

**ÁREA**  
ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

# Plan Maestro

---

# DE MOVILIDAD

para la Región  
Metropolitana  
del Valle de Aburrá

*Area*  
METROPOLITANA  
del Valle de Aburrá

Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá  
Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Mauricio Facio Lince Prada, Director

Martha Lucía Suárez Gómez, Subdirectora de Movilidad

Autores

Área Metropolitana del Valle de Aburrá  
Consorcio de Movilidad Regional

Equipo de trabajo

Tristán Edison Gálvez Pérez, Director del Proyecto; Fernando Jesús Bravo Fuenzalida, Especialista en Tránsito y Transporte; Andrea Viviana Peña Pizarro, Especialista en Modelos de Transporte; Ernesto Abelardo Valderrama Erices, Especialista en Gestión y Evaluación de Proyectos; Jorge Iván Videla Cruz, Especialista en Modelos de Demanda de Transporte; Sergio Huerta Gómez, Codirector de Proyecto; Marco Antonio Díaz Álvarez, Codirector Técnico; Jorge Hernando Forero Forero, Administrador del Contrato; Claudia Díaz Díaz, Apoyo Técnico; Iván Sarmiento Ordosgoitia, Apoyo Técnico-Asesor; Rodrigo Salazar Pineda, Apoyo Técnico-Asesor

Interventoría

Gloria Lucía Muñoz Uribe, profesional Universitaria  
Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Coordinación de la publicación

Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Fotografía

Miguel Angel Pérez,  
Federico Ruiz

Diseño gráfico

Litografía Dinámica

Impresión

Litografía Dinámica

Registro ISBN

978-958-8513-25-6

Primera edición

Diciembre de 2009

Impreso en Colombia-Printed in Colombia

Nota de derechos reservados

Prohibida la reproducción parcial o total de esta publicación sin autorización por escrito del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
1.1	PRESENTACIÓN	15
1.2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	16
1.3	METODOLOGÍA GENERAL	17
<b>2.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL VALLE DE ABURRÁ</b>	<b>21</b>
2.1	ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN GENERAL	21
2.2	SITUACIÓN LEGAL, NORMATIVA Y ADMINISTRATIVA	22
2.3	ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL VALLE DE ABURRÁ	38
2.4	INSERCIÓN DEL VALLE DE ABURRÁ EN EL CONTEXTO ECONÓMICO	47
2.5	ASPECTOS AMBIENTALES	52
2.6	ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE VIAJES A HOGARES 2005	54
2.7	TRANSPORTE INTERURBANO	59
2.8	TRANSPORTE URBANO	64
2.9	ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD NO MOTORIZADA	70
2.10	DIAGNÓSTICO INTEGRAL	72
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS Y POLÍTICAS</b>	<b>81</b>
3.1	ANTECEDENTES	81
3.2	ANÁLISIS Y COMPATIBILIZACIÓN DE OBJETIVOS	81
3.3	ANÁLISIS Y COMPATIBILIZACIÓN DE POLÍTICAS	82
<b>4.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS DE USOS DE SUELO</b>	<b>85</b>
4.1	METODOLOGÍA	85
4.2	PRESENTACIÓN DEL ESCENARIO BASE 2005	89
4.3	PROYECCIONES PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD	99
4.4	ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE EN EL VALLE DE ABURRÁ	102
4.5	LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS INMOBILIARIOS Y DE DESARROLLO	103
4.6	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS TENDENCIAL Y DE CONTRASTE	105
<b>5.</b>	<b>CALIBRACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE</b>	<b>111</b>
5.1	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DEL MODELO Y SUS ETAPAS	111
5.2	DEFINICIONES BÁSICAS DEL MODELO	113
5.3	CALIBRACIÓN DE MODELOS DE DEMANDA	120
5.4	CALIBRACIÓN DE MODELOS DE OFERTA O REDES	124
5.5	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE CUATRO ETAPAS EN EMME2	135

<b>6.</b>	<b>SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>137</b>
6.1	INTRODUCCIÓN	137
6.2	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	137
6.3	ALMACENAMIENTO DE LA GEOINFORMACIÓN	138
6.4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
<b>7.</b>	<b>DEFINICIÓN Y PROPUESTAS DE PROYECTOS</b>	<b>145</b>
7.1	INTRODUCCIÓN	145
7.2	ESTRATEGIAS Y PROGRAMAS	145
7.3	DEFINICIÓN DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS	146
<b>8.</b>	<b>MODELACIÓN DE PLANES DE PROYECTOS</b>	<b>185</b>
8.1	INTRODUCCIÓN METODOLÓGICA	185
8.2	VALIDACIÓN DEL MODELO DE CUATRO ETAPAS	187
8.3	DEFINICIÓN INICIAL DE PLANES DE PROYECTOS	191
8.4	MODELACIÓN DEL PLAN 5 DE PROYECTOS OPTIMIZADO	193
<b>9.</b>	<b>DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD</b>	<b>201</b>
9.1	OBJETIVOS Y CLASIFICACIÓN DE INDICADORES	201
9.2	FUENTES DE INFORMACIÓN	202
9.3	VARIABLES RELEVANTES PARA MEDIR Y SUS INDICADORES	202
<b>10.</b>	<b>ANÁLISIS AMBIENTAL</b>	<b>211</b>
10.1	IMPACTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	212
10.2	EVALUACIÓN AMBIENTAL	213
10.3	ESTRATEGIAS AMBIENTALES GENERALES	238
<b>11.</b>	<b>EVALUACIÓN MULTICRITERIO</b>	<b>241</b>
11.1	INTRODUCCIÓN	241
11.2	METODOLOGÍA GENERAL PARA UTILIZAR	241
11.3	DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EVALUAR INTEGRADAMENTE	244
11.4	DEFINICIÓN Y SIMULACIÓN DE PLANES DE PROYECTOS	246
11.5	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PLANES DE PROYECTOS URBANOS	251
11.6	EVALUACIÓN AMBIENTAL	275
11.7	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ALTERNATIVAS MULTICRITERIO	283
11.8	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	287

<b>12.</b>	<b>DISPOSICIÓN PARA PAGAR EN EL CORREDOR DEL RÍO</b>	<b>295</b>
12.1	INTRODUCCIÓN	295
12.2	CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE	295
12.3	DESCRIPCIÓN DEL CORREDOR	297
12.4	PROPUESTA DE TRAMIFICACIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO	299
12.5	DISEÑO ESTUDIO DE PREFERENCIAS DECLARADAS	306
12.6	RESULTADOS ESTUDIO DE DISPOSICIÓN PARA PAGAR	311
12.7	CONCLUSIONES ESTUDIO DE DISPOSICIÓN PARA PAGAR	324
12.8	MODELACIÓN TARIFICACIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO MEDELLÍN	326
12.9	UBICACIÓN DE LOS PEAJES, TARIFAS Y VALORES DEL TIEMPO	328
12.10	INGRESOS DE LA CONCESIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO	331
<b>13.</b>	<b>MODELO DE GESTIÓN Y MARCO NORMATIVO</b>	<b>335</b>
13.1	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO Y ESTRUCTURA CONCEPTUAL	335
13.2	MARCO DE REFERENCIA, NORMATIVO E INSTITUCIONAL	340
13.3	FORMULACIÓN GENERAL	347
13.4	ESTRATEGIA INSTITUCIONAL	351
13.5	AUTORIDAD DE TRANSPORTE	352
13.6	ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN ESPACIAL	354
13.7	INSTRUMENTOS DE GESTIÓN	356
13.8	MODELO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICO FINANCIERA	360
<b>14.</b>	<b>FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO</b>	<b>395</b>
<b>15.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>397</b>

Figura 1.	Diagrama de la metodología utilizada en el estudio (Parte A).	18
Figura 2.	Diagrama de la metodología utilizada en el estudio (Parte B).	20
Figura 3.	Campos de intervención y líneas de gestión territorial.	25
Figura 4.	Plan Estratégico de Antioquia.	50
Figura 5.	Valle de Aburrá <i>versus</i> otras conurbaciones de Latinoamérica.	68
Figura 6.	Red actual de ciclorrutas en Medellín.	71
Figura 7.	Relación entre objetivos, políticas, estrategias, planes y programas.	81
Figura 8.	Estructura para la construcción de un modelo de transporte.	85
Figura 9.	Etapas de los escenarios de usos del suelo.	86
Figura 10.	Total población municipios del Valle de Aburrá.	89
Figura 11.	Área construida uso residencial en el Valle de Aburrá.	94
Figura 12.	Total uso comercial municipios del Valle de Aburrá.	95
Figura 13.	Total uso industrial municipios del Valle de Aburrá.	95
Figura 14.	Total uso servicios municipios del Valle de Aburrá.	96
Figura 15.	Total uso salud municipios del Valle de Aburrá.	96
Figura 16.	Modelo clásico de transporte de cuatro etapas.	112
Figura 17.	Esquema construcción de la red.	127
Figura 18.	Representación de la distribución de nodos y arcos.	128
Figura 19.	Estructura del banco de datos de EMME2.	136
Figura 20.	Esquema de interrelación entre programas.	146
Figura 21.	Vialidad estructurante.	149
Figura 22.	Autopista propuesta.	152
Figura 23.	Terminales de pasajeros intermunicipales.	157
Figura 24.	Conexiones a los puertos.	159
Figura 25.	Vías segregadas para motociclistas.	169
Figura 26.	Propuesta de zonas pago de estacionamientos.	172
Figura 27.	Tarifificación vial por congestión.	174
Figura 28.	Proceso de una corrida del modelo de cuatro etapas.	187
Figura 29.	Síntesis general de los factores de evaluación.	212
Figura 30.	Participación del transporte en la contaminación del aire.	214
Figura 31.	Emisión total CO (gr) 2010.	226
Figura 32.	Emisión total MP (gr) 2010.	226
Figura 33.	Consumo promedio de combustible año 2010 (Litros).	227
Figura 34.	Emisión total CO (gr) 2015 por tipo de vehículo.	228
Figura 35.	Emisión total MP (gr) 2015 por tipo de vehículo.	228
Figura 36.	Consumo promedio de combustible año 2015 (Litros).	229

Figura 37. Emisión total CO (gr) 2020.	230
Figura 38. Emisión total MP (gr) 2020.	230
Figura 39. Consumo promedio de combustible año 2020 (Litros).	231
Figura 40. Emisiones CO (gr) – Escenarios 2010 – 2015 – 2020.	231
Figura 41. Emisiones MP (gr) – Escenarios 2010 – 2015 – 2020.	232
Figura 42. Pares orígenes y destinos de viajes.	296
Figura 43. Esquema del perfil de la concesión vial.	298
Figura 44. Tramos entre puntos relevantes del corredor del Río.	301
Figura 45. Composición de la muestra según estrato.	311
Figura 46. Pasadas al día por el corredor.	312
Figura 47. Distribución horaria viaje más importante.	313
Figura 48. Distribución número de acompañantes viaje más importante.	313
Figura 49. Curva de disposición para pagar modelo 1.	315
Figura 50. Curva de disposición para pagar modelo 5 segmento medio bajo.	316
Figura 51. Curva de disposición para pagar modelo 5 segmento alto.	317
Figura 52. Distribución según propiedad del vehículo.	317
Figura 53. Distribución según número de pasadas.	318
Figura 54. Clasificación encuestado según longitud del tramo usado.	319
Figura 55. Tiene horario de llegada.	320
Figura 56. Distribución horaria viaje más importante.	320
Figura 57. Nacionalidad del vehículo.	321
Figura 58. Curva de disposición para pagar vehículos pesados, modelo 1.	323
Figura 59. Curva de disposición para pagar vehículos pesados, modelo 2.	323
Figura 60. Tramos concesionados.	327
Figura 61. Ubicación plazas de peaje.	329

# ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1.	Programas y proyectos específicos – Plan Metrópoli 2002 – 2020.	27
Tabla 2.	Muestras alcanzadas por estrato socioeconómico.	55
Tabla 3.	Viviendas encuestadas por estrato y municipio.	55
Tabla 4.	Número de hogares encuestados por estrato y municipio.	56
Tabla 5.	Número de hogares por vivienda por estrato.	56
Tabla 6.	Total de hogares por estrato y municipio.	57
Tabla 7.	Tamaño medio del hogar por estrato.	57
Tabla 8.	Tasa de motorización por estrato.	58
Tabla 9.	Hogares según estrato y motorización.	58
Tabla 10.	Viajes diarios por modo en el Valle de Aburrá año 2005.	64
Tabla 11.	Motorización del Valle de Aburrá.	65
Tabla 12.	Características del mercado de taxis del Valle de Aburrá y Chile.	66
Tabla 13.	Características del Metro del Valle de Aburrá y de Chile.	67
Tabla 14.	Indicadores longitud y cobertura viajes a pie, bicicleta y moto.	72
Tabla 15.	Relación población total por zona SIT.	90
Tabla 16.	Cuadro síntesis información de hogares adoptada.	91
Tabla 17.	Cuadro de motorización por estrato socioeconómico.	92
Tabla 18.	Participación total del uso residencial en el Valle de Aburrá.	92
Tabla 19.	Cuadro resumen m <sup>2</sup> por uso y municipio del Valle de Aburrá.	94
Tabla 20.	Matrículas educativas por nivel por municipio del Valle de Aburrá.	98
Tabla 21.	Localización de población por año de corte, escenario tendencial.	109
Tabla 22.	Localización de hogares por año de corte, escenario tendencial.	110
Tabla 23.	Proyección del número de autos Valle de Aburrá 2010-2020.	110
Tabla 24.	Zonificación área de estudio.	113
Tabla 25.	Distribución horaria de viajes por modo.	114
Tabla 26.	Viajes por propósito de período punta mañana.	116
Tabla 27.	Viajes por propósito de período punta tarde.	116
Tabla 28.	Modos de viajes para modelar.	117
Tabla 29.	Viajes diarios totales por etapas.	118
Tabla 30.	Definición de agregación de categorías socioeconómicas.	119
Tabla 31.	Hogares por categoría de usuario agregada del modelo.	119
Tabla 32.	Tiempos medios de viaje.	120
Tabla 33.	Viajes basados en el hogar por período.	121
Tabla 34.	Viajes no basados en el hogar y de retorno al hogar.	121
Tabla 35.	Modelos según tipo de viajes para calibrar por período y propósito.	122
Tabla 36.	Niveles de ajuste del transporte privado (Autos + Taxis).	133



Tabla 37. Niveles de ajuste del transporte público.	134
Tabla 38. Parámetros resultantes del ajuste de redes de transporte público.	134
Tabla 39. Niveles de ajuste de camiones.	135
Tabla 40. Proyección cartográfica.	137
Tabla 41. Espacio de trabajo.	138
Tabla 42. Coordenadas planas para la extensión de mapas por municipio.	138
Tabla 43. Modelo físico de la base de datos.	139
Tabla 44. Propuesta de terminales de pasajeros intermunicipales.	155
Tabla 45. Propuesta de paraderos buses intermunicipales.	156
Tabla 46. Comparación de localizaciones para puerto de aguas profundas.	158
Tabla 47. Elementos política seguridad vial para uso de motocicletas.	166
Tabla 48. Zonas con estacionamientos pagados para automóviles.	170
Tabla 49. Revisión y ajuste del plan de ciclovías.	175
Tabla 50. Propuesta de ciclorrutas.	179
Tabla 51. Planes de proyectos urbanos simulados.	186
Tabla 52. Relación entre tiempos de viajes de transporte público y privado.	189
Tabla 53. Parámetros resultantes del ajuste de redes.	190
Tabla 54. Partición modal etapa validación modelo cuatro.	190
Tabla 55. Proyectos de la situación base.	193
Tabla 56. Proyectos de transporte público.	193
Tabla 57. Proyectos de Metrocable.	194
Tabla 58. Proyectos de Metro.	194
Tabla 59. Proyectos de Tren Suburbano.	194
Tabla 60. Estaciones y conectividad del proyecto de tren.	195
Tabla 61. Proyectos viales.	195
Tabla 62. Proyectos viales en el corredor del Río.	196
Tabla 63. Líneas de Metro y Metrocable situación actual al 2006.	197
Tabla 64. Proyectos modelados de transporte público situación base.	197
Tabla 65. Proyectos modelados de transporte público plan 2010.	198
Tabla 66. Proyectos modelados de transporte público plan 2015.	198
Tabla 67. Matriz de tarifas.	199
Tabla 68. Matriz de tarifas totales.	199
Tabla 69. Matriz de tarifas de intercambio o diferenciales en segundo modo.	200
Tabla 70. Indicadores de demanda de viajes de personas.	203
Tabla 71. Indicadores de flujo vehicular.	204
Tabla 72. Indicadores de pasajeros.	205

Tabla 73.	Indicadores de flujo peatonal y vehículos no motorizados.	205
Tabla 74.	Indicadores de demanda de transporte de carga.	206
Tabla 75.	Indicadores de provisión de infraestructura.	206
Tabla 76.	Indicadores de provisión de servicios de transporte público.	207
Tabla 77.	Indicadores de niveles de servicio.	207
Tabla 78.	Indicadores de seguridad vial.	208
Tabla 79.	Indicadores socioeconómicos.	209
Tabla 80.	Indicadores ambientales.	210
Tabla 81.	Producción contaminantes del sector transporte Valle de Aburrá.	215
Tabla 82.	Vehículos revisados 2005.	217
Tabla 83.	Línea base de transporte 2005 CO%.	218
Tabla 84.	Línea base de transporte 2005 CO%.	219
Tabla 85.	Línea base de transporte 2005 CO%.	220
Tabla 86.	Línea base transporte 2005 – concentración hidrocarburos (ppm).	221
Tabla 87.	Línea base transporte 2005 – concentración hidrocarburos (ppm).	222
Tabla 88.	Línea base transporte 2005 – concentración hidrocarburos (ppm).	223
Tabla 89.	Porcentaje incumplimiento emisión gases fuentes móviles.	224
Tabla 90.	Línea base ruido 2005.	224
Tabla 91.	Expresiones para cálculo de factores de emisión.	225
Tabla 92.	Factores ambientales para considerar en la evaluación.	233
Tabla 93.	Evaluación impactos ambientales proyectos del PMMVA.	236
Tabla 94.	Matriz de priorización de criterios de evaluación.	243
Tabla 95.	Matriz ponderadores para evaluación multicriterio de alternativas.	244
Tabla 96.	Alternativas para ser sometidas a evaluación multicriterio.	245
Tabla 97.	Cambios plan 7 respecto a los planes 5 y 6.	247
Tabla 98.	Definición del plan 8.	248
Tabla 99.	Factores de expansión de demanda por período modelado.	253
Tabla 100.	Precio social del combustible de modo (\$COL/LT).	255
Tabla 101.	Precio social del combustible de modo (\$COL/GL).	255
Tabla 102.	Consumo de combustible en movimiento.	256
Tabla 103.	Índice de manutención.	257
Tabla 104.	Precios sociales de los recursos.	257
Tabla 105.	Consumo total de tiempo por situación y modo 2010.	258
Tabla 106.	Consumo total de tiempo por situación y modo 2015.	258
Tabla 107.	Consumo total de tiempo por situación y modo 2020.	259
Tabla 108.	Consumo total de combustible por situación y modo 2010.	259

Tabla 109. Consumo total de combustible por situación y modo 2015.	260
Tabla 110. Consumo total de combustible por situación y modo 2020.	260
Tabla 111. Costos de operación transporte privado, buses y camiones.	261
Tabla 112. Costos de operación Metro.	262
Tabla 113. Ahorros totales de tiempo por situación y modo 2010.	263
Tabla 114. Ahorros totales de tiempo por situación y modo 2015.	263
Tabla 115. Ahorros totales de tiempo por situación y modo 2020.	264
Tabla 116. Ahorros totales de combustible por situación y modo 2010.	265
Tabla 117. Ahorros totales de combustible por situación y modo 2015.	265
Tabla 118. Ahorros totales de combustible por situación y modo 2020.	266
Tabla 119. Beneficios anuales.	267
Tabla 120. Costos de infraestructura.	268
Tabla 121. Montos unitarios de material rodante.	271
Tabla 122. Especificaciones rangos mínimo y máximo del material rodante.	271
Tabla 123. Inversiones totales infraestructura y material rodante.	272
Tabla 124. Inversiones de infraestructura.	272
Tabla 125. Inversiones de material rodante.	272
Tabla 126. Valores residuales de infraestructura.	273
Tabla 127. Valores residuales de material rodante.	273
Tabla 128. Expresiones para cálculo de factores de emisión.	275
Tabla 129. Emisiones atmosféricas por situación 2010.	277
Tabla 130. Diferencias entre base y plan emisiones atmosféricas 2010.	278
Tabla 131. Emisiones atmosféricas por situación 2015.	278
Tabla 132. Diferencias entre base y plan emisiones atmosféricas 2015.	279
Tabla 133. Emisiones atmosféricas por situación 2020.	279
Tabla 134. Diferencias entre base y plan emisiones atmosféricas 2020.	280
Tabla 135. Emisiones acústicas (DB) por situación corte temporal 2010.	280
Tabla 136. Diferencias entre base y plan emisiones acústicas (DB) 2010.	281
Tabla 137. Emisiones acústicas (DB) por situación corte temporal 2015.	281
Tabla 138. Diferencias entre base y plan emisiones acústicas (DB) 2015.	282
Tabla 139. Emisiones acústicas (DB) por situación corte temporal 2020.	282
Tabla 140. Diferencias entre base y plan emisiones acústicas (DB) 2020.	282
Tabla 141. Montos unitarios de infraestructura adoptados.	283
Tabla 142. Tipo de vía y longitud de conectividad externa.	284
Tabla 143. Superficie de terminales suburbanas estudiadas.	284
Tabla 144. Costo implementación servicio de buses entre aeropuertos.	285

Tabla 145. Cubicación alternativas evaluación multicriterio (Millones US\$).	286
Tabla 146. Cubicación de alternativas para evaluación multicriterio.	287
Tabla 147. Matriz de evaluación multicriterio de alternativas – clasificación.	290
Tabla 148. Matriz evaluación multicriterio alternativas – ponderada.	291
Tabla 149. Agrupación de alternativas para priorización final.	292
Tabla 150. Características de los tres tipos de vías.	299
Tabla 151. Descripción de tramos de la concesión vial.	300
Tabla 152. Niveles variación atributos usuarios vehículos livianos.	308
Tabla 153. Estímulos experimentales usuarios vehículos livianos.	308
Tabla 154. Niveles de variación atributos experimento de vehículos pesados.	309
Tabla 155. Estímulos experimentales operadores vehículos pesados.	310
Tabla 156. Distribución según ocupación del encuestado.	311
Tabla 157. Distribución viaje más importante en el corredor.	312
Tabla 158. Distribución quien costea el viaje según propósito del viaje.	314
Tabla 159. Disposición para pagar por el uso de la autopista.	314
Tabla 160. Distribución origen destino de los viajes vehículos pesados.	319
Tabla 161. Disposición para pagar.	321
Tabla 162. Principales resultados encuestas usuarios vehículos livianos.	324
Tabla 163. Principales resultados encuestas operadores vehículos pesados.	325
Tabla 164. Tramos concesionados.	326
Tabla 165. Tarifas (\$ Col del 2006) por plaza de peaje y modo.	328
Tabla 166. Valores subjetivos del tiempo del auto utilizados (\$ Col / min).	330
Tabla 167. Ingreso (\$ Col 2006) por plaza de peaje – punta mañana 2020.	331
Tabla 168. Ingreso (\$ Col 2006) por plaza de peaje – punta tarde 2020.	332
Tabla 169. Factores de expansión.	333
Tabla 170. Variación ingresos anuales según ingresos fuera de punta 2020.	333
Tabla 171. Tipologías de grandes proyectos urbanos.	336
Tabla 172. Contenidos de un modelo de gestión de proyectos.	337
Tabla 173. Criterios para generar capacidad organizativa de los proyectos.	338
Tabla 174. Estructura conceptual del modelo de gestión.	340
Tabla 175. Oferta de programas institucionales existentes.	341
Tabla 176. Objetivos del plan maestro de movilidad.	347
Tabla 177. Objetivos del plan maestro de movilidad.	349
Tabla 178. Instrumentos de gestión y financiación urbanística.	356
Tabla 179. Instrumentos de gestión social y cultural.	357
Tabla 180. Instrumentos gestión institucional y organizacional.	358

Tabla 181. Aporte recursos por agente en el escenario.	363
Tabla 182. Aporte recursos por agente desde 2008 hasta 2010.	364
Tabla 183. Aporte recursos por agente desde 2011 hasta 2015.	364
Tabla 184. Aporte recursos por agente desde 2016 hasta 2020.	364
Tabla 185. Aporte recursos por agente total del proyecto.	365
Tabla 186. Participación agentes financiación de los proyectos.	365
Tabla 187. Valor participación agentes financiación de los proyectos.	372
Tabla 188. Mecanismos financiación proyectos viales conectividad externa.	383
Tabla 189. Valores participación agentes en pago deuda en cada escenario	385
Tabla 190. Proyección del sistema general de participaciones por municipios.	390
Tabla 191. Mecanismos financiación – modelaje por SGP.	391
Tabla 192. Mecanismos financiación – modelaje por recursos propios.	392
Tabla 193. Mecanismos financiación – modelaje por otros mecanismos.	393



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. PRESENTACIÓN

El Valle de Aburrá no contaba con un instrumento predictivo para la planificación estratégica e integrada de los diversos modos de transporte y del espacio público asociado. Además, la Ley 105 de 1993 establece que las áreas metropolitanas deben formular planes de transporte en los territorios de su jurisdicción.

En respuesta a lo anterior, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) emprendió en noviembre de 2005 la Formulación del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá (Plan o PMMVA).

Por una parte, el Plan recoge las iniciativas públicas y privadas a nivel local, departamental y nacional, así como el conjunto de proyectos definidos en el Plan Vial Metropolitano de 1986. Por otra parte, el Plan propone nuevas e innovadoras iniciativas y desarrolla un conjunto de productos y herramientas que apoyarán la gestión del AMVA en los próximos 15 años.

El concepto de movilidad permite abordar, de manera integral y detallada, la tradicional visión sectorial del transporte, permitiendo afrontar con exactitud problemas de accesibilidad, movilidad e inmovilidad urbana de manera conjunta, de los individuos y su entorno.

La movilidad es un medio para permitir a los ciudadanos, comunidad y empresas acceder a la multiplicidad de servicios, equipamientos y oportunidades que ofrece la región. Es bien sabido que la satisfacción de estas necesidades debe favorecerse desde el sector público combinando de manera adecuada políticas de accesibilidad y de movilidad. Las primeras actúan desde el urbanismo, favoreciendo la implantación de actividades y usos del suelo en condiciones de proximidad, de manera que se disminuyan en lo posible las necesidades de desplazarse a largas distancias. Las segundas actúan desde el transporte, ofreciendo, entre otros, sistemas de transporte público adecuados para las demandas que se generan. Las políticas de movilidad urbana no pueden ignorar la importancia del automóvil, y los desafíos que plantea su uso en las ciudades.

La movilidad no motorizada asociada a peatones y bicicletas es pieza fundamental dentro del sistema de movilidad para todos, por cuanto garantiza la accesibilidad y conexión dentro de las centralidades y los tejidos residenciales, la cual debe realizarse a través de un subsistema, estructurado y articulado física y funcionalmente con el subsistema vial.

El Plan permite orientar la toma de decisiones de las instituciones relacionadas con movilidad y espacio territorial, para mejorar la situación actual a través de la estructuración de un sistema racionalizado con especial énfasis en la integración modal e institucional, que posibilita la priorización de las inversiones en la infraestructura de transportes, su espacio público y sus equipamientos colectivos, que establece y hace posible un proceso de planeamiento continuo e integral y que a su vez garantiza una mejor calidad de vida y aumenta la competitividad de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá.

El presente documento corresponde al informe final del estudio “**Formulación del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá**”, licitado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá según Concurso Público N. 024 de 2005 y adjudicado en noviembre de 2005 al Consorcio Movilidad Regional (CMR), conformado por las empresas chilenas: CIS Asociados Consultores en Transporte S.A., TRASA Ingeniería Ltda. y los profesionales colombianos: Arquitecto Marco Antonio Díaz Álvarez e Ingeniero Civil Jorge Hernán Forero Forero.

El área de estudio para la cual se formula el Plan Maestro de Movilidad está dada por la Región Metropolitana del Valle del Aburrá, comprendida por 10 municipios, que de Sur a Norte son: Caldas, La Estrella, Sabaneta, Itagüí, Envigado, Medellín, Bello, Copacabana, Girardota, Barbosa y las subregiones vecinas, Oriente Antioqueño, la parte del Valle del Río Cauca correspondiente al Occidente cercano y al Sur y el Norte del Valle.

## 1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal del presente estudio es la elaboración de un Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, que se fundamenta en una metodología prospectiva para la identificación de los requerimientos de movilidad de la región metropolitana al 2020, que responda a la visión que se tiene para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, mediante el cual se establecerán las políticas, las acciones, los programas, los proyectos y las inversiones.

El Plan deberá garantizar el flujo y la movilidad en el territorio de las personas y los bienes, a través del mejoramiento de las condiciones de accesibilidad, permeabilidad, integración y articulación territorial de los municipios del Valle de Aburrá entre sí, con las subregiones vecinas, el Departamento, la Nación y los países vecinos, estableciendo un sistema de planeamiento continuo e integral, que permita lograr una mejor calidad de vida y aumentar la competitividad de la Región Metropolitana.

Entre los objetivos específicos cabe señalar los siguientes:

- Diseñar y poner en marcha un sistema integrado de información de movilidad para el Valle de Aburrá.
- Revisar y analizar el sistema de transporte metropolitano para todos los modos (peatonal, bicicleta, vehicular (público y privado), ferroviario (pasajeros y carga), aéreo, ductos, entre otros), con especial énfasis en la infraestructura, para lograr una eficiente red multimodal ambientalmente sostenible.



- Definir las formas de articulación e integración de los diferentes componentes del sistema de movilidad (el cual integra de manera jerarquizada e interdependiente los modos de transporte de personas y de carga con los diferentes tipos de vías y espacios públicos, de la región, incluidos los estacionamientos, terminales, puerto seco, entre otros).
- Construir y calibrar modelos de transporte que permitan analizar las diferentes políticas y estrategias en cuanto a la movilidad de personas y bienes, a diferentes escenarios de corto, mediano y largo plazo.
- Definir la estrategia y los niveles de integración y coordinación (física, operacional, funcional, institucional, tarifaria) entre el transporte público colectivo tradicional, individual, Metroplús, Metro y Tren Suburbano.
- Revisar la propuesta del corredor multimodal de transporte a lo largo del Río Medellín, que contempla el sistema ferroviario de pasajeros y carga y las tres jerarquías viales del modo carretero (travesía, arteria y vía de servicio).
- Analizar el futuro del modo ferroviario del Valle de Aburrá a nivel regional, departamental y nacional.
- Revisar y actualizar el Plan Vial Metropolitano de 1986.

