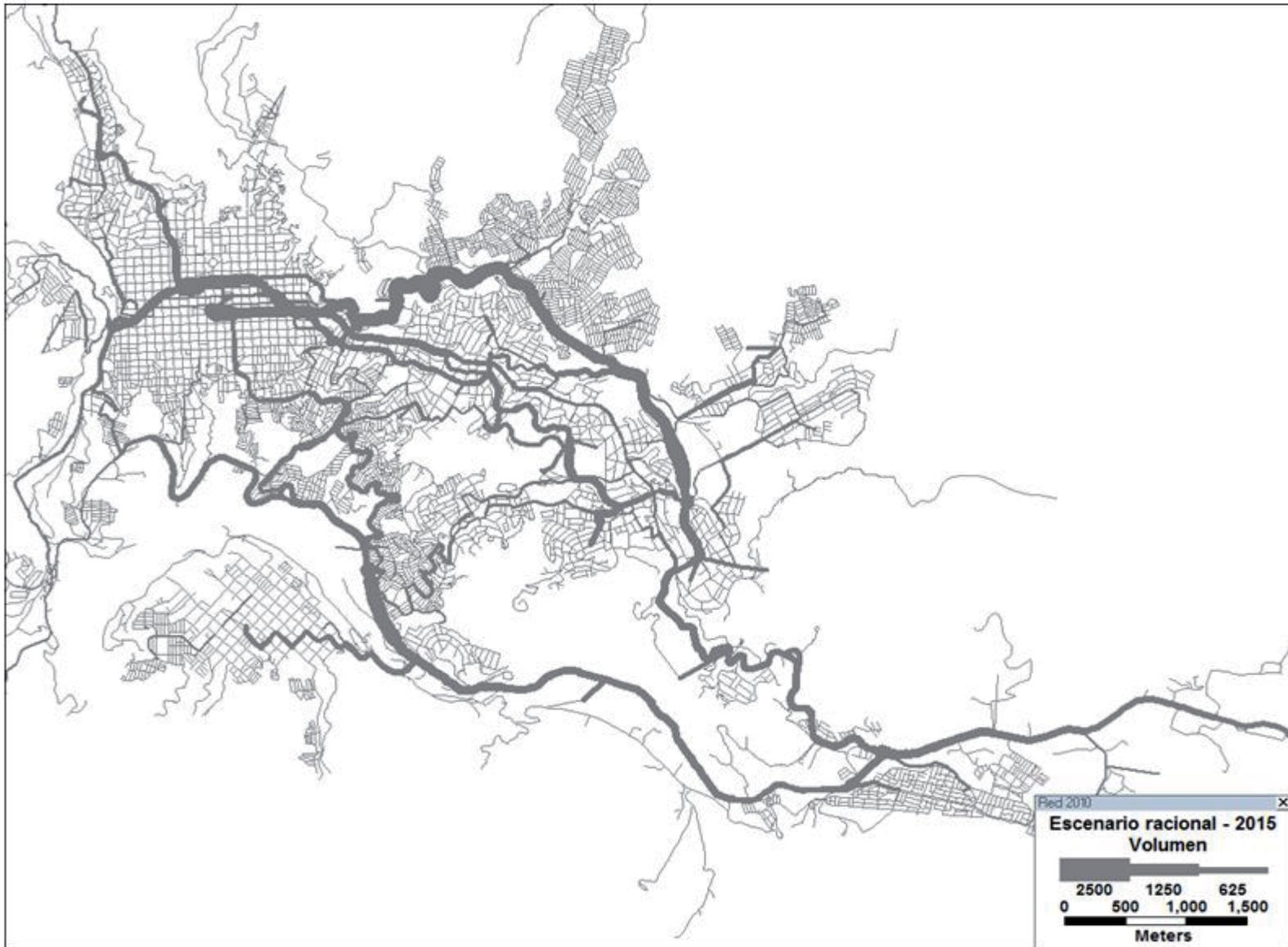
Fuente: elaboración propia.

Figura 78. Volúmenes escenario alto – 2011.



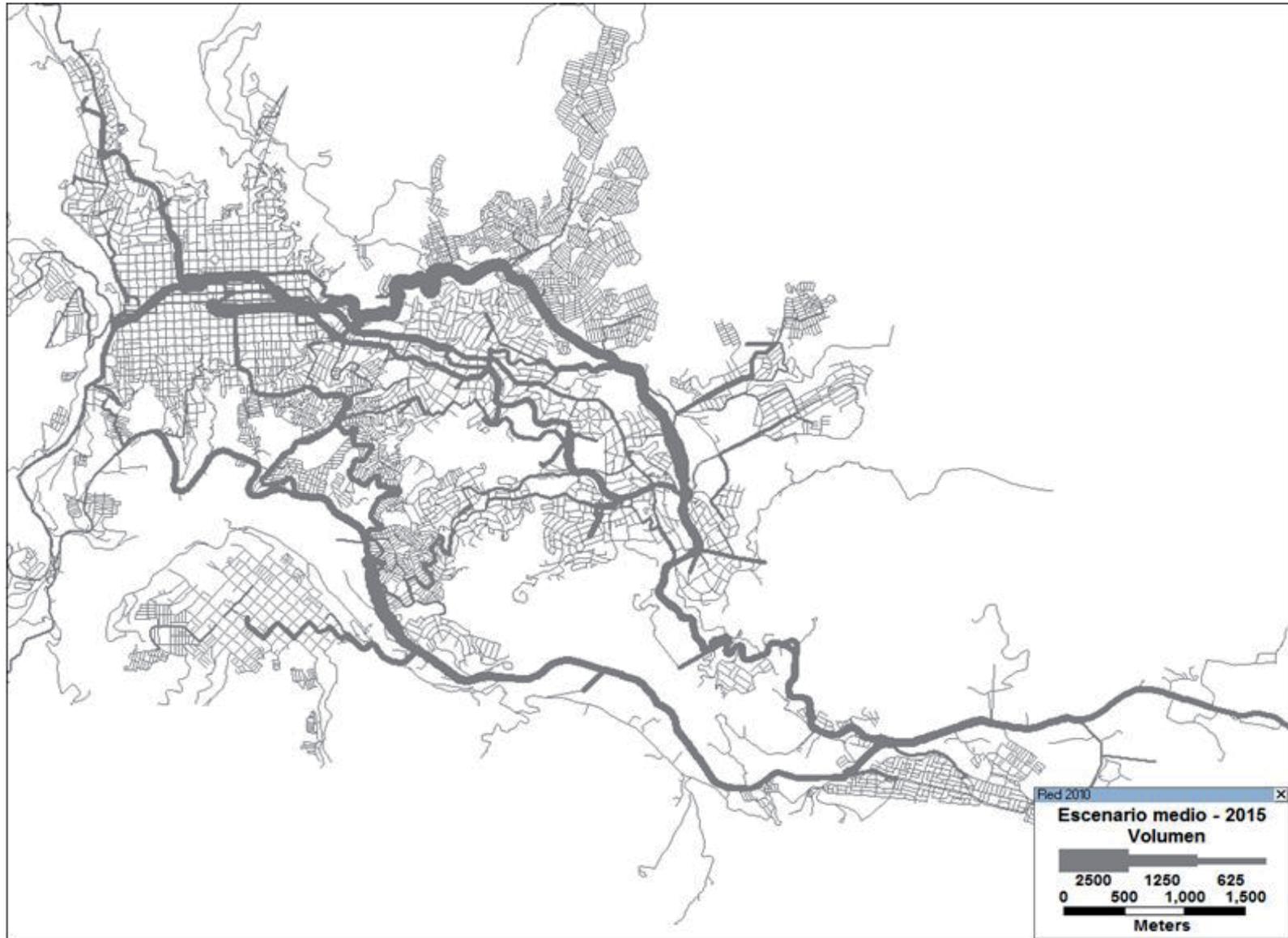
Fuente: elaboración propia.

Figura 79. Volúmenes escenario racional – 2015.



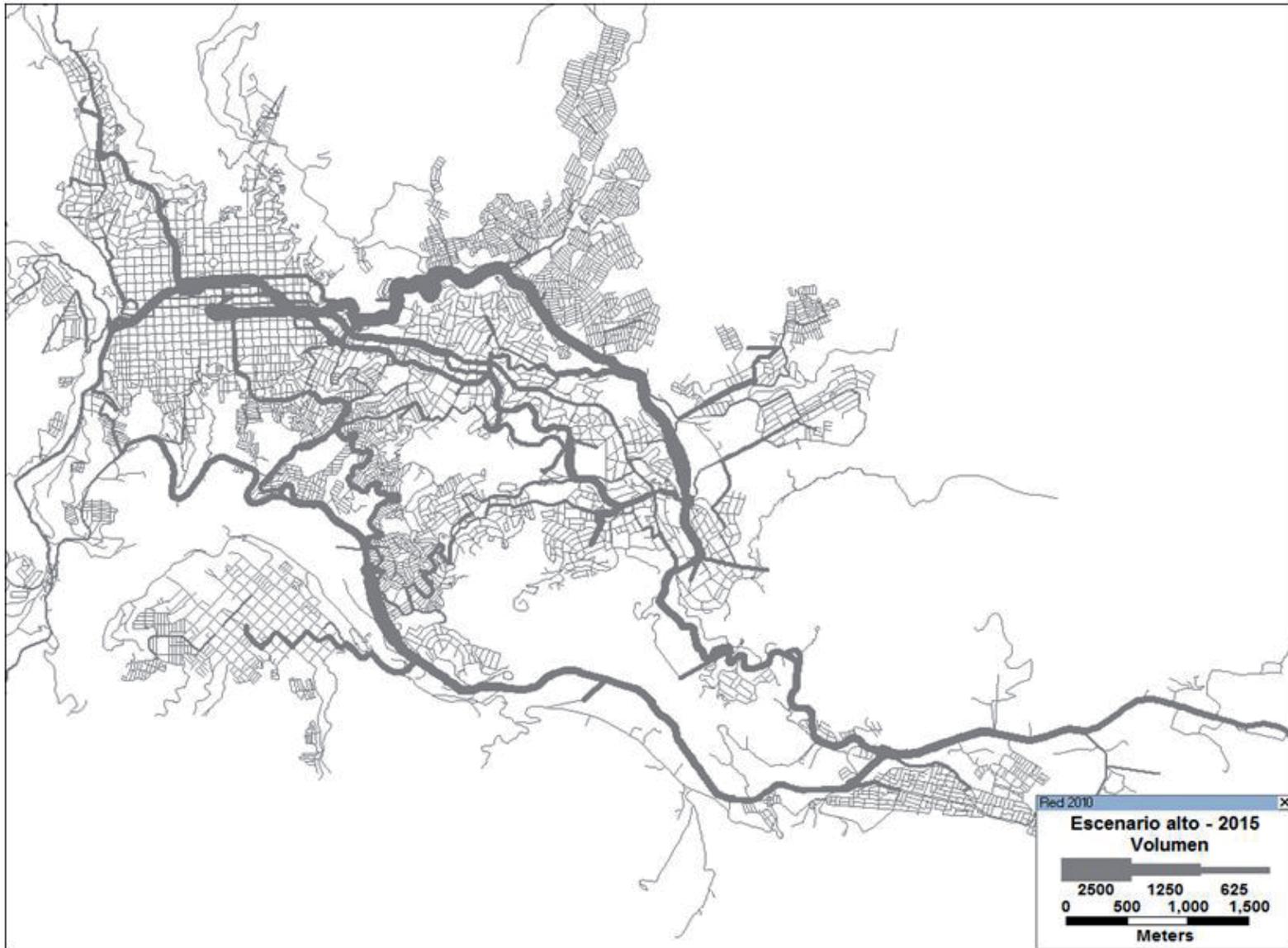
Fuente: elaboración propia.

Figura 80. Volúmenes escenario medio – 2015.



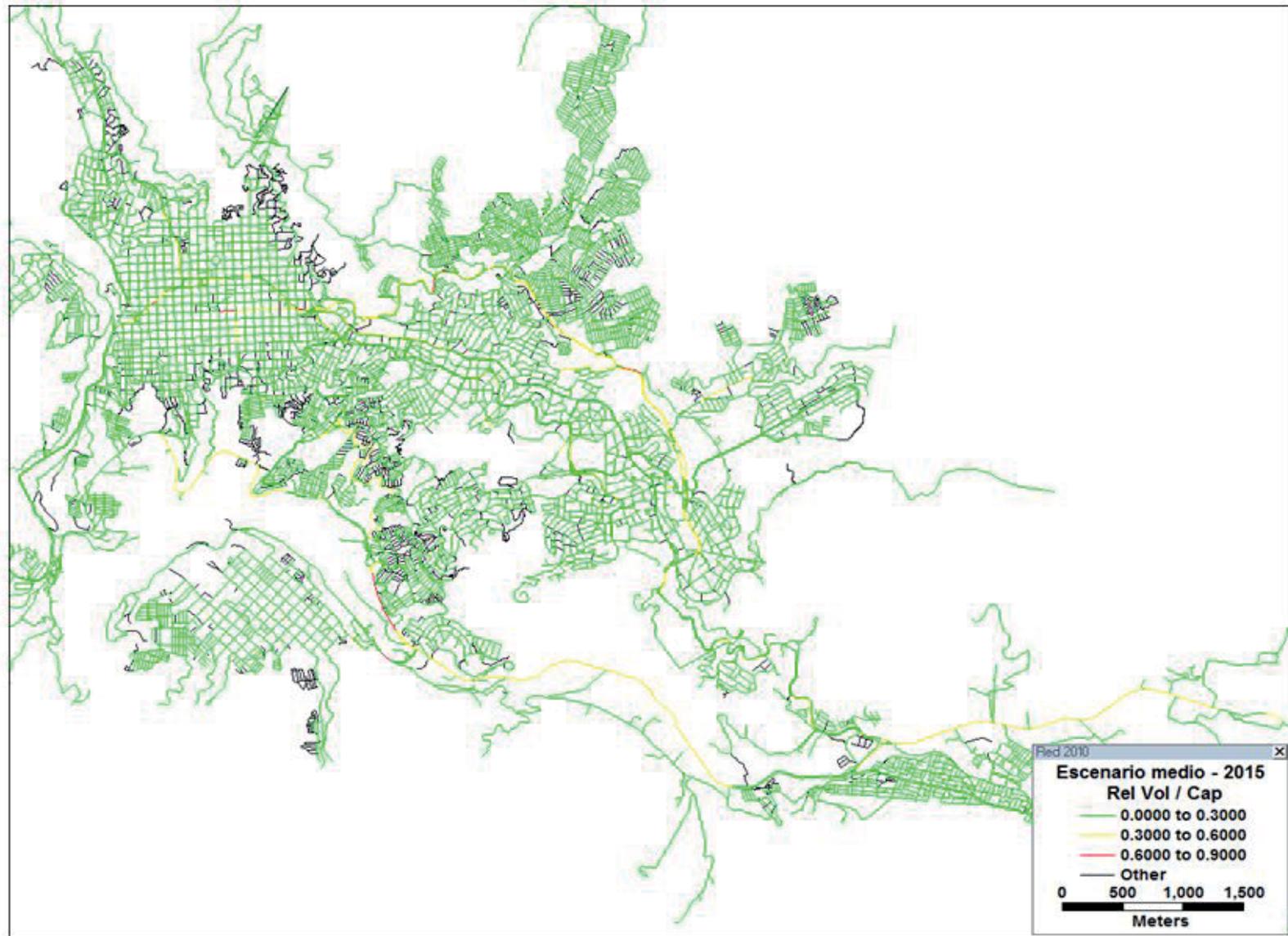
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. Volúmenes escenario alto - 2015.



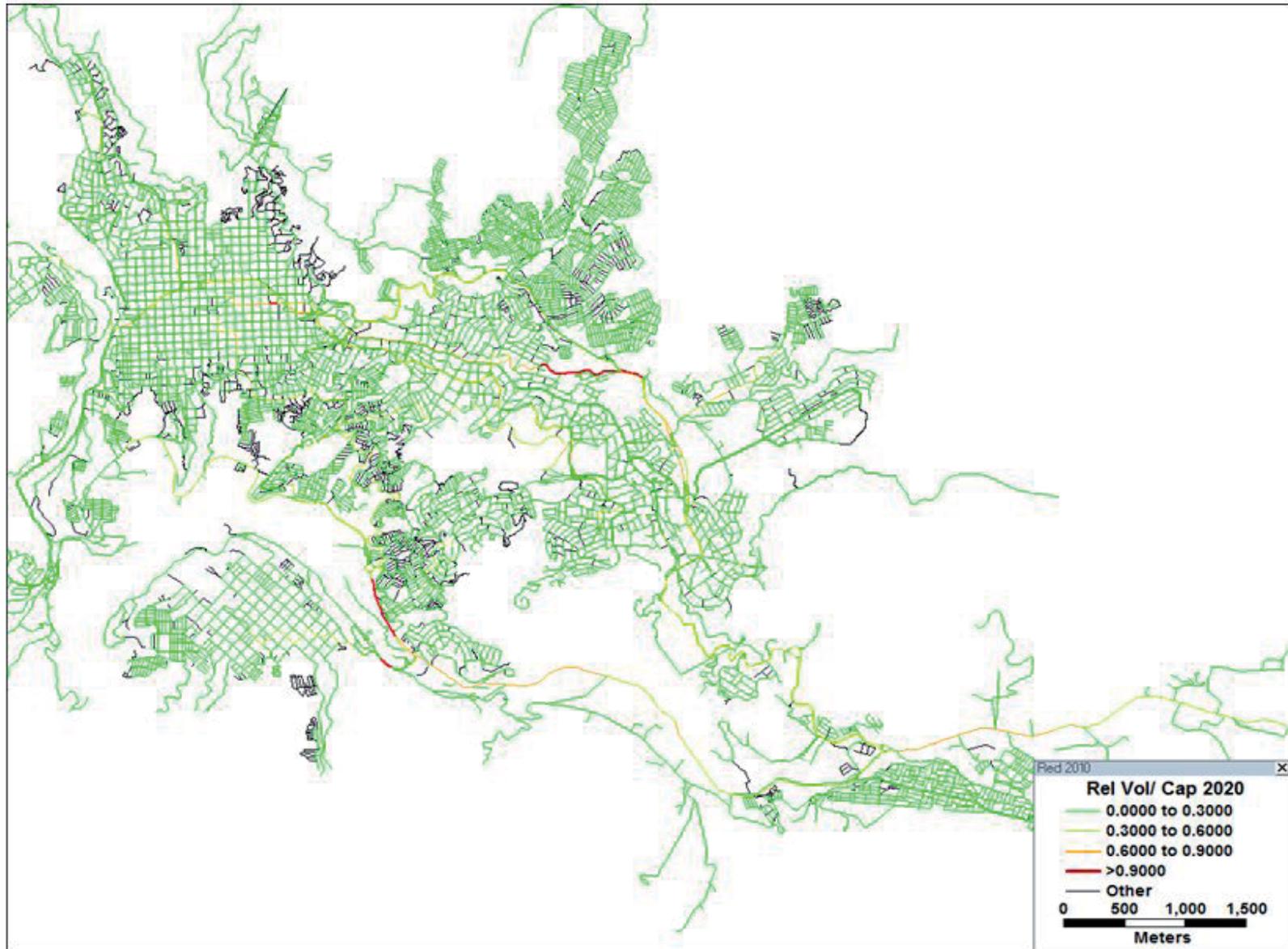
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. Relación volumen/capacidad escenario medio – 2015.



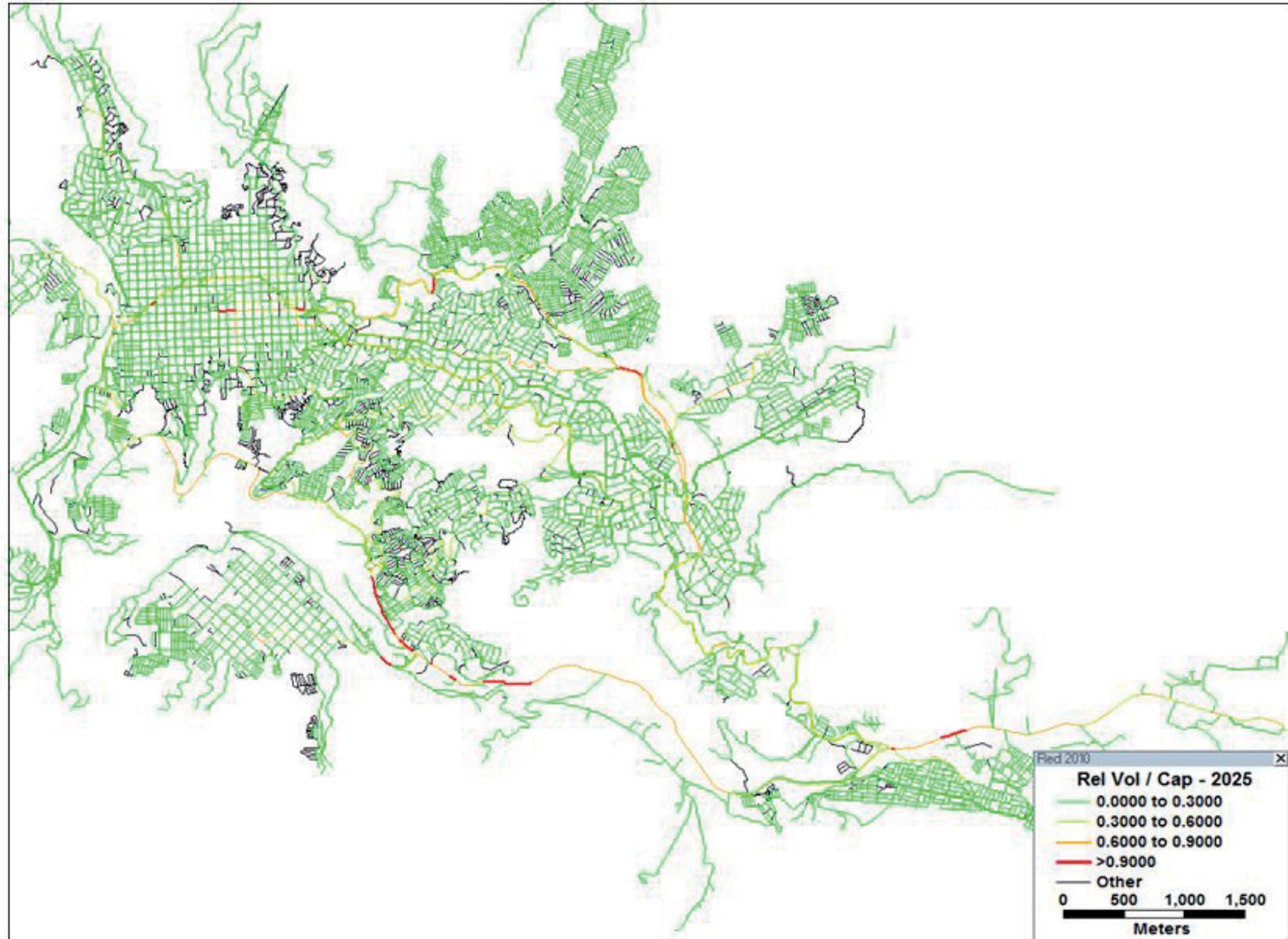
Fuente: elaboración propia.

Figura 83. Relación volumen/capacidad 2020.



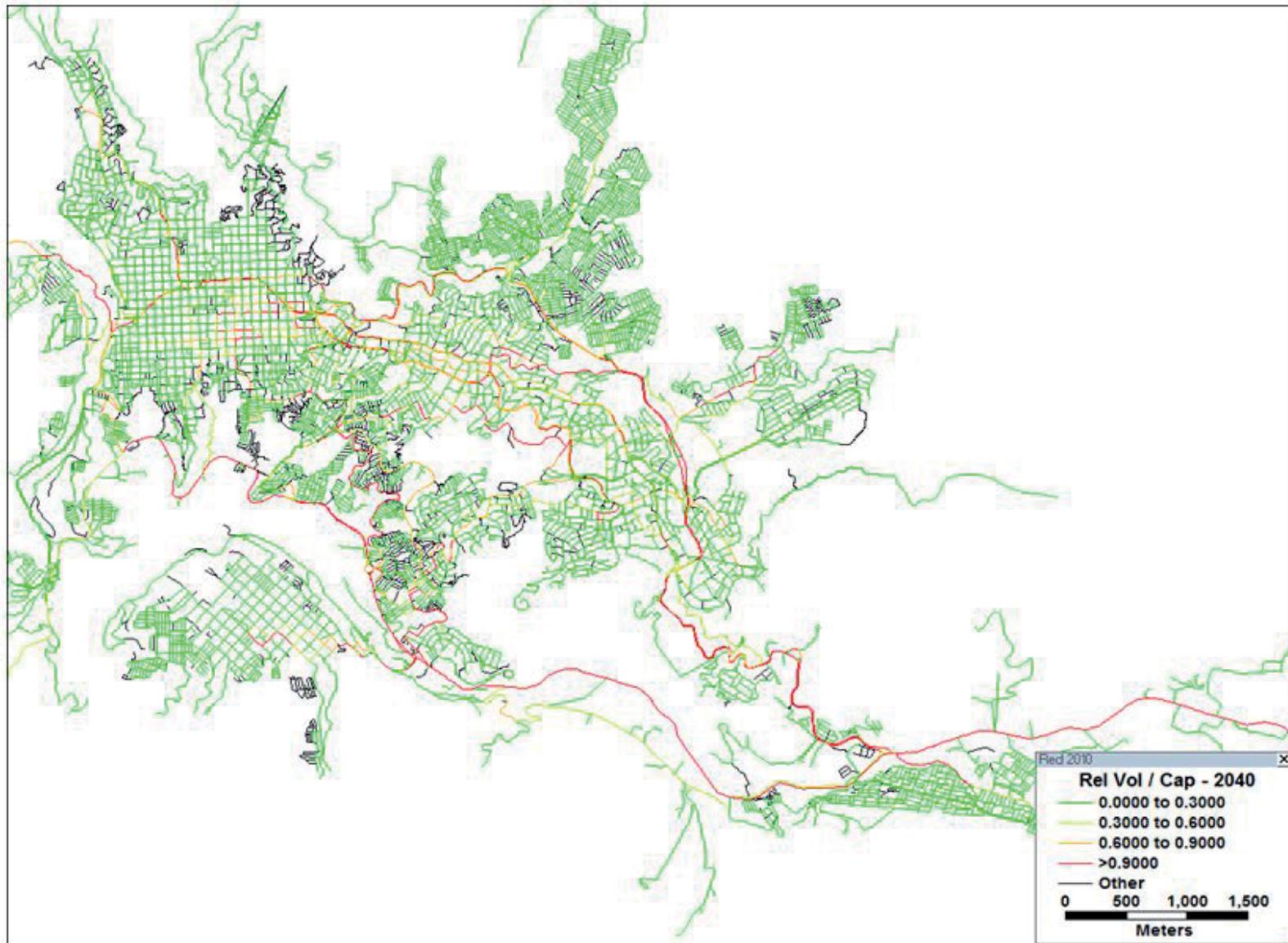
Fuente: elaboración propia.

Figura 84. Relación volumen/capacidad 2025.



Fuente: elaboración propia.

Figura 85. Relación volumen/capacidad – 2040.



Fuente: elaboración propia.

3.4. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN POR PAQUETE DE PROYECTOS

Los valores presentados en las figuras anteriores corresponden a la red vial actual, es decir sin ningún proyecto, por lo que el análisis siguiente considera o mide el impacto de cada paquete de proyectos, de acuerdo con la agrupación planteada en este libro.

En la Figura 86, se presentan los resultados de la modelación del paquete de proyectos No. 1, donde se destaca especialmente la avenida Colón - calle 27 (La Avanzada) con la mayor atracción de volúmenes del proyecto, seguido por la avenida del sector de Chipre y el de menor impacto el sector localizado en la antigua vía a Arauca.

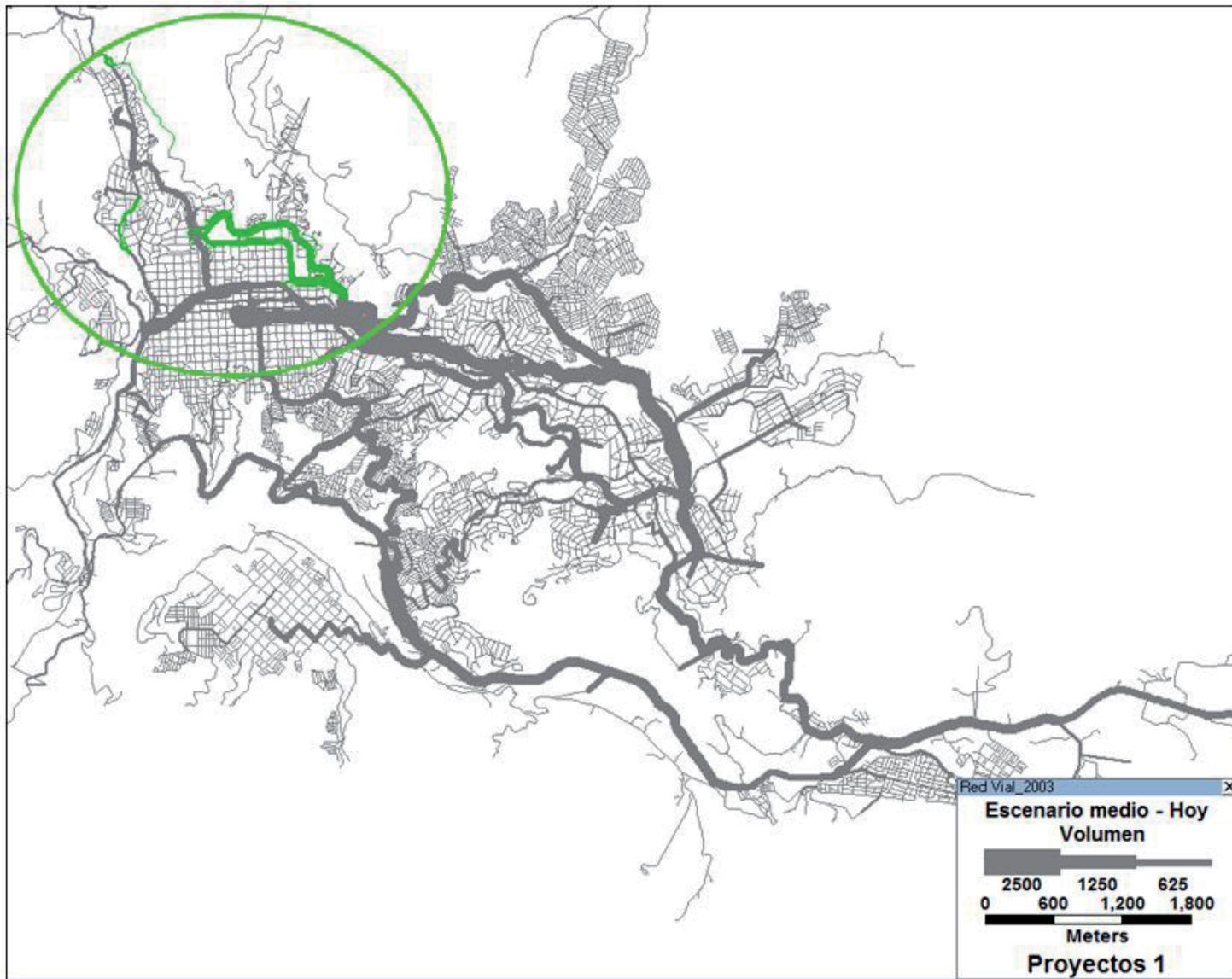
En la Figura 87 se presenta la avenida Sesquicentenario, correspondiente al paquete de proyectos No. 2 y en la Figura 88 se presentan los resultados obtenidos para el paquete de proyectos No. 3. En ambos casos se aprecia cómo efectivamente los proyectos atraen volúmenes vehiculares, constituyéndose así en alternativas de movilización de los usuarios.

En la Figura 89 se presentan los resultados de la modelación del paquete de proyectos No. 4, donde se aprecia los diferentes niveles de carga que asume cada sección del proyecto.

En la Figura 90 se presentan los proyectos que componen el paquete de proyectos No. 5 con sus respectivos resultados de la modelación. En especial este paquete de proyectos no refiere volúmenes altos de atracción vehicular por tratarse de un sector periférico de la ciudad.

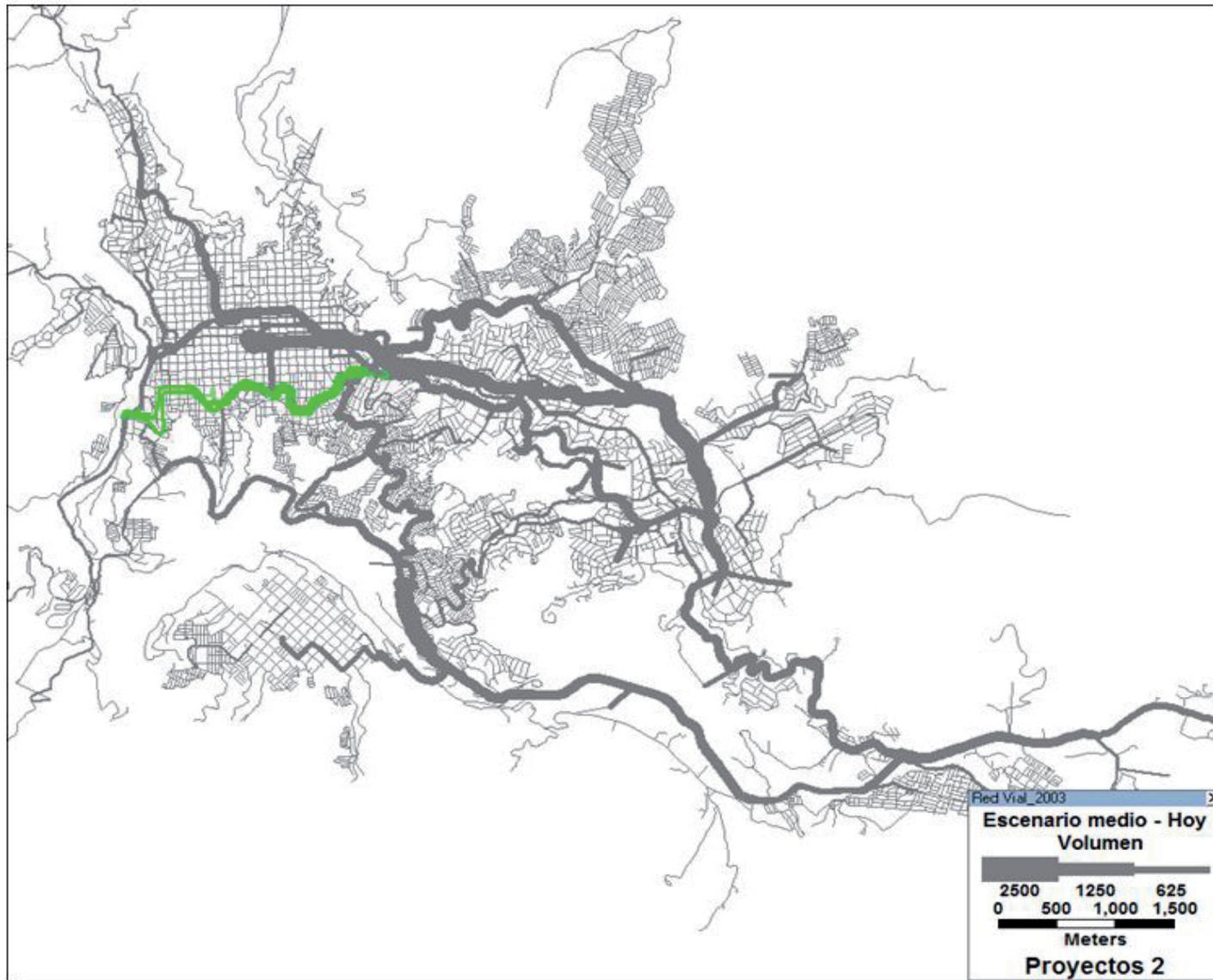
En la Figura 91 y en la Figura 92 se presentan los resultados de los paquetes de proyectos No. 6 y No. 7 respectivamente, para el escenario medio de demanda correspondiente a la actualidad. En general se aprecia que exceptuando el paquete de proyectos No. 5, todos los demás poseen demandas de viajes vehiculares.

Figura 86. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 1– 2011.



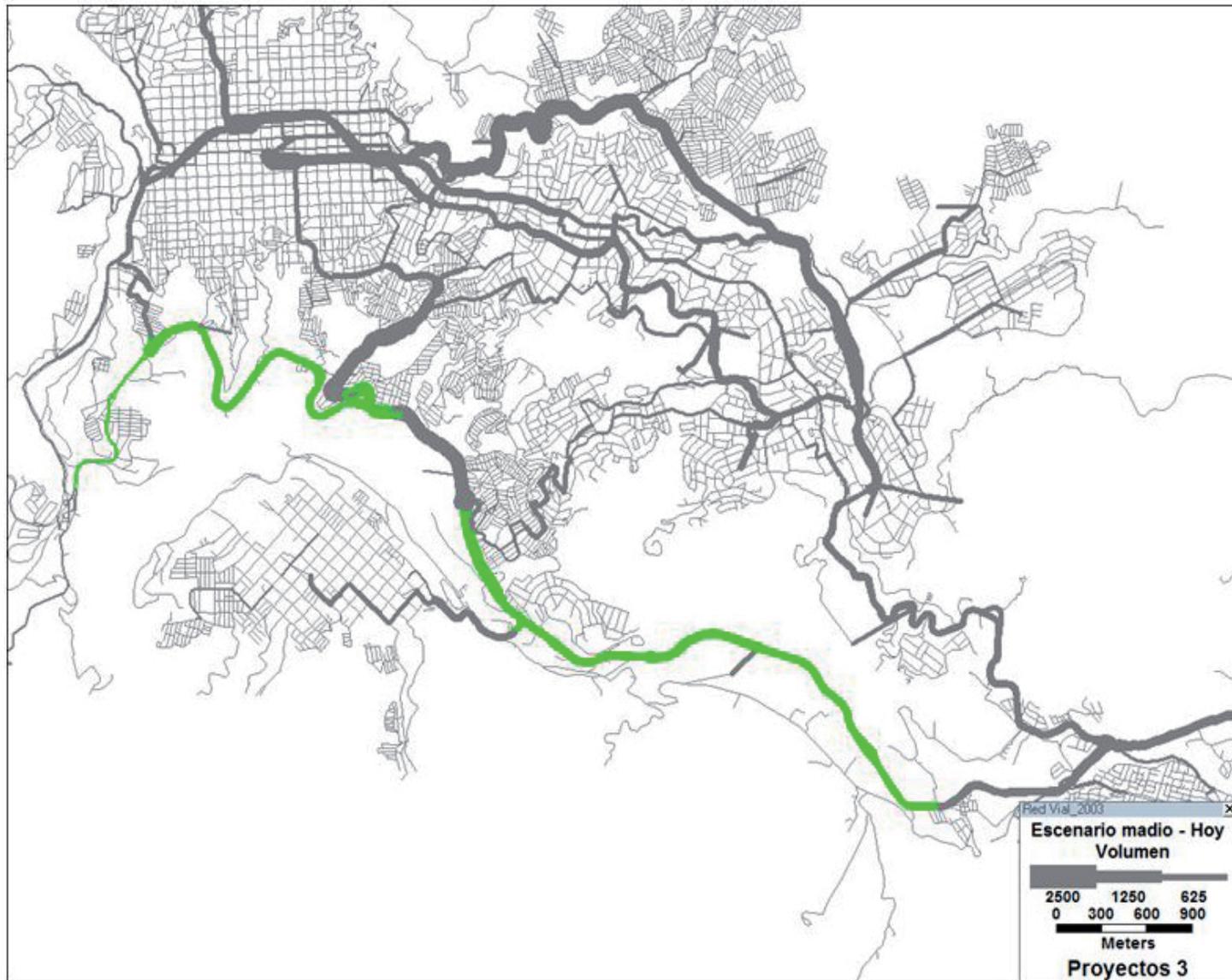
Fuente: elaboración propia.