Realizar el análisis de la conexión multimodal de la Región Metropolitana con sus subregiones inmediatas, con el resto del departamento de Antioquia, con el país y su enlace internacional, con el fin de proponer o recomendar la red futura (a corto, mediano y largo plazo), que facilite el desarrollo económico del Valle de Aburrá, mejorando sustancialmente su competitividad.

Elaborar el plan de inversiones correspondiente y el cronograma de ejecución de los proyectos para ser ejecutados durante la vigencia del Plan Maestro de Movilidad, incluidas redes peatonales y de ciclorrutas (diferenciado a 5, 10 y 15 años).

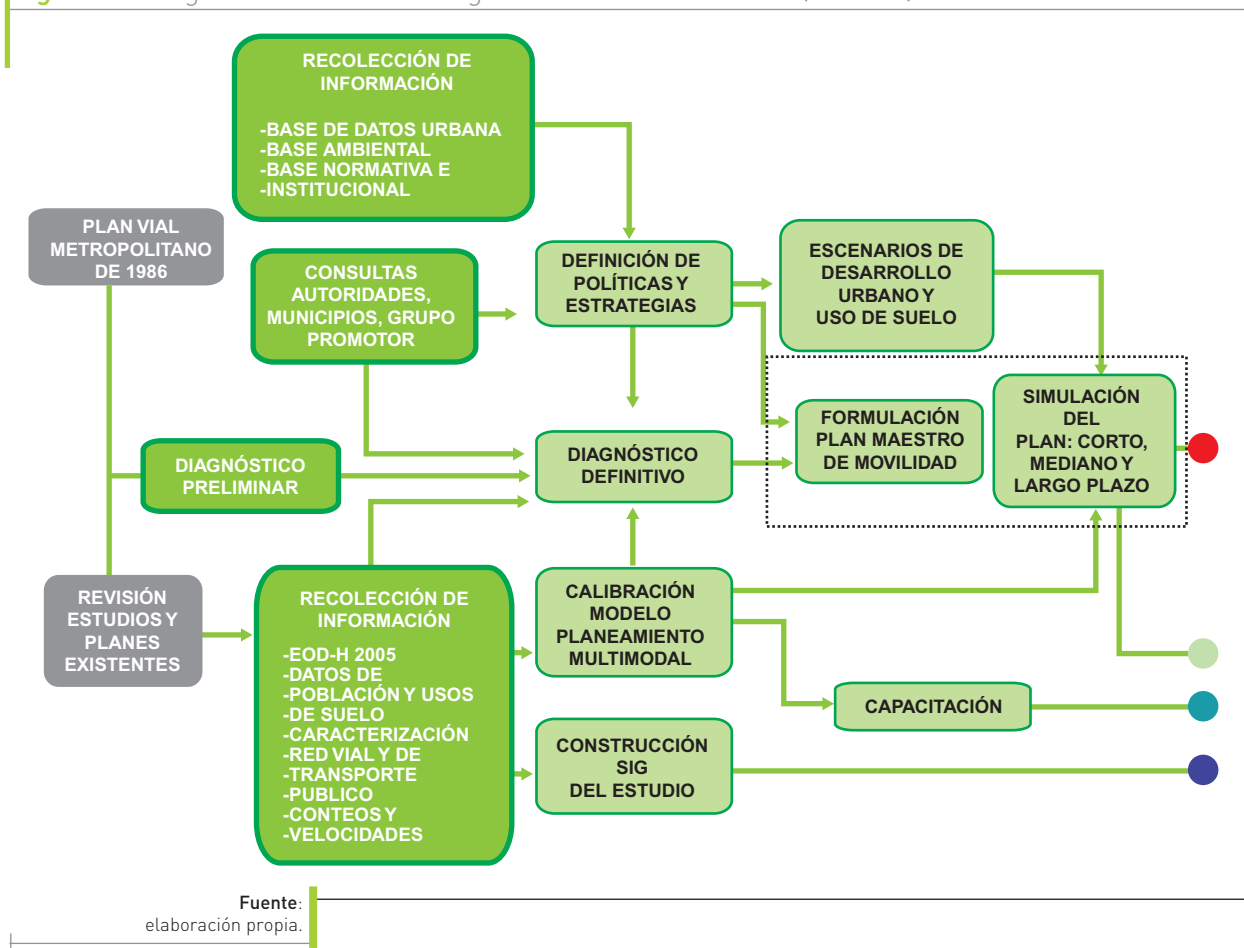
Enmarcar la sostenibilidad ambiental del Plan Maestro de Movilidad en el concepto de desarrollo sostenible, en el marco de las políticas ambientales, de hábitat y seguridad humana, de competitividad y de dotación de equipamientos previstas por los Planes de Ordenamiento Territorial y desarrollar una evaluación ambiental estratégica del Plan en toda su integridad.

### 1.3. METODOLOGÍA GENERAL

La metodología del estudio se presenta resumida en las figuras 1 y 2. Como se indica en la primera figura, el estudio comenzó con un proceso de recolección de estudios existentes, lo cual permitió realizar un diagnóstico preliminar de la movilidad del Valle de Aburrá y su conectividad exterior. Posteriormente, se realizó un proceso de recolección de información que tuvo dos líneas de acción principales. Por una parte, la recolección de información de tipo urbana-ambiental y normativa-institucional, y por otro lado, la recolección de información de todos los datos necesarios para calibrar el modelo de transporte del estudio. En esta última recolección de información, se destaca

a nivel de demanda de viajes en el área de estudio, la provista por la encuesta de viajes en hogares, contratada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y realizada el año 2005 por la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, que constituyó uno de los insumos principales de este estudio y toda la información de terreno que permitió la caracterización de la situación actual de la red vial y de transporte público en el área de estudio. Se calibró un modelo clásico de transporte de cuatro etapas (generación y atracción de viajes, distribución, partición modal y asignación de viajes a las redes), calibrando cada etapa en forma independiente, dejándose implementado como parte del estudio un modelo computacional integrado que utiliza como plataforma principal la herramienta EMME2.

Figura 1. Diagrama de la metodología utilizada en el estudio (Parte A).



Paralelo a lo anterior, se realizaron un conjunto de consultas a autoridades, municipios, entidades, gremios e instituciones, de las cuales surgieron un conjunto de políticas y estrategias que constituyeron los pilares donde se fundamentó la definición y

formulación del Plan Maestro de Movilidad. El ejercicio de prospectiva fue recogido en el estudio a través de la formulación de escenarios de desarrollo urbano y de uso de suelo, que también recibieron los insumos de las políticas y estrategias. Se definieron dos escenarios de uso de suelo para el área de estudio en el largo plazo: un escenario de tipo tendencial que mantiene los crecimientos económicos experimentados por la Región en los últimos años y otro escenario denominado de contraste u optimista que augura mejores expectativas económicas y por ende una mayor movilidad en el área de estudio.

A partir de la definición de las políticas y estrategias, el diagnóstico preliminar y la calibración del modelo de transporte fue posible formular entonces el Plan Maestro de Movilidad. Este plan fue definido a través de seis programas de acción o lineamientos estratégicos que recogieron los objetivos buscados para él. Estos programas definieron un conjunto de acciones materializadas en proyectos de corto, mediano y largo plazo, en el ámbito de la modernización del transporte público, el mejoramiento de la vialidad estructural y arterial interna del valle; la conectividad externa a través de proyectos viales, puertos, aéreos, fluviales y ductos; el mejoramiento de la gestión y seguridad de tránsito y la movilidad no motorizada; los impactos ambientales de las distintas medidas, y la factibilidad normativa-institucional de materialización de cada programa.

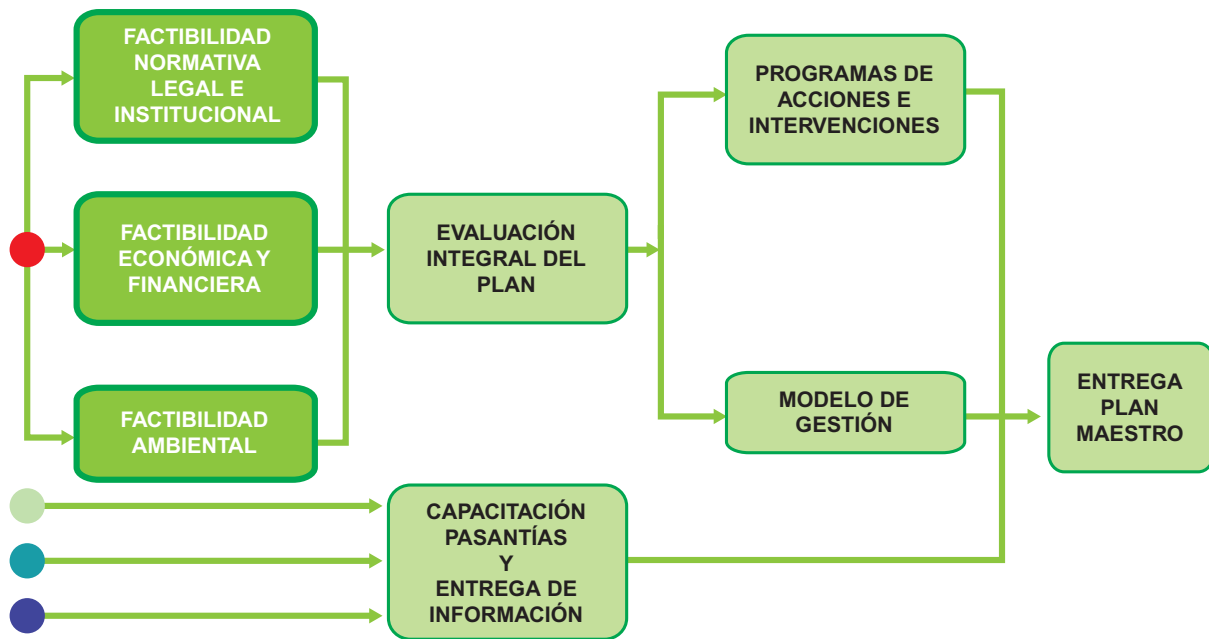
Los proyectos simulables a través del modelo de transporte calibrado fueron clasificados en planes de proyectos, que contienen distintas maneras de materializarlos en el tiempo. Se generaron tres planes: un plan de costo mayor, uno de costo menor y un plan intermedio. Estos fueron simulados con los escenarios respectivos de uso de suelo. El plan de mayor costo, con el escenario optimista para la región; el de menor costo, con el escenario tendencial, para finalmente concluir con un tercer plan de proyectos en el tiempo, resultante de los mejores beneficios entregados para las distintas combinaciones de ellos en el mediano y largo plazo.

Una vez encontrado el plan que entregó los mayores beneficios de transporte, éste fue sometido a una evaluación integral o multicriterio donde se definieron varias formas de materialización del plan con alternativas tecnológicas y financieras distintas. Esto configuró un conjunto de alternativas que fueron evaluadas integralmente considerando para ellas su factibilidad económica y financiera, su factibilidad urbana-ambiental y su factibilidad legal e institucional.

De este proceso surge finalmente la selección de la alternativa de Plan Maestro de Movilidad con los programas de acciones y el modelo de gestión definitivo que es presentado y entregado finalmente a las autoridades y a la luz pública.

Paralelo a todo el proceso anterior se desarrollaron una serie de capacitaciones y pasantías, donde se da cuenta y entrega toda la información generada en el estudio. Estas capacitaciones fueron realizadas por el equipo consultor a profesionales de distintas instituciones del Valle de Aburrá que tendrán como misión el uso de la herramienta de simulación permitiendo el proceso de planificación continua del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá que a partir de la culminación de este estudio queda generado.

Figura 2. Diagrama de la metodología utilizada en el estudio (Parte B).



Fuente:  
elaboración propia.

## 2. DIAGNÓSTICO DEL VALLE DE ABURRÁ

### 2.1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN GENERAL

En este capítulo se presenta el Diagnóstico de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, señalando déficits, conflictos, potencialidades y oportunidades del sistema de movilidad.

Para elaborar este diagnóstico se consultaron las siguientes fuentes de información:

- ▮ Diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá 2005.
- ▮ Plan Nacional de Desarrollo: “Hacia un Estado Comunitario”.
- ▮ Plan de Desarrollo Departamental: “Antioquia un hogar para la vida”.
- ▮ Plan Integral de Desarrollo Metropolitano “Proyecto Metròpoli 2002-2020”.
- ▮ Plan Estratégico para Antioquia: PLANEA.
- ▮ Plan Estratégico para Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- ▮ Plan Visión Colombia Segundo Centenario 2019. Departamento Nacional de Planeación.
- ▮ Planes de Desarrollo Municipales de los 10 municipios de la Región.
- ▮ Planes de Ordenamiento Territorial de los 10 municipios y su compatibilidad con los demás planes.
- ▮ Legislación de transportes y tránsito vigentes.
- ▮ Modelo Energía-Economía-Medio Ambiente usando la herramienta MARKAL.
- ▮ Políticas de Transporte Urbano del Banco Interamericano de Desarrollo.
- ▮ Diseño conceptual sistema integrado de transporte masivo de mediana capacidad METROPLÚS.
- ▮ Documentos CONPES 3260, 3307, 3349.
- ▮ Plan Vial Metropolitano, 1986.
- ▮ Avances del Plan de ordenamiento de la cuenca del Río Medellín.
- ▮ Directrices de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá
- ▮ Orientaciones Metropolitanas de Ordenamiento Territorial, 1998.
- ▮ Plan Estratégico Ambiental Metropolitano (PEAM).
- ▮ Lineamientos generales producidos dentro del Taller de Ordenamiento Territorial Metropolitano.
- ▮ Encuesta origen-destino de viajes a hogares 2005 (EODH- 2005) realizada por la Universidad Nacional de Medellín.

Se optó por no reproducir en este informe segmentos extensos de la documentación revisada, sino más bien hacer referencia a la misma cuando sea procedente, en forma suficientemente clara para que la fuente precisa pueda ser debidamente identificada. La información obtenida fue revisada por el consultor, en términos de su coherencia y verosimilitud.

## 2.2. SITUACIÓN LEGAL, NORMATIVA Y ADMINISTRATIVA.

### 2.2.1 Fuentes jurídicas y funciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en cuanto al ordenamiento territorial.

Las fuentes jurídicas superiores que deben orientar el Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá, para que éste se constituya en un mandato expreso para la definición de políticas de movilidad en el Valle de Aburrá, son las contenidas en la Constitución Política de 1991; de ahí que la administración sólo puede hacer exclusivamente lo que le es dado o permitido por la Constitución y la Ley; por ello es menester invocar la norma superior, así como observar los principios generales del derecho que puedan relacionarse directa o indirectamente con los temas en cuestión. Específicamente, son de principal relevancia para este tema los siguientes artículos de la Constitución Política: 1, 2, 333, 334 y 365.

En el título XI, la Constitución Política establece que la “Organización territorial” de Colombia está formada por los Departamentos, los Distritos, los Municipios y los Territorios Indígenas. Adicionalmente, la Ley podrá dar carácter de entidad territorial a las Regiones y Provincias que se constituyan en los términos de la Constitución y de la Ley.

De igual forma, y para optimizar la administración territorial en determinados casos se introdujo nuevamente en la Constitución de 1991 la posibilidad de la creación de las áreas metropolitanas como entes de carácter administrativo. El artículo 319 de la Constitución Política establece que cuando dos o más municipios tengan relaciones económicas, sociales y físicas, que den al conjunto características propias de un área metropolitana, estas podrán organizarse bajo esta figura como entes administrativos, los cuales tienen las siguientes funciones según el artículo 4 de la Ley 128 de 1994:

- Programar y coordinar el desarrollo armónico e integrado del territorio respectivo.
- Racionalizar la prestación de los servicios públicos a cargo de quienes la integran y si es el caso prestar en común algunos de ellos y ejecutar obras de interés metropolitano. Así mismo, prevé la norma Constitucional que el área metropolitana podrá convertirse en distritos de acuerdo con las condiciones que exija la Ley.

Una de estas áreas metropolitanas existentes es la del Valle de Aburrá, la cual está conformada por nueve municipios, cuyo funcionamiento se dispuso en la Ordenanza 34 de 1980 de la Asamblea Departamental de Antioquia.

Esta ordenanza fue declarada ilegal parcialmente por el Consejo de Estado, ya que se consideró que la inclusión de los Municipios de Caldas, Sabaneta y Envigado al Área se había dado de manera ilegal. Con la expedición de la Ordenanza 61 de 1983, se reintegraron al Área Metropolitana del Valle de Aburrá a los Municipios de Sabaneta y Caldas, pero no al Municipio de Envigado, situación que permanece en la actualidad.

Como desarrollo del Artículo 319 de la Constitución Nacional, se promulgó la Ley 128 de 1994: “Por esta se expide la Ley Orgánica de las áreas metropolitanas”, la cual tiene las siguientes características principales en cuanto a los aspectos de interés específico; es decir, relacionado con el tema de Ordenamiento Territorial y Movilidad.

La naturaleza jurídica de las áreas metropolitanas prevista en la Ley esclarece la posibilidad de las diferentes actuaciones administrativas y alcance de las mismas, al definir que éstas están dotadas de personalidad jurídica de derecho público, autonomía administrativa, patrimonio propio, autoridades y régimen especial (ver Artículo 2º, Ley 128 de 1994). La jurisdicción y el domicilio del Área conforme al Artículo tercero de la Ley comprende el territorio de los municipios que la conforman. En el presente caso, los municipios del Valle de Aburrá, a excepción del Municipio de Envigado, la sede del Área Metropolitana es la ciudad de Medellín como municipio núcleo.

Las relaciones entre el Área Metropolitana y los municipios que la integran están previstas en el Artículo 6 de la citada Ley 128 de 1994, el cual dispone que las Áreas Metropolitanas, sólo podrán ocuparse de la regulación de los hechos metropolitanos.

### **2.2.2 Ley Orgánica del Plan de Desarrollo**

La Ley Orgánica del Plan de Desarrollo Ley 152 de 1994, es la norma rectora acerca de los procedimientos y mecanismos para la elaboración, aprobación, ejecución, seguimiento, evaluación y control de los planes de desarrollo. Su ámbito de aplicación es la Nación, las entidades territoriales, y los organismos públicos de todo orden. De ahí la importancia de su contenido en el momento de proyectar y diseñar normas de planificación.

El Artículo 3 de la Ley dispone el régimen que deben observar las autoridades nacionales, regionales y territoriales en materia de planeación.

### **2.2.3 Aspectos relevantes del Plan Integral de Desarrollo (Acuerdo Metropolitano No. 18 de 2001 - Proyecto Metrópoli 2002-2020)**

Dada la importancia del Plan Integral de Desarrollo como fuente legal, económica y filosófica para el desarrollo de cualquier proyecto de orden metropolitano y de su obligatoriedad respecto de los municipios que hacen parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, es conveniente observar algunos aspectos del mismo.

#### **2.2.3.1 Gestión territorial**

El Plan determinó campos de intervención y líneas de gestión en el orden territorial y dentro de ellas la relacionada con “hábitat y medio ambiente”, que a su vez tiene que ver con el tema de movilidad, estructuración físico espacial del territorio, recursos naturales y medio ambiente, espacio público y servicios públicos entre otros aspectos. La figura siguiente presenta los campos de intervención y líneas de gestión territorial.

**Proyecto Metrópoli 2002-2020** Cada uno de los cinco campos estratégicos de intervención territorial indicados en dicha figura, según el Plan, deben desarrollarse a lo largo del período del mismo; en concreto, el campo estratégico del hábitat y medio ambiente, debe desarrollar una línea de gestión que tiene que ver con la movilidad durante el período comprendido hasta el año 2020.

Las líneas de gestión y sus objetivos en el campo del "Hábitat y el medio ambiente" son seis:

**Línea de gestión para la estructuración físico espacial del territorio:** lograr un ordenamiento territorial metropolitano más armónico, equilibrado, eficiente y que propicie mejor calidad de vida.

**Línea de gestión sobre movilidad metropolitana:** expandir por todo el Área Metropolitana del Valle de Aburrá el servicio de transporte público, con una calidad y cultura "Metro" que estimule el uso del transporte público sobre el transporte individual motorizado.

**Línea de gestión sobre recursos naturales y medio ambiente:** incorporar la dimensión ambiental a la planeación del desarrollo en el territorio metropolitano, partiendo del conocimiento del estado de los recursos naturales, sus potencialidades, limitaciones, la dependencia de bienes y servicios ambientales del entorno próximo, que obliga a que el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se piense como parte de una ecorregión de la cual hacen parte ecosistemas estratégicos.

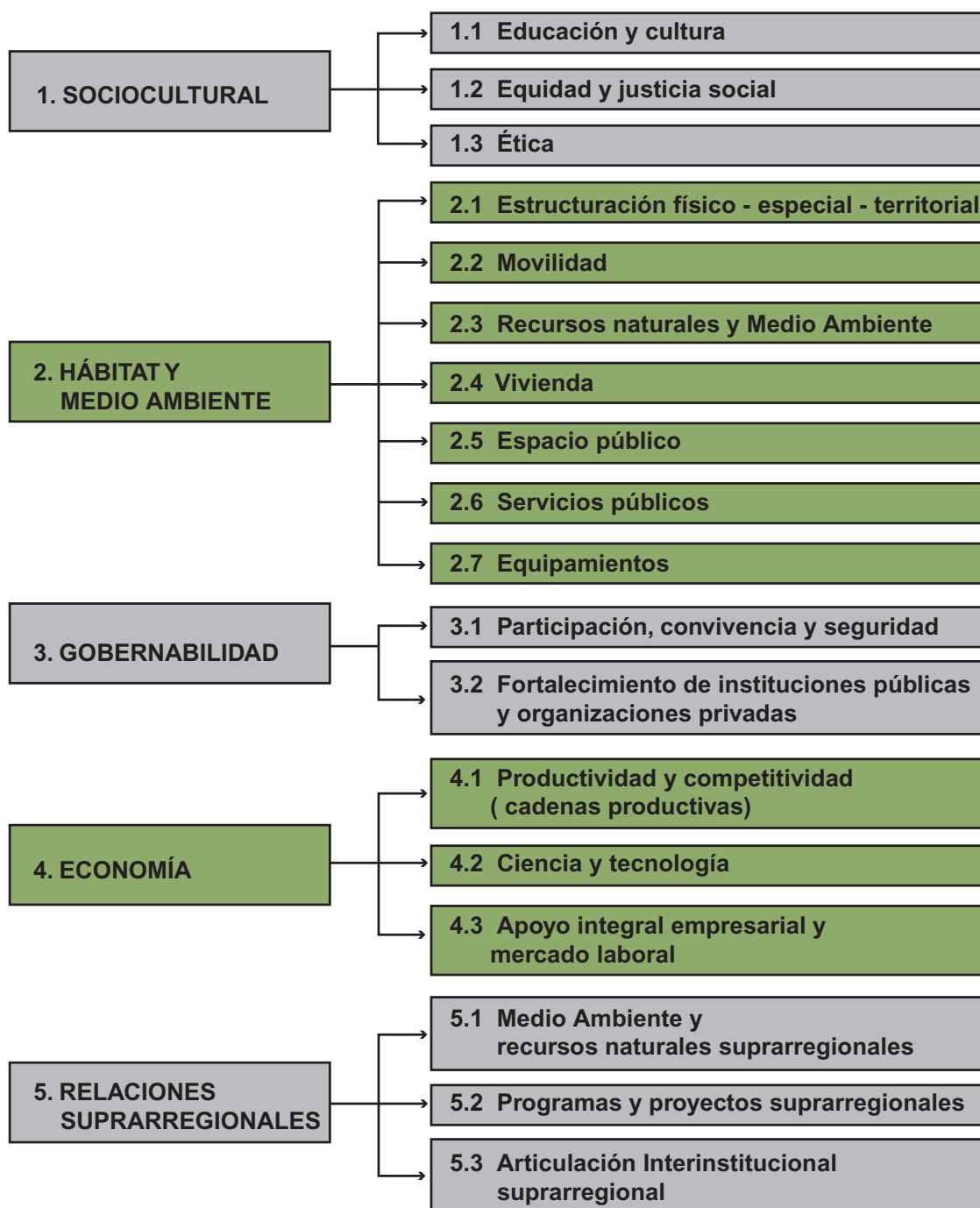
**Línea de gestión de la vivienda:** articular y concertar en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá una política coherente en materia de usos del suelo, normas de urbanismo y construcción, financiación, promoción, gestión, fuentes de recursos y demás aspectos que contribuyan a satisfacer de manera adecuada la demanda insatisfecha y la demanda prevista de vivienda en el Valle de Aburrá.

**Línea de gestión del espacio público:** estructurar y completar el sistema de espacio público metropolitano para la satisfacción de todos sus habitantes y para garantizar la movilidad, la recreación, las manifestaciones culturales y la protección ambiental.

**Línea de gestión de servicios públicos domiciliarios:** garantizar a toda la población del Valle de Aburrá, tanto urbana como rural, servicios públicos domiciliarios de excelente cobertura, calidad, oportunidad y precios adecuados.



Figura 3. Campos de intervención y líneas de gestión territorial.



Fuente:  
Metrópoli 2002-2020 (Plan Integral  
de Desarrollo Metropolitano).

Para efectos de un Plan de Movilidad, entre otros aspectos, es necesario correlacionar todas y cada una de las líneas de gestión propias de los campos de intervención “Hábitat y medio ambiente”. Si bien es cierto existe de manera formal una línea de gestión sobre movilidad, su definición en el Plan Integral de Desarrollo resulta limitada, por lo que es conveniente ampliarla con los diferentes aspectos que tienen que ver con la estructuración físico-espacial territorial, los recursos naturales y del medio ambiente, el espacio público, servicios públicos y equipamientos y los otros modos de transporte.

#### **2.2.3.2 Relaciones suprarregionales**

Así como el componente jurídico relaciona una serie de normas jerarquizadas, la estructura funcional y de servicios como puede ser un sistema de movilidad, demanda el vínculo de determinaciones metropolitanas con aquellas de carácter regional. Desde el punto de vista técnico se deben tener en cuenta las relaciones suprarregionales, y por ello es conveniente tener como fuente jurídica para desarrollar proyectos técnicos, aquellos aspectos incluidos en el proyecto Metrópoli como “área general de intervenciones estratégicas de relaciones suprarregionales”, cuyo propósito es armonizar los planes, las políticas, los programas y los proyectos metropolitanos con los respectivos planes y proyectos externos al área que tengan vínculo o relación con los primeros.

El Plan Integral de Desarrollo denominado “Proyecto Metrópoli”, contiene una serie de programas y proyectos de carácter metropolitano, que desde el punto de vista técnico del Plan Maestro de Movilidad se recomienda sean observados para efectos de los estudios correspondientes:

- ┌ La participación del Área Metropolitana en proyectos de infraestructura con retorno a inversión.
- ┌ Gestión, ejecución y control de programas y proyectos ambientales.
- ┌ Las relaciones suprarregionales.
- ┌ El Área Metropolitana en vía de una nueva división administrativa y territorial.

#### **2.2.3.3 Decisiones estratégicas**

El proyecto Metrópoli ha previsto una serie de decisiones estratégicas, contenidas en su numeral 9, definidas como el conjunto de determinaciones de carácter político y administrativo, dirigidas a propiciar los cambios institucionales, y a orientar la asignación de recursos físicos, financieros y humanos que conduzcan a generar los cambios estructurales en el campo territorial.

Dichas decisiones en cuanto a los aspectos territoriales, contemplan aquellas del campo sociocultural, intervenciones económicas y de la autoridad ambiental y del hábitat y medio ambiente. Un plan maestro de movilidad debe tener estrecha vinculación con esta última, ya que fija parámetros para tener en cuenta, así:

- ┌ Desarrollar el Sistema de Transporte Masivo de Mediana Capacidad con Calidad Metro.
- ┌ Favorecer modos alternativos de conectividad que tengan consideraciones ambientales, culturales y urbanas.
- ┌ Gestionar, impulsar y desarrollar los proyectos de carácter metropolitano, así como los proyectos estratégicos de infraestructura vial de transportes y telecomunicaciones que garanticen la integración eficiente del Valle de Aburrá a nivel Sub-regional, regional, nacional e internacional.

- Promover la constitución de las entidades de carácter público y privado necesarias para liderar, coordinar, gestionar y facilitar la puesta en marcha de los sistemas de transporte masivo de mediana capacidad, complementarios al sistema Metro.
- Participar y gestionar con el sector privado la construcción del equipamiento referente a los sistemas de transporte.

#### 2.2.3.4 Líneas de gestión: movilidad

El Proyecto Metrópoli 2002-2020 propone una línea de gestión de movilidad en primer término por centralidades y posteriormente por sistemas, el cual incluye proyectos específicos. Debido a que dichos proyectos están previstos en la norma, se relacionan en la tabla 1:

**Tabla 1.** Programas y proyectos específicos - Plan Metrópoli 2002-2020.

PROGRAMAS	PROYECTOS ESPECÍFICOS
CENTRALIDAD DEL SUR	Infraestructura para el proyecto Transporte Masivo de Mediana Capacidad (T.M.M.C.) (Metroplús o similar fase 1 estación Itagüi-Pilsen-Ditaires-Bariloche-San Antonio de Prado; 2) Bariloche - calle 77 sur Avenida las Vegas; 3) laterales Quebrada Doña María-calle 50 sur estación Itagüi.
CENTRALIDAD DEL NORTE	Continuidad de las vías regionales del sistema del Río hasta el sector de El Hatillo, con lo cual se facilitará la conversión en el largo plazo de la doble calzada Bello-Hatillo en una vía con predominio de flujos locales.
	Construcción de la doble calzada Bello-Hatillo
	Corredor T.M.M.C estación Niquía-Copacabana-Girardota, Hatillo, Barbosa.
EJES METROPOLITANOS	Estudios y diseños viales y de canalización, rectificación y/o manejo del Río Medellín desde Copacabana hasta Barbosa.
	Construcción de vías de desconcentración metropolitana-regional en ambas laderas -la occidental y la oriental- del Valle de Aburrá. Constituir las reservas de tierra (anillo circunvalar)
	Construcción y adecuación de vías de alta capacidad en el sentido Oriente-Occidente a todo lo largo del Valle de Aburrá.
	Integración de los ejes viales transversales al corredor del Río, mediante la construcción de nuevos puentes y corredores viales transversales, especialmente los siguientes: el de la calle 77 sur, que conectaría Sabaneta y La Estrella; calle 62 en Sabaneta con Avenida Pilsen; laterales de la Ayurá con la calle 85 en Itagüi; y el de las calles 92, 93, así como el Puente de Andalucía y el Puente de la quebrada La García en Bello
	Eje vial Avenida de Las Vegas-Avenida del Ferrocarril-Autopista Norte (Bello). Este eje se prolongaría por el sur hasta El Ancón. Incluye cruces a desnivel con calle 29, calle 50 sur, calle 30 sur paralelas Quebrada Zúñiga.
	Doble calzada Avenida las Vegas (incluye intercambio con calle 50 Sur).
	Eje metropolitano Itagüi-Avenida Guayabal-Moravia-Acevedo-Copacabana.
	Doble línea férrea Valle de Aburrá.
Terminación de la infraestructura vial del corredor multimodal del Río Medellín.	