Figura 87. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 2– 2011.



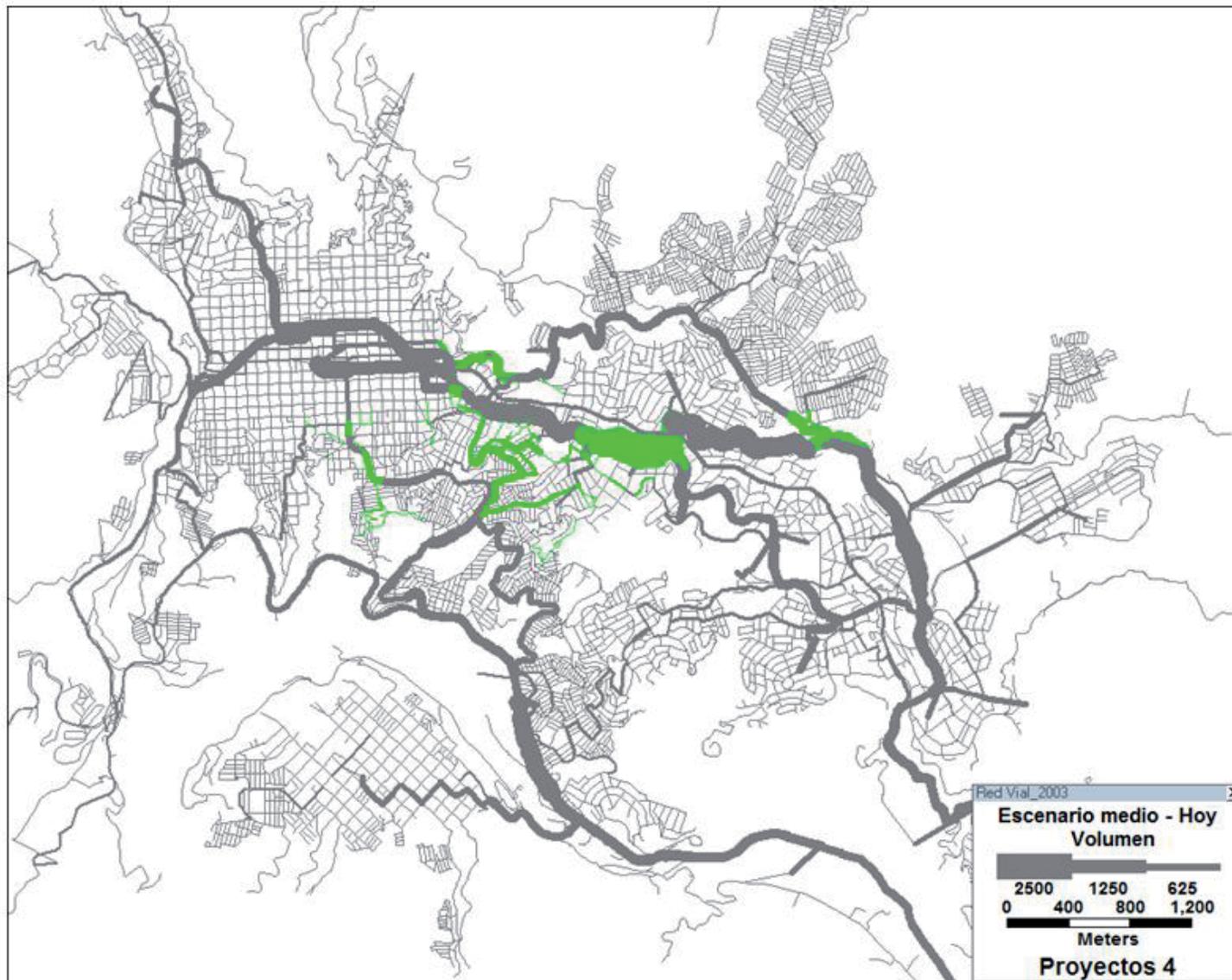
Fuente: elaboración propia.

Figura 88. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 3– 2011.



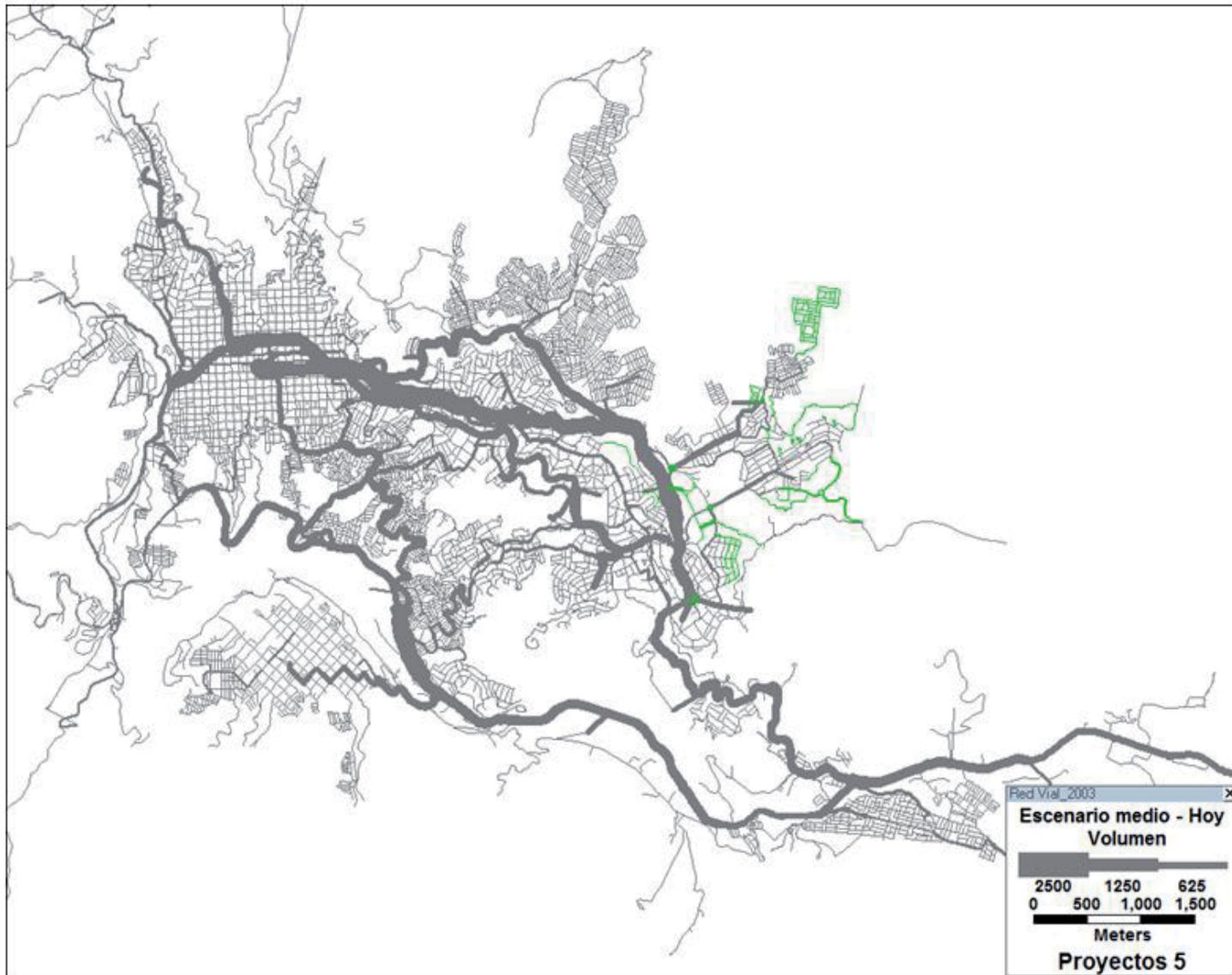
Fuente: elaboración propia.

Figura 89. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 4— 2011.



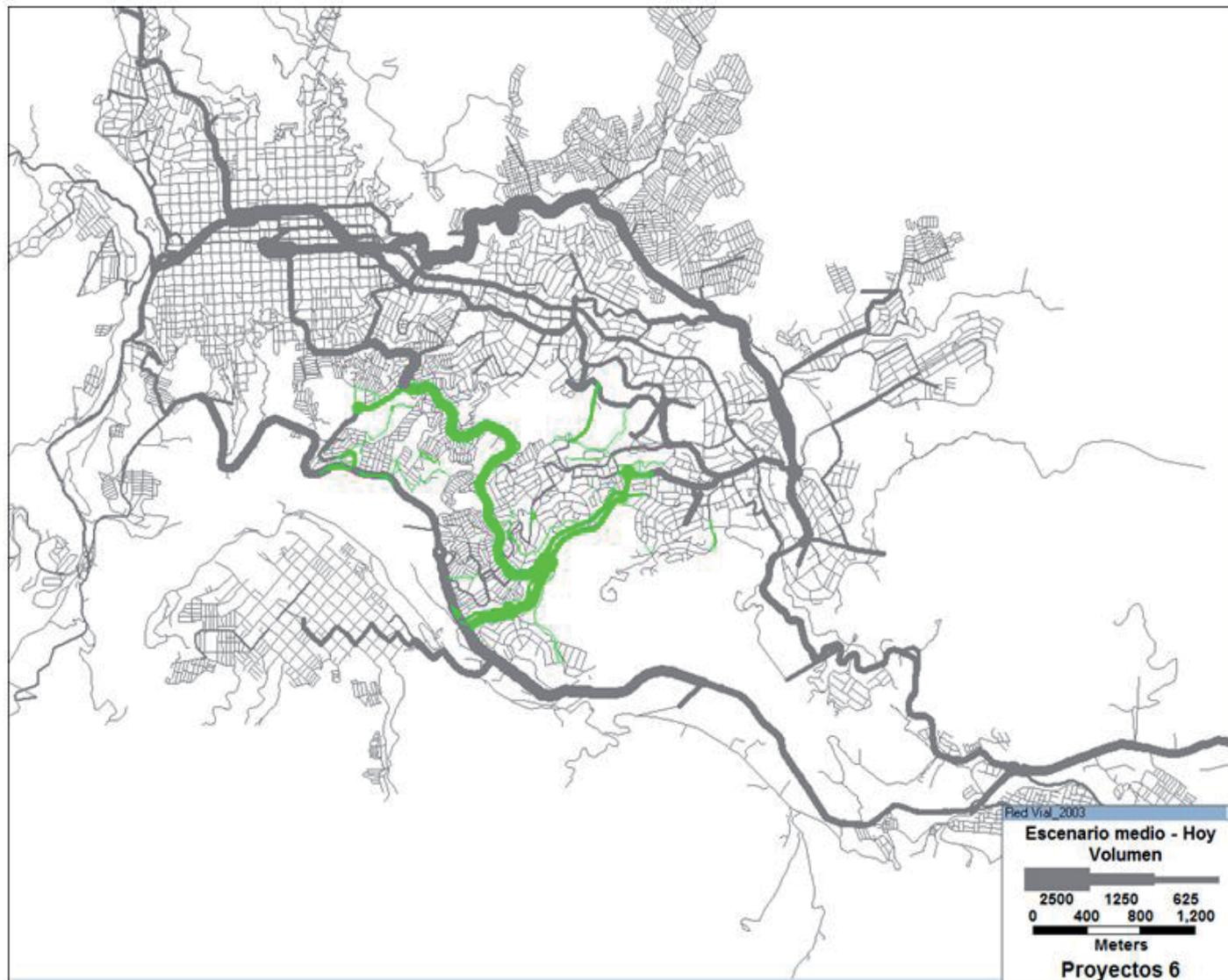
Fuente: elaboración propia.

Figura 90. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 5– 2011.



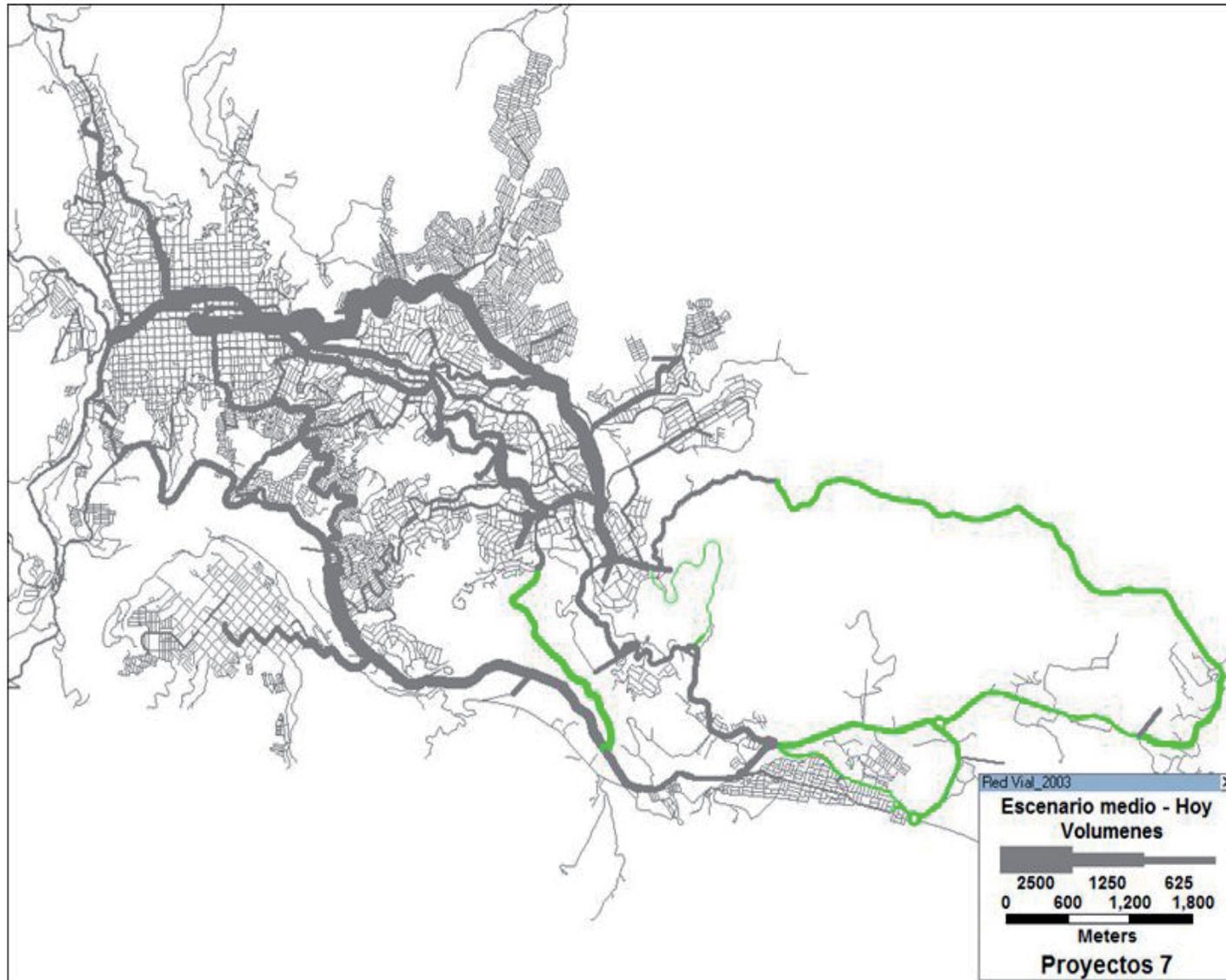
Fuente: elaboración propia.

Figura 91. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 6– 2011.



Fuente: elaboración propia.

Figura 92. Volúmenes escenario medio del paquete de proyectos 7– 2011.



Fuente: elaboración propia.

3.5. PRIORIZACIÓN DE PAQUETE DE PROYECTOS POR MODELACIÓN

Como consecuencia de la modelación anterior, se calcula el volumen ponderado por la longitud, para cada proyecto, obteniendo de esta forma un indicador del impacto de cada proyecto, lo que establece el siguiente orden de los paquetes de proyectos según el impacto de mayor a menor: 3, 2, 4, 6, 7, 1, 5.

Capítulo 4:

MODELO DE CRECIMIENTO URBANÍSTICO

Un modelo de crecimiento urbanístico consiste en una herramienta fundamental para la elaboración de políticas públicas de ordenamiento territorial, el cual no sólo sirve para ofrecer una perspectiva de si es necesario que crezca la ciudad, sino que además permite especificar de qué manera debería hacerlo. De hecho, con este modelo se propone un método para cuantificar el crecimiento urbano, el cual se obtiene a partir de variables que miden las condiciones previstas para el planeamiento de la ciudad: tamaño de la ciudad, densidad de habitantes y viviendas por hectárea, áreas disponibles para el desarrollo urbanístico y horizontes de planificación.

Este modelo no pretende definir cuántas viviendas ni donde se construirán, sino que centra su atención en el área a urbanizar y en las condiciones previstas para su crecimiento. Constituye una herramienta de gestión del suelo, esencial para un plan de movilidad, en la medida que sirve para priorizar los proyectos futuros y estimar sus impactos. Se trata de obtener resultados para la sostenibilidad del territorio basados en criterios de alta accesibilidad, existencia de servicios básicos urbanos y necesidad de aumentar la intensidad de uso de zonas bien ubicadas dentro de la ciudad.

Para determinar el modelo de crecimiento urbanístico al 2040, se consideraron las proyecciones de habitantes y viviendas para áreas a desarrollar que requieren o no plan parcial según lo determinado en los Acuerdos municipales 663 de 2007, 732 de 2009 (PIP 5), 733 de 2009 (PIP 6), 714 de 2009 (PIP 10) y 713 de 2009 (PIP 12) y en el macro proyecto de interés social nacional del centro occidente de Colombia San José. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el déficit de vivienda, las densidades estimadas de viviendas por hectárea para vivienda de interés social y prioritario determinadas en el POT, Documento técnico de soporte, Componente general, numeral 1.6.5., Plan integral de vivienda y los habitantes proyectados al 2040 según el oficio SPM 11-0296 de febrero 3 de 2011¹.

Aunque en el 2005, se determina que hay sobre - oferta de vivienda en los estratos 5 y 6, en el 2015 se estima una necesidad de 2.560 viviendas y para el 2025 se van a requerir 2.890 viviendas adicionales, las cuales podrán ser suplidas con el desarrollo urbanístico del suelo urbano de La Alhambra, del suelo de expansión El Rosario y Km 41 y de los suelos suburbanos de La Trinidad, Cabaña y Km 41. Para el 2015 se requieren 7.113 y para el 2025 se estima la necesidad de 10.941 de viviendas de interés social, déficit que debe disminuir con el desarrollo de los suelos de expansión de Morrogacho, La Aurora y Betania, y el suelo urbano de Aures.

En el único documento sobre las normas de ordenamiento territorial que regulan a Manizales donde se encontró un cronograma de actividades para la generación de suelo y ejecución de obras de urbanismo y construcción fue en la Resolución 1527 de 2010 del MAVDT, Artículo 23, en el cual se consideró que el sector Par vial avenida Colón se llevaría cabo entre el 2010 y 2012 y la habilitación del suelo del sector La Avanzada entre el 2011 y 2013. Para la elaboración

¹OFICIO SPM 11-0296 de febrero 3 de 2011. Referencia: *Modelo de crecimiento urbanístico de Manizales*. Alcaldía Municipal de Manizales, Secretaría de Planeación Municipal; p.1.

del siguiente cronograma se consideró a 5 años, debido a la gestión de subsidios de vivienda realizada por la administración municipal para el sector La Avanzada.

La ejecución de la mayoría de proyectos presentados en la Tabla 28 fue estimada para dentro de 5 años y los demás para dentro de 10, 15 y 30 años, de tal forma que en la próxima administración municipal (2012-2016) puedan llevarse a cabo 3 planes parciales para suelo de expansión urbana, 6 para suelo urbano e iniciarse el desarrollo urbanístico del sector La Avanzada y para la siguiente administración (2017-2020) todos los planes parciales proyectados para el sector Par vial avenida Colón, el desarrollo del suelo suburbano e iniciación del plan parcial El Rosario para suelo de expansión. La ejecución de estos proyectos requiere mucha capacidad de gestión y participación del sector privado.

En la siguiente síntesis (ver Tabla 29), el crecimiento poblacional y la temporalidad no se tuvieron en cuenta, solamente se presenta una proyección de habitantes y viviendas de acuerdo a las densidades estimadas en el POT y las PIP:

Para la elaboración del modelo de crecimiento urbanístico (ver Tabla 30 y Figura 93) se tuvo en cuenta la siguiente información:

- Las áreas de cada uno de los suelos a desarrollar a través de plan parcial y los suelos con aptitud para el desarrollo determinados en el plano 07-BU-82-1, “Aptitud para el desarrollo”, que hace parte del Acuerdo Municipal 663 de 2007.
- Las densidades de viv/ha presentadas en las tablas anteriores sobre proyecciones de vivienda de interés social y prioritario y viviendas de baja y alta densidad de acuerdo a las densidades estimadas en el POT y PIP.

Tabla 28. Cronograma estimado para la generación de suelo y desarrollo urbanístico.

Suelos a desarrollar	Clase o Categoría de suelo	Tratamiento	Instrumento de planificación	2015	2020	2025	2040
				(5 años)	(10 años)	(15 años)	(30 años)
Km 41	Suburbano	Desarrollo	POT				
Trinidad	Suburbano	Desarrollo	POT				
Cabaña	Suburbano	Desarrollo	POT				
El Rosario	Expansión	Desarrollo	Plan Parcial				
Km 41	Expansión	Desarrollo	Plan Parcial				
Morrogacho	Expansión	Desarrollo	Plan Parcial				
La Aurora	Expansión	Desarrollo	Plan Parcial				
Betania	Expansión	Desarrollo	Plan Parcial				
Aures	Urbano	Desarrollo	Plan Parcial				
La Alhambra	Urbano	Desarrollo	Plan Parcial				
Galería	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Sector Par Vial Avenida Colón UEU-A	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Sector Par Vial Avenida Colón UEU-B	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Sector Par Vial Avenida Colón UEU-C	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Sector Par Vial Avenida Colón UEU-D	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Única	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Fundadores	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
El Campin	Urbano	Renovación Urbana	Plan Parcial				
Sector La Avanzada UEU-1	Urbano	Renovación Urbana	Macroproyecto				
Sector La Avanzada UEU-2	Urbano	Renovación Urbana	Macroproyecto				
Sector La Avanzada UEU-3	Urbano	Renovación Urbana	Macroproyecto				
Sector La Avanzada UEU-4	Urbano	Renovación Urbana	Macroproyecto				
Sector La Avanzada UEU-5	Urbano	Renovación Urbana	Macroproyecto				
Zonas con aptitud para el desarrollo urbano	Urbano	Desarrollo	POT				

Fuente: Elaboración propia con base en los Acuerdos Municipales 508 de 2001, 573 de 2003 y 663 de 2007 (POT), 732 de 2009 (PIP 5), 733 de 2009 (PIP 6), 714 de 2009 (PIP 10) y 713 de 2009 (PIP 12) y en la Resolución 1527 de 2010 del MAVDT y en las decisiones tomadas en el Comité Técnico realizado el día 28 de enero de 2011.

Tabla 29. Síntesis de la proyección de vivienda según densidades del POT.

Suelos a desarrollar	Instrumento de planificación	Clase de suelo	Área Total (Ha)	Viv/ha	Hab/viv	Habitantes proyectados	Viviendas planteadas	Fuente
Morrogacho	Plan Parcial	Expansión	5,9	70	3,6	1.474	410	Acuerdo Municipal 663 de 2007 (POT), Artículo 4. Plano 07-BUR-67-1. Clasificación del suelo municipal.
La Aurora	Plan Parcial	Expansión	56,1	70	3,6	14.140	3.928	
Betania	Plan Parcial	Expansión	6,5	80	3,6	1.858	516	
Aures	Plan Parcial	Urbano	32,5	75	3,6	8.767	1.570	Acuerdo Municipal 663 de 2007 (POT), Artículo 69 y Plano 07-BU-82-1. Aptitud para el desarrollo. La densidad estimada para el suelo de Aures no fue determinada en el POT, se incluyó con el fin de proyectar el número de viviendas en el suelo restante.
Sector La Avanzada UEU-1	Macroproyecto	Urbano	0,1	220	5	17.446	3.500	Resolución 1527 de 2010 del MAVDT (MISN San José), Documento Técnico de Soporte, Numeral 5.1.3 Desarrollo de las Unidades de Ejecución Urbanística.
Sector La Avanzada UEU-2	Macroproyecto	Urbano	3,4					
Sector La Avanzada UEU-3	Macroproyecto	Urbano	3,1					
Sector La Avanzada UEU-4	Macroproyecto	Urbano	5,3					
Sector La Avanzada UEU-5	Macroproyecto	Urbano	4,1					
Sector Par Vial Avenida Colón UEU-D	Plan Parcial	Urbano	1,4	145	4	835	209	Resolución 1527 de 2010 del MAVDT (MISN San José), Artículo 20 y Plano M11. Unidades de Ejecución y Unidades de Planificación. Los datos de densidad se obtuvieron promediando las densidades consideradas para los planes parciales de Única, Fundadores y El Campín.
La Alhambra	Plan Parcial	Urbano	27,4	8	3,6	789	219	Acuerdo Municipal 663 de 2007 (POT), Artículo 69 y Plano 07-BU-82-1. Aptitud para el desarrollo. La densidad para el suelo de La Alhambra no fue determinada en el POT, se utilizaron referentes de viviendas de estrato 6 con similares características de densidad.
Única	Plan Parcial	Urbano	2,1	168	4	1.411	353	Acuerdo Municipal 713 de 2009, Documento Técnico de Soporte Sistema Normativo PIP 10, Numeral 6.4. Simulaciones Urbanísticas y Financieras de Operaciones Urbanas.
Fundadores	Plan Parcial	Urbano	1,3	128	4	655	164	
El Campín	Plan Parcial	Urbano	3,9	138	4	2.158	540	PIP 10, Documento Técnico de Soporte Formulación, Anexo Sistema Normativo, Anexo 3. Simulación Urbanística (Operación Urbana de Renovación para el Núcleo Industrial El Campín PIP_10)
Zonas con aptitud para el desarrollo urbano al 2010	POT	Urbano	215,0	29	3,6	22.446	6.235	Acuerdo Municipal 663 de 2007 (POT), Artículo 60, Plano 07-BU-82-1. Aptitud para el desarrollo y Documento Técnico de Soporte, Componente General, Numeral 1.1 Definición del Modelo Estructural de Ocupación del suelo a largo plazo para Manizales.
			367,9			71.980	17.644	

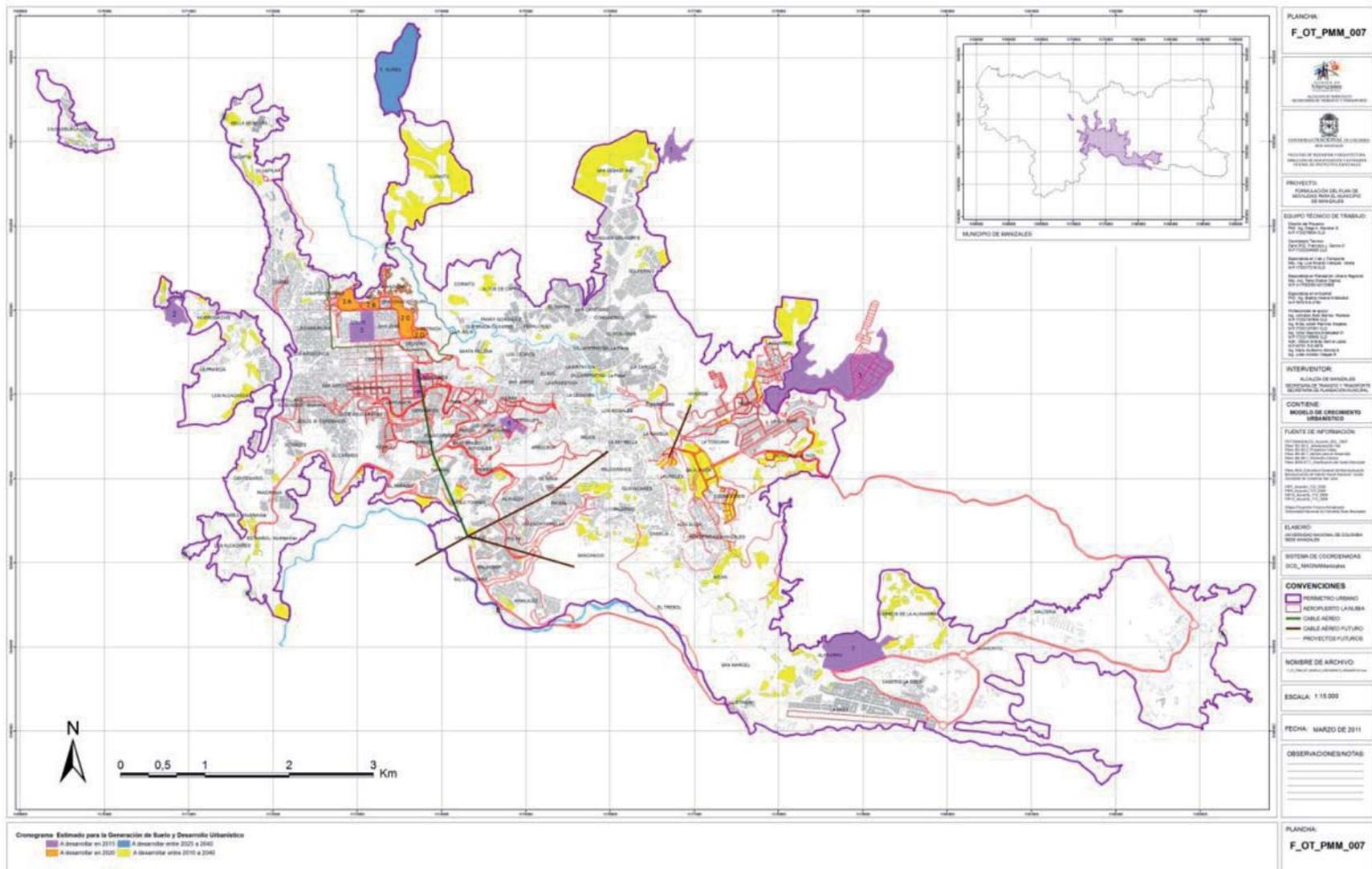
Fuente: Elaboración propia con base en las fuentes citadas. Nota: No se incluyen los suelos a desarrollar a través del plan parcial Galería, porque éste no incluyen la proyección de viviendas.

Tabla 30. Modelo de crecimiento urbanístico.

Comuna	Área de la Comuna (Ha)	Áreas previstas para la generación de suelo y desarrollo urbanístico para vivienda	2011			2015				2020				2025				2040				
			Ha	Densidad (viv/Ha)	Hab.	Hab. Proy.	Hab. Ajuste	Viv. Ajuste	Ha desarrolladas	Hab. Proy.	Hab. Ajuste	Viv. Ajuste	Ha desarrolladas	Hab. Proy.	Hab. Ajuste	Viv. Ajuste	Ha desarrolladas	Hab. Proy.	Hab. Ajuste	Viv. Ajuste	Ha desarrolladas	% de Has de Reserva
Atardeceres	327,4	Con aptitud para el desarrollo urbano	17,30	29	29.137	30.457	660	183	6,30	31.360	452	125	4,30	31.538	89	25	0,90	32.446	454	126	4,30	8,4%
		Morrogacho	5,85	70			660	183	2,60		452	125	1,80		89	25	0,40		454	126	1,80	-12,2%
San José	89,2	Sector La Avanzada UEU-1	0,09	220	22.785	24.022	1.237	247	1,12	25.301	640	128	0,58	26.818	1.517	303	1,38	28.175	1.357	271	1,23	72,8%
		Sector La Avanzada UEU-2	3,36	220																		
		Sector La Avanzada UEU-3	3,10	220																		
		Sector La Avanzada UEU-4	5,25	220																		
		Sector La Avanzada UEU-5	4,06	220																		
Sector Par Vial Avenida Colón UEU-D	1,44	145	0	0	0,00	640	160	1,44	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0,0%				
Cumanday	117,9	Con aptitud para el desarrollo urbano	0,10	29	29.013	29.100	10	3	0,10	29.229	0	0	0,00	29.234	0	0	0,00	31.104	0	0	0,00	0,0%
		Única	2,10	168			38	10	0,10		65	16	0,10		3	1	0,00		1.309	327	1,90	-0,2%
		Fundadores	1,28	128			38	10	0,10		65	16	0,10		3	1	0,00		561	140	1,10	-1,7%
La Estación	143,6	Con aptitud para el desarrollo urbano	2,70	29	22.144	22.988	84	23	0,80	23.799	81	23	0,80	24.266	47	13	0,40	25.583	132	37	1,30	-22,0%
		El Campin	3,91	138			760	190	1,40		730	182	1,30		420	105	0,80		1.185	296	2,10	-43,4%
Ciudadela del Norte	514,3	Con aptitud para el desarrollo urbano	87,88	29	63.929	64.221	146	41	1,40	64.615	197	55	1,90	65.509	298	83	2,90	69.571	1.353	376	13,00	78,3%
		Aures	32,47	75			0	0	0,00		0	0	0,00		298	83	1,10		1.353	376	5,00	81,2%
		Betania	6,45	80			146	41	0,50		197	55	0,70		298	83	1,00		1.353	376	4,70	-7,3%
Ecoturístico cerro de oro	413,8	Con aptitud para el desarrollo urbano	51,76	29	31.847	31.917	35	10	0,30	33.666	875	243	8,40	34.296	315	88	3,00	36.265	985	273	9,40	59,1%
		La Aurora	56,11	70			35	10	0,10		875	243	3,50		315	88	1,30		985	273	3,90	84,4%
Tesorito	789,6	Con aptitud para el desarrollo urbano	21,79	29	23.753	23.797	40	11	0,40	23.959	146	41	1,40	24.226	240	67	2,30	25.920	1.525	424	14,60	14,3%
		La Alhambra	27,40	8			4	1	0,20		16	5	0,60		27	7	0,90		169	47	5,90	72,5%
Palogrande	479,9	Con aptitud para el desarrollo urbano	18,82	29	25.393	25.855	462	128	4,40	26.303	448	124	4,30	26.669	366	102	3,50	28.406	1.737	483	16,60	-53,3%
La Fuente	189,9	Con aptitud para el desarrollo urbano	3,78	29	44.405	44.975	570	158	5,50	45.001	26	7	0,20	45.231	230	64	2,20	46.943	1.712	476	16,40	-543,1%
Universitaria	206,6	Con aptitud para el desarrollo urbano	3,57	29	37.616	38.185	569	158	0,50	38.471	286	79	0,50	38.844	373	104	3,60	40.444	1.600	444	15,30	-457,9%
La Macarena	226,6	Con aptitud para el desarrollo urbano	7,76	29	32.882	33.138	256	71	2,50	33.337	199	55	1,90	33.817	480	133	4,60	35.267	1.450	403	13,90	-194,4%
	3498,7	TOTALES	368,33	-	362.904	368.655	5750	1478	28,32	375.041	6.389	1.682	33,82	380.448	5.407	1.375	30,28	400.124	19.673	5.274	132,43	-

Fuente: elaboración propia.

Figura 93. Modelo de crecimiento urbanístico.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 31. Proyección de suelos disponibles para el desarrollo urbano 2015 - 2040.

Comuna	Áreas previstas para la generación de suelo y desarrollo urbanístico para vivienda	Ha	2015			2020				2025				2040			
			Has desarrolladas	Has disponibles	% de Has de Reserva	Has desarrolladas	Total has desarrolladas	Has disponibles	% de Has de Reserva	Has desarrolladas	Total has desarrolladas	Has disponibles	% de Has de Reserva	Has desarrolladas	Total has desarrolladas	Has disponibles	% de Has de Reserva
Atardeceres	Con aptitud para el desarrollo urbano	17,30	6,3	11,0	63,5%	4,3	10,6	6,7	38,5%	0,9	11,5	5,8	33,5%	4,3	15,8	1,5	8,4%
	Morrogacho	5,85	2,6	3,2	55,2%	1,8	4,4	1,4	24,6%	0,4	4,8	1,1	18,6%	1,8	6,6	-0,7	-12,2%
San José	Sector La Avanzada UEU-1	0,09	1,1	14,7	92,9%	0,6	1,7	0,8	89,2%	1,4	3,1	0,7	80,5%	1,2	4,3	0,6	72,8%
	Sector La Avanzada UEU-2	3,36															
	Sector La Avanzada UEU-3	3,10															
	Sector La Avanzada UEU-4	5,25															
	Sector La Avanzada UEU-5	4,06															
	Sector Par Vial Avenida Colón UEU-D	1,44	0,0	1,4	100,0%	1,4	1,4	0,0	0,0%	0,0	1,4	0,0	0,0%	0,0	1,4	0,0	0,0%
Cumanday	Con aptitud para el desarrollo urbano	0,10	0,1	0,0	0,0%	0,0	0,1	0,0	0,0%	0,0	0,1	0,0	0,0%	0,0	0,1	0,0	0,0%
	Única	2,10	0,1	2,0	97,3%	0,1	0,2	1,9	92,7%	0,0	0,2	1,9	92,5%	1,9	2,1	0,0	-0,2%
	Fundadores	1,28	0,1	1,2	94,2%	0,1	0,2	1,1	84,3%	0,0	0,2	1,1	83,9%	1,1	1,3	0,0	-1,7%
La Estación	Con aptitud para el desarrollo urbano	2,70	0,8	1,9	70,1%	0,8	1,6	1,1	41,3%	0,4	2,0	0,7	24,7%	1,3	3,3	-0,6	-22,0%
	El Campín	3,91	1,4	2,5	64,8%	1,3	2,7	1,2	31,0%	0,8	3,5	0,4	11,5%	2,1	5,6	-1,7	-43,4%
Ciudadela del Norte	Con aptitud para el desarrollo urbano	87,88	1,4	86,5	98,4%	1,9	3,3	84,6	96,3%	2,9	6,1	81,7	93,0%	13,0	19,1	68,8	78,3%
	Aures	32,47	0,0	32,5	100,0%	0,0	0,0	0,0	0,0%	1,1	1,1	31,4	96,6%	5,0	6,1	26,4	81,2%
	Betania	6,45	0,5	5,9	92,1%	0,7	1,2	5,3	81,5%	1,0	2,2	4,2	65,5%	4,7	6,9	-0,5	-7,3%
Ecoturístico cerro de oro	Con aptitud para el desarrollo urbano	51,76	0,3	51,4	99,4%	8,4	8,7	43,1	83,2%	3,0	11,7	40,0	77,3%	9,4	21,2	30,6	59,1%
	La Aurora	56,11	0,1	56,0	99,8%	3,5	3,6	52,5	93,6%	1,3	4,9	51,2	91,3%	3,9	8,8	47,4	84,4%
Tesorito	Con aptitud para el desarrollo urbano	21,79	0,4	21,4	98,3%	1,4	1,8	20,0	91,9%	2,3	4,1	17,7	81,3%	14,6	18,7	3,1	14,3%
	La Alhambra	27,40	0,2	27,2	99,4%	0,6	0,7	26,7	97,4%	0,9	1,6	25,8	94,0%	5,9	7,5	19,9	72,5%
Palogrande	Con aptitud para el desarrollo urbano	18,82	4,4	14,4	76,5%	4,3	8,7	10,1	53,7%	3,5	12,2	6,6	35,1%	16,6	28,9	-10,0	-53,3%
La Fuente	Con aptitud para el desarrollo urbano	3,78	5,5	-1,7	-44,4%	0,2	5,7	-1,9	-51,0%	2,2	7,9	-4,1	-109,3%	16,4	24,3	-20,5	-543,1%
Universitaria	Con aptitud para el desarrollo urbano	3,57	0,5	3,1	85,7%	0,5	1,0	2,5	71,4%	3,6	4,6	-1,0	-28,6%	15,3	19,9	-16,3	-457,9%
La Macarena	Con aptitud para el desarrollo urbano	7,76	2,5	5,3	68,4%	1,9	4,4	3,4	43,8%	4,6	9,0	-1,2	-15,4%	13,9	22,8	-15,1	-194,4%

Fuente: elaboración propia.