PROGRAMAS	PROYECTOS ESPECÍFICOS
SISTEMA METRO	Continuación de la línea A del Metro hacia el sur, hasta el Municipio de Sabaneta (Calle 77 sur).
	Estudio, evaluación y construcción de otras líneas adicionales del Metro.(Incluye patio taller en el sur).
SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO ARTICULADOS AL SISTEMA METRO	Proyecto de Transporte Masivo de Mediana Capacidad (Metroplús), calle 30, carrera 45-46, anillo central, Ayurá, La García, incluyendo todos aquellos otros corredores que en un futuro se consideren necesarios.
	Proyecto de transporte masivo de mediana capacidad por cable (Teleférico) por la calle 107, desde la carrera 52 (Barrio Niza-Andalucía) hasta la carrera 32 (Barrio Santo Domingo Savio), con integración al Metro en la estación Acevedo.
	Proyecto Metro Tren el cual será un tren suburbano o de cercanías que funcione como extensión del Metro, usando y rehabilitando la línea férrea existente, tanto el sur, con el fin de consolidar los municipios del Valle de Aburrá en una estructura de transporte masivo de pasajeros. Como alternativa al anterior proyecto, estudiar, evaluar y poner en marcha un sistema de transporte férreo liviano de pasajeros que después de rehabilitar la red férrea existente, permita integrar los municipios del norte y del sur del Valle de Aburrá al sistema Metro.

Fuente:  
elaboración propia.

#### 2.2.3.5 Programa de movilidad y transporte

El Proyecto Metrópoli 2002–2020 dispuso un programa de movilidad y transporte, el cual tiene que ver con diferentes sistemas de la siguiente manera:

- ┌ Sistema de Transporte Masivo de Mediana Capacidad (T.M.M.C.) o Metroplús (Autobús).
- ┌ Sistema de transporte por cable, el cual se incluye en el proyecto Metrocable.
- ┌ Sistema de Transporte Férreo Liviano de Pasajeros tipo autoferro.
- ┌ Sistema de Transporte Férreo de Pasajeros, denominado Metro Tren o tren Cercanías.
- ┌ Construcción de nuevas líneas del Metro.

Cada uno de estos sistemas tiene sus propios proyectos los cuales pueden ser consultados bajo el numeral (13.3) del Acuerdo Metropolitano 018 de 2001.

#### 2.2.4 Plan Integral de Desarrollo Metropolitano: Proyecto Metrópoli 2002-2020 y normas de ordenamiento territorial de carácter municipal

La Ley 128 de 1994 ha dispuesto una prelación por mayor jerarquía de las normas metropolitanas respecto de las normas de ordenamiento territoriales de orden municipal, razón por la cual, en la parte correspondiente a "Actos Metropolitanos", se planteó cómo las normas metropolitanas de carácter territorial priman sobre aquellas que sobre el mismo tema prevén las normas administrativas municipales, en tanto hacen referencia a asuntos atribuidos a las áreas metropolitanas por la Constitución y la Ley (ver artículos 6 y 26 Ley 128 de 1.994). Así las cosas, la Ley 388 de 1997, nueva Ley de Ordenamiento territorial, fija la obligatoriedad que tienen los municipios y distritos

para adoptar sus planes de ordenamiento territorial o planes básicos de ordenamiento territorial de acuerdo con la población de cada municipio (ver artículo 9 Ley 388 de 1997). El artículo 10 de la referida Ley señala los aspectos que deben tener en cuenta los municipios para la elaboración y adopción de sus planes; básicamente se refiere:

**Primero:** a la relación con la conservación y protección del medio ambiente, recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.

**Segundo:** a las políticas, directrices y regulaciones sobre conservación, preservación, y uso de las áreas e inmuebles consideradas de patrimonio cultural de la Nación y los departamentos incluyendo el histórico, artístico y arquitectónico, de conformidad con la legislación correspondiente.

**Tercero:** al señalamiento y localización de las infraestructuras básicas relativas a la red vial nacional y regional, puertos y aeropuertos, sistemas de abastecimiento de agua, saneamiento y suministro de energía, así como las directrices de ordenamiento para sus áreas de influencia.

**Cuarto:** un componente que tiene que ver directamente con las áreas metropolitanas y los hechos metropolitanos, que para los efectos de claridad y obligatoriedad se deben tener en cuenta.

### 2.2.5 Transporte automotor

Uno de los aspectos de mayor importancia dentro del ordenamiento territorial lo constituye el tema del transporte automotor terrestre, bien sea público o privado, tanto de personas como de carga. La Junta Metropolitana mediante acuerdo Metropolitano 019 de 2002 declaró como hecho metropolitano, el transporte automotor terrestre bajo sus distintas modalidades, para efecto de determinar el ámbito de intervención y de inversión del Área en dicha actividad. Ello implica su obligatoriedad al amparo de la Ley 128 de 1994 y del artículo 10 de la Ley 388 de 1997, respecto de los municipios del Área por ser el acuerdo metropolitano de mayor jerarquía en cuanto a este aspecto en referencia a las normas locales.

Adicionalmente, mediante resoluciones No. 5256 de 2003 y 2179 de 2006 el Ministerio de Transporte aprobó como autoridad de transporte para la administración de los corredores del Sistema Integrado de Transporte Público Masivo de Mediana Capacidad "Metroplús", y al Metro en el Valle de Aburrá, al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

La coexistencia de diferentes sistemas de transporte de pasajeros fundamentalmente el Sistema Metro, la entrada en operación de Metroplús y el servicio de transporte público colectivo prestado por un diverso número de empresas de cada municipio integrante del Valle de Aburrá, crean una situación compleja, la cual fue tratada y cuyo diagnóstico hace parte de los antecedentes del documento CONPES 3307, de septiembre de 2004.

De igual forma, han de tenerse en cuenta las definiciones del gobierno nacional sobre "Política para mejorar el servicio público urbano de pasajeros, contenido en documento CONPES 3167, de mayo de 2002", por el cual se somete a consideración del Consejo Nacional de Política económica y social (CONPES) la política del gobierno nacional orientada a mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros.

Tomando como base los documentos tanto de política general de mejoramiento del transporte, el análisis y contenido del CONPES sobre sistema integrado de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros del Valle de Aburrá, existen herramientas jurídicas que de su utilización, además de la concertación entre las diferentes autoridades administrativas, depende la creación de un sistema único capaz de atender el carácter de servicio público esencial y las aspiraciones de los usuarios dentro de las características modernas, las cuales, inclusive como se indicó con anterioridad, están determinadas por normas jurídicas que se indican a continuación.

#### **2.2.5.1 Normas que regulan el transporte público**

La fuente jurídica que ha orientado las normas legales que regulan tanto el transporte público urbano y la movilidad en general, la constituye una serie de preceptos constitucionales que cobran relevancia dentro de la dinámica social, en la medida de garantizar al Estado herramientas suficientes para que éste logre la prestación adecuada del servicio público esencial del transporte y garantice la movilidad de los ciudadanos, así como garantizar a los asociados su participación en el mejoramiento de la calidad de vida, la distribución equitativa de oportunidades y los beneficios del desarrollo y preservación de un ambiente sano.

El transporte público es un servicio público esencial, y como tal es inherente a la finalidad social del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional, así lo prescribe el artículo 365 de la Constitución política; adicionalmente, como los demás servicios públicos, el servicio público de transporte está sometido al régimen jurídico que le fije la Ley, la misma norma establece en cabeza del Estado la regulación, el control y la vigilancia de los servicios públicos.

Dentro de este marco, la Ley y las normas reglamentarias han diseñado un sistema que contiene fundamentalmente las disposiciones básicas sobre el transporte, se han asignado competencias y recursos entre la nación y las entidades territoriales, se han fijado las competencias para la reglamentación y planeación del sector del transporte, se ha dictado un Estatuto General del Transporte; se cuenta con el Código Nacional de Tránsito Terrestre, se ha diseñado un sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros así como mecanismos para su financiamiento que son necesarios precisar como punto de partida para las diversas actividades, proyectos, programas y ámbitos de competencia, tanto de las entidades territoriales como de las áreas metropolitanas.

#### **2.2.5.2 Ley 105 de 1993**

“Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la nación y las entidades territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones”

Esta Ley fue modificada por las Leyes 276 de 1996; 443 de 1998 y 787 de 2002, a su vez, en virtud de las funciones reglamentarias se han expedido los decretos 1112 de 1994, 1916 de 1994, 0105 de 1995. Esta norma determina la integración del sector del transporte con: el Ministerio de Transporte, sus organismos adscritos y vinculados y la Dirección General Marítima del Ministerio de Defensa Nacional. Inciso primero, artículo 1, Ley 105 de 1993. El inciso segundo de la misma norma conforma el Sistema Nacional de Transporte para efectos del desarrollo de políticas de transporte, junto a los dos organismos indicados anteriormente con los organismos de tránsito y transporte,

---

tanto terrestre, aéreo y marítimo e infraestructura de transporte de las entidades territoriales, vale decir de los departamentos, los distritos y los municipios, y las demás dependencias de los sectores central o autónomos de cualquier orden que tengan funciones relacionadas con la actividad del transporte.

El carácter de servicio público del transporte implica el ejercicio de control y vigilancia por parte del Estado, con el propósito de una adecuada prestación en condiciones de calidad, oportunidad y seguridad, y que cuando dicho servicio sea prestado por entidad pública, estará sometido a las mismas condiciones y regulaciones de los particulares. Como principio del transporte público se encuentra la definición de rutas para el servicio público y en el literal 2 del numeral 5 del artículo transcrito (Ley 105 de 1993), puntualiza que los contratos o concesiones a particulares para desarrollar el transporte público no genera derechos especiales diferentes a los estipulados en los contratos o permisos. La suprema dirección y tutela administrativa del gobierno nacional sobre el transporte la realiza a través del Ministerio de Transporte, las autoridades que conforman el sector y el sistema de transporte; estas serán las encargadas de la organización, la vigilancia y el control de la actividad transportadora dentro de su jurisdicción además que ejercerán sus funciones con base en los criterios de colaboración y armonía propios de su pertenencia al orden estatal, artículo 8, Ley 336 de 1996.

La prestación del servicio público de transporte está sujeta a la habilitación y a la expedición de un permiso o la celebración de un contrato de concesión u operación según se trate de rutas, horarios o frecuencias de despacho o áreas de operación, servicios especiales de transporte, etc. Artículo 16 Ley 336 de 1996; artículo 3 Ley 105 de 1993.

#### **2.2.5.3 Planeación del transporte**

Las áreas metropolitanas de manera específica conforme al parágrafo único del artículo 44 citado deberán en coordinación con las autoridades de los municipios integrantes y con los de nivel departamental y regional definir planes de transporte que comprendan la totalidad de los territorios bajo su jurisdicción.

#### **2.2.5.4 Infraestructura del transporte**

La Ley 105 de 1993 define lo relacionado con la infraestructura del transporte y determina cuál de ellas está a cargo de la nación, los departamentos y a cargo de los distritos y los municipios (artículo 12 al 17, Ley 105 de 1993). La administración, así como la construcción, rehabilitación y ampliación de obras de infraestructura (artículo 18) a nivel nacional o territorial, podrán estar a cargo de entidades autónomas con personería jurídica, patrimonio propio con participación de sectores público y privado.

El artículo 30 de la Ley 105 prevé que para la construcción, rehabilitación y conservación de proyectos de infraestructura vial tanto la nación como los entes territoriales dentro de sus respectivos perímetros podrán entregar concesiones a particulares, de igual forma, para la recuperación de las inversiones en dichas actividades las entidades territoriales como la nación podrán establecer peajes y/o valorización, para lo cual se deben tener en cuenta las normas que regulan la materia, adicionalmente este artículo prevé otros aspectos como la inversión de los municipios, los departamentos, los distritos y la nación

para otorgar partidas presupuestales para aquellos proyectos de infraestructura en que los concesionarios no puedan recuperar su inversión. Los artículos siguientes se refieren a las condiciones y particularidades de aplicación de la Ley 80 de 1993, las formas de garantía de los ingresos del concesionario, las posibilidades para adquisición de predios destinados a la infraestructura del transporte incluida la expropiación administrativa (artículos 31 a 36 de la Ley 105).

#### **2.2.5.5 Ley 336 de 1996. Estatuto General del Transporte**

De conformidad con la Ley 105 de 1993 se expidió el Estatuto General de Transporte mediante la Ley 336 de 1996, con el objeto de unificar los principios y los criterios que servirán de fundamento para la regulación y reglamentación del transporte público aéreo, marítimo, fluvial, férreo, masivo y terrestre y su operación en el territorio nacional. Dentro de dichos objetivos se previó la seguridad de los usuarios como la prioridad esencial en la actividad del sector y del sistema de transporte, razón por la cual y en concordancia con los artículos 333 y 334 de la Constitución Política, antes indicados y transcritos bajo el título de "Fuentes Jurídicas y Funciones del Área Metropolitana en cuanto al Ordenamiento Territorial" numeral 2.2.1, dispuso que las autoridades competentes exigirán y verificarán las condiciones de seguridad, comodidad y accesibilidad en la prestación del servicio de transporte dándole prioridad a la utilización del transporte masivo.

Los temas de creación y funcionamiento de las empresas de transporte público se desarrollan a lo largo de los artículos 9 al 15.

La forma y condiciones de la prestación de servicio público de transporte, el Estatuto General de Transporte lo determina en sus artículos 16 al 21, de conformidad con el numeral 7 del artículo 3 de la Ley 105 de 1993.

#### **2.2.5.6 Terminales de transporte**

El artículo 62, como una noción básica de planeación, dispone que para la construcción y operación de nuevas terminales de transporte terrestre de pasajeros y/o carga, se tendrán en cuenta los planes y programas diseñados por las Oficinas de Planeación Distrital, así como el cumplimiento de los índices mínimos de movilización acordes con la oferta y la demanda, estas terminales serán de uso obligatorio para las empresas transportadoras.

No podría ser de otra forma, y en razón de la posibilidad de determinar respecto de los usos del suelo por parte de los municipios conforme a la Ley 388 de 1997, se debe entender que la ubicación de dichos terminales debe estar previsto en los planes de ordenamiento territorial de cada uno de los municipios que integran el área metropolitana.

El Estatuto General de Transporte prevé en el Capítulo II del Título II "DISPOSICIONES ESPECIALES", los aspectos relacionados con el transporte aéreo; Capítulo III. Transporte marítimo; Capítulo IV. Transporte fluvial; Capítulo V. Transporte férreo; Capítulo VI. Transporte masivo. Sobre este último en particular, el Artículo 85 dispone los términos de cofinanciación de la Nación en proyectos de transporte masivo y el Artículo 86 señala "el Ministerio citado constituirá la autoridad de transporte para la administración del



sistema de transporte masivo de acuerdo con los criterios de coordinación institucional y la articulación de los diferentes modos de transporte”, que en el caso del Valle de Aburrá existen expresas disposiciones por parte del Ministerio de Transporte.

Sobre este aspecto del transporte masivo existen normas específicas que son objeto de análisis a continuación:

**Ley 86 de 1989 “Por la cual se dictan normas sobre sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros y se proveen recursos para su financiamiento”.**

Esta norma contiene los principios generales sobre la política del sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros y sobre la cual dispone que “deberá orientarse a asegurar la prestación de un servicio eficiente que permita el crecimiento ordenado de las ciudades y el uso racional del suelo urbano, con base en los siguientes principios: 1. desestimular la utilización superflua del automóvil particular, 2. mejorar la eficiencia en el uso de la infraestructura vial actual mediante la regulación del tránsito, y 3. promover la masificación del transporte público a través del empleo de equipos eficientes en el consumo de combustibles y el espacio público”. El Artículo 2 define el sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros como “el conjunto de predios, equipos, señales, paraderos, estaciones e infraestructura vial utilizados para satisfacer la demanda de transporte en un área urbana por medio de transporte sobre rieles u otro modo de transporte.

**2.2.5.7 Ley 310 de 1996**

“Por medio de la cual se modifica la Ley 86 de 1989”.

El artículo 1 determina y define el área de influencia de un sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros que para el efecto son: las áreas urbanas, suburbanas, y por los municipios a los cuales el sistema sirve de interconexión directa o indirecta. En este sentido, el área de influencia del servicio público masivo no sólo comprende los municipios pertenecientes al área metropolitana sino aquellos que interconecta en forma directa o indirecta el servicio. El artículo 2 fija los requisitos para que la nación y sus entidades descentralizadas por servicios cofinancien o participen con aportes de capital al sistema de servicio público urbano de transporte masivo.

**2.2.5.8 Ley 361 de 1997: Normas especiales para personas con limitaciones**

Dentro de los proyectos que se inician respecto de las calles y avenidas donde hayan semáforos, las autoridades correspondientes deberán disponer de lo necesario para la instalación de señales sonoras que permitan la circulación segura de las personas con limitación visual, así como la autoridad de transporte deberá velar porque las empresas de carácter público, privado o mixto cuyo objeto sea el transporte aéreo, terrestre, marítimo, ferroviario o fluvial deberán facilitar sin costo adicional alguno para las personas con limitación, el transporte de los equipos de ayuda y/o mecánica, sillas de ruedas u otros implementos directamente relacionados con la limitación, así como los perros guías que acompañan las personas con limitación visual. Así mismo se deberán reservar las sillas de la primera fila para las personas con limitación, en el evento de que en respectivo viaje se encuentre como pasajero alguna persona limitada. Sobre estos temas, se refieren los artículos 59 a 65 de la Ley 361 de 1997.

### 2.2.5.9 Ley 1083 de Julio 31 de 2006

“Por medio del cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones”.

La Ley 1083 de 2006 contiene dos capítulos, el primero sobre “Movilidad sostenible en distritos y municipios con Planes de Ordenamiento Territorial” y el segundo sobre “Algunas disposiciones sobre gestión ambiental”, el artículo 1 de la norma señala la relación de los modos alternativos de transporte dentro de la movilización. El artículo 2 prevé un plazo de dos años contados a partir del 31 de julio de 2006 para que los alcaldes de los municipios y distritos antes indicados, adopten por decreto los planes de movilidad en concordancia con el nivel de prevalencia de las normas del respectivo Plan de Ordenamiento Territorial.

El mismo artículo 2 determina los componentes de dichos planes de movilidad así: “Los Alcaldes de los municipios y distritos de que trata el artículo anterior tendrán un plazo de dos (2) años contados a partir de la promulgación de la presente Ley, para adoptar mediante Decreto los Planes de Movilidad en concordancia con el nivel de prevalencia de las normas del respectivo Plan de Ordenamiento Territorial. Los Planes de Movilidad deberán:

- a) Identificar los componentes relacionados con la movilidad, incluidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, tales como los sistemas de transporte público, la estructura vial, red de Ciclorrutas, la circulación peatonal y otros modos alternativos de transporte.
- b) Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana propuesta en el Plan de Ordenamiento Territorial. En especial, se debe diseñar una red peatonal y de Ciclorrutas que complemente el sistema de transporte, y articule las zonas de producción, los equipamientos urbanos, las zonas de recreación y las zonas residenciales de la ciudad, propuestas en el Plan de Ordenamiento Territorial. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial elaborará los estándares nacionales para el desarrollo de vivienda, equipamientos y espacios públicos necesarios para dicha articulación. La articulación de la red peatonal con los distintos modos de transporte deberá diseñarse de acuerdo con las normas vigentes de accesibilidad.
- c) Reorganizar las rutas de transporte público y tráfico sobre ejes viales que permitan incrementar la movilidad y bajar los niveles de contaminación.
- d) Crear zonas sin tráfico vehicular, las cuales serán áreas del territorio distrital o municipal, a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta, o en otros medios no contaminantes. Para dar cumplimiento a lo anterior, podrán habilitar vías ya existentes para el tránsito en los referidos modos alternativos de transporte, siempre y cuando se haga respetando las condiciones de seguridad en el tránsito de peatones y ciclistas.
- e) Crear zonas de emisiones bajas, a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta o en otro medio no contaminante, así como en vehículos de transporte público de pasajeros siempre y cuando este se ajuste a todas las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes, y funcione con combustibles limpio.

f) Incorporar un Plan Maestro de Parqueaderos, el cual deberá constituirse en una herramienta adicional para fomentar los desplazamientos en modos alternativos de transporte.

**Parágrafo.** Será potestativo de las autoridades locales determinar la obligatoriedad del uso de casco de seguridad en Ciclorrutas y ciclovías. Para los menores de edad será obligatorio su uso. En todo caso, serán de obligatorio uso para la generalidad de la población los dispositivos reflectivos a que hace referencia el inciso 2 del artículo 95 de la Ley 769 de 2002, en horas nocturnas”.

Por su parte, el artículo 5 fija el 1 de enero del año 2010 para que toda habilitación que se otorgue a las empresas para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros con radio de acción metropolitana, distrital o municipal, se hará bajo el entendido que la totalidad de vehículos vinculados a la misma funcionará con combustibles limpios, so pena de la revocatoria de la habilitación. Los artículos subsiguientes se refieren a las definiciones, tiempos para ello y condiciones de utilización de combustibles limpios. El Capítulo II entre otros aspectos se refiere a la restricción de circulación de transporte público o privado que no funcionen con combustibles limpios en áreas en que se declare el nivel de prevención, alerta o emergencia ambiental.

## **2.2.6 Algunas normas reglamentarias trascendentales en materia de transporte**

El Presidente de la República en ejercicio del numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política reglamentó mediante Decretos 170,171,172,173, 174 y 175 de 2001, aspectos del servicio público de transporte en relación con las Leyes 105 de 1993 y 336 de 1996, así como el Código de Comercio.

### **2.2.6.1 Decreto 170 de 2001**

“Por el cual se reglamenta el servicio de transporte público automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros”.

Esta norma reglamenta la habilitación de las empresas de transporte público colectivo terrestre automotor de pasajeros del radio de acción metropolitano, distrital y/o municipal, clasifica el transporte según los niveles del servicio en básico, lujo, distrital y municipal y el metropolitano, cuando se preste entre municipios de un área metropolitana constituida por la Ley.

En cuanto al transporte colectivo asigna competencias de acuerdo con la jurisdicción, bien sea nacional, distrital, municipal o metropolitana de la siguiente forma: en la jurisdicción nacional, el Ministerio de Transporte; en la jurisdicción distrital y municipal, los alcaldes municipales o distritales o en los que estos deleguen tal atribución; en la jurisdicción del área metropolitana constituida de conformidad con la Ley, la autoridad metropolitana de transporte o los alcaldes respectivos en forma conjunta coordinada y concertada, esta jurisdicción habilita a dichas autoridades para autorizar servicios dentro de su territorio. En general se trata de una norma que ha previsto las diferentes fases y condiciones de la prestación de un servicio como el de transporte colectivo.

#### **2.2.6.2 Decreto 171 de 2001**

“Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera”.

Este decreto siguiendo los lineamientos de la Ley 105 de 1993 y 336 de 1996, reglamenta los aspectos relacionados con el transporte público automotor de pasajeros por carretera.

#### **2.2.6.3 Decreto 172 de 2001**

“Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor individual de pasajeros en vehículos taxi”.

Este decreto reglamentario de las Leyes 105 de 1993 y 336 de 1996 tiene por objeto la reglamentación de la habilitación de las empresas de transporte público terrestre automotor individual de pasajeros en vehículos taxi, en cuanto a los temas de las características y principios, así como el ámbito de aplicación, la definición de la actividad transportadora en sus diferentes modalidades son las mismas contenidas en la Ley 336 de 1996 así como en el Decreto 170 de 2001.

#### **2.2.6.4 Decreto 173 de 2001**

“Por el cual se reglamenta el servicio de transporte público automotor de carga”.

Este decreto, que reglamenta en cuanto al tema de carga la Ley 105 de 1993 y 336 de 1996 y el Código de Comercio, dispone que la autoridad competente para todos los efectos a que haya lugar de este servicio será regulado por el Ministerio de Transporte, ello incluye el control y vigilancia del mismo.

#### **2.2.6.5 Decreto 174 de 2001**

“Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor especial”.

Norma reglamentaria de la Ley 105 de 1993 y 336 de 1996 y Código de Comercio en cuanto a transporte automotor especial, el artículo 6 define dicho servicio, determinando que se trata del transporte de grupos específicos de personas, ya sean estudiantes, asalariados, turistas (prestadores de servicios turísticos) o particulares, que requieren de un servicio expreso. El artículo 8 dispone la autoridad competente para esta clase de transporte en cabeza del Ministerio de Transporte, incluidos los aspectos de control y vigilancia.

#### **2.2.6.6 Decreto 175 de 2001**

“Por el cual se reglamenta el servicio público del transporte terrestre automotor mixto”.

Esta norma reglamentaria señala las condiciones de habilitación de las empresas de transporte público terrestre automotor mixto y la prestación por parte de éstas de un servicio eficiente, seguro, oportuno y económico bajo los criterios básicos de cumplimiento de los principios rectores del transporte, como son la libre competencia y la iniciativa privada. Entre otros aspectos, el Decreto dispone de una definición respecto de “servicio público de transporte terrestre automotor mixto” (artículo 6). Clasifica esta actividad según su radio de acción y los determina como: a) metropolitano, distrital o municipal y b) nacional o intermunicipal. En cuanto a las autoridades competentes de este servicio de transporte terrestre automotor mixto señala:

- ┃ En la jurisdicción nacional o intermunicipal: el Ministerio de Transporte.
- ┃ En la jurisdicción distrital y/o municipal: los alcaldes municipales o distritales.
- ┃ En la jurisdicción de un Área Metropolitana constituida de conformidad con la Ley: la autoridad de transporte metropolitano o los alcaldes respectivos en forma conjunta, coordinada y concertada.

#### 2.2.6.7 Decreto 3366 de 2003

“Por el cual se establece el régimen de sanciones por infracciones a las normas de transporte público terrestre automotor y se determinan unos procedimientos”.

El Decreto establece su aplicación por parte de las autoridades competentes, las sanciones a las empresas de servicio público terrestre automotor. En cuanto al competente para aplicación de sanciones, el artículo 3 dispone:

- ┃ En la jurisdicción nacional: la Superintendencia de Puertos y Transporte o quien haga sus veces.
- ┃ En la jurisdicción distrital y municipal: los alcaldes o los organismos de transporte o la dependencia en quienes se delegue esta función.
- ┃ En la jurisdicción del área metropolitana constituida de conformidad con la Ley: la autoridad de transporte metropolitana debidamente reconocida en los municipios que la conforman y cuando el servicio de transporte se preste entre estos.

#### 2.2.7 Autoridad de Transporte de orden metropolitano para el Valle de Aburrá

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es autoridad del transporte en los siguientes aspectos y de acuerdo con las siguientes normas:

- ┃ Autoridad de transporte masivo: tipo Metro y Metrocable en el Valle de Aburrá, por Resolución número 002179 de 2006, expedida por el Ministerio de Transporte.
- ┃ Autoridad de transporte para la administración de los corredores de sistema integrado de transporte público masivo de mediana capacidad (Metroplús), por aprobación del Ministerio de Transporte contenida en la Resolución número 005256 del 18 de julio de 2003.
- ┃ Autoridad del transporte público automotor colectivo metropolitano de pasajeros, conforme al Decreto 170 de 2001 y al Decreto 3366 de 2003.
- ┃ Autoridad de transporte terrestre automotor individual metropolitano de pasajeros en vehículos taxi conforme al Decreto 172 de 2001.
- ┃ Autoridad de transporte público terrestre automotor mixto según decreto 175 de 2001.
- ┃ Acuerdo Metropolitano N. 004 de 2007 “Por el cual se expide el Estatuto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá”. Este acuerdo expedido con fundamento en la Ley 128 de 1994 dispuso dentro de las atribuciones del alcalde metropolitano, en el artículo 24 del citado Acuerdo la facultad de: “Numeral 10. de conformidad con la Ley podrá, organizar, controlar y vigilar la actividad del transporte público, en la jurisdicción del área metropolitana del Valle de Aburrá, siempre y cuando tal actividad afecte dos o más municipios.”
- ┃ Acuerdo Metropolitano N. 019 de diciembre 19 de 2002 “Por virtud del cual se declara el transporte automotor terrestre como un hecho metropolitano”. La Junta Metropolitana del Valle de Aburrá, con fundamento en los artículos 4, 6 y 14 de la Ley 128 de 1994, declaró como hecho metropolitano el transporte automotor terrestre bajo sus distintas modalidades, con esta declaratoria el Área Metropolitana

del Valle de Aburrá asume competencia otorgada por la Ley, específicamente la 128 de 1994 y la Constitución para ocuparse del transporte automotor dentro de su jurisdicción, bajo las distintas modalidades. Desde luego, la referencia se hace a que aquellas modalidades de transporte automotor de las cuales por Ley o reglamentos, las áreas metropolitanas están llamadas a asumir como autoridad de transporte, pero adicionalmente se debe entender que sumadas a estas que le son propias igualmente asume funciones como autoridad de transporte para el transporte masivo en los términos de las resoluciones antes indicadas, por asignación del Ministerio de Transporte.

## 2.3. ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL VALLE DE ABURRÁ

### 2.3.1 Introducción

A continuación, se elabora un enfoque del proceso de ordenamiento territorial y de algunas de sus variables asociadas principalmente con el sistema de movilidad y transporte, por considerarse este como un sistema estructurante del orden territorial en las escalas regional y metropolitana.

### 2.3.2 Componente: Nociones territoriales

#### 2.3.2.1 Relaciones externas

##### Conflictos y problemáticas

- └ Aislamiento de la Región Metropolitana, tanto en aspectos físicos como culturales, desaprovechando las ventajas de localización y la posibilidad de vincularse así misma, al país y a los mercados continentales y mundiales (posibilidades de salida a ambos océanos, de enlazarse con líneas de interconexión con países vecinos).
- └ Insuficiencia de una infraestructura de movilidad y transporte que permita la articulación y por consiguiente competitividad subregional con el fin de entender las posibilidades parciales de construcción de un entorno global.
- └ Inexistencia de un sistema jerárquico de centros urbanos, que permita establecer propuestas claras de sistemas de movilidad regional, metropolitana y urbana entre ellos.
- └ Los nuevos procesos de expansión de usos turísticos hacia la subregión de occidente, Valle del Río Cauca y de industrias, servicios y viviendas en condominios rurales, en la subregión del Altiplano del Oriente, desbordan la capacidad de los municipios para su regulación; demandando nuevos sistemas de movilidad y transporte desde y hacia el Valle de Aburrá.
- └ Disparidad de visiones de futuro con respecto a los modelos de ocupación territorial entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y las subregiones Oriente y Occidente.

##### Causas (fenómeno desencadenante)

- └ Falta de una visión compartida alrededor de la competitividad de la Región Metropolitana y de sus requerimientos de conexión con entornos nacionales y mundiales.
- └ No existen instrumentos de escala departamental y regional que definan las jerarquías especializadas de centros jerárquicos y sus sistemas de relaciones y articulaciones.
- └ La dinámica de expansión de usos y actividades con centro en el Valle de Aburrá avanza con mayor rapidez que los instrumentos de planificación metropolitana, subregional y municipal, que permitirían ordenarla y regularla.