- Con respecto al crecimiento poblacional para los periodos de 2015, 2020, 2025 y 2040 se utilizaron los datos considerados en el oficio S.P.M. 11-0296 de febrero 3 de 2011, discriminados por comuna.
- El cronograma estimado para la generación de suelo y desarrollo urbanístico presentado en la anterior tabla.

De acuerdo al modelo de crecimiento urbanístico, para el año 2040 los suelos estimados para desarrollos urbanísticos (ver Tabla 31) previstos en el POT y las PIP, aun no se habrán desarrollado, porque *el crecimiento demográfico de Manizales en el horizonte 2005-2040, responde a una tasa media anual de 0.33%, lo que representa 46.000 personas adicionales a las encontradas por el DANE en el Censo General 2005*².

Es de aclarar, que para realizar este cálculo se asume que la generación de suelo y los nuevos desarrollos urbanísticos, son proyectados para nueva población y en caso tal de que esto no suceda de esta manera, se generará en la ciudad un proceso de deterioro físico y ambiental del área céntrica.

² OFICIO SPM 11-0296 de febrero 3 de 2011. Referencia: Modelo de crecimiento urbanístico de Manizales. Alcaldía Municipal de Manizales, Secretaría de Planeación Municipal, p.1.

Capítulo 5: ACCIDENTALIDAD VIAL

Luego de realizar el análisis de la variación de los valores del *Número de Accidentes Equivalentes* (NAE) de los diferentes sitios año por año, así como el análisis de la frecuencia con la cual aparecen los sitios entre los de mayor NAE de cada año durante el período de análisis, se definió un factor multiplicador promedio que representa lo que ha aumentado o disminuido el valor del NAE para un sitio en específico durante los últimos cuatro años.

Para lo anterior, se calcularon las relaciones entre los valores del NAE para cada uno de los sitios entre años consecutivos, es decir, entre el 2008 y el 2007, el 2009 y el 2008 y el 2010 y el 2009.

En la Tabla 32 se observan los resultados del factor multiplicador promedio obtenidos para los diferentes sitios estudiados, ordenados de mayor a menor. Se tiene que si el factor multiplicador promedio es mayor a uno significa que el valor del NAE para dicho sitio posee una tendencia al alza, mientras más alejado de uno se encuentre ese valor de NAE, representa una variación mucho mayor en el número de accidentes; de los 63 sitios estudiados, existen 32 que poseen un

factor multiplicador mayor a 1, esto representa un poco más del 50% de los sitios estudiados.

Los sitios que refieren un factor multiplicador promedio igual a uno, representan lugares en los cuales el valor del NAE ha mantenido una relativa homogeneidad a lo largo de los cuatro años de análisis; de los 63 sitios analizados, nueve reportan un factor multiplicador promedio igual a uno, lo cual representa un poco más del 14% de los sitios estudiados.

Por su parte, los sitios que refieren un factor multiplicador promedio menor a uno, representan aquellos en los cuales se reporta una disminución en el número de accidentes equivalentes a lo largo de los últimos cuatro años, mientras menor sea ese valor significa una mayor disminución del NAE; de los 63 sitios estudiados, 22 reportan un factor multiplicador menor a uno, representando aproximadamente el 35% de los sitios estudiados.

Las primeras cuatro columnas de la Tabla 32, muestran la posición en la cual se encuentra un sitio en particular respecto al valor del NAE reportado para los años 2007, 2008, 2009 y 2010, respectivamente; se observa entonces, por ejemplo, que la glorieta de Los Cámbulos (vía Panamericana), se posiciona como el lugar de mayor NAE para el año 2010, mientras que para los años anteriores, ocupó el 9, 51 y 23 puesto, para los años 2007, 2008 y 2009, respectivamente.

La quinta columna de la Tabla 32, muestra la posición de un sitio en específico según su factor multiplicador promedio, se observa entonces, por ejemplo, que la glorieta de Los Cámbulos ocupa el 10° puesto con un factor multiplicador promedio de 1,6.

Las columnas séptima, octava y novena de la Tabla 32, muestran los valores de NAE para los años 2007, 2008, 2009 y 2010, respectivamente, en donde las casillas sin sombreado representan los

sitios que se encontraban en las treinta primeras posiciones para cada uno de los años.

Los resultados del análisis de accidentalidad permitieron concluir que a pesar que el modo de transporte vehículo ligero (automóvil y taxis) refiera una mayor incidencia respecto al tema de la accidentalidad que los otros modos de transportes, en el análisis general de accidentes respecto a la población y respecto al parque automotor, al hacer la disgregación por la gravedad del accidente, los resultados muestran otra realidad, ya que existe una mayor incidencia del modo transporte colectivo (bus, buseta y microbús) en los accidentes que podrían clasificarse como graves (con muertos o heridos) que para los otros modos de transporte cuando se analiza respecto al parque automotor, mientras que el modo de transporte vehículo ligero (automóvil y taxi) refieren un mayor valor de índice para los accidentes que podrían clasificarse como leves (solo daño) al analizarlos respecto a la población.

Se obtuvo que para los cuatro años de análisis, existen cinco sitios en la ciudad de Manizales que se encuentran entre los de mayor NAE cada año, estos son:

- Avenida Kevin Ángel, glorieta de la Universidad Autónoma.
- Avenida Kevin Ángel, glorieta del barrio Los Cedros.
- Avenida Kevin Ángel, glorieta San Rafael.
- Carrera 18 con calle 26 (sector del centro de la ciudad).
- Carrera 23 con calle 65 (avenida Santander, sector El Cable).

Respecto a la variación del NAE para estos cinco sitios, dos tienen tendencia al alza, la glorieta Autónoma y la glorieta del barrio Los Cedros; los otros tres poseen tendencia a la baja en el valor de su NAE. Se destaca que de los cinco sitios, tres se encuentran sobre la avenida Kevin Ángel, uno sobre la avenida Santander y uno sobre la avenida del Centro, todas categorizadas como vías principales en la red viaria de la ciudad.

Los cinco sitios que reportan una mayor tendencia al alza en el valor del NAE, es decir, los primeros cinco sitios de mayor factor multiplicador promedio, en la ciudad de Manizales, son en su orden:

- Avenida Centenario en el acceso al Hospital Santa Sofía (FMP 5,4).
- La Estación Uribe (FMP 3,1)
- Carrera 26 con calle 80 (avenida Alberto Mendoza, sector entrada al condominio El Trébol, FMP 3,1)
- Entrada a Villamaría sobre la vía Panamericana (FMP 2,4)
- Carrera 19 con calle 22 (sector centro, FMP 2,4)

Finalmente, los diez sitios de mayor NAE en la actualidad son en su orden:

- Glorieta Los Cámbulos (vía Panamericana, NAE 46,2)
- Sector del puente La Libertad (vía Panamericana, NAE 45,2)
- Avenida Kevin Ángel glorieta San Rafael (NAE 36,4).
- Avenida Kevin Ángel glorieta de la Universidad Autónoma (NAE 30,2)
- Avenida Kevin Ángel lavadero Los Sauces (NAE 27,7)
- Carrera 18 con calle 28 (avenida del Centro, sector Gonza, NAE 23,2)
- Estación Uribe (NAE 23,2)
- Avenida Kevin Ángel en la glorieta del barrio Los Cedros (NAE 23,2)
- Avenida Alberto Mendoza sector Expoferias (NAE 22,3).
- Carrera 23 con calle 65 (avenida Santander, sector El Cable).

Relacionando los resultados del análisis de accidentalidad vial y los paquetes de proyectos estudiados, es posible saber cuántos de los sitios reportados como de mayor accidentalidad, deberían ser debidamente solucionados por la inserción de las obras que conforman cada uno de los paquetes de proyectos estudiados. En la Tabla 33 se observan

los sitios que se corresponden con los paquetes de proyectos y en la Tabla 34 se observan los sitios que no se corresponden con ningún proyecto.

Se tiene entonces que de los 63 sitios identificados como de mayor accidentalidad en la ciudad, 19 (30% del total), deberían ser debidamente resueltos por los diferentes paquetes de proyectos, mientras que los 44 sitios restantes (70% del total), no se encontrarían involucrados dentro ningún paquete de proyectos.

Se establece entonces que los paquetes de proyectos N°3 y N°6 involucrarían la solución de sitios que refieren factor multiplicador superior a 1,9. El paquete de proyectos que mayor número de sitios identificados abarcaría es el paquete N°4, el cual debería solucionar la accidentalidad de siete sitios, seguido del paquete de proyectos N°7 que solucionaría cuatro sitios.

Se concluye que de los 19 sitios que deberían solucionarse con los paquetes de proyectos estudiados, 16 refieren un factor multiplicador del NAE igual o superior a 1,0. Lo anterior muestra que los paquetes de proyectos estudiados, ayudarían a la solución de una buena cantidad de sitios que refieren alza en su valor del NAE.

Ahora bien, con el fin de establecer una escala que identifique de mayor a menor la influencia de los diferentes paquetes de proyectos respecto a la accidentalidad vial, se calcula el promedio de los factores multiplicadores de los sitios que cada paquete de proyectos debería resolver, los resultados se observan en la Tabla 35. Según lo anterior, desde el punto de vista de accidentalidad vial, es más prioritario realizar las obras del paquete de proyectos N°6 que las obras del paquete de proyectos N°2, por ejemplo.

Del análisis de accidentalidad, se establece que de los 63 sitios identificados como de mayor accidentalidad vial en la ciudad, el 68%

Tabla 32. Número de accidentes equivalentes en la ciudad de Manizales, 2010.

POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₀₇	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₀₈	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₀₉	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₁₀	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR FACTOR MULTIPLICADOR PROMEDIO	LUGAR DEL ACCIDENTE	NAE ₂₀₀₇	NAE ₂₀₀₈	NAE ₂₀₀₉	NAE ₂₀₁₀	PROMEDIO FACTOR MULTIPLICADOR (2007-2008-2009-2010)
61	41	63	13	1	AV CENTENARIO ACCESO HOSPITAL SANTA SOFIA	3,0	12,4	1,4	16,9	5,4
62	34	3	7	2	ESTACION URIBE	2,4	15,3	34,2	23,2	3,1
63	48	17	59	3	KR 26 CL 80	1,4	10,4	18,2	0,0	3,1
56	62	34	23	4	KR 19 CL 22	4,4	2,4	13,4	14,3	2,4
11	47	61	15	5	VIA PANAMERICANA ENTRADA VI LLAMARIA	26,4	10,9	2,4	15,7	2,4
57	54	52	12	6	KR 23 CL 47	4,4	9,3	5,0	17,1	2,0
60	63	53	18	7	VIA PANAMERICANA ENTRADA LA FUENTE	3,4	2,0	4,9	14,7	2,0
10	58	62	31	8	VIA PANAMERICANA ENTRADA BARRIO ARANJUEZ	27,3	6,7	2,4	12,0	1,9
41	2	1	2	9	PUENTE LA LIBERTAD	13,3	40,8	40,3	45,2	1,7
9	51	23	1	10	VIA PANAMERICANA GLORIETA LOS CAMBULOS	27,6	9,4	16,9	46,2	1,6
54	21	12	14	11	KR 23 CL 63	6,7	19,7	21,7	16,3	1,6
59	40	19	55	12	KR 20 CL 60	4,0	12,9	17,7	2,0	1,6
58	30	57	57	13	KR 17 CL 20	4,4	16,7	3,4	1,4	1,5
37	17	44	9	14	AV ALBERTO MENDOZA EXPOFERIAS	14,3	22,2	9,4	22,3	1,4
46	43	46	6	15	KR 18 CL 28	12,2	11,6	9,3	23,2	1,4
55	22	48	61	16	KR 17 CL 25	4,9	18,6	7,7	0,0	1,4
50	18	54	47	17	KR 25 CL 41	9,4	20,9	4,4	7,4	1,4
51	42	8	25	18	KR 19 CL 25	9,3	11,9	24,9	13,7	1,3
35	61	20	58	19	KR 19 CL 17	15,7	5,0	17,4	1,0	1,3
38	44	51	20	20	LA LINDA	14,2	11,3	6,0	14,6	1,3
49	26	7	17	21	VIA AL MAGDALENA MALTERIA	10,4	18,2	25,4	14,7	1,2
1	1	55	33	22	KR 25 CL 65	68,3	53,3	4,0	11,4	1,2
34	27	59	49	23	KR 25 CL 42	17,0	18,0	3,0	7,3	1,2
53	50	21	39	24	KR 25 CL 49	8,0	10,3	17,3	9,7	1,2
31	33	50	24	25	KR 20 CL 26	17,6	15,4	6,4	13,9	1,2
47	57	37	30	26	KR 18 CL 29	11,4	7,3	12,7	12,0	1,1
6	38	10	5	27	AV KEVIN ANGEL LAVADERO LOS SAUCES	32,0	13,7	23,6	27,7	1,1
27	11	14	8	28	AV KEVIN ANGEL GLORIETA BARRIO LOS CEDROS	19,2	25,7	19,6	23,2	1,1
32	56	28	16	29	KR 23 CL 45	17,4	8,4	15,3	14,9	1,1
44	25	47	35	30	KR 23 CL 46	12,4	18,2	8,0	10,7	1,1
12	4	2	4	31	AV KEVIN ANGEL GLORIETA AUTONOMA	25,7	31,6	38,3	30,2	1,1

POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₀₇	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₀₈	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₀₉	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR NAE ₂₀₁₀	POSICIÓN DE MAYOR A MENOR FACTOR MULTIPLICADOR PROMEDIO	LUGAR DEL ACCIDENTE	NAE ₂₀₀₇	NAE ₂₀₀₈	NAE ₂₀₀₉	NAE ₂₀₁₀	PROMEDIO FACTOR MULTIPLICADOR (2007-2008-2009-2010)
24	52	16	29	32	KR 25 CL 25	19,7	9,4	19,3	12,4	1,1
25	5	45	32	33	KR 23 CL 51	19,7	30,0	9,3	11,9	1,0
19	59	29	50	34	KR 27 CL 10	23,1	6,4	14,9	6,7	1,0
52	28	60	56	35	KR 21 CL 26	8,4	17,1	2,4	2,0	1,0
42	49	25	34	36	KR 23 CL 48	13,2	10,3	16,2	10,7	1,0
36	37	27	22	37	KR 25 CL 50	15,2	13,9	15,3	14,3	1,0
45	32	22	38	38	KR 18 CL 23	12,3	15,6	17,0	9,9	1,0
39	35	36	27	39	KR 23 CL 55	14,0	15,3	12,9	12,9	1,0
48	53	30	48	40	KR 25 CL 48	11,3	9,3	14,3	7,3	1,0
43	36	18	42	41	KR 23 CL 64	12,9	14,3	18,0	8,9	1,0
2	8	6	3	42	AV KEVIN ANGEL GLORIETA SAN RAFAEL	61,7	26,4	26,3	36,4	0,9
17	12	43	26	43	KR 22 CL 14	24,6	24,9	9,4	13,3	0,9
21	19	5	28	44	KR 18 CL 26	21,7	20,2	29,1	12,4	0,9
16	7	38	19	45	KR 23 CL 40	24,7	26,6	12,2	14,6	0,9
33	9	26	40	46	KR 18 CL 24	17,2	26,4	16,1	9,3	0,9
13	14	11	10	47	KR 23 CL 65	25,7	23,7	22,7	18,4	0,9
26	10	24	45	48	KR 23 CL 62	19,3	25,9	16,7	8,0	0,8
18	6	31	36	49	KR 14 CL 54	23,4	29,3	14,2	10,3	0,8
8	23	35	21	50	KR 23 CL 58	29,6	18,4	12,9	14,4	0,8
7	55	49	41	51	BAJO TABLAZO	30,9	8,7	6,9	9,3	0,8
23	13	15	46	52	KR 14 CL 57G	20,2	24,6	19,6	7,9	0,8
5	16	33	11	53	KR 18 CL 25	46,4	22,3	13,7	18,0	0,8
22	15	39	43	54	KR 15 CL 19	20,9	23,0	11,0	8,9	0,8
29	39	32	44	55	KR 23 CL 54	18,3	13,0	13,8	8,4	0,8
20	29	13	52	56	KR 14 CL 46	21,9	16,9	20,3	4,9	0,7
3	31	9	37	57	PLAZA ALFONSO LOPEZ	57,4	16,2	24,6	9,9	0,7
28	46	40	51	58	KR 17 CL 19	18,9	10,9	10,7	5,7	0,7
30	45	41	53	59	KR 22 CL 15	18,3	11,0	10,3	4,4	0,7
4	3	4	54	60	KR 18 CL 63	49,5	37,9	32,4	3,4	0,6
40	24	58	63	61	KR 20 CL 17	14,0	18,2	3,0	0,0	0,5
14	20	42	60	62	KR 30 CL 95	25,6	19,9	10,0	0,0	0,4
15	60	56	62	63	KR 20 CL 30	24,9	5,4	4,0	0,0	0,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33. Sitios que solucionarían los paquetes de proyectos.

PAQUETE DEL PROYECTO	NOMBRE DE LA OBRA	LUGAR DEL ACCIDENTE	PROMEDIO FACTOR MULTIPLICADOR (2007-2008-2009-2010)
Nº1	AV. COLON	KR_18_CL_28	1,4
		KR_18_CL_29	1,1
Nº2	NO SE INTERCEPTA CON NINGUN ACCIDENTE CON EL PROYECTO DE LA AV SESQUICENTENARIO		
Nº3	AV. VARIANTE SUR	PANAMERICANA ENTRADA VILLAMARIA	2,4
		PANAMERICANA ENTRADA LA FUENTE	2,0
		PANAMERICANA ENTRADA ARANJUEZ	1,9
Nº4	INTERSECCION UNIVERSIDAD AUTONOMA	GLORIETA UNIVERSIDAD AUTONOMA	2,0
	P1P_10	KR_25_CL_41	1,4
		KR_25_CL_49	1,2
		KR_25_CL_48	1,0
		KR_25_CL_50	1,0
INTERSECCION BAJO ROSALES	AV KEVIN ANGEL LAVADERO LOS SAUCES	1,1	
	GLORIETA LA CAROLA AV KEVIN ANGEL	KR_14_CL_57G	0,8
Nº5	GLORIETA CARABINEROS	KR_18_CL_63	0,6
Nº6	PIP 11	VIA PANAMERICANA ENTRADA VILLAMARIA	2,4
	PIP 11	VIA PANAMERICANA ENTRADA LA FUENTE	2,0
Nº7	VIA AL MAGDALENA	PUENTE LA LIBERTAD	1,7
	CONEXIÓN EXPOFERIAS - MILAN	EXPOFERIAS	1,4
	GLORIETA MALTERIA	VIA AL MAGDALENA MALTERÍA	1,2
	VIA AL MAGDALENA	KR_30_CL_95	0,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Sitios que están por fuera de los paquetes de proyectos.