- Permanece una práctica de planificación y ordenación territorial desde el ámbito municipal, establecida como directiva desde el nivel nacional, versus las dinámicas de interdependencia de los territorios.

#### **Potencialidades**

- La construcción de los nuevos instrumentos de ordenación territorial que reúnen las respectivas instituciones con competencia en su elaboración: departamento de Antioquia, Área Metropolitana del Valle de Aburrá y municipio de Medellín - Comisión Tripartita, incorpora la articulación de los niveles de planeación, competencias y recursos.

### **2.3.2.2 Instrumentos de ordenamiento territorial**

#### **Conflictos y problemáticas**

- Incoherencia y potencial conflicto entre municipios por decisiones contrarias de ordenamiento aplicado en su entorno territorial.
- Desarticulación en la elaboración de los POT.
- Los POT de los municipios del Valle de Aburrá no identifican claramente un modelo de ocupación, ni la manera como sus sistemas estructurantes llevan a concretarlo.
- Ausencia de un modelo de ordenamiento departamental y regional.
- La superposición de competencias institucionales de escala nacional, departamental, metropolitana y municipal, sobre el desarrollo y el mantenimiento de la infraestructura vial, genera ineficiencia en la gestión para la construcción y mantenimiento de la misma.
- Los POT municipales han sido elaborados sin indicadores (visiones cualitativas y no cuantitativas).
- Ninguno de los municipios del Valle de Aburrá, con excepción de Envigado, dispone de planes de movilidad y transporte, que sean consecuentes con los modelos de ordenamiento y ocupación de los territorios determinados en sus POT.
- Ausencia de políticas e instrumentos metropolitanos para el cálculo y asignación de cargas y beneficios producto de la expansión y desarrollo de cada uno de los municipios.
- Los municipios no disponen de los instrumentos intermedios de ordenación entre el POT como instrumento marco y los planes parciales, tales como los planes de equipamiento y espacio público (Medellín está en proceso de conclusión del mismo), de movilidad y transporte, de vivienda, entre otros, dificultando con ello el desarrollo y gestión del suelo.

#### **Causas (fenómeno desencadenante)**

- Existe un gran vacío de instrumentos de ordenación para las escalas nacional, departamental y metropolitana.
- Las normas nacionales obligan, con énfasis al municipio, a ordenar su territorio sin referentes marco (Ley 388 de 1997 de Desarrollo Territorial).
- Los POT municipales se constituyen en una gran mayoría en textos de consulta, más que en reales instrumentos de aplicación del ordenamiento territorial.
- No se han aplicado ampliamente muchos instrumentos de ordenación y gestión que dispuso la Ley 388 de 1997: reparto equitativo de cargas y beneficios, plusvalías urbanas y las unidades de actuación urbanística.
- Los POT fueron elaborados por equipos municipales, con metodologías diferentes y con muy poca articulación con los municipios vecinos, especialmente en lo referido a la caracterización de sus zonas de borde (límite).

#### **Potencialidades**

- └ Existe una creciente conciencia ciudadana sobre noción de la “Ciudad Metropolitana”.
- └ Se están generando, a raíz de los procesos de revisión de los POT, las iniciativas de desarrollar planes de movilidad dentro de cada municipio; todo esto con el fin de dar solución a problemáticas particulares al interior de su sistema, así como de consolidar estructuras jerárquicas que posteriormente se articulen con los proyectos del Sistema Integrado de Transporte a escala metropolitana.
- └ Se elaboran en la actualidad una serie de instrumentos de ordenación tanto de escala departamental como municipal; los Lineamientos para el Ordenamiento Territorial de Antioquia (LOTA), Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial en el marco del Taller de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Revisión y ajustes de los POT municipales, Plan de Zonas Verdes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, Plan Especial de Espacio Público y Equipamientos para Medellín, Plan Especial del Centro: El Centro Vive, Planes Especiales de Espacio Público y Equipamientos para los municipios del Valle de Aburrá, Plan Especial del Poblado, Proyecto Metroplús, proyectos urbanos sobre ejes complementarios la Sistema de Transporte Masivo Metro y al futuro Metroplús; además de una serie de proyectos de incidencia municipal pero con repercusiones a escala de Ciudad y/o Metropolitana.

#### **2.3.2.3 Manejo institucional**

##### **Conflictos y problemáticas**

- └ Falta de reconocimiento del Área Metropolitana del Valle de Aburrá como un ente planificador más allá de ejecutor de obras de infraestructura física y de regulador de las acciones ambientales que tienen incidencia sobre la región.
- └ Falta de articulación entre todos los avances y estudios que diferentes instituciones han adelantado en temas urbanísticos, ambientales y de planeamiento.
- └ Las políticas departamentales y nacionales colisionan con los intereses particulares de cada municipio y por consiguiente con sus autoridades administrativas y políticas.
- └ Se identifica una falta de ajustes y revisión de las áreas metropolitanas y de la asociación entre municipios como mecanismos para enfrentar los nuevos desafíos del desarrollo.

##### **Causas (fenómeno desencadenante)**

- └ A pesar de que los municipios del Valle de Aburrá conforman una sola realidad cultural, y económica, en asuntos de ordenamiento territorial prevalece el manejo, administración y gestión de los entes municipales.
- └ Niveles precarios aún de la cultura de la concertación necesaria para el desarrollo de nuevos procesos urbanísticos con el acompañamiento municipal e institucional requerido.
- └ Ausencia de la cultura de la gestión necesaria para promover desarrollos más equilibrados reconociendo la importancia del sector privado dentro de las dinámicas de la región.

##### **Potencialidades**

- └ La escala de las problemáticas territoriales, sociales, económicas desbordan la capacidad de respuesta y gestión de los municipios, llevándolos hacia la asociación y concertación de soluciones metropolitanas.



- Avanza la tendencia hacia la construcción conjunta de instrumentos de planificación por las distintas instituciones del nivel nacional, departamental, metropolitano y municipal.

### 2.3.3 Componente: Natural

#### 2.3.3.1 Sistema hídrico

##### Conflictos y problemáticas

- Existen grandes diferencias y aspiraciones, específicamente sobre la localización de los usos del suelo y del sistema de movilidad sobre el ámbito del Río desde cada uno de los municipios del Valle de Aburrá; esto impide por consiguiente, disponer de un claro modelo de ordenamiento territorial sobre el mismo.
- La banda del Río como contenedor del sistema vial, la red férrea y la infraestructura del sistema Metro, en definitiva, como poliducto de redes; es deficitaria para asumir mayores volúmenes de tránsito de atravesamiento metropolitano, a raíz del hecho de estar circunscrita en un entorno con discontinuidades y marcadas rupturas urbanas.
- Existen contradicciones con respecto al manejo del Río: una que aspira consolidar la banda del Río como banda funcional del sistema de movilidad y de servicios públicos y otra que aspira recuperar las riberas para el uso público como parque lineal de carácter ambiental, aumentando los cruces transversales de carácter peatonal y orientando los usos y actividades hacia esta banda.
- La morfología y funcionalidad del sistema de movilidad asociado al sistema hídrico afluente del Río Medellín, no permite disponer en ciertas zonas, de vías colectoras transversales aportantes de tráfico al sistema del Río.

##### Causas (fenómeno desencadenante)

- Los entes municipales no están articulados en torno al ordenamiento del Río, complementado con la ausencia de un modelo territorial que constituya tanto física como técnicamente a este ámbito urbano en un estructurante metropolitano.
- Decisiones de ordenamiento territorial aplicadas desde los años 50 generaron una marcada zonificación (Plan Regulador de Winner y Sert).
- Desarticulación de miradas disciplinares sobre el ordenamiento actual y futuro de la ciudad, la región y el Río Medellín.
- Los sistemas de movilidad y transporte no están asociados al sistema hídrico afluente del Río.

##### Potencialidades

- El aporte a la construcción del modelo de ordenamiento de la Región Metropolitana y de la banda del Río, conjuntamente con todos los actores, permitirá tener un modelo de ordenamiento con tratamientos diferenciales, según las condiciones y aspiraciones particulares de los ámbitos territoriales de los municipios del Valle, orientados con unas claras directrices sobre los elementos comunes estructurantes.
- La banda del Río por su localización sobre la parte más plana del Valle de Aburrá, se presenta como el espacio soporte de múltiples sistemas funcionales de carácter urbano: la banda del Río como la unidad territorial de mayor jerarquía a escala regional y metropolitana.
- Actualmente se dan las condiciones físicas y oportunidades de ordenamiento territorial propicias para articular en buena parte del Valle de Aburrá, los sistemas de movilidad y espacio público al sistema hídrico afluente del Río.

### 2.3.3.2 Bordes y suelos de protección

#### Conflictos y problemáticas

- La ocupación de áreas con grandes restricciones geomorfológicas que presentan una estructura de accesibilidad deficitaria y reducida, y además pocas alternativas de implementación de sistemas de movilidad y transporte.
- Se generan grandes bolsas de usuarios de transporte desde la parte alta de las comunas, necesarias de conducir al sistema estructurante de transporte.
- Impactos de carácter ambiental que van reduciendo el patrimonio natural existente, generados a partir de los desarrollos de vivienda campestre sobre los bordes y suelos de protección, y a los proyectos de infraestructura vial.
- La ocupación de zonas de alto riesgo genera costos importantes para la región, por la necesidad de disponer de recursos para atender emergencias que podrían ser evitadas con instrumentos normativos más eficientes.
- La llanura aluvial del Río en toda la extensión del Valle tiene en un porcentaje muy alto una tenencia privada del suelo lo que demanda importantes procesos de negociación y gestión de los predios para localización de la infraestructura del sistema de movilidad metropolitano.

#### Causas (fenómeno desencadenante)

- Existencia y continuidad de los procesos de ocupación informal de las laderas.
- Agotamiento de los suelos de expansión urbana y la expansión hacia las subregiones vecinas al Valle de Aburrá.
- La dinámica de la tenencia del suelo sobre las áreas de influencia del corredor multimodal del Río Medellín evidencia la visión, prácticas y expectativas particulares sobre una franja territorial de interés metropolitano.

#### Potencialidades

- Generación de microsistemas<sup>1</sup> complementarios al sistema jerárquico de movilidad metropolitana, ya que las condiciones de cada sector requieren de soluciones diferentes para su articulación a este.
- Los proyectos de infraestructura vial entre el Valle de Aburrá y las subregiones permiten generar y potencializar la dinámica económica de intercambio de bienes y servicios, aportando mayor equilibrio y nivel de vida.
- Los sistemas de movilidad subregional permitirán desarrollar con mayor relevancia los centros regionales localizados en el oriente (Rionegro) y el occidente (Santa Fe de Antioquia) que son leídos dentro del esquema territorial como puntos de equilibrio al ser aportantes de servicios ambientales, turísticos – recreativos, agrícolas e industriales, a la Gran Región Metropolitana.
- La elaboración del plan metropolitano de áreas protegidas como complemento a la política nacional de protección a parques naturales.

### 2.3.4 Componente: Artificial

#### 2.3.4.1 Usos del suelo

##### Conflictos y problemáticas

- Las diferencias de los usos del suelo, tratamientos urbanísticos, densidades y aprovechamientos entre los municipios, generan una Gran Región Metropolitana segmentada muy difícil de leer, articular y gestionar.

1 Microsistemas: soluciones a escala sectorial o barrial.

- La localización de grandes áreas dedicadas al uso industrial, sobre la banda del Río, se convierten en obstáculos físicos para el uso del sistema Metro, al aumentar las distancias de desplazamiento de los potenciales usuarios de este sistema.

#### **Potencialidades**

- En el proceso de revisión y ajuste de los POT municipales elaborado simultáneamente con el apoyo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se define la directriz para construir los modelos de ocupación municipal, en consonancia con los municipios vecinos y con las orientaciones metropolitanas.

### **2.3.4.2 Sistemas de movilidad y transporte**

#### **Conflictos y problemáticas**

- Falta de claridad del modelo del sistema de movilidad y transporte que busca generar un Sistema Integrado de Transporte que aglutina como modos de transporte considerados el Sistema Metro, el Sistema Metroplús y demás sistemas complementarios.
- Existe una desarticulación funcional, de competencias y de gestión de los diversos modos de transporte al interior del Valle de Aburrá: el Sistema Metro, el sistema de buses, busetas y microbuses y el sistema de taxis.
- Cada uno de los municipios maneja y regula de forma autónoma su sistema de movilidad y transporte.
- El Sistema Metro tiene una utilización efectiva por debajo de su capacidad de prestación de servicios a raíz de la falta de articulación efectiva con un sistema integrado complementario.
- El Sistema Integrado de Transporte aún no se implementa, lo que hace que temas como la tarifa única y la eficiencia en rutas tanto como en frecuencia y distancias no hayan sido resueltos; esto se refleja en el suministro de servicios de transporte para usuarios de integración bus-Metro.
- El número de vehículos aumenta en proporción directa con la mayor demanda de servicios y el acceso de nuevos usuarios al automóvil particular versus la capacidad de soporte de la infraestructura vial existente.
- Contradicción entre la política actual promovida por entes planificadores por desestimar el uso del automóvil privado en contra de una aspiración social por adquirir este bien (el vehículo es un símbolo de incremento de estatus en la escala social).
- Progresiva configuración urbana a partir de ghettos con graves repercusiones y cambios sobre el tejido urbano y sobre la noción de territorialidad.
- Existencia de numerosas zonas dentro del Valle de Aburrá con accesibilidad reducida, convirtiéndose en potenciales usuarios de sistemas alternativos de transporte (Ej.: la zona nororiental y el empleo del cable aéreo).
- No se tiene claridad sobre el proyecto de trenes suburbanos articulados al Sistema Metro, en los extremos norte y sur del Valle de Aburrá.
- En las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial se aborda el tema de la movilidad como uno de los hechos metropolitanos y se consignan allí lineamientos generales que sobre temas como el corredor multimodal y el sistema férreo que se encuentra localizado en él, pero aún hace falta que los procesos de revisión de algunos de los POT las incorporen totalmente en los lineamientos estructurales sobre la movilidad para cada municipio.

- └ El manejo de la banda del Río como corredor multimodal en toda la extensión del Valle de Aburrá aún no ha sido lo suficientemente consultado, concertado y avalado por cada uno de los municipios, este hace parte de los procesos de revisión de los POT municipales y de los Planes Estratégicos Norte y Sur del Valle de Aburrá.
- └ La articulación y confluencia de las vías de conexión con las subregiones oriente y occidente presentan graves disfunciones al llegar a la ciudad núcleo.
- └ Falta complementar las alternativas de conexión vial con la costa Atlántica, costa Pacífica y el interior del país, con el fin lograr mayor eficiencia.

#### **Causas (fenómeno desencadenante)**

- └ La falta de instrumentos de ordenación de la movilidad y el transporte asociados al manejo y control de los sistemas de transporte por múltiples empresas privadas complejizan la articulación entre los distintos modos de transporte.
- └ La falta de implementación de un sistema integrado de transporte con el apoyo de medidas de gestión de tránsito y transporte.
- └ La movilidad y el transporte siguen siendo asuntos y competencias municipales.
- └ Los distintos modos de transporte público de pasajeros no están lo suficientemente enlazados al Sistema Metro debido a la falta de articulación institucional entre éste y las empresas de transporte que prestan el servicio colectivo urbano.
- └ Los POT en las diferentes escalas carecen en su mayoría de análisis de prospectiva territorial sobre el tema de la movilidad.
- └ La banda del Río como corredor multimodal tiene diferentes jerarquías y topologías de intervención a lo largo de los diferentes municipios.
- └ La conexión vial con las subregiones oriente y occidente está por resolverse en el punto donde confluye con los sistemas arteriales urbanos del Valle de Aburrá.
- └ Los Lineamientos de Ordenamiento Territorial para Antioquia (LOTA) y otros instrumentos de superior jerarquía, deberán definir las políticas, objetivos y estrategias para lograr la conexión con destinos nacionales e internacionales.

#### **Potencialidades**

- └ El Sistema Metro se configura como el eje estructurante de los sistemas de transporte en el Valle de Aburrá incluyendo los proyectos actuales de SITVA.
- └ Los sistemas de transporte por cable han demostrado su éxito y eficiencia, por lo tanto hacen parte de los proyectos futuros de ampliación del Sistema Metro.
- └ La consolidación de las futuras centralidades norte (alrededor de la estación Niquía del Metro) y sur (alrededor de la futura estación Sabaneta) demandará la puesta en marcha del proyecto de tren suburbano.
- └ Las grandes demandas de suelo para usos de escala metropolitana requieren que los municipios definan claramente la ordenación sobre la banda del Río.
- └ El liderazgo asumido como entidad ambiental y planificadora del territorio por parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá sobre el ámbito particular del Río Medellín, reflejado en el actual plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del Río Medellín.
- └ Procesos de gestión y planificación del transporte los cuales tienden a consolidar el SITVA para los Municipios del Valle de Aburrá.

### **2.3.4.3 Espacio público y equipamientos**

#### **Conflictos y problemáticas**

- └ Deficiente accesibilidad peatonal a los espacios públicos, equipamientos y sistema de transporte; además la red peatonal urbana en el Valle de Aburrá no está articulada como sistema con el espacio público y no satisface suficientemente la demanda

al Sistema Metro. Vale la pena corroborar la información con la construcción de indicadores sobre identificación de la red peatonal urbana y su relación con los espacios públicos y equipamientos de mayor jerarquía, ya que de esta manera se verificaría su eficiencia.

- ─ Se producen grandes desplazamientos norte-sur y oriente-occidente para acceder a los servicios ofertados por equipamientos y espacios públicos de escala metropolitana, ubicados con prelación en la ciudad núcleo y su centro urbano, generando conflictos con la capacidad de soporte de su infraestructura de movilidad y transporte, inversión de tiempo y gasto energético.
- ─ La nueva conformación morfológica urbana a partir de ghettos, residenciales, comerciales, industriales, recreativos, de gran escala, superpuesta a la morfología urbana de trama abierta, genera graves disfunciones y cambios en el sistema de movilidad y transporte, que demanda un uso mayor del automóvil y del transporte colectivo, desestimando la accesibilidad peatonal.
- ─ Falta de articulación tanto conceptual e instrumental, como espacial, de los sistemas de espacio público y equipamientos con el sistema de movilidad y transporte, traducida en la ordenación y regulación sectorial de cada uno de éstos.

#### **Causas (fenómeno desencadenante)**

- ─ En el Valle de Aburrá ha primado la planeación y regulación sectorial, por encima de una integral que articule a su interior los sistemas y elementos estructurantes del orden territorial.
- ─ Los grandes conglomerados de vivienda se localizan lejanos de los lugares de trabajo, equipamientos, comercio y servicios.
- ─ Fenómenos como la globalización económica, réplica de modelos foráneos de asentamiento urbano, el aumento de prácticas consumistas y la respuesta a problemas de inseguridad ciudadana, se han traducido en una ciudad metropolitana de territorios aislados, especializados y controlados.
- ─ El espacio público ha sido concebido y construido como un hecho residual y fragmentario dentro del sistema estructurante del territorio.

#### **Potencialidades**

- ─ Los nuevos instrumentos de ordenación: POT de escala metropolitana y municipal, así como normativas del orden nacional -Ley 388 de 1997- definen la prelación de los sistemas de movilidad y espacio público como estructurantes del orden territorial. Existe una creciente cultura de valoración de la movilidad y el espacio público como garantes de calidad de vida urbana.
- ─ La implantación del Sistema Metro en el Valle de Aburrá ha llevado, entre otros, a la aceptación y valoración de los sistemas de transporte masivo como sistemas más eficientes que el automóvil particular y el transporte público, para resolver los desplazamientos dentro del ámbito metropolitano.
- ─ Avanza y se consolida una nueva forma de construir instrumentos de ordenación territorial, hacia instrumentos de carácter integrado, que aglutinan instancias públicas y privadas con competencia en su construcción y gestión.
- ─ Las nuevas configuraciones morfológicas de la "Ciudad Metropolitana" han llevado a descubrir nuevos espacios para el encuentro y la convivencia ciudadana: uno de ellos, el más importante en nuestro medio ha sido el Metro, a partir de cuyo sistema se ha construido toda una "cultura" de uso y apropiación pública.

#### 2.3.4.4 Centralidades

##### Conflictos y problemáticas

- En el Valle de Aburrá se hallan pocas alternativas de conexión del sistema de movilidad y transporte entre las zonas centro, norte y sur, existiendo sólo el sistema de movilidad sobre el corredor del Río.

##### Causas (fenómeno desencadenante)

- Faltan instrumentos de ordenación de la movilidad y el transporte que permitan conectar a todo el Valle de Aburrá.

##### Potencialidades

- Las Directrices Metropolitanas de Ordenación Territorial, articuladas a los Planes estratégicos para las zonas Norte y Sur y el Proyecto Estratégico de Centralidades del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, constituyen el instrumento que pretende configurarse como el marco de la ordenación territorial para el ámbito del Valle de Aburrá.
- Las tendencias existentes y dirigidas hacia la conformación y consolidación de las centralidades norte (alrededor de la estación Niquía del Metro) y sur (alrededor de la futura estación Sabaneta), como núcleos urbanos con diferentes equipamientos, que permitan la desconcentración de la ciudad y sus servicios.

#### 2.3.4.5 Vivienda y entorno

##### Conflictos y problemáticas

- Localización de grandes zonas de vivienda de estratos bajos en municipios como Medellín y Bello, versus la localización de las zonas de industria, hacia el sur del Valle de Aburrá, generando una importante demanda de sistemas de transporte masivo entre los extremos del Valle.
- Presencia de Vivienda de Interés Social (VIS) en zonas carentes de condiciones infraestructurales óptimas y en los municipios de mayor densidad, tal es el caso de Pajarito; plan parcial en suelos de expansión del Municipio de Medellín.
- Aumento de asentamientos ilegales en zonas con altas restricciones naturales y escasa accesibilidad demandan soluciones costosas al sistema de movilidad y transporte por la cantidad importante de usuarios comprometidos, ejemplo: comuna Trece en zona centro occidental del Municipio de Medellín, El Pinar y París en el Municipio de Bello.
- Los grandes conglomerados de vivienda se encuentran distantes a las áreas servidas por la Línea "A" del Metro, con excepción de las estaciones de Niquía y Bello, y en general se desconocen los actuales procesos de transformación urbana en las zonas industriales alrededor del Río.

##### Causas (fenómeno desencadenante)

- Ausencia de una política de vivienda metropolitana que defina los instrumentos para el reparto equitativo de cargas y beneficios.
- No se considera en los estatutos normativos municipales el requerimiento de tener un porcentaje de viviendas de interés social, adicional a las requeridas por sus habitantes.
- En los POT de los municipios del Valle de Aburrá no se han incorporado los estudios de capacidad de soporte efectivo del territorio para asentamientos urbanos.

- Los instrumentos de planificación y ordenamiento municipal son insuficientes e inoperantes para enfrentar fenómenos de escala nacional como los desplazamientos de población que se asientan en zonas de riesgo.

#### **Potencialidades**

- Los procesos de revisión y ajuste de los POT municipales han incluido nuevas propuestas y normas para equilibrar la localización de la vivienda de interés social y la reglamentación de procedimientos; los contenidos de los planes parciales en suelos de expansión se homologan en el ámbito del Valle de Aburrá.
- La articulación del Plan Maestro de Movilidad con los otros planes que está adelantando el Área Metropolitana del Valle de Aburrá: el de Ordenamiento y manejo de la cuenca del Río Medellín y las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial; al igual que los demás planes de incidencia dentro de la región como es el caso particular del Plan Director para los municipios del área de influencia del Túnel de Occidente.
- El Sistema Metrocable como solución alternativa constituye una opción eficiente y creativa al problema de conexión de las zonas de vivienda en altas pendientes, además se pretende generar nuevas alternativas a otras zonas de la Gran Región Metropolitana.

## **2.4. INSERCIÓN DEL VALLE DE ABURRÁ EN EL CONTEXTO ECONÓMICO**

### **2.4.1 Contexto y dinámica económica**

Las principales actividades económicas del Departamento de Antioquia son los servicios, la industria, la agricultura y la minería. Antioquia es el segundo departamento más industrializado de Colombia; concentrándose esta industrialización en el Valle de Aburrá, el altiplano de Rionegro y los Municipios de Marinilla, Carmen de Viboral y Santa Bárbara. La economía de la región se basa en la producción de bienes de consumo inmediato, algunos intermedios del sector textil, la construcción, el comercio y los servicios.

Los subsectores que concentran mayor producción industrial en Antioquia son en su orden: alimentos (14.6% de participación del total), textiles (12.6%), químicos (13.1%), confecciones (11.1%) y material de transporte (6.1%).

En el Valle de Aburrá se concentran la mayor parte de las industrias del sector textil y las empresas asociadas a confecciones y moda, generando el 53% del valor agregado del sector textil en el país, el 35.1% en las confecciones, el 21.5% en cuero y calzado, el 21.3% en la producción metalmecánica y el 11.3% en la industria de alimentos.

A diferencia de la primacía del Valle de Aburrá en la producción de los principales bienes industriales del Departamento, su producción minera es inferior a la de otras zonas de éste, mostrando reducciones en su participación frente al Departamento del orden del 14.5%.

El sector agropecuario pasó de ser uno de los sectores más prominentes de la economía Antioqueña durante los años 1999 y 2000 a presentar una caída importante en el 2001, de la cual no presenta recuperación total al 2005.

El sector de la construcción en el Valle de Aburrá mantiene hasta el 2005 tasas de crecimiento estables (10,0% promedio anual), aunque en el último trimestre del 2004 sufrió una desaceleración por el estancamiento de obras en ejecución, especialmente en los estratos medio y alto.

En el 2004 el comercio en el departamento varió 6,0% gracias al mejor comportamiento presentado en materiales de construcción, automotores, electrodomésticos y muebles y enseres con crecimientos superiores al 20,0%. En Medellín, los sectores de comercio, restaurante y hoteles participaron con el 27,0% de las personas empleadas. Finalmente, el comportamiento de los servicios en la región del Valle de Aburrá reflejan un marcado proceso de terciarización de la economía, lo que convierte a la Región en un centro de servicios potencial que permita la atracción de inversión extranjera<sup>2</sup>.

## 2.4.2 Análisis de condiciones económicas

### 2.4.2.1 Problemática y conflictos

Actualmente en el Valle de Aburrá, los sectores de textiles, confecciones, cuero-calzado y metalmecánico se encuentran entre los más afectados por la competencia externa, lo que los ha obligado a reducir sus índices de producción y de empleo.

El proceso de apertura económica trajo consigo esfuerzos de las empresas por mejorar sus índices de productividad, sin embargo ésta se dio a costa del empleo, mostrando relaciones positivas cada vez mayores entre unidades de producción por empleado.

El sector textil ha presentado a lo largo de las últimas décadas un importante proceso de modernización industrial y tecnológica que se refleja en una participación alta dentro del PIB<sup>3</sup> nacional y regional. Sin embargo, desde una perspectiva económica mundial, el sector textil de la región se caracteriza por incrementos desmesurados de la capacidad instalada frente a la demanda efectiva.

El sector metalmecánica observa una caída importante en las exportaciones de los productos siderúrgicos y de bienes de capital, mientras se eleva la exportación de productos metalmecánicos. Es así como el subsector siderúrgico se ve afectado por el abastecimiento de productos extranjeros como respuesta a la creciente demanda nacional. Particularmente, la industria metalmecánica del Valle de Aburrá observa un desempeño favorable de las empresas que no corresponde con la atomización del mercado y la producción a pequeña escala.

A esto se suma la deficiente infraestructura de transporte interno, portuario y aduanero regional y nacional, así como las insuficiencias en la organización empresarial y operacional, que se traducen en costos de transporte mayores que los que serían posibles. Ello implica que estas deficiencias en la movilidad están incidiendo sobre la capacidad productiva y la competitividad del Valle de Aburrá, al encarecer tanto sus insumos como sus productos.

### 2.4.2.2 Potencialidades y oportunidades

La industria de la región se transformó introduciendo cambios técnicos importantes que fueron facilitados por una reducción arancelaria para bienes de capital e intermedios, que permitió a las industrias reducir sus costos de producción y modernizar las plataformas productivas.

2 DANE. Informe de Coyuntura Económica Regional – Departamento de Antioquia. Segundo Semestre de 2004. Publicado en Marzo de 2005.

3 Producto Interno Bruto.



Este proceso se vio reflejado por (i) incrementos sustanciales de las exportaciones, así: 17% en alimentos y textiles, 31% en confecciones y 11% en cuero y calzado y (ii) la tecnificación de las industrias: 25% alimentos, 42% textiles, 19% confecciones, 56% cuero y calzado y 33% metalmecánica.

De otra parte, es posible observar como fortaleza de la industria de alimentos la calidad de los productos ofrecidos (para el 42.1% de los encuestados), la atención al cliente, y la eficiencia en costos, para el 13.3% de ellos.

El sector textil, por su parte, se destaca por su participación en el Producto Interno Bruto nacional y regional. El Valle de Aburrá concentra las principales empresas del sector que participan con el 60% de la producción de tejido de plano, con un total aproximado de 500 millones de metros cuadrados (m<sup>2</sup>) al año.

El sector de cuero y calzado presenta buenos resultados frente a la demanda nacional e internacional, y en la dinámica de su relación con el sector de la moda, los textiles y las confecciones, se convierte en un potencial industrial importante.

En el sector de comercio y servicios la ciudad de Medellín es pionera en el desarrollo de polos urbanísticos dedicados al comercio, donde se encuentran almacenes, bancos, cines, restaurantes y bares, entre otros, que reflejan una tendencia importante de terciarización de la economía, convirtiendo esta región en un nodo de servicios.

### 2.4.3 La reconfiguración territorial de la economía como herramienta de competitividad<sup>4</sup>

Las ciudades y municipios como unidades individuales están sujetas a la influencia de factores externos de naturaleza política, económica, social o cultural que actúan como mecanismos dinámicos y generan diversas transformaciones de carácter exógeno. Estas transformaciones e interacciones han creado un conjunto de factores que permean flujos de diversa índole: población, bienes y servicios, tecnología, alimentos, cultura, etc. lógicas de mayor alcance asociadas con procesos interrelacionados de globalización de la economía, la política y la sociedad enmarcadas claramente en la conformación de una red global<sup>5</sup>.

En este contexto el Valle de Aburrá orienta sus políticas y acciones hacia la competitividad en los ámbitos regional, nacional y global. De acuerdo con el estudio realizado por Betancur María Soledad: Cadenas productivas y redes de acción colectiva en Medellín y el Valle de Aburrá, la reconfiguración del Valle de Aburrá presenta dos tendencias de relocalización industrial. La primera de ellas es de expansión hacia el oriente Antioqueño (especialmente el Municipio de Rionegro), principalmente de las empresas de textiles que encontraron costos de producción más bajos, principalmente en mano de obra, disposición de aguas y costos de la tierra<sup>6</sup>.

Esta localización trajo consigo el desarrollo de infraestructura vial, equipamientos y comunicaciones, particularmente beneficiosa por la ubicación del aeropuerto internacional José María Córdova, la cual se encuentra asociada a la localización de la zona franca de Rionegro, así mismo impactó negativamente la vocación agropecuaria de la zona.

La segunda tendencia presenta una consolidación del sector de los servicios en el sur del Valle de Aburrá, como resultado del aprovechamiento de los recursos y condiciones

4

Con base en el estudio de: Betancur, María Soledad; Urán Arenas, Omar Alonso y Stienen, Ángela. Cadenas productivas y redes de acción colectiva en Medellín y el Valle de Aburrá. En: Economía, Sociedad y Territorio. Julio-Diciembre, 2001. vol.3, no.10.

5

De acuerdo con lo expresado por el geógrafo brasileño Milton Santos.

6

Betancur. Op cit., p.233.

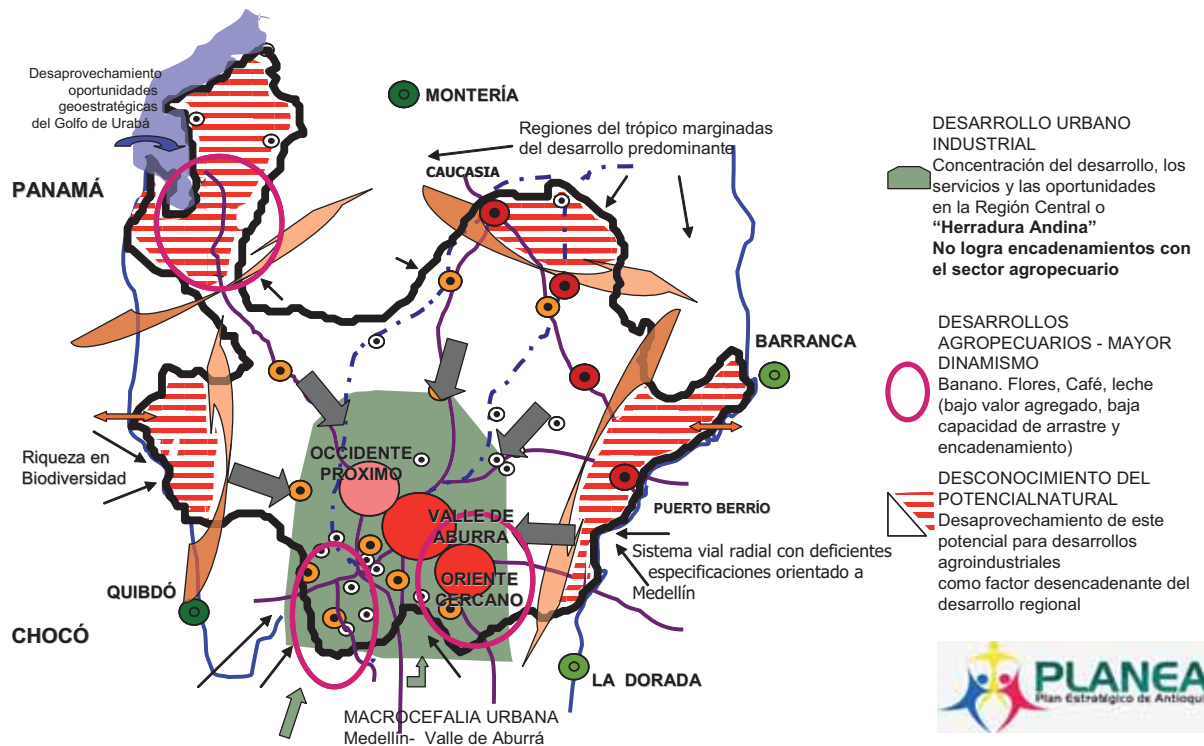
favorables para su localización, como son: la canalización del Río Medellín que permitió el desarrollo de la gran industria, la infraestructura vial y las comunicaciones y con ellas la distribución de mercancías. Medellín por su parte presenta un marcado proceso de desconcentración y descentralización productiva, especialmente en lo referente al sector de la confección.

Por su parte, el proceso de Apertura Económica trajo consigo otros elementos que permitieron dinamizar la reconversión productiva del Valle de Aburrá, tales como fabricación de nuevos productos, automatización parcial y total, sustitución de materias primas nacionales por importadas y reorganización de los procesos productivos.

Naturalmente, estas oportunidades y tendencias positivas pueden ser amenazadas por un sistema de movilidad deficiente o costosa, que podría llegar a limitar seriamente el desarrollo posible.

#### 2.4.4 Modelo actual de ocupación territorial

Figura 4. Plan Estratégico de Antioquia.



Fuente: Web Site Oficial PLANEA.

El Plan Estratégico de Antioquia PLANEA, como primer ejercicio de planificación estratégica realizado en Colombia, estableció dentro de sus estrategias en la dimensión económica la revitalización de la economía Antioqueña, para la cual definió la zonificación del Departamento así:

#### 2.4.4.1 Zonificación

- La Zona de la Biodiversidad o Chocó biogeográfico: el territorio más promisorio en términos de futuro por su riqueza natural: flora y fauna.
- La Costa Caribe del Urabá Antioqueño, segunda en extensión después de la Guajira, zona de gran potencial agropecuario, forestal y pesquero, con una alta posibilidad de conexión por medio marítimo y fluvial.
- La Media Luna de la Riqueza que incluye los suelos más aptos en términos de una agricultura extensiva maquinable y las zonas de mayor potencial para la minería del oro tecnificada y sostenible (Nordeste y Bajo Cauca del Departamento).
- La Herradura de la Reforestación con suelos en un 73% aptos para la reforestación a gran escala, con promedios de rendimiento superiores a la de muchos países con presencia mundial en la producción de madera (Zonas extremas -límites departamentales- del Suroeste, Oriente antioqueño, además, parte del norte y del occidente).
- La Gran Región Metropolitana que incluye a Medellín y los municipios del Valle de Aburrá, que comparten un acelerado proceso de conurbación y una vocación económica orientada hacia los servicios, la industria liviana las telecomunicaciones y las actividades comerciales (se expande hacia la zona más próxima del oriente, el occidente, el norte y el suroeste de Antioquia).

#### 2.4.5 Conclusiones

##### Debilidades

- Escasa diversidad de las exportaciones, donde cuatro productos (oro, banano, textiles y flores) concentran la mayor parte del valor. De éstos, sólo los textiles son producidos en el Valle de Aburrá, y enfrentan una fuerte competencia externa. Por otra parte, la tendencia observada es que la producción textil tienda a salir del Valle de Aburrá, localizándose en el oriente Antioqueño, especialmente en el Municipio de Rionegro, donde existen facilidades tales como el Aeropuerto y la Zona Franca.
- Insuficiente capacitación del recurso humano -tanto operario como directivo- en las industrias manufactureras del Valle de Aburrá.
- Deficiente infraestructura de transporte interno, portuario y aduanero regional y nacional, así como las insuficiencias en la organización empresarial y operacional, que se traducen en costos de transporte mayores que los que serían posibles. Ello implica que estas deficiencias en la movilidad están incidiendo sobre la capacidad productiva y la competitividad del Valle de Aburrá, al encarecer tanto sus insumos como sus productos.

##### Fortalezas

- Existe un potencial para incrementar las exportaciones no tradicionales, las que han mostrado cierto dinamismo en el pasado reciente.
- Existe un gran potencial de desarrollo en el Departamento de Antioquia, en términos de riqueza natural (flora y fauna), potencial agropecuario, forestal y pesquero, desarrollo portuario y fluvial, suelos aptos para una agricultura extensiva maquinable, minería del oro tecnificada y sostenible, y suelos aptos para la reforestación a gran escala. En la medida que dicho potencial se materialice, el Valle de Aburrá podrá incrementar el mercado para sus servicios, industria liviana, telecomunicaciones y actividades comerciales.

## 2.5. ASPECTOS AMBIENTALES

### 2.5.1 Antecedentes

El desarrollo económico del Valle de Aburrá refleja elementos de impacto en el medio ambiente. Es así como el desarrollo industrial, la aglomeración urbana, el consumo de recursos y la generación de residuos y elementos contaminantes, son hoy la preocupación de las autoridades de la región. De ahí que las autoridades municipales y regionales han planteado la protección ambiental como un aspecto fundamental en sus planes de desarrollo económico y planes estratégicos del norte y sur del Valle de Aburrá.

Actualmente, la dinámica poblacional y el desarrollo de las diferentes actividades económicas generan impactos en la calidad ambiental y particularmente en cada una de sus dimensiones.

### 2.5.2 Problemática ambiental y conflicto con el desarrollo económico y el crecimiento poblacional

La transformación de la economía del Valle de Aburrá presenta efectos ambientales asociados con las actividades económicas desarrolladas, respondiendo al patrón típico de las economías emergentes, fenómeno que consiste en la transición de una economía agrícola de subsistencia poco intensiva en contaminación ambiental, a una manufacturera más contaminante y de vuelta a una economía de servicios menos contaminante, es lo que se denomina "Efecto composición"<sup>7</sup>.

En el Valle de Aburrá existen diferentes problemáticas asociadas al crecimiento urbano entre las que se encuentran: los efectos de la expansión urbana sobre el entorno rural, impactos ambientales y económicos de la metropolización, efectos de la conurbación sobre el espacio, que se reflejan en<sup>8</sup>:

- Contaminación del aire, destacándose el monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, material particulado MP, óxido de nitrógeno NO<sub>x</sub> y dióxido de azufre SO<sub>2</sub>.
- Niveles de ruido por encima de los estándares permisibles o deseados.
- Contaminación del recurso hídrico debido al vertimiento de residuos líquidos y sólidos por parte del sector industrial y residencial tanto en el Río Medellín como en diversas quebradas y arroyos afluentes de éste.
- La generación de residuos sólidos urbanos está asociada a los patrones de consumo de la población del Valle de Aburrá. Los cambios en el consumo han generado un cambio drástico en la tipología de desechos que han pasado de ser de naturaleza orgánica en su gran mayoría a basura no biodegradable, generando un impacto ambiental fuerte.
- La disminución de la cantidad de agua subterránea es uno de los problemas que actualmente más preocupan a los agentes ambientales. Es conocido que las reservas de aguas subterráneas se pueden ver amenazadas por una incontrolada explotación, de no existir información precisa sobre la dinámica de consumo por parte de la población que se encuentra en permanente crecimiento y expansión.
- Deterioro del recurso suelo y expansión poco planificada del suelo urbano.
- Déficit de espacios públicos y zonas verdes con relación al grado de urbanización y el volumen de población.

7  
Vásquez Sánchez, Edison y García Rendón, Jhon Jairo. Calidad ambiental y su relación con el crecimiento económico en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En: Revista Ecos de Economía. Universidad Eafit. Marzo, 2003. No. 16. p. 34.

8  
Ibid.

- ▮ Falta de tratamiento integral a lo largo del proceso que va desde la generación de residuos sólidos hasta la disposición final de los mismos.
- ▮ Conocimiento parcial de los inventarios de flora y fauna locales, así como del diagnóstico y cuantificación del impacto de la presión urbana sobre estos recursos.

### 2.5.3 Efectos de la expansión urbana sobre el entorno rural

La concentración de las actividades económicas en el Valle de Aburrá, principalmente en la ciudad de Medellín tiene como consecuencia la migración de grupos de población rural hacia la ciudad de manera permanente o parcial.

Es así como la expansión urbana y el desarrollo de las actividades económicas traen consigo intensidades distintas en los usos del suelo, y particularmente en el Valle de Aburrá es posible identificar los momentos de transición de la actividad agropecuaria, a las actividades industriales y de servicios, así como a los procesos de urbanización.

### 2.5.4 Efectos de la expansión urbana sobre la habitabilidad

El Valle de Aburrá concentra gran parte de sus actividades económicas y sociales en la ciudad de Medellín, lo que ha generado por una parte, procesos de urbanización y de expansión urbana que han obligado a la reducción de áreas naturales y por otra el desplazamiento de la población que habita en los municipios circunvecinos y que trabaja en Medellín incrementando el uso de servicios de transporte, consumo de energía y emisión de contaminantes.

### 2.5.5 Impactos ambientales y económicos de la metropolización

La concentración de actividades humanas no planificadas y las tendencias cada vez mayores de consumo generan impactos de diverso tipo. Mayores consumos de recursos naturales y mayor generación de residuos no orgánicos, emisiones contaminantes y ruido.

De acuerdo con lo señalado en el documento de Criterios Ambientales<sup>9</sup> y su relación con el crecimiento económico en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se señala que en el Valle de Aburrá, diversas intervenciones públicas se programaron con el fin de solucionar la problemática medioambiental, particularmente asociadas a:

(i) Contaminación del aire, especialmente la producida por el monóxido de carbono emitido principalmente por el parque automotor; (ii) la contaminación auditiva, donde los niveles de ruido son superiores a los estándares permitidos y (iii) la contaminación del agua producida principalmente por vertimientos de residuos líquidos y sólidos en el Río Medellín y otras corrientes de agua del Valle de Aburrá.

### 2.5.6 Contaminación del aire

En el Valle de Aburrá, y particularmente en el Municipio de Medellín, se adelantan estudios rigurosos sobre la calidad del aire, teniendo en cuenta como factores principales de seguimiento y análisis: los gases, las partículas y el ruido<sup>10</sup>.

Los estudios adelantados consideran principalmente la emisión de gases producidos por el sector transporte, específicamente por los vehículos de acuerdo al tipo de combustible utilizado, y a las emisiones producidas por el sector industrial en sus procesos productivos.

9

Ibíd.

10

Estos estudios se basan en lo estipulado en el Decreto 948 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente.

Por otra parte, en materia de ruido se encontró que en la ciudad de Medellín al año 2001, el 55% de los registros muestran valores por encima de 80 dB(A), parámetro 65dB(A) residencial, nivel de presión sonora más frecuente 82.2 dB(A), y tendencia de aumento en los principales cruces de la ciudad<sup>11</sup>.

### 2.5.7 Potencial de recursos y oportunidad de desarrollo económico sostenible

Actualmente el Valle de Aburrá, en sus Planes de Desarrollo, Planes de Ordenamiento Territorial y Planes Estratégicos del Norte y del Sur, contemplan diferentes programas orientados hacia la sostenibilidad ambiental y el uso racional de los recursos. Entre los principales objetivos se espera:

- La existencia de límites legales para los parámetros físicos, químicos y biológicos pretende garantizar que dicho impacto es el menor posible.
- Reducir el impacto ambiental del sector de la madera, facilitando la adaptación de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) a los requisitos de protección del medio ambiente comenzando por adoptar los mecanismos necesarios para la gestión más correcta de los residuos generados.
- Caracterización de la calidad del aire, midiendo las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos.
- El consumo de energía es uno de los factores con mayor impacto sobre el medio ambiente global. El control y disminución del consumo energético reporta beneficios no sólo para el medio ambiente, sino también en el costo económico de los consumidores.
- Actualmente, la principal fuente energética empleada a nivel regional es de fósiles, seguida por la hidroeléctrica. En gran medida parte de estas fuentes pueden ser sustituidas por otras, con menor impacto medioambiental global.
- Entre las fuentes energéticas alternativas al petróleo, las energías renovables se desatacan por su bajo impacto ambiental. La promoción de este tipo de energía constituye un medio muy eficaz para reducir el impacto global de la región.

## 2.6. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE VIAJES A HOGARES 2005

En este capítulo se presenta el análisis realizado de los datos y resultados de la Encuesta Origen Destino 2005 de Hogares del año 2005 (en adelante EOD-H 2005), desarrollada por la Universidad Nacional de Colombia (UN), sede Medellín, mediante convenio celebrado con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el Metro de Medellín, el Municipio de Medellín y el Municipio de Envigado, la cual forma parte de la información provista por el mandante para los fines de este estudio de movilidad.

### 2.6.1 Objetivos del análisis

El objetivo de realizar un análisis de la información provista de la EOD-H obedece a que esta constituye el insumo principal para representar la movilidad que presenta en la actualidad el sistema de transporte del Valle del Aburrá. Este insumo es utilizado para calibrar los modelos matemáticos de simulación de transporte que representan esta movilidad actual y que se utilizan posteriormente en forma predictiva para simular el comportamiento del sistema de transporte y su relación futura con el sistema de actividades y usos de suelo del Valle.

11

De acuerdo con los datos encontrados en la presentación del Recurso Aire del Área Metropolitana.

## 2.6.2 Características principales de la encuesta realizada

### 2.6.2.1 Muestras realizadas

La encuesta se aplicó a un total de 23.611 viviendas que corresponden a su vez a 24.339 hogares. El total de viviendas en el área encuestada es de 824.173; se trata entonces de una muestra que llegó al **2.9% del universo**. La tabla 2 presenta las muestras alcanzadas para cada estrato socioeconómico y para el total de viviendas del área de estudio.

**Tabla 2.** Muestras alcanzadas por estrato socioeconómico.

	EST1	EST2	EST3	EST4	EST5	EST6	TOTAL
Viviendas Muestreadas	1.422	10.111	9.254	1.548	917	359	<b>23.611</b>
Total de Viviendas	65.494	284.082	306.895	90.786	54.482	22.434	<b>824.173</b>
%	2,2%	3,6%	3,0%	1,7%	1,7%	1,6%	<b>2,9%</b>

Fuente:  
EOD-H 2005 UNM.  
\* Corresponde al universo de viviendas del sector.

Se observa que en todos los estratos de ingresos más altos las muestras no superan al 2% del universo. A la inversa, en los estratos 2 y 3 de ingresos menores es donde se alcanzaron las muestras mayores. En las tablas siguientes se presentan el número de viviendas y hogares encuestados por estrato y municipio.

**Tabla 3.** Viviendas encuestadas por estrato y municipio.

MUNICIPIO	EST1	EST2	EST3	EST4	EST5	EST6	TOTAL
Medellín	912	4.698	4.367	1.188	823	351	12.339
Barbosa	98	683	178	1	0	0	960
Bello	327	872	727	111	0	0	2.037
Caldas	35	1.060	418	9	1	0	1.523
Copacabana	16	766	531	4	0	0	1.317
Girardota	1	697	152	1	0	0	851
La Estrella	1	528	712	18	1	0	1.260
Sabaneta	0	133	720	19	2	1	875
Envigado	13	164	363	197	90	7	834
Itagüí	19	510	1.086	0	0	0	1.615
<b>Total Viviendas</b>	<b>1.422</b>	<b>10.111</b>	<b>9.254</b>	<b>1.548</b>	<b>917</b>	<b>359</b>	<b>23.611</b>
% por estrato	6,0%	42,8%	39,2%	6,6%	3,9%	1,5%	100,0%

Fuente:  
EOD-H 2005 UNM.

**Tabla 4.** Número de hogares encuestados por estrato y municipio.

MUNICIPIO	ESTRATO						TOTAL	%
	EST1	EST2	EST3	EST4	EST5	EST6		
Medellín	949	4.881	4.537	1.218	839	352	12.776	52,5%
Barbosa	102	697	182	1	0	0	982	4,0%
Bello	340	893	749	113	0	0	2.095	8,6%
Caldas	39	1.109	432	9	1	0	1.590	6,5%
Copacabana	16	780	536	4	0	0	1.336	5,5%
Girardota	1	707	154	1	0	0	863	3,5%
La Estrella	1	544	731	20	1	0	1.297	5,3%
Sabaneta	0	143	725	19	2	1	890	3,7%
Envigado	13	172	365	203	90	7	850	3,5%
Itagüí	19	539	1.110	0	0	0	1.668	6,9%
<b>Total Hogares</b>	<b>1.480</b>	<b>10.465</b>	<b>9.521</b>	<b>1.588</b>	<b>933</b>	<b>360</b>	<b>24.347</b>	<b>100,0%</b>
% por estrato	6,1%	43,0%	39,1%	6,5%	3,8%	1,5%	100,0%	

Fuente:  
EOD-H 2005 UNM.

Se aprecia en la anterior tabla 4 que más del 80% de los hogares encuestados corresponden a los estratos 2 y 3, y que el 52,5% de los hogares encuestados se encuentran en el municipio de Medellín: la principal del área de estudio. La relación hogar por vivienda es muy cercana a 1 para todos los estratos.

**Tabla 5.** Número de hogares por vivienda por estrato.

	ESTRATO						TOTAL
	EST1	EST2	EST3	EST4	EST5	EST6	
Total Viviendas	1.422	10.111	9.254	1.548	917	359	23.611
Total Hogares	1.480	10.465	9.521	1.588	933	360	24.347
Hogares / vivienda	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02	1,00	1,03

Fuente:  
EOD-H 2005 UNM.



### 2.6.3 Características socioeconómicas de la población

**Tabla 6.** Total de hogares por estrato y municipio.

MUNICIPIO	ESTRATO						TOTAL
	EST1	EST2	EST3	EST4	EST5	EST6	
Barbosa	1.252	7.140	1.457	37	0	0	9.885
Girardota	26	7.603	1.906	0	0	0	9.535
Copacabana	340	8.043	5.393	37	26	0	13.838
Bello	11.851	35.287	33.903	3.409	0	0	84.450
Medellín	50.370	196.822	202.561	77.124	49.208	21.667	597.752
Envigado	663	6.658	21.361	8.116	5.138	794	42.730
Sabaneta	5	3.999	7.201	279	7	4	11.495
Itagüí	1.370	20.739	34.941	597	23	0	57.669
La Estrella	441	5.457	6.050	115	0	0	12.063
Caldas	504	16.260	3.398	44	20	0	20.226
<b>Total Hogares</b>	<b>66.821</b>	<b>308.006</b>	<b>318.170</b>	<b>89.758</b>	<b>54.422</b>	<b>22.465</b>	<b>859.643</b>

Fuente:  
EOD -H 2005 (muestra expandida).

La tabla 7 muestra el indicador denominado tamaño medio de hogar por estrato (personas/hogar), obtenido de los resultados entregados por la EOD-H 2005.

**Tabla 7.** Tamaño medio del hogar por estrato.

ESTRATO	TAMAÑO MEDIO HOGAR (personas/hogar)
1	4,0
2	3,8
3	3,8
4	3,4
5	3,3
6	3,2
<b>Total</b>	<b>3,8</b>

Fuente:  
EOD -H 2005 (muestra expandida).

Se observa para Medellín que los hogares de mayor estrato tienden a un tamaño medio de hogar menor. A modo de referencia, en Santiago de Chile la Encuesta de Viajes en Hogares del año 2002 entregó un tamaño medio de hogar de 3.64 personas/hogar. La tendencia de los últimos años es a la baja para este indicador.

### 2.6.3.1 Tasa de motorización

**Tabla 8.** Tasa de motorización por estrato.

ESTRATO	VEH. PARTICULARES /HOGAR
1	0,017
2	0,044
3	0,139
4	0,392
5	0,735
6	1,575
<b>Total</b>	<b>0,197</b>

Fuente:  
EOD - H 2005 (muestra expandida final).

De la anterior tabla 8 se desprende que en promedio existe un auto particular por cada 5 hogares en el área de estudio. La tabla siguiente presenta la distribución del indicador de tasa de motorización por estrato socioeconómico.

**Tabla 9.** Hogares según estrato y motorización.

ESTRATO	MOTORIZACIÓN (AUTOS/HOGAR)				% DE MOTORIZACIÓN POR ESTRATO			
	Sin Auto	1 Auto	2 o más Autos	Total	Sin Auto	1 Auto	2 o más Autos	Total
1	65.699	1.076	46	66.821	98,32%	1,61%	0,07%	100,00%
2	295.052	12.462	492	308.006	95,79%	4,05%	0,16%	100,00%
3	276.837	38.633	2.701	318.170	87,01%	12,14%	0,85%	100,00%
4	58.126	28.395	3.237	89.758	64,76%	31,64%	3,61%	100,00%
5	22.031	25.636	6.755	54.422	40,48%	47,11%	12,41%	100,00%
6	1.468	9.419	11.578	22.465	6,53%	41,93%	51,54%	100,00%
<b>Total</b>	<b>719.213</b>	<b>115.621</b>	<b>24.809</b>	<b>859.643</b>	<b>83,66%</b>	<b>13,45%</b>	<b>2,89%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente:  
EOD - H 2005 (muestra expandida final).

Se observa que a nivel de toda el área de estudio un 83,7% de los hogares no posee automóvil particular, y sólo un 2,9% posee más de 2 autos en sus hogares.

Sin embargo, a nivel de estratos en particular, mientras un 98,3% de los hogares del estrato 1 o ingreso bajo no poseen automóvil, un 93,5% del estrato 6 de ingreso alto poseen 1 o más automóviles.

Así también, de los 719.213 hogares sin auto del área de estudio, 637.588 (el 88,7 %) pertenecen a las categorías 1, 2 y 3.

## 2.7. TRANSPORTE INTERURBANO

### 2.7.1 Transporte de carga por carretera

Según los datos de la encuesta de carga 2003, realizada por el Ministerio de Transporte, la capacidad de movilización ofrecida por los vehículos de transporte de carga en Colombia es de 161 millones de toneladas, frente a una movilización efectiva de carga de 99.8 millones de toneladas; con un índice de ocupación por movilización promedio de 61,89%. Dicho desequilibrio se manifiesta en condiciones favorables para los propietarios de la carga, pero adversas a los transportadores, y en todo caso, en detrimento de la armonía deseable entre las distintas partes que intervienen en la actividad.

Es importante resaltar del diagnóstico que la carga que ingresa y sale del Valle de Aburrá se mueve en modo carretero y modo aéreo. A Medellín ingresan aproximadamente 6 millones de toneladas al año por carretera, y por los aeropuertos 31.000 toneladas, representados principalmente por la carga que mueve el aeropuerto José María Córdova a nivel internacional, el cual para el año 2003 fue de 27.511 toneladas y corresponde en un 90% a las exportaciones de flores.

#### Problemática

- Altos costos del transporte de carga que se ven reflejados en los consumidores y en la baja competitividad de nuestros productos en mercados internacionales, siendo unos de los principales factores incidentes en este aspecto.
- Deterioro acelerado de las vías a causa de la gran cantidad de camiones pesados en las calles y carreteras, lo que causa altos costos de mantenimiento o reparación temprana de las estructuras de pavimento, teniendo en cuenta que los camiones pagan una tarifa de peaje que no se compensa con el deterioro que producen con la estructura de los pavimentos.
- Paso de vehículos interurbanos por la red urbana del Valle de Aburrá, en especial sobre el corredor del Río Medellín, que causan congestión, contaminación y ocupación del espacio público.
- Alto número de accidentes en las carreteras que ocasiona pérdidas humanas y materiales, debido en gran medida a los deficientes esquemas empresariales de prestación del servicio y a la sobreoferta de vehículos para prestar estos servicios.

#### Causas

- El esquema empresarial del transporte de carga en Colombia no cuenta con reglas claras en su operatividad, comenzando por las empresas transportadoras, algunas de las cuales, en su mayoría, no tienen una misión, ni objetivos definidos, pese a haber cumplido con una serie de requisitos exigidos por la Ley para su habilitación.
- No existe un control de los sistemas y empresas de transporte de carga a nivel regional, debido a que estos son competencia exclusiva del Gobierno Nacional, conforme como se establece en la Ley 105 de 1993 y 336 de 1996, así como los artículos 8 y 9 del Decreto 173 de 2001.
- Esa falta de identidad con la misión que deben cumplir, hace que carezcan de las herramientas que garanticen una eficaz administración y una adecuada infraestructura, que logre un valor agregado al proceso de transporte de mercancías.
- El propietario del vehículo no opera su equipo con un criterio empresarial, sino convirtiéndolo en exclusivo elemento de subsistencia, sin tener en cuenta conceptos de eficiencia, productividad y rentabilidad; dándole además un manejo doméstico a sus ingresos.

- ┌ En el transporte de carga no ha existido sentido de planeación, considerado este como la acción deliberada sobre variables, en procura de resultados.
- ┌ A raíz de las condiciones de seguridad, el transporte carretero en Colombia trabaja medio tiempo ya que las condiciones no permiten la eficiencia deseada. El transporte durante 24 horas efectivas elevaría naturalmente la oferta del servicio.
- ┌ Demoras en cargue y descargue: los vehículos de transporte se utilizan como bodegas presentando demoras irrazonables para descargue en las instalaciones portuarias o directamente a los clientes, la reducción tendiente a cero en dichas demoras incrementaría la sobreoferta de transporte.
- ┌ De carácter cíclico: es evidente que en la coyuntura económica (años 2001-2004), se manifestaron menores volúmenes de carga para transportar repercutiendo esto en una sobreoferta del transporte.
- ┌ La estructura de la red vial obliga el paso de múltiples flujos interurbanos por el eje del Río Medellín, a raíz de la ausencia de vías alternativas que eviten cruzar el Valle de Aburrá.
- ┌ Sobreoferta de vehículos para el transporte de carga.

#### **Oportunidades**

- ┌ Políticas claras del gobierno nacional tendientes a mejorar las condiciones de seguridad en las carreteras.
- ┌ Proyectos nacionales para mejorar las condiciones viales e integrar los puertos, los ferrocarriles y los aeropuertos como se plantea en el Plan Segundo Centenario 2019, en aprobación por parte del Gobierno Nacional.
- ┌ Conciencia de algunos grupos de empresarios sobre la necesidad de organizarse como empresas de transporte competitivas en el mercado tanto nacional como internacional.
- ┌ Se tiene la ventaja de que Antioquia cuenta con el mayor número de empresas transportadoras lo cual corresponde al 15% (174) del total nacional.
- ┌ Existe una capacidad transportadora superior a la demanda de carga, lo cual se ve reflejado en un índice de ocupación por movilización que en promedio es del 61,89% para el año 2003, matizado por la edad y real utilidad del parque automotor.
- ┌ Se encuentra en estudio la construcción de un puerto seco en la zona norte del Valle de Aburrá.
- ┌ Es posible crear una vía alterna al paso por el Valle de Aburrá para algunos flujos, mediante la construcción de la vía alterna; Santa Fe de Antioquia – Puerto Valdivia.

#### **Debilidades**

- ┌ Oposición de los transportadores a las transformaciones de su estructura empresarial, aduciendo que el negocio siempre ha sido rentable como lo manejan en la actualidad, lo cual genera una falta de visión por parte de los propietarios de vehículos y las pequeñas empresas.
- ┌ Deficiencia de políticas claras del Gobierno para la regulación de los transportadores e indicadores que permitan evaluar la calidad de sus servicios.
- ┌ Inseguridad en las vías por problemas de orden público.
- ┌ El parque automotor de carga en un 58,36% ya cumplió su vida útil, por lo que la sobreoferta del parque automotor tendría que ser estimada con mayor precisión considerando el parque útil.
- ┌ Deficiencias en la infraestructura vial que se traducen en incrementos de los costos de operación.
- ┌ Ausencia de planeación, especialmente en aspectos logísticos.