PAQUETE DEL PROYECTO	LUGAR DEL ACCIDENTE	PROMEDIO FACTOR MULTIPLICADOR (2007-2008-2009-2010)
LUGARES DE ACCIDENTES QUE NO INTERCEPTAN CON NINGUN PAQUETE DE PROYECTOS ESTUDIADOS	AV CENTENARIO ACCESO HOSPITAL SANTA SOFIA	5,4
	ESTACION URIBE	3,1
	KR 26 CL 80	3,1
	KR 19 CL 22	2,4
	KR 23 CL 47	2,0
	VIA PANAMERICANA GLORIETA LOS CAMBULOS	1,6
	KR 23 CL 63	1,6
	KR 20 CL 60	1,6
	KR 17 CL 20	1,5
	KR 17 CL 25	1,4
	KR 19 CL 25	1,3
	KR 19 CL 17	1,3
	LA LINDA	1,3
	KR 25 CL 65	1,2
	KR 25 CL 42	1,2
	KR 20 CL 26	1,2
	AV KEVIN ANGEL GLORIETA BARRIO LOS CEDROS	1,1
	KR 23 CL 45	1,1
	KR 23 CL 46	1,1
	KR 25 CL 25	1,1
	KR 23 CL 51	1,0
	KR 27 CL 10	1,0
	KR 21 CL 26	1,0
	KR 23 CL 48	1,0
	KR 18 CL 23	1,0
	KR 23 CL 55	1,0
	KR 23 CL 64	1,0
	AV KEVIN ANGEL GLORIETA SAN RAFAEL	0,9
	KR 22 CL 14	0,9
	KR 18 CL 26	0,9
	KR 23 CL 40	0,9
	KR 18 CL 24	0,9
	KR 23 CL 65	0,9
	KR 23 CL 62	0,8
	KR 14 CL 54	0,8
	KR 23 CL 58	0,8
	BAJO TABLAZO	0,8
	KR 18 CL 25	0,8
	KR 15 CL 19	0,8
	KR 23 CL 54	0,8
KR 14 CL 46	0,7	
PLAZA ALFONSO LOPEZ	0,7	
KR 17 CL 19	0,7	
KR 22 CL 15	0,7	
KR 20 CL 17	0,5	
KR 20 CL 30	0,3	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 35. Factor multiplicador promedio general por paquete de proyectos.

PAQUETE DEL PROYECTO	PROMEDIO FACTOR MULTIPLICADOR GENERAL POR PAQUETE DE PROYECTOS
No6	2,2
No3	2,1
No1	1,3
No4	1,2
No7	1,2
No5	0,6
No2	0,0

Fuente: elaboración propia.

(43 sitios) refieren factores multiplicadores mayores o iguales a 1,0, es decir, presentan una estabilidad o una tendencia al alza en el valor del NAE, mientras que el 32% restante (20 sitios), refieren tendencia a la baja en el valor del NAE.

Se tiene entonces que de los 43 sitios que refieren estabilidad o tendencia al alza en el valor del NAE, 16 serían solucionados por los paquetes de proyectos estudiados, mientras que 27 no estarían dentro de dichos paquetes de proyectos. Se resalta que los primeros cuatro sitios de mayor factor multiplicador no se encuentran entre los paquetes de proyectos, por lo cual son sitios que deben ser analizados de forma detallada, con el fin de disminuir los índices de accidentalidad que actualmente se presentan.

Capítulo 6: ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Para la priorización de los diferentes paquetes de proyectos se tienen en cuenta las siguientes variables: accesibilidad, volúmenes vehiculares, modelo de crecimiento y accidentalidad. En la Tabla 36 se observa el cálculo de priorización, tomando como hipótesis las siguientes ponderaciones: accesibilidad (45%), volúmenes vehiculares (25%), modelo de crecimiento (25%) y accidentalidad (5%), las cuales fueron discutidas y definidas en los comités técnicos llevados a cabo con la administración municipal de Manizales.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos en el cálculo del impacto producido por la inserción de los diferentes paquetes de proyectos en los tiempos medios de viaje, relacionados éstos con el área, la población y el número de viviendas, es posible obtener el orden de mayor a menor impacto producido sobre dichas variables por cada paquete de proyectos, encontrando por ejemplo que los paquetes de proyectos N°3 (variante sur – vía Panamericana), N°6 (PIP 4 y 11, doble calzada ruta 30 y conexión Palermo- Panamericana) y N°1 (avenida Colón, circuito Chipre y conexión avenida Colón – Villa Pilar) se ubican en el 1°, 2° y 3° lugar de impacto, respectivamente.

Tabla 36. Priorización de los paquetes de proyectos estudiados.

SUBPROYECTO	PAQUETE DE PROYECTOS	ACCESIBILIDAD (45%)								VOLUMENES VEHICULARES (25%)			MODELO DE CRECIMIENTO (25%)			ACCIDENTALIDAD (5%)			CALIFICACIÓN DE CADA SUBPROYECTO
		AREA		POBLACION		N° DE VIVIENDAS		SUBTOTAL PONDERADO	PRIOR.	CALIF.	SUBTOTAL PONDERADO	PRIOR.	CALIF.	SUBTOTAL PONDERADO	PRIOR.	CALIF.	SUBTOTAL PONDERADO		
		PRIOR.	CALIF.	PRIOR.	CALIF.	PRIOR.	CALIF.												
Avenida Colón - Calle 27 Avanzada	1.1	N°1	3	71	3	71	3	71	32	12	54	14	1	100	25	3	71	4	74
Circuito Chipre	1.2									18	29	7	3	33	8				51
Conexión Avenida Colón - Villapilar	1.3									23	8	2	3	33	8				46
Avenida Sesquicentenario	2.1	N°2	7	14	6	29	5	43	13	8	71	18	2	67	17	7	14	1	48
Variante Sur (Panamericana) - Tramo Terminal de Transportes Lusitania	3.1	N°3	1	100	1	100	1	100	45	4	88	22	1	100	25	2	86	4	96
Variante Sur (Panamericana) - Tramo Estación Uribe - Intersección La Fuente	3.2									10	63	16	3	33	8				73
Calle 48 (Vía La Fuente - Barrio el Campin)	4.1	N°4	5	43	4	57	4	57	24	13	50	13	2	67	17	4	57	3	56
Par Vial Avenida Paralela (Calle 47 - Túnel de la 52)	4.2									1	100	25	1	100	25				76
Avenida Kevin Ángel - Tramo Glorieta Autónoma, Caldas Motor.	4.3									6	79	20	1	100	25				71
Doble calzada tramo Ondas de Otún - Barrio Villacarmenza	4.4									11	58	15	3	33	8				50
Tramo Subestación Marmato	4.5									3	92	23	3	33	8				58
Avenida Kevin Ángel - accesos Barrio La Carola - Los Rosales	4.6									2	96	24	1	100	25				75
Subproyectos complementarios de las PIP 10 y 12	4.7									22	13	3	3	33	8				38
Glorieta Mabe - Puente de conexión a La Rambla - Glorieta Carabineros	5.1	N°5	6	29	7	14	7	14	9	14	46	11	1	100	25	6	29	1	46
Subproyectos Complementarios de las PIP 5 y 6	5.2	24	4	1	2	67	17	28											
Conexión Palermo - Panamericana	6.1	N°6	2	86	2	86	2	86	39	9	67	17	3	33	8	1	100	5	69
Vía Ruta 30	6.2									7	75	19	3	33	8				71
Subproyectos complementarios de las PIP 4 y 11	6.3									21	17	4	3	33	8				56
Vía Sancancio - Lusitania	7.1	N°7	4	57	5	43	6	29	19	5	83	21	3	33	8	4	57	3	51
Vía Glorieta Expoferias - Barrio Milan	7.2									19	25	6	3	33	8				37
Doble calzada Cerro de Oro - Maltería	7.3									17	33	8	3	33	8				39
Doble calzada puente La Libertad - Maltería	7.4									15	42	10	2	67	17				49
Doble calzada Puente La Libertad - Control busetas Enea	7.5									20	21	5	3	33	8				36
Doble calzada tramo SENA - Vía al magdalena	7.6									16	38	9	3	33	8				40

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los volúmenes vehiculares se dividieron cada uno de los siete paquetes de proyectos estudiados en subproyectos, con el fin de obtener un orden de mayor a menor impacto en la distribución de los flujos en la red, como se mencionó con anterioridad, los cuales son considerados proyectos de alto impacto en términos de movilidad para la ciudad.

Respecto al modelo de crecimiento, se asigna un mayor valor a obras o proyectos de infraestructura o renovación urbana que actualmente estén en ejecución o que posean diseños finales, como lo son: la avenida Colón, variante sur (Panamericana) - tramo Terminal de Transportes Lusitania, túnel de la calle 52, avenida Kevin Ángel - tramo glorieta Autónoma (Caldas Motor), avenida Kevin Ángel - accesos barrio La Carola - Los Rosales y glorieta Mabe - puente de conexión a La Rambla - glorieta Carabineros.

Respecto a la accidentalidad, se ordenan los paquetes de proyectos de mayor a menor impacto, en términos del número de sitios que se solucionarían que fueron identificados en el análisis de accidentalidad: a mayor número de sitios que cubre un paquete de proyectos, mejor valoración en esta variable. En la Tabla 36 se observan el cálculo de la priorización de cada uno de los subproyectos que conforman los diferentes paquetes de proyectos estudiados, estableciéndose los valores ponderados obtenidos por cada una de las variables analizadas, así como la calificación final que obtiene cada uno de los subproyectos de alto impacto.

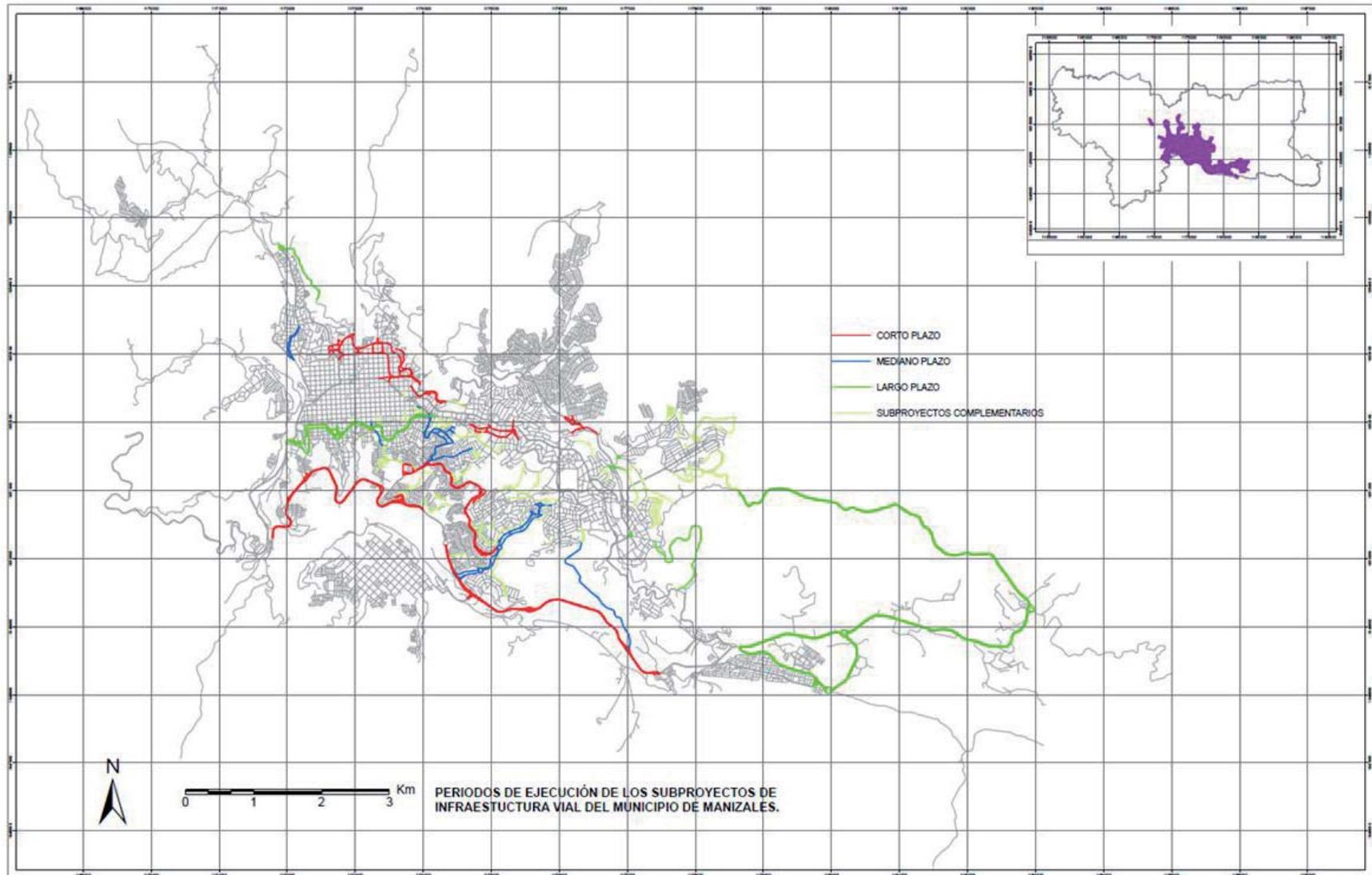
Se observa en la Tabla 37 la distribución de los subproyectos según el corto, mediano y largo plazo. Los subproyectos sombreados en rojo están propuestos para que se finalice o comience su ejecución en el corto plazo, los subproyectos sombreados con amarillo corresponden a los que deberían ser realizados en el mediano plazo y los subproyectos sombreados en verde, los que se proponen realizar en el largo plazo. En la Figura 94 se observa la geoespacialización de los proyectos de infraestructura de mayor impacto según los resultados de priorización obtenidos, para el corto, mediano y largo plazo.

Tabla 37. Períodos de ejecución de los paquetes de proyectos priorizados.

SUBPROYECTO		CALIFICACIÓN DE CADA SUBPROYECTO
Variante Sur (Panamericana) - Tramo Terminal de Transportes Lusitania	3,1	96
Par Vial Avenida Paralela (Calle 47 - Túnel de la 52)	4,2	76
Avenida Kevin Ángel - accesos Barrio La Carola - Los Rosales	4,6	75
Avenida Colón - Calle 27 Avanzada	1,1	74
Variante Sur (Panamericana) - Tramo Estación Uribe -Intersección La Fuerte	3,2	73
Avenida Kevin Ángel - Tramo Glorieta Autónoma, Caldas Motor	4,3	71
Vía Ruta 30	6,2	71
Conexión Palermo - Panamericana	6,1	69
Tramo Subestación Marmato	4,5	58
Subproyectos complementarios de las PIP 4 y 11	6,3	56
Calle 48 (Vía la Fuente- Barrio El Campín)	4,1	56
Vía Sancancio-Lusitania	7,1	51
Circuito Chipre	1,2	51
Doble calzada Tramo Ondas de Otún - Barrio Villacarmenza	4,4	50
Doble calzada puente La libertad - Maltería	7,4	49
Avenida Sesquicentenario	2,1	48
Glorieta Mabe - Puente de conexión a La Rambla - Glorieta Carabineros	5,1	46
Conexión Avenida Colón - Viallapilar	1,3	46
Doble calzada tramo SENA - Vía al Magdalena	7,6	40
Doble calzada Cerro de Oro - Maltería	7,3	39
Subproyectos complementarios de las PIP 10 y 12	4,7	38
Vía Glorieta Expoferias - Barrio Milán	7,2	37
Doble calzada puente La Libertad - Control busetas Enea	7,5	36
Subproyectos Complementarios de las PIP 5 y 6	5,2	28

Fuente: elaboración propia.

Figura 94. Subproyectos de infraestructura estudiados según el período de ejecución propuesto.



Fuente: elaboración propia.

6.1. ESTIMATIVO PRELIMINAR DE COSTOS GLOBALES DE LOS PAQUETES DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTUDIADOS

Con el *Plan de Movilidad* de la ciudad de Manizales, se pretende generar proyectos que sean para el bien común de toda la ciudad y que ayuden a la movilidad de todas las personas en todas sus formas.

De acuerdo al POT, a las PIP y a los Planes de Desarrollo, se generan ideas alrededor de las necesidades de mayor prioridad de la ciudad, las cuales van tomando forma a medida que la ciudad va creciendo y concentrando comunidades lejos del centro productivo de la misma.

Por estos motivos se han generado varias propuestas de paquetes de proyectos que pueden traer grandes beneficios a la ciudad de Manizales; no obstante, sólo se conocen a gran escala, debiéndose realizar estudios de diseño definitivo para conocer realmente el presupuesto detallado de cada proyecto. Se calcula entonces un presupuesto global lo más cercano a la realidad, indicando las magnitudes de inversión que se deberían realizar para llevar a cabo dichos proyectos. En la Figura 95 se observa la posición geográfica de cada una de las intervenciones infraestructurales estudiadas y su clasificación según el paquete de proyectos al que pertenece.

Un presupuesto es el cálculo anticipado de los ingresos y gastos de una actividad económica (personal, familiar, un negocio, una empresa, una oficina, un gobierno) durante un período de tiempo; así mismo, se puede definir como un plan de acción dirigido a cumplir una meta prevista, expresada en valores y términos financieros que debe cumplirse en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas.

Para el cálculo de los presupuestos de diferentes paquetes de proyectos, se tomó como base la información suministrada por la administración municipal de Manizales, INVAMA, Aguas de Manizales, etc., respecto a costos de anteriores obras que se realizaron en la ciudad, teniendo en cuenta proyectos de Infraestructura vial, puentes, intercambiadores, accesos peatonales y paraderos.

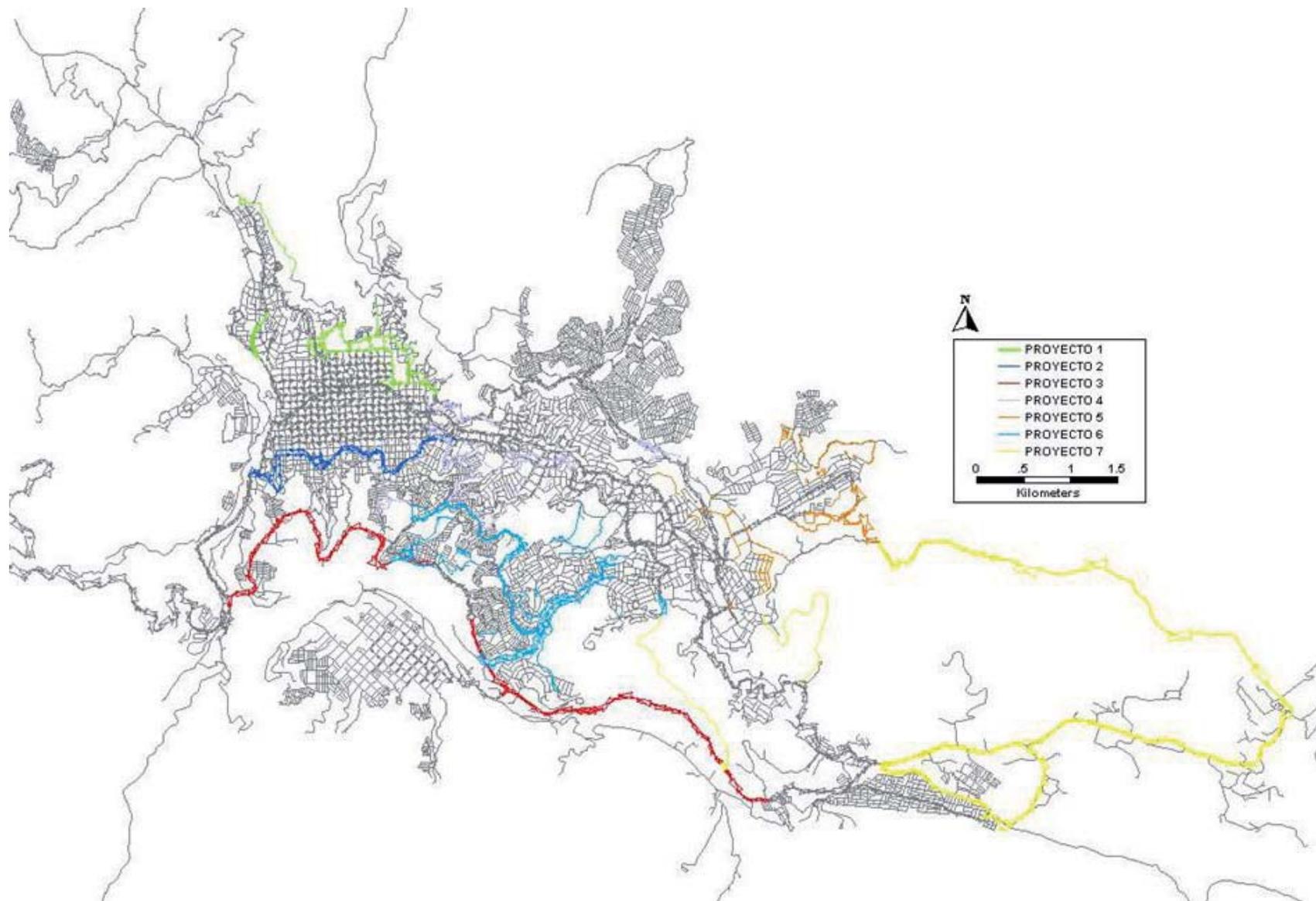
Los proyectos que se tuvieron como base fueron los siguientes:

- Construcción del cuarto carril desde el sector del Batallón, hasta la glorieta de Expoferias.
- Construcción de un intercambiador en el sector conocido como Paseo de los Estudiantes (Universidad Nacional).
- Construcción del “bulevar” de Fátima.
- Construcción de la plaza Alfonso López
- Construcción del “bulevar” de los Estudiantes entre el Coliseo Mayor y el Coliseo Menor.
- Proyectos varios de Aguas de Manizales.

Del análisis de esta información se obtuvo una lista de precios de actividades que fueran necesarias en los proyectos que se han estudiado para la ciudad. Teniendo presente que dichos precios tienen un desfase respecto al tiempo, es decir, muy posiblemente no coincidan con los precios que se manejan en la actualidad (2011), fueron actualizados conociendo la variación de índice de precios al consumidor, específicamente en el sector de la construcción; con esto se obtiene un precio más ajustado a lo que actualmente se puede manejar en el mercado. En la Tabla 38, se puede observar la variación del IPC a través del tiempo.

Luego de tener el consolidado de los precios, se procedió a determinar las cantidades de obra de todos los paquetes de proyectos, las herramientas informáticas como Autocad, TransCad y ArcGis,

Figura 95. Paquetes de proyectos de intervención a la red vial propuestos para la ciudad de Manizales.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. Variación porcentual del índice de precios al consumidor - IPC.

Mes	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	1,84	2,51	1,65	1,79	2,21	1,29	1,05	0,80	1,17	0,89	0,82	0,54	0,77	1,06	0,59	0,69
Febrero	3,52	4,01	3,11	3,28	1,70	2,30	1,89	1,26	1,11	1,20	1,02	0,66	1,17	1,51	0,84	0,83
Marzo	2,61	2,10	1,55	2,60	0,94	1,71	1,48	0,71	1,05	0,98	0,77	0,70	1,21	0,81	0,50	0,25
Abril	2,23	1,97	1,62	2,90	0,78	1,00	1,15	0,92	1,15	0,46	0,44	0,45	0,90	0,71	0,32	0,46
Mayo	1,65	1,55	1,62	1,56	0,48	0,52	0,42	0,60	0,49	0,38	0,41	0,33	0,30	0,93	0,01	0,10
Junio	1,20	1,14	1,20	1,22	0,28	-0,02	0,04	0,43	-0,05	0,60	0,40	0,30	0,12	0,86	-0,06	0,11
Julio	0,77	1,51	0,83	0,47	0,31	-0,04	0,11	0,02	-0,14	-0,03	0,05	0,41	0,17	0,48	-0,04	-0,04
Agosto	0,63	1,10	1,14	0,03	0,50	0,32	0,26	0,09	0,31	0,03	0,00	0,39	-0,13	0,19	0,04	0,11
Septiembre	0,84	1,19	1,26	0,29	0,33	0,43	0,37	0,36	0,22	0,30	0,43	0,29	0,08	-0,19	-0,11	-0,14
Octubre	0,88	1,15	0,96	0,35	0,35	0,15	0,19	0,56	0,06	-0,01	0,23	-0,14	0,01	0,35	-0,13	-0,09
Noviembre	0,79	0,80	0,81	0,17	0,48	0,33	0,12	0,78	0,35	0,28	0,11	0,24	0,47	0,28	-0,07	0,19
Diciembre	0,92	0,72	0,61	0,91	0,53	0,46	0,34	0,27	0,61	0,30	0,07	0,23	0,49	0,44	0,08	0,65
En año corrido	19,46	21,63	17,68	16,70	9,23	8,75	7,65	6,99	6,49	5,50	4,85	4,48	5,69	7,67	2,00	3,17

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2010.

facilitaron la obtención de las longitudes de todos los proyectos, un ejemplo de ello se observa en la Figura 96.

Al no disponer de planos de detalle de las obras, en los cuales se identificasen secciones, cortes, llenos, etc., se debieron asumir los siguientes datos:

- Espesores de las capas de pavimento tanto hidráulico como flexible.
- Número de pilas en los Intercambiadores.
- Profundidad de excavación de pilotes.
- Costo por km de obras de estabilidad e hidráulicas.

Habiéndose procesado la información anterior, fue posible obtener un costo global consolidado para cada uno de los paquetes de proyectos estudiados, dichos valores se observan en la Tabla 39, encontrando que la inversión total en proyectos de infraestructura vial sería un poco superior al billón de pesos (\$ 1.152.715.000.000,00).

Se debe resaltar que éste es un valor aproximado del costo al que podrían llegar las obras a precios del año 2010; no obstante es necesario comprender que los estudios de detalle y definitivos son los que pueden llegar a un dato más exacto con respecto al presupuesto global de cada paquete de proyectos, al tenerse cantidades de obra reales.

Figura 96. Muestra de longitudes de proyectos viales.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 39. Presupuesto Global Consolidado para los paquetes de proyectos estudiados.

PAQUETE DE PROYECTOS		SUBPROYECTO	LONGITUD SUBPROYECTO (m)	COSTO GLOBAL SUBPROYECTO (MILLONES COP)
№1	1	Avenida Colón - calle 27 Avanzada	6.646	113.612
	2	Circuito Chipre	1.308	6.494
	3	Conexión avenida Colón -Villa Pilar	1.361	6.757
№2	1	Avenida Sesquicentenario	6.703	114.586
№3	1	Variante sur (Panamericana) - tramo Terminal de Transportes Lusitania	10.055	99.846
	2	Variante sur (Panamericana) - tramo Estación Uribe - intersección la Fuente	9.370	93.044
№4	1	Calle 48 (vía La Fuente - barrio El Campín)	665	3.302
	2	Par vial avenida Paralela (calle 47 - túnel de la 52)	1.985	19.711
	3	Avenida Kevin Ángel - Tramo Glorieta Autónoma, Caldas Motor.	1.304	36.250
	4	Doble calzada tramo Ondas del Otún - barrio Villacarmenza	3.787	37.605
	5	Tramo subestación Marmato	503	2.497
	6	Avenida Kevin Angel - accesos barrio La Carola - Los Rosales	1.250	36.000
	7	Restos de proyectos de la PIP 10 y 12	6.155	20.373
№5	1	Glorieta Mabe - puente de conexión a La Rambla - glorieta Carabireros	543	15.638
	2	Restos de proyectos PIP 5 y6	16.502	22.222
№6	1	Conexión Palermo - Panamericana	5.002	49.670
	2	Vía Ruta 30	7.477	127.818
	3	Restos de los proyectos de las PIP 4 y 11	9.512	31.485
№7	1	Vía Sancancio - Lusitania	2.348	23.316
	2	Vía glorieta Expoferias - barrio Milán	2.379	11.812
	3	Doble calzada Cerro de Oro - Maltería	11.201	111.226
	4	Doble calzada puente La Libertad - Maltería	10.357	102.845
	5	Doble calzada puente La Libertad - control busetas Enea	3.424	58.533
	6	Doble calzada tramo SENA - vía al magdalena	2.439	8.073
COSTO TOTAL PAQUETESDE PROYECTOS				1.152.715

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Mediante la metodología abordada en esta investigación fue posible una actualización minuciosa de la red de infraestructuras del transporte de la ciudad de Manizales, lo cual demuestra las inmensas ventajas de combinar el uso de GIS con tecnologías de monitoreo satelital (GPS). Se resalta que los datos de velocidad de operación usados para el cálculo de las curvas isócronas son datos reales y no asumidos como en la gran mayoría de análisis de accesibilidad. Se encontró que las velocidades de operación son mayores para vías principales que para vías de baja categoría, es decir, hay una clara relación entre la velocidad de operación y la categoría de la vía; no obstante, se encontraron corredores viales en los cuales su funcionalidad no se relaciona con su velocidad de operación; en la práctica, la funcionalidad requiere de una categorización muy concreta, con el fin de garantizar que la vía en cuestión coincida con su verdadera función (Charlton et al., 2010), a pesar de que los conductores vayan desarrollando una representación prototipo de las categorías de la vías a medida que acumulan experiencia de manejo (Theeuwes and Godthelp, 1995).

El diagnóstico de los diferentes modos de transporte respecto a la accesibilidad urbana se considera un paso primordial para la definición de las intervenciones que deben ser realizadas en la ciudad, teniendo en cuenta que el mejoramiento de las infraestructuras de transporte se convierten en un elemento clave del desarrollo económico (Holl, 2007), permitiendo superar el desbalance espacial y social existente.

Del análisis de *Accesibilidad media global*, para el sistema (teniendo en cuenta como velocidad en los arcos, la velocidad promedio de todos los modos de transporte), se concluye que la ciudad se encuentra cubierta entre curvas isócronas de 25 a 67,5 minutos. Se obtuvo que la curva isócrona de menor valor es la de 25 minutos, cubriendo un amplio sector entre las avenidas Santander y Kevin Ángel, así como una parte del sector céntrico de la ciudad, lo anterior indica que es dicha zona la que actualmente se beneficia de la mejor accesibilidad posible en la ciudad, en donde el tiempo promedio de viaje de todos los nodos contra todos los nodos llega a ser menor a los 25 minutos. Para el modo de *Transporte Público Colectivo Urbano* (TPCU), se obtuvo que el área urbana de la ciudad de Manizales se encuentra cubierta entre curvas isócronas de 35 a 105 minutos.

A partir del análisis de cobertura de las variables área, población y número de viviendas, se obtuvo que el 50% de la población y el 50% del número de viviendas, se cubre con tiempos medios de viaje de hasta 42,5 minutos, mientras que el 50% del área urbana estaría cubierta por tiempos medios de viaje de hasta 47,5 minutos, en modo TPCU, tiempos muy superiores a los obtenidos para el cálculo del sistema general, 29,5 minutos y 32,5 minutos, respectivamente, diferencia de entre 13 y 15 minutos, valores considerados bastante altos; lo anterior, lleva a concluir que para el modo TPCU, la red vial ofrece unas deficientes condiciones de accesibilidad si se comparara con los otros modos de transporte.

El análisis de accesibilidad abordado en este libro es una aplicación detallada de una base de datos de velocidades de operación reales, que incrementa las posibilidades de aplicación de modelos urbanos implementados en países desarrollados; existiendo ejemplos de aplicación de dichos modelos en países en desarrollo (Adhvaryu, 2010), como el nuestro. Es la primera vez que se realizan este tipo de estudios en nuestra ciudad, teniendo que las herramientas GIS proporcionan una interface gráfica que permite realizar análisis de accesibilidad, siendo ésta una práctica que ha ganado popularidad últimamente (Liu and Zhu, 2004) y la cual puede ser usada también para conocer los cambios de accesibilidad dado el desarrollo de las infraestructuras para el transporte (Hou, 2011).

Se concluye que este tipo de análisis es un apoyo técnico que muestra un panorama general de las condiciones de accesibilidad de un territorio, que en cualquier momento puede apoyar la toma de decisiones respecto a modificaciones que se deseen realizar a la red vial o a los sistemas de transporte que le usan y sobre todo para establecer en qué áreas de la ciudad se deben aunar esfuerzos para ofrecer una mejor accesibilidad y aumentar la calidad de vida de los habitantes.

Desde el punto de vista social, se requiere que las personas tengan acceso a las actividades típicas de la sociedad, encontrándose que para que exista una mayor inclusión social se requiere de una mayor accesibilidad, lo cual implica proveer a la sociedad de una adecuada movilidad mediante el uso de los sistemas de transporte (Farrington & Farrington, 2005). Esta investigación permitió concluir el desbalance social existente respecto a la accesibilidad ofrecida por los diferentes modos de transporte, en donde, por ejemplo, el transporte público colectivo urbano, que es el que más número de viajes diarios urbanos reporta (75% del total), es el que piores condiciones de accesibilidad refiere. Por su parte, el modo de transporte taxi, el cual abarca un

pequeño porcentaje de los viajes diarios urbanos (5%) refiere las mejores condiciones de accesibilidad. Es claro que no todas las personas tienen la capacidad económica de acceder a una movilidad en taxi ni en auto privado, situación que lleva a concluir sobre el desbalance social existente debido a las limitadas posibilidades de movilidad que poseen las personas de bajos recursos económicos.

Respecto a la evaluación de los impactos producidos por los diferentes paquetes de proyectos de infraestructura vial, se concluye que los paquetes de proyectos N°3 (carretera Panamericana), N°5 (intervenciones en las PIP 5 y 6) y N°7 (proyectos en el sector oriente de la ciudad), son los que impactan zonas de la ciudad con bajas densidades de población, o dicho de otro modo, el conjunto de intervenciones que conforman dichos paquetes de proyectos, para un mismo porcentaje de reducción de tiempo medio de viaje, existe una mayor cobertura de la variable área que de las variables población y número de viviendas, lo cual lleva a concluir que son proyectos que impactan un gran número de sectores con densidades poblacionales bajas. Por su parte, los paquetes de proyectos N°1 (avenida Colón y conexión Chipre), N°2 (avenida Sesquicentenario), N°4 (intervenciones en PIP 10 y 12) y N°6 (intervenciones en PIP 4 y 11), se desarrollan en sectores de la ciudad donde existe una mayor densidad de población, encontrando que para un mismo porcentaje de reducción de tiempo medio de viaje, existe una menor cobertura de la variable área que de las variables población y número de viviendas.

Respecto a la evaluación de los impactos producidos por los proyectos de infraestructura tipo cable, es posible concluir que dada la inserción de dichos sistemas, respecto a las variaciones en los tiempos medios de viaje, son bastante bajos, inclusive para el análisis de todos los proyectos tipo cable en conjunto, lo cual, sumado a las grandes inversiones que dichos sistemas implican, harían reevaluar la posibilidad de su construcción. Analizando los cables propuestos por separado, se

tiene que los cables a los Yarumos y a Sancancio, no refieren ningún cambio tangible en los tiempos medios de viaje si se compara con la situación actual de TPCU, no obstante, su funcionalidad es más de carácter turístico que de solución a la movilidad. El cable aéreo a Villamaría genera más impacto que el cable a la Universidad, aunque ambos con valores de reducción del tiempo medio de viaje, bajos.

El planeamiento de la ciudad maneja escalas territoriales, que en algunos casos son imprecisas. Por un lado, está el *Plan de Ordenamiento Territorial* que maneja una escala municipal a través de propuestas generales mediante planes sectoriales: plan de movilidad, plan integral para la prestación de los servicios públicos domiciliarios, plan integral para la estructuración y el manejo del espacio público, plan integral para la consolidación del equipamiento colectivo y plan integral de vivienda. Por otro lado, está la planificación de escala intermedia que trata una planificación de detalle y las *Piezas Intermedias de Planificación* que plantean una planificación de escala zonal. Al no tener las 19 piezas intermedias de planificación aprobadas, se dificulta una visión de conjunto de la ciudad.

El modelo de ocupación territorial propuesto en el *Plan de Ordenamiento Territorial*, Documento técnico de soporte, Componente general, Numeral 1.1 Definición del modelo estructural de ocupación del suelo a largo plazo para Manizales, propone la densificación de la ciudad y la expansión continua y difusa, las cuales son formas de ocupación territorial opuestas. No obstante, sus proyectos están orientados principalmente a la generación de suelo en las áreas periféricas, lo que estimula la expansión continua y difusa de la ciudad y la desconcentración poblacional.

Para el año 2040 la ciudad tendrá 46.000 habitantes adicionales, correspondiente a una tasa media anual de 0,33% de acuerdo a la información suministrada por la Secretaría de Planeación Municipal.

Por tanto, los suelos con tratamiento de desarrollo previstos en el *Plan de Ordenamiento Territorial* y las *Piezas Intermedias de Planificación* aún no se habrán desarrollado debido al bajo crecimiento demográfico de la ciudad. Según el modelo de crecimiento urbanístico, para ese año el suelo de La Aurora aún tendrá el 84,4% de hectáreas disponibles, Aures el 81,2% y La Alhambra el 72,5% y los suelos de expansión de Morrogacho y Betania ya habrán sido desarrollados entre el período 2025 - 2040.

Los suelos previstos con tratamiento de renovación urbana de Única, Fundadores y El Campín se habrán agotado entre el período 2025 - 2040, en cambio para el año 2040 todavía habrá gran oferta de suelo para desarrollarse en la periferia tanto en el suelo urbano como en el de expansión. Este hecho indica que es mejor incrementar la densidad en las áreas céntricas a través de tratamientos de renovación o redesarrollo y no continuar incentivando la generación de suelo a través del tratamiento de desarrollo; la ciudad no requiere aumentar el área urbanizable.

El perímetro urbano actual de la ciudad comprende un área de 3.498,7 hectáreas, de las cuales faltan por desarrollar 215 hectáreas que no requieren plan parcial y 90,91 que si lo requieren. Con el desarrollo de los suelos de expansión contiguos al perímetro, el suelo urbano quedaría de 3.567,11 hectáreas. Las comunas que más tendrán suelo disponible para el desarrollo urbano al 2040 serán Ciudadela del Norte con 68,8 hectáreas y Ecoturístico Cerro de Oro con 30,6, los cuales corresponden a predios que se encuentran localizados en la periferia de la ciudad y están próximos a los suelos de Aures, Betania y La Aurora.

De acuerdo al *Plan de Ordenamiento Territorial*, Documento técnico de soporte, Componente general, Numeral 1.6.5 Plan integral de vivienda, para el año 2015 se estima una necesidad de 2.560 viviendas y para el

2025 de 2.890 viviendas adicionales en estratos 5 y 6. Sin embargo, de acuerdo al crecimiento demográfico de las comunas Palogrande y Tesorito, que son las que principalmente albergan la población de estos estratos, la proyección de viviendas es muy diferente. La comuna Palogrande tendrá 128 viviendas adicionales para el 2015 y 226 para el 2025, para un total de 354 nuevas viviendas entre el periodo 2011 – 2025 y la comuna Tesorito tendrá 12 viviendas adicionales para el 2015 y 120 para el 2025, para un total de 132 nuevas viviendas entre el periodo 2011 – 2025.