### 2.7.2 Transporte de pasajeros por carretera

Según los resultados del diagnóstico: Terminales de Transporte de Medellín S.A. presenta un movimiento promedio diario para el año 2004 de 2.077 vehículos que salen (buses y taxis), de los cuales 1.502 parten directamente del Terminal Norte y 576 parten del Terminal del Sur (aunque el número de vehículos inscritos en las Terminales es próximo a 5.000, de los cuales 3.410 son buses, 624 microbuses y 1.047 taxis). En un día pico salen de la Terminal del Norte 2.200 vehículos y de la del Sur 1.100 vehículos. Se estima que en promedio entre 45.000 y 50.000 personas hacen uso de ambas terminales para salir, lo que equivale a más de 16 millones de personas al año con más de 750 mil vehículos/año saliendo. Así que de las terminales salen 5 pasajeros por habitante, es decir que salen 12.5 veces más personas que de los dos aeropuertos, de los que salen apenas 0,4 pasajeros por habitante.

#### Problemática

- Se requiere del planeamiento para determinar la necesidad de espacios para la construcción de nuevas terminales o la ampliación de las existentes y determinación de las condiciones de operación actuales y futuras.
- Desarticulación de un sistema normativo de regulación de terminales, el cual incide directamente en las condiciones de prestación eficiente de los servicios afectando a los usuarios.
- Existen algunos vehículos que cumplieron su vida útil y continúan prestando el servicio de transporte de pasajeros, lo que en muchas ocasiones incrementa el riesgo de accidentes.
- Deficiente gestión empresarial del transporte de pasajeros por carretera y resistencia al cambio por parte de los operadores.

#### Causas

- Existe un vacío a nivel nacional en la orientación de las empresas operadoras de terminales de transporte terrestre, producto de la inconsistencia en el pronunciamiento de la autoridad competente sobre la normatividad relacionada con la operación de terminales.
- La falta de instructivos claros para aplicar la normatividad vigente ha ocasionado que cada empresa responsable de la operación de terminales, tenga su propia interpretación y aplicación, generando incertidumbre sobre las competencias que tienen éstas frente a las empresas transportadoras.
- La definición de las políticas y la reglamentación del sector transporte de pasajeros por carretera son competencia exclusiva del Gobierno Nacional, conforme como se establece en la Ley 105 de 1993 y 336 de 1996, así como los artículos 9 y 10 del Decreto 171 de 2001.
- La desarticulación existente entre las empresas del sector impide estructurar un modelo de operación de terminales de transporte que dé respuesta a los usuarios y a las empresas transportadoras en correspondencia con sus requerimientos.
- El nivel de ordenamiento territorial de las diferentes ciudades del país impide adoptar medidas exigentes en cuanto a la operación de las terminales de transporte y no se muestra interés en contribuir al ordenamiento urbano a través del control de rutas y horarios asignados por el Ministerio.
- La recesión económica y los problemas de orden público afectaron considerablemente la generación de ingresos del sector transporte.
- Políticas ineficientes en cuanto a la reposición del parque automotor, principalmente en aquellas empresas que son afiladoras y no propietarias.

#### **Oportunidades**

- └ Se cuenta con dos terminales de transporte con una infraestructura adecuada para la atención de la demanda de viajes actual y posiblemente la futura (20 años).
- └ De acuerdo con la demanda de transporte, la Terminal del Norte tiene una capacidad adicional de alojamiento de vehículos durante los próximos 10 años. La Terminal del Sur sólo se encuentra utilizada a la mitad de su capacidad, según la Empresa de Terminales de Transporte S.A.
- └ Existe una tendencia de crecimiento de las salidas de vehículos de las terminales, la cual se ve reflejada con un crecimiento del 2.5% anual.
- └ Las terminales se encuentran agrupadas en una empresa anónima con solidez dentro de las empresas de transporte.
- └ Además, existen terminales satélites dentro del Valle de Aburrá, cuya conveniencia y potencial deberá ser evaluada en la proposición del Plan Maestro de Movilidad.

#### **Debilidades**

- └ La falta de una normatividad que regule con claridad la administración y el manejo de las terminales.
- └ La no inclusión en los POT de espacios para la localización de terminales de transporte y la afectación de predios para este fin.

### **2.7.3 Transporte aéreo**

El Capítulo 12 del diagnóstico contiene las características de ambos aeropuertos, su ubicación y entorno, así como las estadísticas disponibles. De ellas se desprende que el aeropuerto EOH moviliza del orden de 800.000 pasajeros por año, en tanto que el aeropuerto JMC moviliza del orden de 1.800.000 pasajeros por año, de los cuales unos 350.000 son internacionales. Se tiene así un total de pasajeros nacionales de orden de 2.250.000 por año, esto es, del orden de 0.75 viajes por habitante. En carga, EOH moviliza del orden de 6.000 toneladas por año, y JMC del orden de 90.000, de las cuales unas 60.000 son internacionales. El total de carga nacional es de unas 36.000 toneladas por año, para los dos aeropuertos.

#### **Problemática**

- └ Pérdidas de tiempo para los usuarios que utilizan el transporte aéreo y mayores costos para las mercancías que se transportan.
- └ La inexistencia de vuelos directos a muchos destinos nacionales e internacionales, obliga a realizar conexiones en Bogotá, Panamá u otros lugares, lo cual tiende a hacer menos competitivos a los ejecutivos locales.

#### **Causas**

- └ Dificultades de acceso terrestre al aeropuerto JMC desde el Valle de Aburrá. Existen varias rutas, pero todas ellas implican tiempos de viaje relativamente largos, aunque no inusuales con respecto a los casos de otras ciudades en el mundo.
- └ Falta de planeación para generación de estrategias que permitan incrementar a demanda del aeropuerto JMC.

#### **Oportunidades**

- └ Existencia de proyectos en construcción como la segunda calzada de la vía Las Palmas, lo cual reducirá los tiempos de viaje, especialmente desde el sector de El Poblado que concentra la población de mayor ingreso y que por lo tanto utiliza más intensamente el transporte aéreo.

- ┌ Estudios de prefactibilidad para construcción de proyectos como el Túnel de Oriente o un cable aéreo de carga o pasajeros que conecte el Valle de Aburrá con el Aeropuerto.
- ┌ Existencias de reservas de capacidad para atender las demandas a largo plazo.
- ┌ Existencia del aeropuerto EOH para atención de los viajes regionales y del JMC, para la atención de vuelos departamentales e internacionales.
- ┌ Existencia de una zona franca aledaña al aeropuerto JMC.

#### **Debilidades**

- ┌ Falta de solidez económica de las entidades gubernamentales para la ejecución de proyectos como el Túnel de Oriente.
- ┌ Existencia de pocas aerolíneas en el país y baja demanda de pasajeros que no posibilitan el ofrecimiento de diversidad de alternativas para los viajeros.
- ┌ Altos costos para la utilización del servicio, lo que hace que este modo de transporte sea accesible para pocos usuarios.

#### **2.7.4 Transporte ferroviario**

El país cuenta con dos redes ferroviarias, la red del Atlántico y la red del Pacífico, las cuales fueron concesionadas a FENOCO (Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A.) y a la Sociedad Concesionaria de la Red Férrea del Pacífico S.A. (hoy Tren de Occidente S.A.) respectivamente. Estas concesiones han iniciado trabajos de recuperación de la vía, que a la fecha del informe de diagnóstico tenían avances de un 69% y un 14%, respectivamente.

El resto de la red vial no ha sido concesionada, existiendo algunos tímidos proyectos de rehabilitación que no han llegado a materializarse. Esta red se encuentra en condiciones de deterioro crítico, el corredor está cubierto de invasiones y en muchas situaciones se ha desmantelado, principalmente por el abandono en el que actualmente se encuentra la infraestructura ferroviaria, principalmente en Antioquia.

#### **Problemática**

- ┌ Altos costos del transporte de carga, principalmente de las materias primas y otros productos manufacturados, tanto de importación como de exportación, lo cual se ve reflejado en la pérdida de competitividad con los mercados internacionales y en mayores costos para los usuarios finales
- ┌ Pérdida de un patrimonio del Estado ocasionado por el deterioro de las infraestructuras y maquinarias que estuvieron en operación durante muchos años y que ahora están fuera de servicio.

#### **Oportunidades**

- ┌ La principal oportunidad para el Valle de Aburrá se refiere a la rehabilitación del ferrocarril del Atlántico, cuya puesta en servicio permitiría trasladar las cargas de importación y exportación a un costo menor que el costo carretero. Inicialmente, el sistema podría funcionar con un terminal de carga en el sector de El Hatillo, realizándose la distribución desde dicho punto mediante camiones de pequeño tonelaje. Una condición esencial para que esta oportunidad pueda ser aprovechada es lograr una calidad de servicio adecuada y competitiva.

- Otra oportunidad se refiere a la posibilidad de integrar las redes ferroviarias atlántica y pacífica a través del corredor intermodal de Valle de Aburrá. Sin embargo, el alto costo de este proyecto y la situación de invasión de algunos tramos de la vía requiere determinar la demanda efectiva que atraería, de modo de poder justificar su realización.

### 2.7.5 Transporte fluvial, marítimo y ductos

Según lo planteado en el capítulo 14 del diagnóstico, no existen problemas relacionados con el transporte marítimo, ni con la operación, capacidad y costos de los diversos puertos. Un 20% de la carga es movilizadada por Buenaventura, y un 80% por los puertos del Atlántico. Los problemas se refieren más bien al alto costo de acceso a los puertos, lo cual podría mitigarse con un mayor uso del transporte ferroviario.

El transporte fluvial es empleado principalmente para productos masivos como el carbón y los hidrocarburos. Existe potencialidad de utilizarlo para otros tipos de productos, en especial para el comercio exterior del Valle de Aburrá. Ello implicaría inversiones en el mejoramiento de la navegabilidad del Río Magdalena y probablemente se requerirían también inversiones en Puerto Berrío.

## 2.8. TRANSPORTE URBANO

### 2.8.1 Demanda global de viajes

La fuente principal para obtener la demanda de viajes lo constituyó la encuesta origen destino realizada a hogares en el año 2005.

**Tabla 10.** Viajes diarios por modo en el Valle de Aburrá año 2005.

MODO	VIAJES	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		Por modo	Grandes modos
Peatonal	1.421.000	30,33%	30,33%
Auto particular	597.473	12,75%	24,04%
Taxi	300.548	6,42%	
Moto	228.194	4,87%	
Metro	303.272	6,47%	40,48%
Bus	1.593.017	34,01%	
Bicicleta	45.106	0,96%	0,96%
Otros	195.779	4,18%	4,18%
<b>Total</b>	<b>4.684.389</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente:  
EOD - H 2005 (muestra expandida final).

- La relación de viajes diarios por habitante muestra para el Valle de Aburrá un indicador de 1.4 viajes-día/hab.
- Se observa que el modo más solicitado es el bus con más del 34% de la totalidad de los viajes que se realizan en el día.
- Respecto a la producción de viajes privados, la relación de viajes diarios en transporte privado indica un 0.35 viajes-día transporte privado/hab. para el valle de Aburrá.



- A nivel de transporte público total presenta una participación de 40.5%. Respecto a la producción de viajes en transporte público, la relación de viajes diarios en modos públicos por habitante incluyendo el Metro es de 0.59 viajes día transporte público por habitante para el Valle de Aburrá.

### 2.8.2 Infraestructura vial

El Valle de Aburrá tiene según datos del diagnóstico del año 2005 del orden de 3.000 Km de vías, lo cual para la cantidad de población existente de 3.2 millones de habitantes permite estimar un indicador de 900 metros de vía por cada 1.000 habitantes. Ello es inferior al promedio del país, que es del orden de 3900 metros de vía por cada 1000 habitantes.

Por observación directa del consultor en terreno, se pudo constatar que el Municipio de Medellín cuenta en su zona central con una infraestructura bastante desarrollada, con avenidas amplias, numerosas intersecciones a desnivel y una vía, "la Regional del Río", con un estándar que permite velocidades de operación relativamente altas.

Si bien existe una vialidad suficiente, no se aprecia una buena conectividad entre las vías principales de la ciudad, escaseando las vías de circunvalación al poniente y oriente de la ciudad de buen estándar, que den una accesibilidad eficiente entre el Norte y el Sur y que constituyan una real alternativa a la vía regional.

Da la impresión que las obras en vías existentes han sido concebidas en forma independiente para solucionar congestiones puntuales, sin formar parte de un plan integral que uniformice la capacidad de tramos relevantes de cada corredor vial, el cual naturalmente existe pero no ha sido desarrollado a cabalidad, por prioridades circunstanciales y restricciones presupuestarias.

Lo anterior se agrava aún en otros sectores, en especial en aquellos con altas pendientes, en los cuales la infraestructura vial es en general precaria y angosta, con severos problemas de continuidad en algunos casos, y en otros de variaciones en la sección transversal y por ende en la capacidad.

### 2.8.3 Motorización

La motorización actual del Valle de Aburrá es moderada, tal cual lo refleja la tabla 11 que compara el parque vehicular existente y su relación con el total de habitantes entre el Valle de Aburrá y la ciudad de Santiago de Chile.

12

Incluye autos, motos, taxis, buses y camiones.

**Tabla 11.** Motorización del Valle de Aburrá.

	VALLE ABURRÁ	SANTIAGO DE CHILE
Parque vehicular Total (veh) <sup>2</sup>	450.000	1.014.816
Parque vehicular autos (veh)	266.667	900.000
Hab. (miles de habitantes)	3.200	5.400
Vehículos totales por habitantes	1 vehículo / 7 habitantes	1 vehículo / 5 habitantes
Autos particulares por Habitantes	1 auto / 12 habitantes	1 auto / 6 habitantes

Fuente: elaboración propia según datos de las bases de licitación del estudio previo a la EOD - H 05.

Se aprecia de la anterior tabla que la tasa de vehículos totales por habitante es menor que en Chile y muy inferior a nivel de autos particulares por habitante.

Teniendo en cuenta que el problema de motorización del automóvil particular todavía esta controlado, la Región igual debe prepararse tanto con infraestructura como con políticas y estrategias para gestionar una movilidad donde el automóvil particular ejercerá una gran presión, ya que su tenencia puede duplicarse hasta el año 2010 y hasta triplicarse al año 2015 con respecto a la cifra que se tenía en el año 2002.

Sin embargo, la distribución de la motorización es muy desigual entre diversos sectores del área, siendo especialmente elevada en El Poblado, Laureles – Estadio, Envigado, La América y Belén. Ello significa que la presión señalada en el párrafo anterior probablemente ya se está produciendo en estos lugares.

#### 2.8.4 Taxis

Según el capítulo 18 del diagnóstico, el taxi cumple un papel importante en la movilidad del Valle de Aburrá como en otras áreas urbanas de Colombia. Por ejemplo en el Valle de Aburrá, donde existen alrededor de 27.000 taxis, se realizan más de 300 mil viajes diarios en este modo por los residentes del Valle de Aburrá, según la encuesta O/D del año 2005, lo cual representa más del 6% de los viajes motorizados de la región. Estos viajes son apenas una parte de los desplazamientos en taxi, porque no se han sumado las etapas de viaje que van al Metro en taxi, ni los viajes realizados por personas no residentes.

El taxi cobra tarifas que son relativamente baratas en comparación con otras ciudades como Cartagena y Cali, hecho que lo hace un modo de transporte más atractivo, especialmente para los estratos de ingreso medio y alto. Aunque también es utilizado por los estratos bajos como taxi-colectivo por varias personas que pagan una tarifa similar a la de los buses, pero este servicio los lleva más rápido y más cerca del sitio de destino o trasbordo.

13

Un (1) US\$=532 \$ch,  
un (1) US\$=2100 \$col.

La tabla 12 presenta el parque vehicular actual de taxis de Medellín, el cual se compara con el de Santiago de Chile.

**Tabla 12.** Características del mercado de taxis del Valle de Aburrá y Chile.

	VALLE ABURRÁ	SANTIAGO DE CHILE
Parque vehicular de taxis (vehículos)	27.000	26.451
Hab. (miles de habitantes)	3.200	5.400
Relación Operativa (veh/1000 hab.)	8,48	4,90
Tarifa fija (U\$\$) <sup>13</sup>	0,62	0,28
Tarifa Variable (U\$\$/km)	0,30	0,75
Tarifa Variable (U\$\$/min.)	0.02	0,15

Fuente:  
elaboración propia con base en  
datos existentes.

De la tabla anterior, se observa una diferencia muy significativa en la relación que mide la cantidad de vehículos por habitante entre ambas ciudades. A su vez el valor de la tarifa indica un valor muy inferior de la tarifa variable para el Valle de Aburrá respecto a las tarifas que se cobran por este concepto para el taxi de Santiago.

### 2.8.5 Metro

La tabla 13 da cuenta de la utilización que presenta en la actualidad el Metro de Medellín. Para ello se compara con el Metro de Santiago de Chile existente al año 2002.

**Tabla 13.** Características del Metro del Valle de Aburrá y de Chile.

	MEDELLÍN	SANTIAGO DE CHILE
Pasajeros al día	380.000	741.967 <sup>14</sup>
Km de vía ( km)	31	40,3 <sup>15</sup>
Pasajeros por Km de línea	12.258	18.411 <sup>16</sup>
Pasaje Metro Unitario Rebajado	0,50	0,70
Pasaje Metro unitario Sencillo (U\$\$) <sup>17</sup>	0,57	0,86
Pasaje estudiante (U\$\$) <sup>18</sup>	0,42	0,23

Fuente:  
elaboración propia.

Se observa una diferencia muy significativa en la relación de pasajeros por kilómetro de línea entre ambas ciudades, siendo del orden de un tercio inferior la relación de Medellín respecto a la de Santiago, aunque las tarifas de Santiago de Chile son bastante mayores que las de Medellín a nivel de pasajero adulto.

Lo anterior indica que una diferencia del modo Metro respecto al modo taxi, que también es más barato que otras ciudades, tiene una gran participación como modo. La razón que explica esta baja demanda por el Metro es la poca cobertura a nivel de las zonas del Valle en la actualidad, existiendo modos alternativos como los buses para viajes largos y los taxis para viajes más cortos, que sí dan una mayor cobertura o accesibilidad entre las distintas zonas de la ciudad. Una manera de aumentar esta cobertura es proporcionando un sistema integrado de transporte público.

En los últimos tres años se ha avanzado en la integración entre el Metro y los buses. En el 2004 había 46 rutas integradas tarifaria y físicamente, y 18 sólo físicamente; para el año 2005 las rutas integradas aumentan a 95. Sin embargo, la integración actual presenta el problema de que la tarifa integrada resulta más alta que la de rutas directas con vehículo tradicional, por lo cual son poco competitivas, eso sin tener en cuenta a los usuarios que para su desplazamiento debían disponer de dos rutas diferentes. A ello se suma que en ciertos casos el servicio integrado ofrece una menor frecuencia, lo cual induce a elegir el servicio tradicional.

### 2.8.6 Transporte público colectivo

Según el capítulo 20 del Diagnóstico, en el Valle de Aburrá operan 7.080 vehículos de transporte público colectivo, de los cuales 4.499 son buses y busetas y 2.581 microbuses. La ocupación de los buses en horas pico en el mes de marzo de 2003, según estudios de 21 corredores, era de 54% en promedio. Esto indica claramente la existencia de sobreoferta.

14

Datos año 2002. En la actualidad existe una nueva línea al sur de la ciudad.

15

Ibíd.

16

Ibíd.

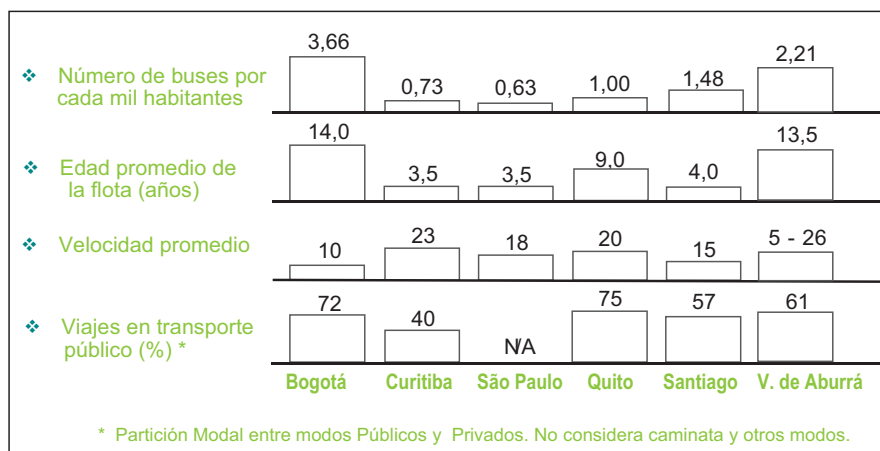
17

Tarifa valor medio año 2006.  
Un (1) U\$\$=532 \$ch ,  
un (1) U\$\$=2100 \$col.

18

Ibíd.

**FIGURA 5.** Valle de Aburrá *versus* otras conurbaciones de Latinoamérica.



**Fuente:**  
elaboración propia con base en  
datos existentes.

De la figura anterior se considera también que el Valle de Aburrá presenta junto a Bogotá, la edad promedio mayor de la flota de las ciudades comparadas, lo cual se traduce en aumento de la contaminación ambiental (polución, ruido) causada por vehículos de tecnología antigua y obsoleta para dar servicios de transporte público.

El esquema empresarial del sector se basa en empresas de transporte que se limitan a ser simples afiliadoras de vehículos para cubrir las rutas que le son permitidas por la autoridad competente; debido a este limitado compromiso tienen escaso control sobre la operación comercial de los vehículos, la cual depende de los conductores, quienes derivan sus ingresos del número de pasajeros movilizados; situación que conduce a generar lo que se ha conocido hoy como la "guerra del centavo"; es decir, la disputa por los pasajeros por parte de los diferentes conductores de los vehículos, lo cual tiende a generar situaciones de competencia que se convierten en circunstancias de riesgo, no sólo para ellos, sino además para quienes utilizan el servicio y circulan en el espacio público.

Para mitigar estos problemas se ha comenzado a implementar el sistema de caja única en algunas empresas. Si bien este sistema permite eliminar la competencia por los pasajeros entre buses de una misma ruta, no resuelve por completo el problema, pues la guerra del centavo puede todavía producirse entre buses de diferentes rutas que compartan parte de su recorrido.

Por otra parte, desde el punto de vista de la empresa afiliadora, el aumento del número de vehículos afiliados genera un incremento de sus ingresos producto de las cuotas mensuales de administración o rodamiento que cobran por permitir a cada uno de los

vehículos operar en las rutas que les han sido adjudicadas. Ello tiende a reforzar la sobreoferta de servicios y por lo tanto requiere de tarifas más altas para poder cubrir los costos de operación, incrementando además la congestión y la emisión de contaminantes. Lo anterior abre la oportunidad para reducir los costos de transporte, la contaminación y la congestión, acompañado de una reducción de tarifas y/o mejoramiento de la calidad del servicio.

La oferta en la periferia de la ciudad no sólo es pobre en confiabilidad, sino que también obliga a pagar una doble tarifa a los usuarios de menores recursos. También las tasas de accidentalidad son extremadamente altas, como resultado de la "guerra del centavo", característica operacional similar de todas las ciudades comparadas, lo que sumado a las pobres condiciones laborales de los conductores explica la alta tasa de accidentes.

El excesivo parque automotor termina generando bajos niveles de rentabilidad por máquina, lo que se traduce en ineficientes condiciones de mantenimiento de los vehículos, que repercuten en la emisión de contaminantes y en menor medida, pero también importante, en la tasa de accidentalidad.

La situación planteada genera los siguientes problemas:

- Mayores tiempos de viaje por congestiones y bajas velocidades.
- Inseguridad en los desplazamientos por elevada edad del parque automotor de transporte público, "guerra del centavo" y uso de vehículos no adecuados para el transporte.
- Altos costos de transporte por sistema de rutas inadecuado a la demanda.
- Disminución progresiva de los ingresos por vehículo por el incremento del parque automotor.
- Consumo del capital por el manejo de la actividad transportadora sin criterios empresariales.
- Altos costos operacionales.
- Largas jornadas de trabajo de los conductores (aunque interrumpidas por tiempos ociosos).
- Condiciones extenuantes y estresantes de trabajo (recibo de dinero y conducción, etc.).
- Carencia de condiciones laborales ajustadas a la legislación vigente.
- Incertidumbre en los ingresos salariales (pago por pasajero movilizado).
- Contaminación ambiental (polución, ruido, etc.) causada por vehículos altamente contaminantes.
- Congestión.
- Disminución de la competitividad regional.
- Pérdida del capital humano por los altos índices de mortalidad asociados a las tasas de accidentalidad.
- Disminución de demanda del Metro por la competencia directa del transporte colectivo.
- Disminución de la demanda del Metro por ser la tarifa combinada mayor que la tarifa de un bus directo que hace el mismo recorrido.

Con el objeto de contribuir a la solución de los problemas actuales del transporte público en el Valle de Aburrá, se ha propuesto la implementación de un **Sistema Integrado de Transporte para el Valle de Aburrá.**

### **2.8.7 Tren suburbano del Valle de Aburrá**

Este proyecto consiste en desarrollar y poner en marcha un sistema de trenes que mejoren la comunicación de la ciudad con los municipios del Norte y Sur del Valle de Aburrá entre Barbosa y Caldas, para el transporte masivo de pasajeros.

El proyecto mejoraría la accesibilidad de su área de influencia, y probablemente incentivaría el desarrollo inmobiliario, en especial en el entorno de las nuevas estaciones: Comfama, Parque de las Aguas y Hatillo, reduciendo así la presión sobre el escaso suelo disponible en Medellín.

## **2.9. ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD NO MOTORIZADA**

---

### **2.9.1 Introducción**

Sin desconocer la importancia del transporte motorizado dentro de la movilidad del territorio, es preciso reconocer que su espiral evolutiva es insostenible y cada vez genera mayor cantidad de problemáticas y conflictos que deben ser solucionados a costos elevados de inversión. De esta manera, surgen consideraciones de tipo económico, ambiental y sociológico que dan cabida al desarrollo de medios alternativos para transportarse los cuales puedan ofrecer ventajas importantes para sus usuarios.

Los proyectos de andenes, senderos peatonales y ciclorrutas deben ser fortalecidos y se debe avanzar en su mejoramiento sostenido en materia de especificaciones, conectividad, accesibilidad e intermodalidad, e inclusión de equipamientos para las personas con movilidad reducida.

Este tema reviste gran importancia dentro del Plan Maestro de Movilidad, dado la gran cantidad de viajes que se realizan a pie, los cuales se concentran en zonas específicas como parques públicos, centros comerciales, zonas de actividad pública, universidades, zonas aledañas a los corredores del transporte público entre otros. De igual manera los viajes en bicicleta, que en los últimos años con la implementación de las ciclorrutas se han incrementado y permiten establecer políticas claras para incentivar el uso de estos modos alternativos.

### **2.9.2 Situación actual de los modos caminata, bicicleta y moto**

#### **Caminata (peatones)**

---

En la actualidad algunas zonas del Valle de Aburrá cuentan con infraestructuras adecuadas para la circulación de los peatones que han sido generadas básicamente en los alrededores de sistemas de transporte como el Metro en lo que se ha denominado la red caminera del Metro, estos cuentan con andenes amplios y equipamientos adecuados para la accesibilidad de las personas con movilidad reducida.

En municipios como Medellín se ha implementado una serie de proyectos como en la zona del centro de la ciudad y en los principales corredores viales y sitios donde existen gran cantidad de servicios de tipo público, que han mejorado las posibilidades de acceso peatonal en la ciudad, aunque aún existan deficiencias en algunos sectores. En la actualidad se encuentran en ejecución estudios para mejorar las condiciones de accesibilidad peatonal, como es el caso del Plan Especial de Espacio Público y el Plan de Espacio Público para el Centro de la Ciudad. Además se tiene en ejecución el Proyecto del Metroplús que contempla la ejecución de accesos a las estaciones.

En lo que respecta a los demás municipios del Valle de Aburrá, existen grandes deficiencias en cuanto a infraestructuras para el peatón, debido a que se cuenta con andenes estrechos y se tienen pocas o nulas posibilidades de ampliación y en algunos casos no se ha tenido en cuenta al peatón para localizar y priorizar las infraestructuras.

## Bicicleta

El Municipio de Medellín es el único que cuenta en la actualidad con un Plan de Ciclorrutas. En el año 1999 se definió la red inicial de ciclo vías permanentes o ciclorrutas y se insertó en el POT.

**FIGURA 6.** Red actual de ciclorrutas en Medellín.



Fuente:  
Plan de Ciclorrutas 2005 – 2007.

## Motocicletas

Las autoridades locales se encuentran preocupadas por el incremento de la utilización de este modo de transporte, que siendo peligroso, inseguro, inestable y que se encuentra involucrado en un gran número de accidentes, generalmente con lesiones graves, sigue siendo un medio de transporte apropiado para vencer la congestión, debido a que requiere menos espacio y puede circular por entremedio de los vehículos, sobrepasando a éstos principalmente en los momentos en que los semáforos se encuentran en rojo, logrando llegar al frente de la cola que se forma en el semáforo; adicionalmente son de bajos costos y de fácil adquisición.

### 2.9.3 Análisis comparativo

Del análisis cuantitativo se concluye entonces que se deberían desarrollar estrategias de promoción y aseguramiento dirigidas a cada uno de estos modos de manera independiente.

**Tabla 14.** Indicadores longitud y cobertura viajes a pie, bicicleta y moto.

	<b>CAMINATA</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTO</b>
Viajes Kilómetros	361306	43261	204299
Viajes Totales (punta mañana)	288919	9909	34591
Distancia Promedio de Viaje (Km)	1,25	4,34	6,10
Viajes Interzonales	144885	6267	31197
Viajes Intrazonales	144094	3690	2289
% Viajes Interzonales	50,1	62,9	93,2
% Viajes Intrazonales	49,9	37,1	6,8

Fuente:  
EOD-H 2005 UN Sede Medellín.

Se observa que la longitud promedio de los viajes a pie es de 1.25 kilómetros. Los viajes en bicicleta superan los 4 kilómetros y en moto alcanzan 6.1 kilómetros. Este indicador está directamente relacionado con la proporción de viajes intrazonales (viajes efectuados dentro de una misma zona). En el caso de la caminata, la mitad de los viajes se efectúan dentro de la misma zona (origen y destino en la misma zona). El 37% de los viajes en bicicleta son intrazonales, y los viajes internos representan solo un 7% en el caso de la moto.

## 2.10. DIAGNÓSTICO INTEGRAL

El diagnóstico ha sido dividido en dos partes: la movilidad externa y la interna. Dentro de cada una se presentan en primer lugar los problemas y conflictos, luego las potencialidades y oportunidades.

### 2.10.1 Movilidad externa

El Valle de Aburrá y el entorno del mismo relacionado funcionalmente con él, en especial los municipios cercanos del oriente antioqueño, tienen relaciones con el resto del Departamento, el territorio nacional y el extranjero, que requieren soluciones adecuadas de movilidad, tanto para carga como para pasajeros.