Existen otras comunas que rápidamente habrán agotado las hectáreas disponibles de suelo urbanizable de acuerdo a las densidades estimadas en el *Plan de Ordenamiento Territorial*. Para el año 2015, la comuna La Fuente ya habrá agotado sus hectáreas disponibles para urbanizar, para el año 2025 las comunas Universitaria y La Macarena y para el 2040 la comuna Palogrande. El problema no consiste en el agotamiento de las hectáreas adecuadas para urbanizar en estos periodos, sino en que no habrá disponibilidad de suelo urbanizable para los nuevos habitantes de acuerdo al crecimiento demográfico estimado para cada comuna.

De acuerdo al *Plan de Ordenamiento Territorial*, la densidad estimada es de 29 viviendas por hectárea, por tanto, una alternativa sería aumentar las densidades para los suelos con aptitud para el desarrollo urbano de la siguiente manera: para la comuna Palogrande se debería tener una densidad de 45 viv/ha, La Fuente de 187 viv/ha, Universitaria de 215 viv/ha y La Macarena de 85 viv/ha o la otra opción es aumentar las densidades generando nuevo suelo mediante tratamientos de renovación urbana o redesarrollo en las comunas que presentan este fenómeno.

Entre el periodo comprendido entre 1993 – 2008, algunos de los barrios de las comunas La Fuente, Universitaria y La Macarena

presentaron disminución del número de viviendas, mas no del número de habitantes, esto indica disminución en la calidad de vida, hacinamiento, deterioro físico y ambiental de las condiciones arquitectónicas y urbanísticas de estas comunas.

Por su parte, los resultados del análisis de accidentalidad permitieron concluir que a pesar que el modo de transporte vehículo ligero (automóvil y taxis) refiera una mayor incidencia respecto al tema de la accidentalidad que los otros modos de transporte, en el análisis general de accidentes respecto a la población y respecto al parque automotor, al hacer la disgregación por la gravedad del accidente, los resultados muestran otra realidad, ya que existe una mayor incidencia del modo transporte colectivo (bus, buseta y microbús) en los accidentes que podrían clasificarse como graves (con muertos o heridos) que para los otros modos de transporte cuando se analiza respecto al parque automotor, mientras que el modo de transporte vehículo ligero (automóvil y taxi) refieren un mayor valor de índice para los accidentes que podrían clasificarse como leves (solo daño) al analizarlos respecto a la población.

Existen cinco (5) sitios en la ciudad de Manizales que se encuentran entre los de mayor *Número de Accidentes Equivalentes* (NAE) cada año, estos son:

- Avenida Kevin Ángel glorieta de la Universidad Autónoma.
- Avenida Kevin Ángel glorieta del barrio Los Cedros.
- Avenida Kevin Ángel glorieta San Rafael.
- Carrera 18 con calle 26 (sector del centro de la ciudad).
- Carrera 23 con calle 65 (avenida Santander, sector El Cable).

Los cinco sitios que reportan una mayor tendencia al alza en el valor del NAE, es decir, los primeros cinco sitios de mayor factor multiplicador promedio, en la ciudad de Manizales, son en su orden:

- Avenida Centenario en el acceso al Hospital Santa Sofía (FMP 5,4).
- Estación Uribe (FMP 3,1).
- Carrera 26 con calle 80 (avenida Alberto Mendoza, sector entrada al condominio El Trébol, FMP 3,1).
- Entrada a Villamaría sobre la vía Panamericana (FMP 2,4).
- Carrera 19 con calle 22 (sector centro, FMP 2,4).

Relacionando los resultados del análisis de accidentalidad vial y los paquetes de proyectos estudiados, se concluye que de los 63 sitios identificados como de mayor accidentalidad en la ciudad, 19 (30% del total), deberían ser debidamente resueltos por los proyectos, mientras que los 44 sitios restantes (70% del total), no se encontrarían involucrados dentro ningún paquete de proyectos.

Los paquetes de proyectos N°3 (carretera Panamericana) y N°6 (intervenciones en PIP 4 y 11) involucrarían la solución de sitios que refieren factor multiplicador superior a 1,9. El paquete de proyectos que mayor número de sitios identificados abarcaría es el paquete N°4 (intervenciones en PIP 10 y 12), el cual debería solucionar la accidentalidad de siete sitios, seguido del Paquete de proyectos N°7 (proyectos en el sector oriente de la ciudad) que solucionaría cuatro sitios.

Se concluye que de los 19 sitios que deberían solucionarse con los paquetes de proyectos estudiados, 16 refieren un factor multiplicador del NAE igual o superior a 1,0. Lo anterior muestra que los paquetes de proyectos estudiados, ayudarían a la solución de una buena cantidad de sitios que refieren alza en su valor del NAE.

Se resalta que los primeros cuatro sitios de mayor factor multiplicador no se encuentran entre los paquetes de proyectos, por lo cual son sitios que deben ser analizados de forma detallada, con el fin de disminuir los índices de accidentalidad que actualmente se presentan.

Respecto a la priorización de los proyectos viales, se aplicó una nueva metodología, en la cual se tuvieron en cuenta las siguientes variables: accesibilidad, volúmenes vehiculares, modelo de crecimiento y accidentalidad.

Se concluye que la priorización de proyectos debe ser un trabajo mancomunado y concertado entre los diferentes actores involucrados, en este caso en particular, fue bastante importante la interacción entre la administración municipal de Manizales y los investigadores, con el fin de establecer adecuadamente los pesos de las variables.

Las variables de priorización de proyectos pueden ser complementadas con otras variables como el índice de calidad de vida, el cual para la ciudad de Manizales ha sido analizado (Velásquez, 2010; 2011), variables de tipo socioeconómico, cultural, o competitividad, lo cual podría generar un mejor espectro de decisión, no obstante, se concluye que las variables abordadas, las cuales fueron profundamente estudiadas como se observa a lo largo de este libro, permiten establecer desde un punto de vista netamente técnico cual sería el orden de prioridad de las obras de infraestructura vial, teniendo en cuenta, que las variables accesibilidad y accidentalidad, se relacionan directamente con mejoras en las condiciones y calidad de vida de los habitantes, dado que la primera, evalúa la disminución de tiempos medios de viaje dada una infraestructura y la segunda tiene en cuenta los sitios de mayor accidentalidad vial que podrían ser solucionados con los proyectos propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

Documentos de carácter oficial:

Acuerdo Municipal 732 de 2009. Por el cual se adopta la Pieza Intermedia de Planificación N°5.

Acuerdo Municipal 733 de 2009. Por el cual se adopta la Pieza Intermedia de Planificación N°6.

Acuerdo Municipal 714 de 2009. Por el cual se adopta la Pieza Intermedia de Planificación N°10.

Acuerdo Municipal 713 de 2009. Por el cual se adopta la Pieza Intermedia de Planificación N°12.

Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales. Acuerdo Municipal 508 de 2001.

Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales. Acuerdo Municipal 573 de 2003.

Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales. Acuerdo Municipal 663 de 2007.

Libros e informes técnicos

- Herce, M. & Magrinya, F (2002). La Ingeniería en la evolución de la Urbanística. Ediciones UPC. España.
- Izquierdo, R. (1994). *Transportes. Un enfoque Integral*. Madrid: Servicio de publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.
- Schürman, C., Spiekermann, K. & Wegener, M. (1997). Accessibility indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 39, IRPUD, Dortmund.
- Universidad Nacional de Colombia (2005). *Plan de Movilidad para el Municipio de Manizales. Fases 0 y 1*. Manizales, 2005.
- Universidad Nacional de Colombia (2010). “Estudios para el Desarrollo del Ordenamiento Territorial y Estudios Técnicos para el Sistema Vial de la Región Centro Sur del Departamento de Caldas”. Componente Accesibilidad y Tránsito. Manizales.

Artículos y ponencias:

- Adhvaryu, B. (2010). Enhancing urban planning using simplified models: SIMPLAN for Ahmedabad, India. *Progress in Planning* 73, 113-207.
- Biehl, D. (1991). The role of infrastructure in regional development. (Pion, Ed.) *Infrastructure and Regional Development*, 9-35.
- Burns, C.M. & Inglis, A.D. (2007). Measuring food access in Melbourne: Access to healthy and fast foods by car, bus and foot in an urban municipality in Melbourne. *Health & Place* 13, 877-885.
- Charlton, S.G., Mackie, H.W., Hass, P.H., Hay, K., Menezes, M. & Dixon, C. (2010). Using endemic road features to create self-

explaining roads and reduce vehicle speeds. *Accidents Analysis & Prevention*, 42 (6), 1989-1998.

- Escobar, D. & García F. (2010a). “Impact of the new road infrastructure in the city of Manizales (Colombia) in terms of access time in a private vehicle and public transportation”. Presentado en 12th World Conference on Transport Research 2010. Lisbon, Portugal.
- Escobar, D. & García F. (2010b). “Impact on the accessibility and costs of operation by the insertion of new transport infrastructure in the south central region of the Department of Caldas (Colombia)”. Presentado en 12th World Conference on Transport Research 2010. Lisbon, Portugal.
- Escobar, D. & Garcia F. (2010c). “Study of Territory Accessibility to define distribution of Compressed Natural Gas (CNG) in cargo vehicles”. Presentado en 12th World Conference on Transport Research 2010. Lisbon, Portugal.
- Farrington, J. & Farrington, C. (2005). Rural accessibility, social inclusion and social justice: towards conceptualisation. *Journal of Transport Geography*, 13 (1), 1-12.
- García, F. & Escobar, D. (2010) “Determination of certain operational characteristics of traffic on the tracks for purposes of modelling, using GPS” Presentado en 12th World Conference on Transport Research 2010. Lisbon, Portugal.
- Geurs, K. & Ritsema van Eck, J. (2001). *Accessibility Measures: Review and Applications. Evaluation of Accessibility Impacts of Land-use Transport Scenarios, and Related Social and Economic Impacts*. National Institute of Public Health and the Environment. Disponible en (2011): <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/408505006.pdf>

- Gutiérrez, J. (1998). Redes, espacio y tiempo. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 18, 65-86.
- Gutierrez, J., Condeco-Melhorado, A. & Martín, J. (2010). Using Accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment. *Journal of Transport Geography*, 18, 141-152.
- Holl, A. (2007). Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building programme. *Journal of Transport Geography*, 15 (4), 286-297.
- Hou, Q. & Li, S. (2011). Transport infrastructure development and changing spatial accessibility in the Greater Pearl River Delta, China, 1990-2020. *Journal of Transport Geography*, 19, 1350-11360.
- Kotavaara, O., Antikainen, H. & Rusanen, J. (2011). Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970–2007. *Journal of Transport Geography*, 19 (4), 926-935.
- Li, Q., Zhang, T., Wang, H. & Zeng, Z. (2011). Dynamic accessibility mapping using floating car data: a network-constrained density estimation approach. *Journal of Transport Geography* 19, 379-393.
- Liu, S. & Zhu, X. (2004). Accessibility analyst: an integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning. *Environment and Planning B: Planning and Design* 31, 105-124.
- López, E., Gutierrez, J. & Gómez, G., (2008). Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investment: an accessibility approach, *European Planning Studies* 16 (2), 277–301.
- MacKinnon, D., Pirie, G., & Gather, M. (2008). Transport and economic development. En: R. Knowles, J. Shaw, & I. Docherty, Editors, *Transport Geographies: Mobilities, Flows and Spaces*. Blackwell Publishers, Oxford.
- Morris, J., Dumble, P. & Wigan, M. (1978). Accessibility indicators in transport planning. *Transportation Research*, A (13), 91-109.
- Rietveld P. & Nijkamp P. (1993), Transport and regional development. En: J. Polak and A. Heertje, Editors, *European Transport Economics, European Conference of Ministers of Transport (ECMT)*. Blackwell Publishers, Oxford.
- Straatemeier, T. (2008). How to plan for regional accessibility?. *Transport Policy*. 127-137.
- Theeuwes, J. & Godthelp, H. (1995). Self-explaining roads, *Safety science*, 19, 217–225.
- Velásquez, L. (2010). Condiciones de vida objetivas y subjetivas en Manizales. *RegiónEs*, 5(1), 40 – 72.
- Velásquez, L. (2011). La Calidad de Vida en Manizales: resultados preliminares. Nuevas tendencias en la medición y análisis de la calidad de vida: Aplicaciones e implicaciones de política. CRECE – Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales. 79 – 98.
- Vickerman, R., Spiekermann, K., & Wegener, M. (1999). Accessibility and economic development in Europe. *Regional Studies* 33 (1), 1-15.
- Zhu, X. & Liu, S. (2004). Analysis of the impact of the MRT system on accesibility in Singapore using an integrated GIS tool. *Journal of Transport Geography*, 4 (12), 89-101.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a todo el grupo de profesionales que participó en el proyecto, ellos son:

Docentes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales: Luis Ricardo Vásquez Varela, Tania Giraldo Ospina, Beatriz Helena Aristizábal y Ricardo Augusto Tolosa Correa.

Profesionales de apoyo: Sara Ivonne Marín Castro, Víctor Mauricio Aristizábal Murillo, Jonathan Estik Barrios Robledo, Wilson Andrés García López, Erika Julieth Ramírez Grajales, Claudia Liliana Quintero Muñoz, Jaime Emigdio Jamanoy Chasoy y Esperanza Quintero Valdés.

Profesionales de la administración municipal de Manizales: Marleny Cardona Gallego, Claudia María Salazar Velásquez, Leonardo Leal García.

Secretarios de despacho de la administración municipal de Manizales: Felipe Antonio Olaya Arias Roberto Arias Aristizábal, Luz Adriana Trujillo Gálvez, y Diego Franco Molina.

Estudiantes auxiliares: Juan David González Agudelo, Julián Andrés Villegas y Mario Guillermo Gómez Salazar.

Este libro no hubiese sido posible sin la participación de todas las personas mencionadas a las cuales se suman todas aquellas que de una u otra forma aportaron directa o indirectamente su grano de arena para la culminación de la presente investigación.

AMGD.

ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS VIALES EN MANIZALES (COLOMBIA)

Se terminó de imprimir en marzo de 2012 en los talleres gráficos de Editorial Blanecolor S.A.S., Manizales.

200 ejemplares

En esta edición se empleó papel Bond de 90 g, se utilizaron caracteres Garamond en un formato de 21,59 x 27,94 cm.

FRANCISCO JAVIER GARCÍA OROZCO:

Ingeniero Civil y Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, donde es profesor e investigador desde 1992. En la actualidad es coordinador de la especialización en Vías y Transportes y pertenece al Grupo de Trabajo Académico en Vías, Transportes y Geotecnia.

Ha participado en múltiples proyectos de extensión desarrollados por la Universidad Nacional de Colombia sedes Manizales y Bogotá. Catedrático en diferentes universidades, y ponente en variados eventos de carácter nacional e internacional. Consultor especializado en temas del tránsito y el transporte, asesor en sistemas estratégicos de transporte y experto en temas de modelación y de simulación.

Correo electrónico:
fjgarciaor@unal.edu.co.

DIEGO ALEXANDER ESCOBAR GARCÍA:

Ingeniero Civil (1999, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales), Magister en Ingeniería Civil (2001, Universidad de los Andes) y Doctor en Gestión del Territorio e Infraestructuras del Transporte (2008, Universidad Politécnica de Cataluña). Ha sido profesor e Investigador de la Universidad Nacional de Colombia desde el año 2001; actualmente se desempeña como Director de Área Curricular del Departamento de Ingeniería Civil y Director del Grupo de Trabajo Académico en Vías, Transportes y Geotecnia.

Ha sido ponente en variados eventos de carácter nacional e internacional y se ha desempeñado como consultor y asesor en las áreas de tránsito, transporte, movilidad urbana y regional, análisis de accesibilidad territorial, análisis del impacto generado por la inserción de infraestructuras del transporte, estudios de gestión y ordenamiento territorial, modelación y simulación de redes de tránsito, diseño geométrico de vías e intersecciones y en general, consultor en temas relacionados con las infraestructuras del transporte.

Correo electrónico:
daescobarga@unal.edu.co

El presente libro hace parte de los resultados de un trabajo de extensión / investigación, realizado entre agosto de 2010 y junio de 2011 por un grupo de docentes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Éste fue encargado a la Universidad por la Secretaría de Tránsito y Transporte del Municipio de Manizales a través del Contrato Interadministrativo No. 1007300912 mediante el cual se llevó a cabo la Formulación del Plan de Movilidad del municipio de Manizales.

El libro está compuesto por siete (7) capítulos, en cada uno de los cuales se desarrollan puntos esenciales para el análisis y formulación de los proyectos contenidos en el Plan de Movilidad. En el primer capítulo se resumen los principales resultados del análisis de Accesibilidad media global obtenidos para el sistema particular (teniendo en cuenta como velocidad de operación de los arcos el promedio de las velocidades de todos los modos de transporte) y para el sistema de Transporte público colectivo urbano (TPCU).

En el segundo capítulo se realiza la evaluación del impacto producido por los futuros proyectos de infraestructura propuestos para la ciudad de Manizales. Se analizan los futuros proyectos de infraestructura vial y los futuros proyectos de cable aéreo. La evaluación del impacto trata de establecer cuánto aportan cada uno de los proyectos en la disminución de los tiempos medios de viaje de la población; la evaluación se basa entonces en el cálculo de los gradientes de Accesibilidad media global, obtenidos mediante la comparación de la situación actual y de la situación futura con la existencia de cada uno de los proyectos.

En el tercer capítulo se realiza la modelación de demanda para cada uno de los conjuntos de proyectos estudiados, definiéndose la metodología de modelación y lográndose ordenar los proyectos de mayor a menor impacto en términos de modelación y carga de la red vial. Mediante la herramienta informática se procedió a modelar la red vial, obteniendo cargas vehiculares sobre diferentes arcos que le conforman, los cuales se validaron mediante 18 puntos de control y sobre los cuales se conoce el valor medido en campo del volumen vehicular; estos sitios corresponden a los mismos utilizados en el año 2005, en la fase inicial del Plan de Movilidad (Universidad Nacional de Colombia, 2005).

En el cuarto capítulo se establece el modelo de crecimiento urbano, por medio del cual, en conjunto con la administración municipal, fue posible establecer los diferentes períodos de tiempo para los cuales se tendrían desarrolladas nuevas áreas urbanas. En este capítulo se establece la metodología llevada a cabo para la definición del modelo y las relaciones de éste con el crecimiento pronosticado de la población, siendo un insumo fundamental del análisis de priorización.

En el quinto capítulo, se muestran los principales resultados obtenidos del análisis de accidentalidad vial, definiéndose claramente cuáles son los sitios que para el año 2010 y según las estadísticas de años anteriores, han presentado unos mayores índices de accidentes, en términos de Número de Accidentes Equivalentes (NAE). Se aborda el análisis de relación entre los puntos identificados como de mayor accidentalidad en la ciudad y los diferentes paquetes de proyectos, teniendo que si un paquete de proyectos soluciona un mayor número de puntos críticos de accidentalidad, tendrá mayor valoración en el análisis de prioridad.

En el sexto capítulo se realiza el análisis de priorización y se muestra un cálculo preliminar de los costos globales de construcción de los proyectos estudiados.

En el séptimo capítulo se presentan las principales conclusiones del análisis de priorización; no obstante, es importante reconocer que las decisiones que se tomen respecto al tema, impactarán profundamente el futuro de los asentamientos y de sus pobladores por varias generaciones.