#### Problemas y conflictos

- └ Escasa diversidad de las exportaciones del departamento de Antioquia, donde 4 productos (oro, bananos, textiles y flores) concentran la mayor parte del valor. De éstos, sólo los textiles son producidos en el Valle de Aburrá, y enfrentan una fuerte competencia externa. Por otra parte, la tendencia observada es que la producción textil tienda a salir del Valle de Aburrá, localizándose en el oriente Antioqueño, especialmente en el Municipio de Rionegro, donde existen facilidades tales como el Aeropuerto y la Zona Franca.
- └ Insuficiente capacitación del recurso humano -tanto operario como directivo- en las industrias manufactureras del Valle de Aburrá.



- ┌ Deficiente infraestructura de transporte interno, portuario y aduanero regional y nacional, así como las insuficiencias en la organización empresarial y operacional, que se traducen en costos de transporte mayores que los que serían posibles. Ello implica que estas deficiencias en la movilidad están incidiendo sobre la capacidad productiva y la competitividad del Valle de Aburrá, al encarecer tanto sus insumos como sus productos.
- ┌ Insuficiencias en la infraestructura de movilidad y transporte desde y hacia el Valle de Aburrá y su entorno funcional, que tienden a comprometer su competitividad y el pleno aprovechamiento de sus potencialidades, tanto intrínsecas como de localización.
- ┌ Inexistencia de un sistema jerárquico de centros urbanos que permita establecer propuestas claras de sistemas de movilidad regional.
- ┌ Ausencia o insuficiencia de modelos e instrumentos de ordenamiento territorial departamental, regional y nacional, que concilien los intereses de los municipios y de los restantes agentes.
- ┌ Los ferrocarriles han sufrido un grave proceso de deterioro, que en la práctica los ha inhabilitado como alternativa real de transporte.
- ┌ Las conexiones viales con la costa Atlántica, el resto del país y la periferia del Departamento presentan serias insuficiencias, que afectan el costo de transporte y comprometen la seguridad. No hay conexión con la costa del Pacífico en el entorno del Valle de Aburrá.
- ┌ El entorno inmediato de las carreteras no ha sido protegido, de modo que en algunos lugares se ha producido poblamiento del mismo, transformándose en zona urbana. Ello, dada la velocidad con que circulan los vehículos por las vías, ha producido incrementos en la accidentalidad que han obligado a adoptar medidas restrictivas, con lo cual se deteriora el nivel de servicio de la vía.
- ┌ La articulación entre la vialidad principal interurbana y los sistemas arteriales urbanos del Valle de Aburrá presenta deficiencias e insuficiencias.
- ┌ Altos costos del transporte de carga hacia el Valle de Aburrá, que se ven reflejados en mayores precios de los productos de consumo final y de los insumos para la industria.
- ┌ Altos costos del transporte de carga hacia el Valle de Aburrá, que reducen la competitividad de sus productos en mercados internacionales y nacionales.
- ┌ La inexistencia de rutas alternativas produce el paso de vehículos interurbanos por la red urbana del Valle de Aburrá, en especial sobre el corredor del Río Medellín, que causan congestión, contaminación aérea y auditiva, y ocupación del espacio público.
- ┌ Deficiente gestión empresarial del transporte de pasajeros y carga por carretera y resistencia al cambio por parte de los operadores. Ausencia de planeación, especialmente en aspectos logísticos.
- ┌ La existencia de grupos armados ilegales afecta la seguridad del transporte carretero e inhibe la operación nocturna, aumentando así sus costos.
- ┌ Deficiencias en el sistema normativo de regulación de terminales de pasajeros, el cual incide directamente en las condiciones de prestación eficiente de los servicios, lo cual afecta a los usuarios.
- ┌ Excesiva antigüedad del parque automotor de pasajeros y carga, lo cual incrementa los costos y compromete la seguridad.

- ▮ Subutilización del aeropuerto José María Córdova y alta ocupación del aeropuerto Enrique Olaya Herrera.
- ▮ Excesivo tiempo de acceso entre el aeropuerto José María Córdova y el Valle de Aburrá.

#### **Potencialidades y oportunidades**

- ▮ Existe un potencial para incrementar las exportaciones no tradicionales, las que han mostrado cierto dinamismo en el pasado reciente.
- ▮ Existe un gran potencial de desarrollo en el departamento de Antioquia, en términos de riqueza natural (flora y fauna), potencial agropecuario, forestal y pesquero, desarrollo portuario y fluvial, suelos aptos para una agricultura extensiva maquinable, minería del oro tecnificada y sostenible, y suelos aptos para la reforestación a gran escala. En la medida que dicho potencial se materialice, el Valle de Aburrá podrá incrementar el mercado para sus servicios, industria liviana, telecomunicaciones y actividades comerciales.
- ▮ Una interesante oportunidad para el Valle de Aburrá se refiere a la rehabilitación del Ferrocarril del Atlántico, cuya puesta en servicio permitiría trasladar las cargas de importación y exportación a un costo menor que el costo carretero. En principio, el sistema podría funcionar con un terminal de carga en el sector de El Hatillo, realizándose la distribución desde dicho punto mediante camiones de pequeño tonelaje. Una condición esencial para que esta oportunidad pueda ser aprovechada es lograr una calidad de servicio adecuada y competitiva. Sin embargo, en un escenario diferente, cuando los flujos de atravesamiento de carga sean tales que no justifique los transbordos, se requerirá de la presencia de una vía continua pasando por el Valle de Aburrá.
- ▮ Otra alternativa es el transporte fluvial que actualmente es empleado principalmente para productos masivos como el carbón y los hidrocarburos. Existe la potencialidad de utilizarlo para otros tipos de productos, en especial para el comercio exterior del Valle de Aburrá. Ello implicaría inversiones en el mejoramiento de la navegabilidad del Río Magdalena y probablemente se requerirían también inversiones en Puerto Berrío.
- ▮ Existen proyectos nacionales para mejorar las condiciones viales e integrar los puertos, los ferrocarriles y los aeropuertos como se plantea en el Plan Segundo Centenario 2019, en aprobación por parte del Gobierno Nacional.
- ▮ Se encuentra en estudio la construcción de un puerto seco en la zona norte del Valle de Aburrá, el cual permitiría reducir el flujo de camiones pesados en la trama urbana.
- ▮ Se cuenta con dos terminales de transporte interurbano de pasajeros con una infraestructura adecuada para la atención de la demanda de viajes, incluyendo su eventual crecimiento en el mediano plazo.
- ▮ Para mejorar la conexión vial del Valle de Aburrá con el aeropuerto JMC se ha iniciado la construcción de la segunda calzada de la vía Las Palmas, lo cual debiera reducir los tiempos de viaje, especialmente desde el sector de El Poblado que concentra la población de mayor ingreso y que por lo tanto utiliza más intensamente el transporte aéreo. También ha sido planteada la construcción del Túnel de Oriente, el cual además de reducir el tiempo de viaje al aeropuerto permitiría mejorar la conectividad general entre el Valle de Aburrá y el Oriente Antioqueño.

#### **2.10.2 Movilidad interna**

El Valle de Aburrá y el entorno de la misma relacionado funcionalmente con ella, en especial los municipios cercanos del Oriente antioqueño, tienen relaciones internas que requieren soluciones adecuadas de movilidad, tanto para carga como para pasajeros.

### Problemas y conflictos

- La conservación de la infraestructura vial del Valle de Aburrá presenta deficiencias en algunas zonas. Hay también insuficiencias en la información acerca de la red vial urbana que posibilite una gestión eficiente de su conservación. Con algunas excepciones como Medellín donde existe un inventario de 1998 y un estudio para la conservación de los pavimentos, la señalización es deficiente en algunas zonas y principalmente cuando existen deterioros u obstáculos que caen sobre las vías. Además, el conflicto de superposición de competencias institucionales de escala nacional, departamental, metropolitana y municipal, sobre el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura vial, genera ineficiencia en la gestión.
- El Valle de Aburrá cuenta en su zona central con una infraestructura bastante desarrollada, con avenidas amplias, numerosas intersecciones desniveladas y una vía, la Regional del Río, con un estándar que permite velocidades de operación relativamente altas. Sin embargo, a pesar del Plan Vial Metropolitano de 1986 estas obras han sido desarrolladas en forma independiente para solucionar congestiones puntuales, sin observarse todavía la uniformización de la capacidad de tramos relevantes de cada corredor vial, lo cual se traduce en altos niveles de congestión en algunos lugares y horarios.
- En otros sectores del Valle de Aburrá, en especial en aquellos con alta pendiente, la infraestructura vial es en general precaria y angosta, con severos problemas de continuidad en algunos casos, y en otros de variaciones en la sección transversal y por ende en la capacidad.
- Las tasas de motorización actuales son en promedio moderadas, pero en rápido incremento, de modo que cabe esperar para el futuro próximo, en ausencia de contramedidas, un incremento en el uso del automóvil particular, que aumentaría la contaminación y la congestión. Sin embargo, la distribución de la motorización es muy desigual entre diversos sectores del Valle de Aburrá, siendo especialmente elevada en El Poblado, Laureles-Estadio, La América y Belén y en el municipio de Envigado. Ello significa que el efecto señalado en el párrafo anterior probablemente ya se está produciendo en estos lugares. Este efecto es particularmente grave, pues la experiencia internacional ha demostrado que una ciudad cuya movilidad está basada en el automóvil no es sustentable en el mediano plazo.
- Existe un conflicto entre la necesidad de basar el sistema de movilidad en el transporte público, desincentivando el uso del automóvil, y la aspiración social de adquirir este bien, pues es considerado como un símbolo de estatus.
- Existe en el Valle de Aburrá una gran cantidad de taxis, se observan importantes flujos de taxis vacíos, especialmente en la zona céntrica de la ciudad, que contribuyen a la contaminación y congestión. Sin embargo, medidas orientadas a la reducción de la oferta tendrían un efecto social negativo por la pérdida de puestos de trabajo.
- Existe un alto nivel de uso del transporte en motocicleta, lo cual se traduce en una emisión adicional de contaminantes, tanto en términos de aire como de ruido. Las prácticas imprudentes de muchos de sus conductores y la coexistencia en la misma vía con los restantes tipos de vehículos se traducen en una alta accidentalidad y fatalidad, dado que el diseño actual de las vías ha sido realizado teniendo en cuenta las características de los restantes vehículos, de modo que no necesariamente resulta adecuado para la circulación de motos.
- Un caso similar se produce con la circulación en bicicleta, aunque ha sido mitigado mediante la habilitación de ciclorrutas en algunos lugares, pero la red es todavía muy escasa (sólo un 10% de lo planeado).
- El esquema empresarial del transporte público urbano de pasajeros se basa en empresas de transporte que se limitan a ser simples afiliadoras de vehículos para

cubrir las rutas que le son permitidas por la autoridad competente. Tienen escaso control sobre la operación comercial de los vehículos, la cual depende principalmente del despachador, generalmente también propietario, quien deriva sus ingresos del número de pasajeros movilizados, situación que conduce a generar lo que se ha conocido como la “guerra del centavo”, esto es, la disputa de los pasajeros por parte de los diferentes vehículos, lo cual tiende a generar situaciones de riesgo.

- └ Dicho esquema empresarial se traduce también en largas jornadas de trabajo de los conductores, en condiciones extenuantes y estresantes, sin condiciones laborales ajustadas a la legislación vigente y con incertidumbre en los ingresos. Todo ello incide en una reducción de la calidad y de la seguridad del servicio además de propiciar el fraude.
- └ Las condiciones de seguridad en la operación del transporte público urbano de pasajeros presentan numerosas deficiencias, tales como circulación con las puertas abiertas y pasajeros fuera del vehículo en algunas rutas, detención para recoger o dejar pasajeros en cualquier sitio, incluso en media calzada, subir o bajar del vehículo en marcha.
- └ La edad del parque de buses y busetas es alta, lo cual también afecta la calidad y de la seguridad del servicio.
- └ Existe sobreoferta de servicios de transporte público urbano de pasajeros, con bajas tasas de ocupación que generan una presión para el alza de tarifas, pues equivalen a dividir el costo de operación entre menos usuarios. La sobreoferta agrava la “guerra del centavo” y produce niveles de congestión y de emisión de ruido y contaminantes por encima de los que serían posibles, especialmente en la zona céntrica de Medellín. Ello también implica mayores tiempos de viaje.
- └ El uso indiscriminado de vehículos de transporte público pequeños, los microbuses, también contribuye a incrementar la congestión y la contaminación.
- └ La congestión reduce la eficacia de la ciudad en su conjunto, y por tanto genera una disminución de la competitividad regional.
- └ La sobreoferta de transporte público y la congestión, además de los efectos ya indicados, conducen a un mal uso de los recursos y a consumos excesivos de energía.
- └ En el caso del centro, la congestión se produce principalmente por factores tales como la sobreoferta de transporte público y los elevados flujos de taxis, muchos de ellos vacíos. También contribuye en algunos puntos, en menor medida, el desorden en la circulación, el bloqueo de intersecciones, la invasión de la vía por parte del comercio informal, y la circulación de camiones pesados. En cambio, en El Poblado la congestión se debe principalmente a los altos flujos de automóviles con respecto a la capacidad de las vías, producto de haber permitido el desarrollo de urbanizaciones de alta densidad orientadas a la población de ingreso alto, que tiene una mayor tasa de motorización, sin asegurar al mismo tiempo la provisión de la capacidad vial necesaria.
- └ Han sido establecidas rutas alimentadoras del Metro con integración física y en algunos casos también tarifaria. Sin embargo, dado que en muchos casos la tarifa combinada es mayor que la tarifa de un bus directo que hace el mismo recorrido a parte de otros factores (frecuencia, facilidad de transbordos), la integración no ha logrado captar la demanda esperada.
- └ De no tomarse acciones efectivas, el nivel de servicio del transporte público urbano de pasajeros continuará deteriorándose, incentivando la adquisición y uso de automóviles y motocicletas.
- └ La infraestructura para la circulación peatonal presenta severas deficiencias, en términos de capacidad, comodidad, continuidad y seguridad. En algunos sectores

simplemente no existen andenes, y en otros éstos son invadidos por el comercio informal o por estacionamiento ilegal de vehículos, o son parcialmente bloqueados por elementos de mobiliario urbano, postes, y similares. Lo anterior dificulta el acceso al transporte público y contribuye por lo tanto a incentivar el uso del automóvil y de la motocicleta.

- Existe déficit de espacios públicos y zonas verdes para el esparcimiento y encuentro ciudadano. Además, la accesibilidad peatonal a los espacios públicos, equipamientos, sistema de transporte; es deficitaria, dado que la red peatonal urbana no está articulada como sistema. Ello puede deberse a que el espacio público ha sido concebido y construido como un hecho residual y fragmentario dentro del sistema estructurante del territorio.
- Los peatones tienden a circular en forma desordenada e imprudente. Ello, unido a los hábitos y comportamientos de los conductores, genera altas tasa de accidentalidad y fatalidad peatonal.
- La accidentalidad es la primera causa de mortalidad del país por encima de las muertes violentas. Además, genera incapacidades laborales, transitorias o permanentes. Sin embargo, falta conciencia de la ciudadanía sobre la real importancia de prevenir y controlar la accidentalidad.
- La contaminación física y química del aire, así como los altos niveles de ruido, reducen la calidad de vida y constituyen una amenaza para la salud de la población.
- Existen al menos dos visiones contradictorias con respecto al corredor adyacente al Río Medellín. Una de ellas aspira a consolidarlo como corredor intermodal de transporte y de servicios públicos, en tanto otra aspira a recuperar las riberas para el uso público, aumentar los cruces transversales y orientar los usos y actividades hacia esta banda. Ambas visiones son compatibles si se dan algunas soluciones a desnivel que permitan llegar al Río desde las zonas críticas localizadas en cada uno de los municipios deprimiendo el corredor multimodal en esos puntos; aunque esto requiere soluciones estructurales, geométricas e ingenieriles así como altas inversiones.
- No ha sido posible generar un sistema coherente y eficaz de normativas para la ocupación del suelo a nivel del Valle de Aburrá. Ello se ha traducido en la invasión indiscriminada de terrenos para uso residencial por parte de la población de menor ingreso, incluso en áreas con graves restricciones geomorfológicas y de difícil acceso, o dentro de fajas previstas para infraestructura de transporte u otros usos públicos, a lo cual debe sumarse el costo de proveer a esta población de los servicios públicos básicos, incluyendo los de movilidad. Además, la ocupación no planificada genera morfologías urbanas que hacen muy difícil su posterior ordenamiento y que en muchos casos contribuyen al deterioro del recurso suelo.
- Tampoco ha sido generado un sistema coherente de normativas que vincule el desarrollo inmobiliario, en especial el de alto ingreso y alta densidad, con los requerimientos de movilidad que dicho desarrollo implica, de modo de evitar situaciones como la que se ha producido en El Poblado.
- De igual modo, no hay normativas coherentes en relación con los desarrollos de vivienda campestre o suburbana.
- Los nuevos procesos de expansión de usos turísticos hacia la subregión de Occidente y de industrias, servicios y viviendas en condominios rurales, en la subregión del Altiplano del Oriente, desbordan la capacidad de los municipios y del Valle de Aburrá para su regulación y demandan nuevos sistemas institucionales que permitan su ordenamiento y planificación, consensuando las diversas visiones. Para ello sería necesario superar la práctica de planificación y ordenación territorial desde el ámbito municipal, establecida como directiva desde el nivel nacional, dadas las

dinámicas de interdependencia de los territorios, ante el agotamiento de los suelos de expansión urbana dentro del Valle de Aburrá.

- └ Los POT de los municipios del Valle de Aburrá han sido elaborados con diversas metodologías y sin una suficiente coordinación, de modo que pueden contener incoherencias y potenciales conflictos entre municipios.
- └ Los municipios no disponen de los instrumentos intermedios de ordenación entre el POT como instrumento marco y los planes parciales, tales como los planes de equipamiento y espacio público, de movilidad y transporte, de vivienda, y demás, haciendo muy difícil el desarrollo y gestión del suelo.
- └ Ausencia de políticas e instrumentos metropolitanos para el cálculo y asignación cargas y beneficios producto de la expansión y desarrollo de cada uno de los municipios.
- └ Falta de reconocimiento del Área Metropolitana del Valle de Aburrá como un ente planificador más allá de ejecutor de obras de infraestructura física y de regulador de las acciones ambientales que tienen incidencia sobre el área metropolitana.
- └ Cada uno de los municipios maneja y regula de forma autónoma su sistema de movilidad y transporte, pese a las obvias necesidades de coordinación.
- └ Hay grandes conglomerados de vivienda que han sido localizados lejanos de los lugares de trabajo, equipamientos, comercio y servicios. Como consecuencia, se producen grandes desplazamientos para acceder a los servicios ofertados, generando demandas adicionales sobre el sistema de movilidad y aumentado el consumo de tiempo y energía en el transporte que se transcriben generalmente en altas tarifas para el usuario.

#### **Potencialidades y oportunidades**

- └ Es posible crear una alternativa al paso por el Valle de Aburrá y al acceso desde la costa Atlántica para algunos flujos interurbanos de larga distancia, especialmente camiones pesados, mediante la construcción de la vía alternativa Santa Fe de Antioquia – Puerto Valdivia.
- └ Se ha propuesto la habilitación del tren suburbano del Valle de Aburrá. El proyecto mejoraría la accesibilidad de su área de influencia, y probablemente incentivaría el desarrollo inmobiliario, en especial en el entorno de las nuevas estaciones: Comfama, Parque de las Aguas y Hatillo, reduciendo así la presión sobre el escaso suelo disponible en Medellín.
- └ Se ha propuesto la implementación de un nuevo Sistema de Transporte Público Masivo de Mediana Capacidad, denominado Metroplús. Esta propuesta es coherente con la política general planteada en los documentos CONPES 3260, 3307 y 3349, que establecen las condiciones para la participación de la Nación en el financiamiento del proyecto.
- └ Para mitigar los problemas derivados de la “guerra del centavo” se ha comenzado a implementar el sistema de cajas únicas en algunos operadores. Si bien este sistema permite eliminar la competencia por los pasajeros entre buses de una misma ruta, no resuelve por completo el problema, pues la guerra del centavo puede todavía producirse entre buses de diferentes rutas que compartan parte de su recorrido (caja única del Valle de Aburrá).

- ┃ La sobreoferta de servicios de transporte público urbano de pasajeros ofrece una oportunidad para reducir los costos de transporte, la contaminación y la congestión, mediante el retiro de parte de la flota, la planificación racional de la operación de los servicios y el consiguiente incremento en las tasas de ocupación de los vehículos. La mayor eficiencia podría traducirse en una reducción de tarifas y/o mejoramiento de la calidad del servicio, y además podría eventualmente financiar un proceso de racionalización de la flota de buses retirando del servicio a los de mayor antigüedad.
- ┃ El Metro podría incrementar substancialmente su capacidad adquiriendo más trenes, si existiera demanda suficiente para justificarlo. Una oportunidad en este sentido es plantear un programa de densificación ya que el entorno de las estaciones de Metro presenta en muchos casos un bajo índice de ocupación de uso residencial y de servicios, por lo cual puede plantearse un programa de densificación.
- ┃ La reciente implantación del sistema Metro en el Valle de Aburrá ha llevado entre otros, a la aceptación y valoración de los sistemas de transporte masivo como sistemas más eficientes que el automóvil particular, para resolver los desplazamientos metropolitanos.
- ┃ Las nuevas configuraciones morfológicas de la ciudad metropolitana han llevado a descubrir nuevos espacios para el encuentro y la convivencia ciudadana; uno de ellos, el más importante en nuestro medio, ha sido el Metro, a partir de cuyo sistema se ha construido toda una "cultura" de uso y apropiación pública.
- ┃ Existen corredores ambientales que pueden ser utilizados para la implementación de zonas para circulación de los peatones, tales como los corredores naturales (quebradas).
- ┃ Existen proyectos para la implementación de redes peatonales en las zonas aledañas a las estaciones del Metro.
- ┃ Realización de estudios y proyectos como el Plan Especial del Poblado, el Plan Especial de Espacio Público y el Plan Especial del Centro que contemplan la construcción de espacios adecuados para los peatones.
- ┃ Bajo costo relativo de las soluciones y proyectos peatonales.
- ┃ Ha sido propuesta la creación de un sistema de 15 ciclorrutas con una longitud total de 100 km, de la cual una parte se encuentra ya construida. La eficacia del sistema propuesto en sustituir viajes motorizados debería ser estudiada.
- ┃ No se han aplicado cabalmente muchos instrumentos normativos de ordenamiento que dispuso la Ley 388 de 1997: Reparto equitativo de cargas y beneficios, las plusvalías urbanas, las unidades de actuación urbanística.
- ┃ Las Directrices Metropolitanas de Ordenación Territorial, articuladas a los Planes estratégicos para las zonas norte y sur y al Proyecto estratégico de centralidades del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, constituyen un instrumento que puede configurarse como el marco de la ordenación territorial para el ámbito del Valle de Aburrá.
- ┃ En el proceso de revisión y ajuste de los POT municipales elaborado simultáneamente con el apoyo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se define la directriz para construir los modelos de ocupación municipal, en consonancia con los municipios vecinos y con las orientaciones metropolitanas.

- ┆ Los procesos de revisión y ajuste de los POT municipales han incluido nuevas propuestas y normas para equilibrar la localización de la vivienda de interés social y la reglamentación de procedimientos y contenidos de los planes parciales en suelos de expansión.
- ┆ Avanza y se consolida una nueva forma de construir instrumentos de ordenamiento territorial, hacia instrumentos de carácter integrado, que aglutinan instancias públicas y privadas con competencia en su construcción y gestión.
- ┆ La escala de las problemáticas territoriales, sociales y económicas desbordan la capacidad de respuesta y gestión de los municipios, llevándolos hacia la asociación y concertación de soluciones metropolitanas. Así, avanza la tendencia hacia la construcción conjunta de instrumentos de planificación por las distintas instituciones del nivel nacional, departamental, metropolitano y municipal.
- ┆ Se elabora en la actualidad una serie de instrumentos de ordenación tanto de escala departamental (LOTA: Lineamientos para el Ordenamiento Territorial de Antioquia), Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial, Revisión y ajustes de los POT municipales, Plan de Zonas verdes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana, Plan Especial de espacio público y equipamientos para Medellín, Plan Especial del Centro Expandido Metropolitano: EL Centro Vive, planes especiales de espacio público y equipamientos para los municipios del Valle de Aburrá, Plan Especial del Poblado, Proyecto Metroplús, proyectos urbanos sobre ejes complementarios al sistema de transporte Metro y al futuro Metroplús; y demás proyectos de incidencia dentro de cada uno de los municipios pero con repercusiones de escala de ciudad o metropolitana.



# 3. OBJETIVOS Y POLÍTICAS

## 3.1. ANTECEDENTES

En este capítulo se presentan los objetivos y políticas que constituyen la base sobre la cual se fundamenta el Plan Maestro de Movilidad.

Para esto se realizaron una serie de consultas a autoridades, municipios y grupo promotor, a través de talleres y documentos.

La base para la generación del cuerpo principal de objetivos y políticas contenidos en el presente documento lo constituyen los documentos construidos por diferentes estamentos del orden nacional, departamental y municipal que forman parte de la toma de decisiones y generación de los lineamientos estratégicos para la intervención en el territorio.

## 3.2 ANÁLISIS Y COMPATIBILIZACIÓN DE OBJETIVOS

La relación existente entre objetivos, políticas, estrategias, planes, proyectos, programas y medidas es ilustrada en la figura 7.

FIGURA 7. Relación entre objetivos, políticas, estrategias, planes y programas.



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1 Objetivos generales

- I. Apoyar y sostener el desarrollo económico mediante la integración regional y el posicionamiento del Valle de Aburrá en el contexto nacional e internacional.
- II. Apoyar y sostener el desarrollo social y humano, la integración social, para contribuir a la calidad de vida y a la salud de la población.
- III. Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea de bajo costo, eficiente, utilice racionalmente los recursos, equitativo y sostenible ambientalmente.
- IV. Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea rápido, confiable y de calidad.
- V. Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea seguro.
- VI. Contribuir a la gobernabilidad.

### 3.2.2 Objetivos específicos

- └ Mejorar los niveles de conectividad, accesibilidad e integración del Valle de Aburrá consigo mismo y con su entorno regional, nacional e internacional en todos los modos (corresponde al objetivo general I).
- └ Optimizar el uso de la infraestructura y equipos de transporte (corresponde al objetivo general IV).
- └ Asegurar la conservación y mantenimiento de la infraestructura y equipos (corresponde al objetivo general IV).
- └ Asegurar la eficiencia y efectividad de las inversiones en infraestructura y equipos (corresponde al objetivo general IV).
- └ Reducir los tiempos de viaje de los ciudadanos (corresponde al objetivo general V).
- └ Reducir la contaminación ambiental por emisión y por ruido (Corresponde al objetivo general IV).
- └ Reducir los niveles de congestión vial (corresponde al objetivo general IV y V).
- └ Garantizar el acceso al transporte público por parte de las personas con limitaciones físicas, sensoriales o económicas (corresponde al objetivo general IV).
- └ Mejorar la cantidad, calidad y accesibilidad de los espacios públicos (Corresponde al objetivo general II).
- └ Propiciar el fortalecimiento institucional (corresponde al objetivo general III).
- └ Fomentar la innovación tecnológica (corresponde al objetivo general IV).
- └ Fomentar la capacitación, sensibilización y la educación (corresponde a los objetivos generales II y IV).
- └ Propiciar la seguridad de los usuarios más vulnerables del sistema, como son los peatones, ciclistas y motociclistas (corresponde al objetivo general IV).

## 3.3 ANÁLISIS Y COMPATIBILIZACIÓN DE POLÍTICAS

Para efectos de presentación y ordenamiento, las políticas han sido clasificadas en las tres categorías siguientes<sup>19</sup>:

- └ **Ordenamiento territorial:** Políticas de ordenamiento con incidencia relevante sobre la movilidad.
- └ **Transporte y movilidad:** Políticas propias del sistema de transporte y su relación con la movilidad.
- └ **Gestión:** Políticas complementarias o de apoyo a las anteriores.

19  
Por conveniencia nemotécnica, se ha colocado la inicial de la categoría a cada una de las políticas: O (ordenamiento territorial), T (transporte) y G (gestión).

## Ordenamiento territorial

01. Incentivar la intensificación de usos múltiples y densidades en torno a las estaciones del transporte público.
02. Consolidar las centralidades norte y sur del Valle de Aburrá.
03. Ampliar, proteger y construir nuevos y mejores espacios públicos.
04. Establecer barreras de contención, bordes de protección y cinturones verdes para regular la expansión urbana.
05. Ampliar y construir equipamientos acorde con la demanda poblacional.
06. Desarrollar instrumentos para exigir el cumplimiento de los planes de ordenamiento territorial.
07. Disminuir los conflictos por mezcla inadecuada de usos del suelo.
08. Fomentar el desarrollo de múltiples centralidades a través de la mejora del equipamiento y el suministro de servicios en otros centros poblados, para disminuir la presión sobre los sistemas de transporte.
09. Integrar políticas de transporte y de uso del suelo.
10. Potenciar la vocación de tipo industrial y comercial definida para el Valle de Aburrá en otros planes, como fuente generadora de empleo y competitividad para el Valle de Aburrá.
11. Potenciar las ventajas comparativas y competitivas del Valle de Aburrá.
12. Fortalecer el potencial turístico del Valle de Aburrá.

## Transporte y movilidad

Para este caso es muy importante la relación con el aparte del documento de Directrices de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en donde han sido consignados con mayor claridad los "Criterios básicos para el manejo de la Movilidad Metropolitana"<sup>20</sup> que a grandes rasgos se ilustran a continuación:

- I. Posicionar al peatón como núcleo central de la movilidad priorizando su seguridad.
- II. Potenciar el transporte público colectivo de buses.
- III. Consolidar el Metro como eje estructurante del sistema de transporte.
- IV. Consolidar una autoridad única de transporte.
- V. Garantizar el acceso al transporte a todos los usuarios.
- VI. Limitar el uso del transporte particular.
- VII. Garantizar un transporte de carga eficiente con intermodalidad entre el modo carretero y el férreo.
- VIII. Propender por un transporte público poco contaminante.
- IX. Dotar la subregión de la malla vial y la red ferroviaria suficiente para lograr los objetivos anteriores.
- X. Integrar los dos aeropuertos de la Región entre sí y a ambos con el resto del sistema de transporte público colectivo.

Las políticas propuestas son las siguientes:

- T1. Promover la integración física, tarifaria, operacional e institucional de todos los servicios de transporte público masivo y colectivo y modernizar el transporte público colectivo de buses (corresponde al criterio IV).
- T2. Incentivar el desarrollo del transporte público (corresponde al criterio II).
- T3. Incentivar el desarrollo del transporte no motorizado (corresponde a los criterios I y VI).

20

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Directrices de Ordenamiento Territorial Metropolitano. 2006. p. 107-108.

- T4.** Constituir el corredor multimodal del Río Medellín como eje estructurante del Valle de Aburrá e implementar el Sistema Integrado de Transporte como elemento jerárquico de la movilidad metropolitana (corresponde al criterio III).
- T5.** Implementar y fortalecer un sistema de gestión de tránsito y transporte a nivel metropolitano (corresponde al criterio IV).
- T6.** Impulsar la continuidad y conectividad de los corredores viales metropolitanos en los municipios del Valle de Aburrá (corresponde al criterio IX).
- T7.** Establecer un programa de mantenimiento rutinario para toda la red vial del Valle de Aburrá y asegurar su sostenibilidad financiera (corresponde al criterio IX).
- T8.** Promover el mejoramiento de la conexión del Valle de Aburrá con el departamento, la nación y el mundo (corresponde al criterio X).
- T9.** Promover el mejoramiento de la conexión vial del Valle de Aburrá con los municipios cercanos y limítrofes y con el Aeropuerto José María Córdova (corresponde al criterio X).
- T10.** Estimular y posibilitar la rehabilitación de la infraestructura férrea y de servicios ferroviarios y su conexión con la red férrea nacional (corresponde al criterio VII).
- T11.** Establecer programas de apoyo a la modernización del transporte de carga y pasajeros por carretera (corresponde al criterio VII).
- T12.** Promover la integración operacional de los aeropuertos Enrique Olaya Herrera y José María Córdova y su accesibilidad (corresponde al criterio X).
- T13.** Analizar la conveniencia de la conectividad del Valle de Aburrá con un puerto de aguas profundas en el Pacífico (corresponde al criterio VII y IX).
- T14.** Ordenar y reducir el paso de vehículos de carga pesada por las vías urbanas del Valle de Aburrá, provenientes de otras regiones (corresponde al criterio VII).

## Gestión

---

- G1.** Desarrollar instancias de coordinación y concertación de las entidades públicas y privadas.
- G2.** Fomentar el desarrollo de programas de educación para la movilidad y el uso disciplinado del espacio urbano.
- G3.** Fortalecer la planificación y los sistemas de información sobre movilidad.
- G4.** Promover el uso de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS).
- G5.** Desarrollar y aplicar una normativa para exigir análisis ambiental en los programas y proyectos de movilidad.
- G6.** Desarrollar y aplicar una normativa para exigir análisis de movilidad en los programas y proyectos inmobiliarios.
- G7.** Promover la participación de la ciudadanía y la consideración de sus propuestas, proyectos y expectativas.
- G8.** Reglamentar la circulación del transporte de sustancias peligrosas.
- G9.** Establecer un programa para el control del peso por eje de los vehículos de carga.

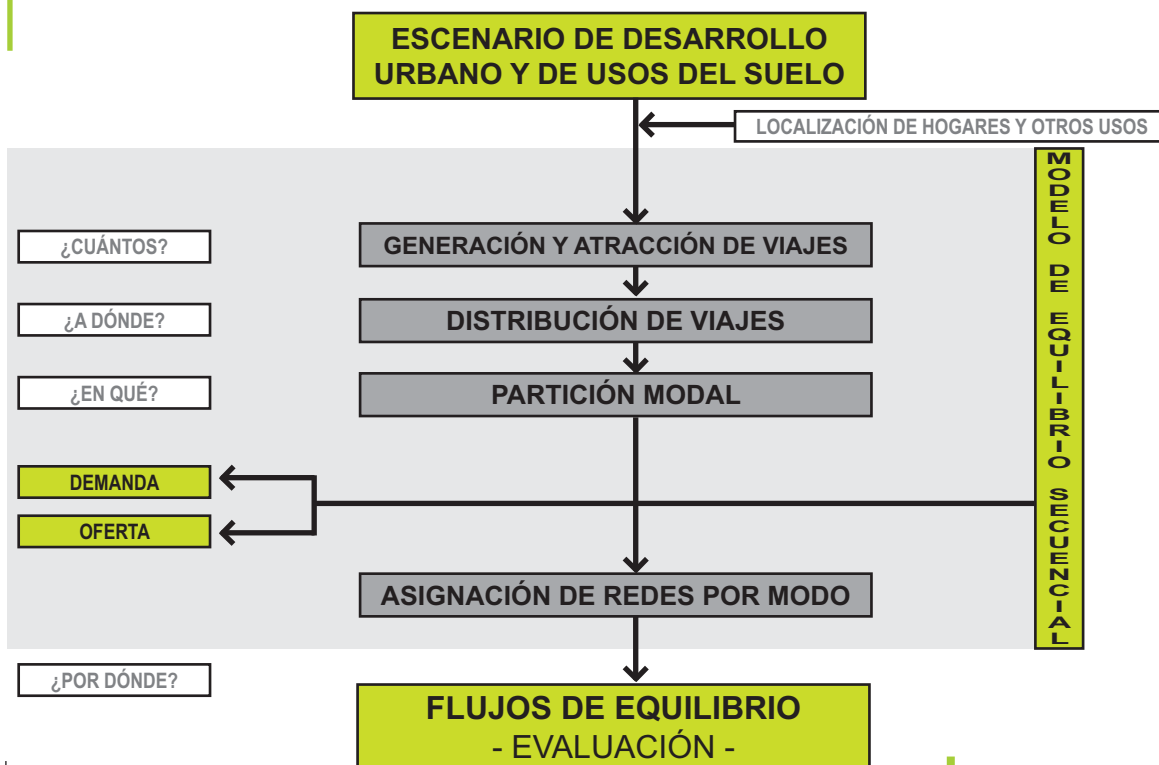
# 4. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS DE USOS DE SUELO

## 4.1. METODOLOGÍA

El procedimiento metodológico que se describe a continuación y se ilustra en las figuras siguientes constituye una herramienta operativa que permite construir escenarios de desarrollo coherentes con los objetivos que impone el uso de modelos de transporte.

Para poder modelar y evaluar distintas alternativas de proyectos de transporte es indispensable estimar la demanda que existirá por viajes en el mediano y largo plazo. El modo escogido de estimar dicha demanda pasa por la definición de escenarios de crecimiento o desarrollo para la ciudad, bajo la óptica de los viajes que se generarán dentro de ella actualmente y en un futuro determinado con cortes temporales para el presente caso a 5, 10 y 15 años.

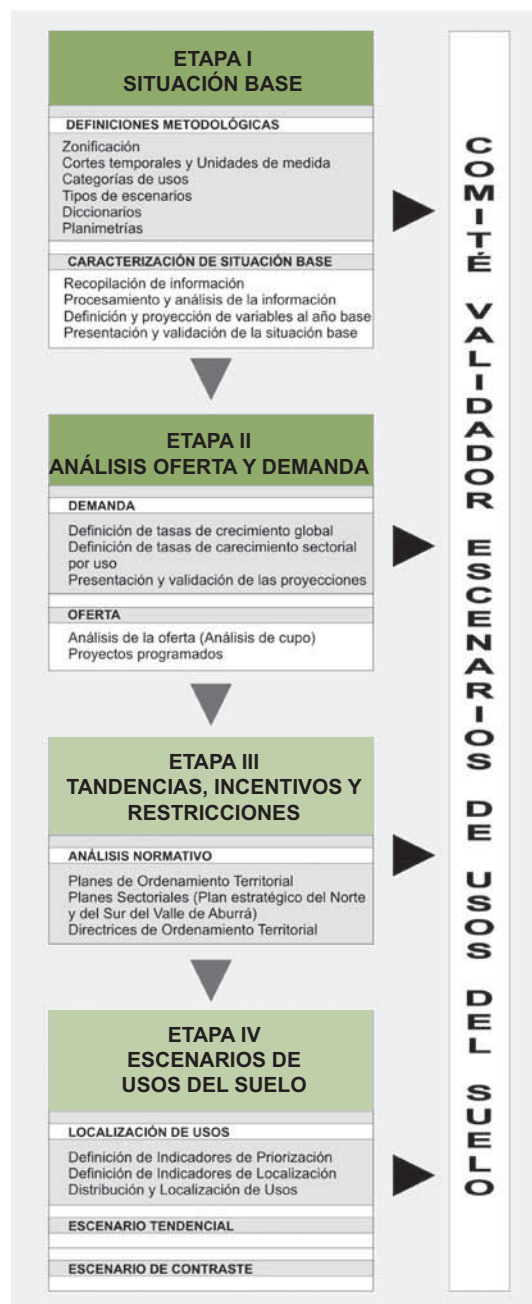
FIGURA 8. Estructura para la construcción de un modelo de transporte.



Fuente: elaboración propia.

Estos escenarios de desarrollo urbano buscan entregar información relevante respecto de las variables urbanas que determinan el número de viajes generados y atraídos por cada zona, sobre la base de ciertas condicionantes socioeconómicas, físicas y normativas propias de los diez municipios del Valle de Aburrá.

**FIGURA 9.** Etapas de los escenarios de usos del suelo.



Fuente: gráfico de elaboración propia.

#### 4.1.1 Definición del área de estudio, zonificación y fuentes de información

##### 4.1.1.1 Área de estudio y zonificación

El área de estudio comprende todo el ámbito territorial que se encuentra dentro de los límites administrativos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el Municipio de Envigado y los municipios que conforman la Región Metropolitana discriminados en municipios del oriente, occidente, norte y sur lejano, oriente cercano y el Aeropuerto José María Córdova; éstos se subdividen en zonas donde se generan o reciben viajes tanto del modo de transporte privado como de los modos públicos y alternativos; estas zonas reciben la denominación de Zonas SIT y se constituyen en la unidad espacial de aplicación de los modelos de transporte, las cuales se presentarán más adelante. Para efectos del Plan Maestro de Movilidad esta zonificación tuvo correcciones y ajustes con respecto a la suministrada por la Encuesta Origen Destino de Hogares 2005<sup>21</sup> por tres razones fundamentales:

- Inicialmente se agregaron las zonas que son definidas como rurales ya que la EOD-H 2005 no las consideraba como áreas generadoras de viajes.
- Posteriormente se verificó que existían incompatibilidades en algunas zonas con la generación de los modelos de demanda, ya que según el procedimiento no se pueden generar zonas SIT en forma de anillo bordeando el ámbito urbano por lo cual se dividieron en dos, con el Río Medellín como límite entre ambas áreas. Este es el caso que aplica para los municipios del norte del Valle de Aburrá: Bello, Girardota y Barbosa.
- Hacia el costado sur del Valle de Aburrá, en los Municipios de Itagüí, Sabaneta y Envigado el procedimiento consistió en la agregación de zonas; por ello, las zonas SIT rurales fueron anexadas a las áreas urbanas más próximas al contexto urbano.

##### 4.1.1.2 Unidades de Referencia

Toda la información utilizada es referenciada a una unidad espacial geográfica común y mínima, que en el caso particular del presente estudio corresponde a la zona SIT de la EOD-H 2005, que como unidad de referencia es caracterizada por su homogeneidad en términos de usos del suelo y características de la población, tales como:

- Habitantes por hogar
- Hogares por estratos socioeconómicos
- Ingresos por hogar

Las anteriores variables constituyen la información fundamental que explica la generación y la atracción de la demanda por viajes.

Cabe señalar que las zonas SIT de la EOD-H 2005 y la unidad geográfica base dentro del ordenamiento territorial, es decir el barrio, son geográficamente coincidentes en muchos casos, ante todo para el Municipio de Medellín que posee el mayor número de zonas SIT, equivalente aproximadamente al 80% de las zonas SIT urbanas. De este modo, la consecución de datos para generar tanto la información del escenario base como la de los dos escenarios futuros, se ha desarrollado inicialmente a nivel de barrio, para luego realizar la conversión a zonas SIT.

21

En adelante EOD-H 2005.

#### 4.1.1.3 Cortes temporales

Los cortes temporales se definen con el objeto de delimitar en marcos de tiempo la construcción del escenarios. Se considera como año base el 2005 y se definen cortes temporales en 2010, 2015 y 2020.

### 4.1.2 Definición de escenarios

#### 4.1.2.1 Escenario base

En el escenario base se representa el corte temporal actual (2005) en términos de:

- └ ¿Cuántos habitantes existen en el Valle de Aburrá al año de corte 2005?
- └ ¿Cuál es su nivel socioeconómico?
- └ ¿Dónde se localizan?
- └ ¿Qué superficie abarcan?
- └ ¿Cuál es la destinación del suelo?

#### 4.1.2.2 Escenarios de uso del suelo a los años de corte

Se definen a partir de la localización de las proyecciones globales desarrolladas sobre las variables utilizadas para la construcción del escenario de la situación base (población, hogares, m<sup>2</sup> por destinación económica). Además, incorporan las tendencias en cuanto a la localización de nuevos proyectos tanto de infraestructura como de desarrollo urbano e inmobiliario, de carácter privado y público, y sus impactos asociados.

Con el fin de proporcionar mejores elementos de análisis se diseñaron dos escenarios sobre los cuales se construyen las proyecciones de usos del suelo para el Valle de Aburrá. El primero de ellos es el escenario tendencial, cuyo propósito fundamental es el de obtener una visión prospectiva del Valle de Aburrá, basado en tres aspectos fundamentales: la dinámica de uso del suelo no residencial a lo largo del tiempo, las directrices normativas de los planes de ordenamiento territorial de los municipios y la tendencia inmobiliaria.

Este escenario busca prever el comportamiento de usos del suelo no residencial bajo la hipótesis de que los Planes de Ordenamiento se ejecutarán como está previsto y no se alejarán significativamente del horizonte planeado, y que el comportamiento el crecimiento económico mantendrá una tasa del 2.3% promedio anual<sup>22</sup>.

22

El ejercicio de proyecciones económicas se basó en el comportamiento de la economía en los últimos 14 años, sustentados en el hecho de que la economía no presenta eventos coyunturales que disparen las tasas de crecimiento de manera espontánea y que se mantengan por un largo periodo, esta es una respuesta de carácter estructural a cambios en la política económica. En razón a esto, se estima que independientemente de algunas fluctuaciones importantes que pudiesen presentarse de manera eventual, el promedio de crecimiento económico para el periodo 2005 – 2019 es de 2.13%.

El planteamiento de un segundo escenario o escenario de contraste responde específicamente a los cambios en el uso del suelo derivados de un comportamiento más positivo de la economía nacional y regional, que de una manera u otra han sido planteados en distintos planes y documentos por parte de las autoridades y agentes económicos de los municipios del Valle de Aburrá. Para la construcción de este escenario se trabajó bajo la hipótesis de que el crecimiento económico se reflejará en una tasa promedio anual de 3.5% en los próximos 20 años. Se consideró además, un mayor grado de éxito en las políticas sobre ordenamiento territorial, en especial en lo que se refiere al desarrollo y consolidación de las centralidades norte y sur.

### 4.1.3 Categorías de usos

#### Uso residencial

Vivienda en sus distintas tipologías (unidades de medida: población, vivienda, hogares y estratificación económica).



### Usos no residenciales

Uso industrial (unidades de medida: m2).

- ┆ Uso comercio y servicios (unidades de medida: m2).
- ┆ Uso educación (número de matrículas).
- ┆ Uso salud (unidades de medida: m2).

## 4.2. PRESENTACIÓN DEL ESCENARIO BASE 2005

### 4.2.1 Población

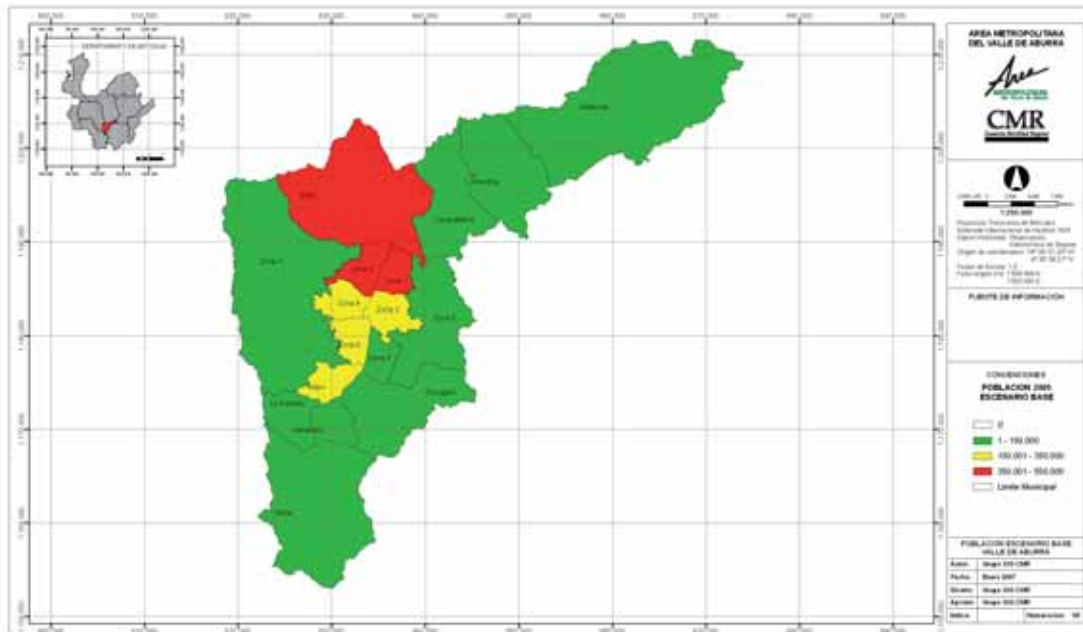
#### 4.2.1.1 Información actual de población

Se ha tomado la población por municipio y total por el Valle de Aburrá, y se ha asociado al barrio y a la zona SIT, para el año de corte 2005. Los datos empleados corresponden a la información perteneciente al estudio sobre: "Proyecciones de población por edad y sexo para Medellín, sus áreas circundantes y sus zonas geográficas 1993-2018".

Vale la pena aclarar que el estudio analizó las diferentes fuentes suministradas por cada municipio, pero se tomó la decisión de emplear la anteriormente citada por su acierto como proyección estadística; y por el hecho de registrar las series de tiempo desde el año 1993, lo que hace que sea de mayor fiabilidad. En comparación, las fuentes municipales tenían diferentes años de corte y no tenían registro histórico, lo que hacía de este un ejercicio impreciso, a pesar de poseer las series de tiempo desde el año de 1984 hasta el año 2004 para algunos municipios del Valle de Aburrá.

#### 4.2.1.2 Conclusiones generales

**FIGURA 10.** Total población municipios del Valle de Aburrá.



Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
P.M.M.V.A.

**TABLA 15.** Relación población total por zona SIT.

COD	MUNICIPIO	POBLACIÓN	Nº Z SIT	Nº Z SIT POBLADAS
24	BARBOSA	39.059	11	11
23	GIRARDOTA	37.049	8	6
22	COPACABANA	56.636	6	6
21	BELLO	404.095	24	22
10	MEDELLÍN TOTAL	2.088.245	326	322
26	ENVIGADO	147.206	11	11
27	SABANETA	41.089	6	6
25	ITAGÜÍ	276.113	14	14
28	LA ESTRELLA	44.747	2	2
29	CALDAS	77.209	1	1
<b>Área Metropolitana Total</b>		<b>3.211.448</b>	<b>409</b>	<b>401</b>

Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
P.M.M.V.A.

Es importante denotar que el 98% de las zonas SIT demuestran contener población residente; el 2% restante corresponde a áreas que no poseen este atributo, ya que están caracterizadas por contener servicios urbanos los cuales tras la verificación de la destinación del suelo, demuestran ser áreas atractoras de viajes, por ello la principal tendencia corresponde a zonas de grandes equipamientos urbanos y en un segundo rango las áreas con predominio del uso industrial.

A grandes rasgos se concluye que los fenómenos de ocupación del territorio para los municipios conurbados presentan variaciones notables frente a aquellos que se encuentran en los extremos del Valle, ya que las áreas correspondientes a la ciudad núcleo, Medellín y a los Municipios de Itagüí y Bello presentan los más altos índices de habitantes por zonas SIT en sus áreas urbanas, debido a la marcada lógica de poblamiento que promueve el asentamiento en las áreas que mayores servicios urbanos ofertan a la población, mientras que las zonas localizadas en los extremos presentan los más altos índices de habitantes en sus áreas rurales respondiendo al modelo de planeación promovido por cada uno de los respectivos POT municipales.

#### 4.2.2 Hogares por estrato socioeconómico y motorización

##### 4.2.2.1 Información actual de hogares

Se han tomado los datos de número de hogares del estudio “Proyecciones de población por edad y sexo para Medellín, sus áreas circundantes y sus zonas geográficas 1993–2018”, y posteriormente se han confrontado con los datos de la Encuesta de Calidad de Vida del año 2004 para Medellín, y la del año 2005 para el resto de los municipios que pertenecen al Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Para Envigado se tomó la información de viviendas del municipio, proyectada al año 2005 y presente en el Censo de 2002 realizado por el municipio. Por último se verificaron con respecto a la base de datos de Hogares de la EOD-H 2005 tomando ésta como la información definitiva para trabajar este tema.

**TABLA 16.** Cuadro síntesis información de hogares adoptada.

COD	MUNICIPIO	TOTAL	EST_1	EST_2	EST_3	EST_4	EST_5	EST_6
24	BARBOSA	9.885	1.252	7.140	1.457	37	0	0
23	GIRARDOTA	9.535	26	7.603	1.906	0	0	0
22	COPACABANA	13.838	340	8.043	5.393	37	26	0
21	BELLO	84.450	11.851	35.287	33.903	3.409	0	0
	<b>Norte Total</b>	<b>117.708</b>	<b>13.469</b>	<b>58.072</b>	<b>42.658</b>	<b>3.483</b>	<b>26</b>	<b>0</b>
10	MEDELLÍN	597.752	50.370	196.822	202.561	77.124	49.208	21.667
26	ENVIGADO	42.730	663	6.658	21.361	8.116	5.138	794
27	SABANETA	11.495	5	3.999	7.201	279	7	4
25	ITAGÜÍ	57.669	1.370	20.739	34.941	597	23	0
28	LA ESTRELLA	12.063	441	5.457	6.050	115	0	0
29	CALDAS	20.226	504	16.260	3.398	44	20	0
	<b>Sur Total</b>	<b>144.182</b>	<b>2.982</b>	<b>53.112</b>	<b>72.951</b>	<b>9.151</b>	<b>5.188</b>	<b>798</b>
	<b>Total</b>	<b>859.643</b>	<b>66.821</b>	<b>308.006</b>	<b>318.170</b>	<b>89.758</b>	<b>54.422</b>	<b>22.465</b>

Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
P.M.M.V.A.

Esta definición permite, en el caso del ámbito del Valle de Aburrá, determinar una notable presencia de estrato 2 en los municipios del norte del Valle donde las condiciones tanto de habitabilidad de las viviendas como de dotación del territorio son en cierta forma básicas, esto también raíz de la presencia de territorio con predominio rural en donde las condiciones son más limitadas. Caso contrario ocurre hacia los municipios del sur del Valle de Aburrá donde los niveles de estratificación aumentan y se localizan principalmente en el estrato 3; una de las razones es por la condición conurbada y por consiguiente mejor servida de 3 de los 5 municipios lo que hace que se presente una alta concertación de servicios urbanos que alcanzan la escala metropolitana; estos fenómenos sin desconocer que hacia el norte aparece el estrato 3 como el segundo, así como en la zona sur el estrato 2 teniendo al particularidad de presentar con mayor contundencia hogares en estrato 4 y 5 lo que hace que esta zona presenta mejores condiciones para las viviendas.

#### 4.2.2.2 Fuentes motorización

En cuanto a la motorización son cuatro las fuentes de información sobre índices de motorización al año 2005 para el Valle de Aburrá: Anuario Estadístico de Antioquia, Diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, Modelo MARKAL y Encuesta OD 2005.

Por inconsistencias en las fuentes de información, se decidió finalmente adoptar las cifras de motorización provenientes de la Encuesta OD 2005. Sin embargo, cabe destacar el alto crecimiento actual de la motorización. En el Valle de Aburrá han sido vendidos unos 25.000 autos y alrededor de 60.000 motocicletas en el año 2006.

**TABLA 17.** Cuadro de motorización por estrato socioeconómico.

ESTRATO	HOGARES	AUTOS/HOGAR	AUTOS
1	66.821	0,0175	1.168
2	308.006	0,0442	13.611
3	318.170	0,1392	44.286
4	89.758	0,3918	35.166
5	54.422	0,7353	40.018
6	22.465	1,5749	35.380
<b>Total</b>	<b>859.643</b>	<b>0,1973</b>	<b>169.630</b>

Fuente:  
elaboración propia.

### 4.2.3 Usos del Suelo

#### 4.2.3.1 Actualidad información usos del suelo

Para la presentación del escenario base en cuanto a los usos del suelo residencial y no residencial en el Valle de Aburrá, se ha debido realizar el procedimiento descrito a continuación, ante la no disponibilidad de información de los municipios debidamente georreferenciada y actualizada.

#### 4.2.3.2 Fuentes información usos del suelo

- └ La información geográfica suministrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá sobre usos del suelo para zonas urbanas fue superpuesta a la nueva unidad de medida territorial la zona SIT; con esto se obtuvieron los totales correspondientes a los m2 construidos para cada destinación económica en cada zona SIT.
- └ Luego se obtuvo el porcentaje de cada uso según el total del municipio. Con este porcentaje se sacaron los m2 actualizados de la información suministrada por la Oficina de Catastro Departamental para cada destinación económica, esta información se encontraba agregada por municipio; y luego, acudiendo a la misma relación porcentual, se desagregó por zona SIT.
- └ Para el uso salud se utilizó el total de la tabla del Departamento de Catastro Departamental; su desagregación por zona SIT se realizó superponiendo esta información con el "shape" correspondiente a equipamientos en lo concerniente a salud el cual fue suministrado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el presente estudio.

#### 4.2.3.3 Resultados por municipio – m2 de destinación residencial

**TABLA 18.** Participación total del uso residencial en el Valle de Aburrá.

COD	MUNICIPIO	M2 RESIDENCIALES	% M2 RESIDENCIALES
24	BARBOSA	341.389	0,50
23	GIRARDOTA	425.245	0,63
22	COPACABANA	1.462.722	2,16
21	BELLO	5.383.966	7,96
	<b>Norte Total</b>	<b>7.613.322</b>	<b>11,25</b>

COD	MUNICIPIO	M2 RESIDENCIALES	% M2 RESIDENCIALES
10	MEDELLIN	47.935.544	70,85
26	ENVIGADO	4.924.729	7,28
27	SABANETA	997.978	1,48
25	ITAGÜÍ	4.432.099	6,55
28	LA ESTRELLA	932.199	1,38
29	CAIDAS	818.571	1,21
	<b>Sur Total</b>	<b>12.105.576</b>	<b>17,89</b>
	<b>Total</b>	<b>67.654.443</b>	<b>100,00</b>

Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
P.M.M.V.A.

A nivel general se concluye que en las zonas que muestran un contenido mayor de metros cuadrados de uso residencial se identifican los tamaños de hogar con más personas por hogar, y adicionalmente, los tamaños de vivienda menores comparativamente con otras zonas. Igualmente, las anteriores características están asociadas a las zonas de Medellín y del resto de municipios con mayor población - zonas 1, 2 y municipios de Bello e Itagüí, por ejemplo.

La anterior situación también coincide con que las zonas con mayor población, usos residenciales, tamaños menores de vivienda, mayores cantidades de personas por vivienda, igualmente son las zonas que se encuentran en los estratos socioeconómicos más bajos: 1 y 2.

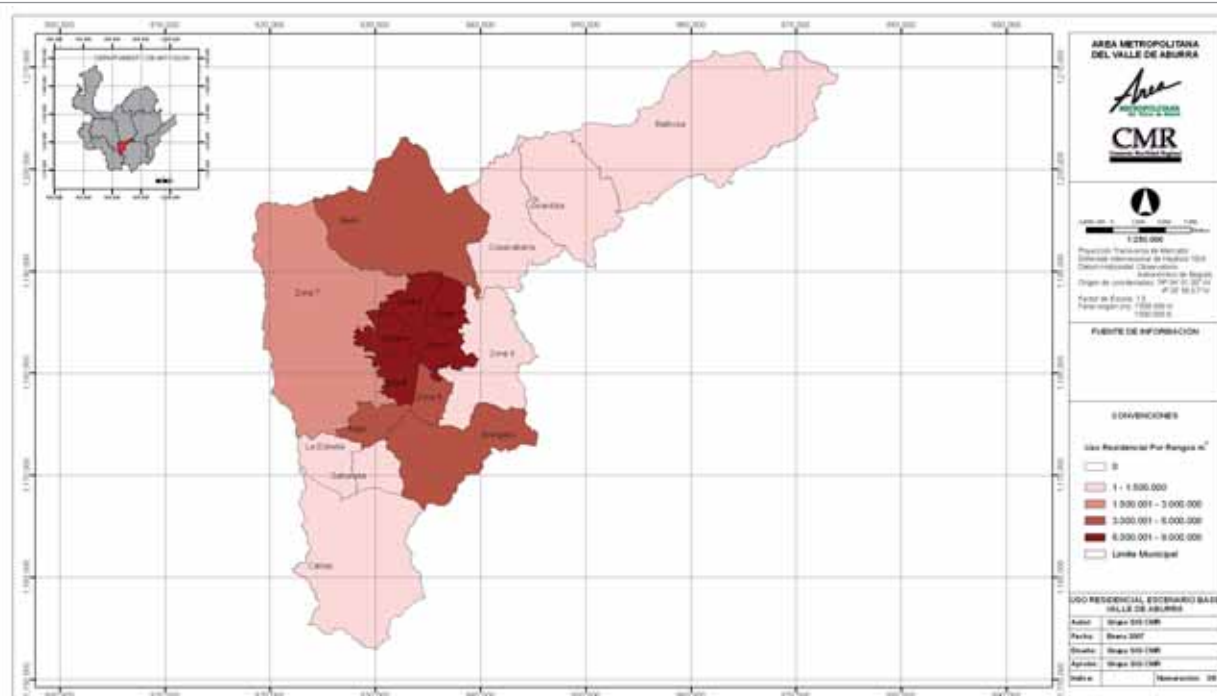
En términos de demandas de sistemas de transporte se reconocen en principio estas zonas como las principales áreas generadoras de viajes, teniendo en cuenta asimismo que la demanda estaría dirigida principalmente hacia sistemas de transporte masivo, debido a que es la población que menor cantidad de automóviles privados posee (según los índices de motorización, EOD-H 2005).

En contraposición, las zonas que muestran menores cantidades de metros cuadrados de uso residencial en general coinciden con tener porcentajes mayores de usos no residenciales, por ejemplo, la zona de El Poblado en Medellín, en éstas se reconocen los tamaños de hogar menores y las áreas de vivienda mayores, así como los estratos socioeconómicos medios y altos.

Las zonas que muestran las cantidades mínimas de metros cuadrados de uso residencial suelen ser zonas de usos especializados en industria, educación y salud, a las que las tampoco están asociados población, hogares, y viviendas, por lo tanto se identifican como grandes zonas atractoras de viajes. En este sentido se denota la gran concentración de éstas en Medellín, y algunas de carácter industrial en Bello e Itagüí.

Este fenómeno se presenta además en el Municipio de La Estrella y Envigado, dejando los municipios de sur del Valle de Aburrá como los de mayor porcentaje residencial.

**FIGURA 11.** Área construida uso residencial en el Valle de Aburrá.



Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
PMMVA.

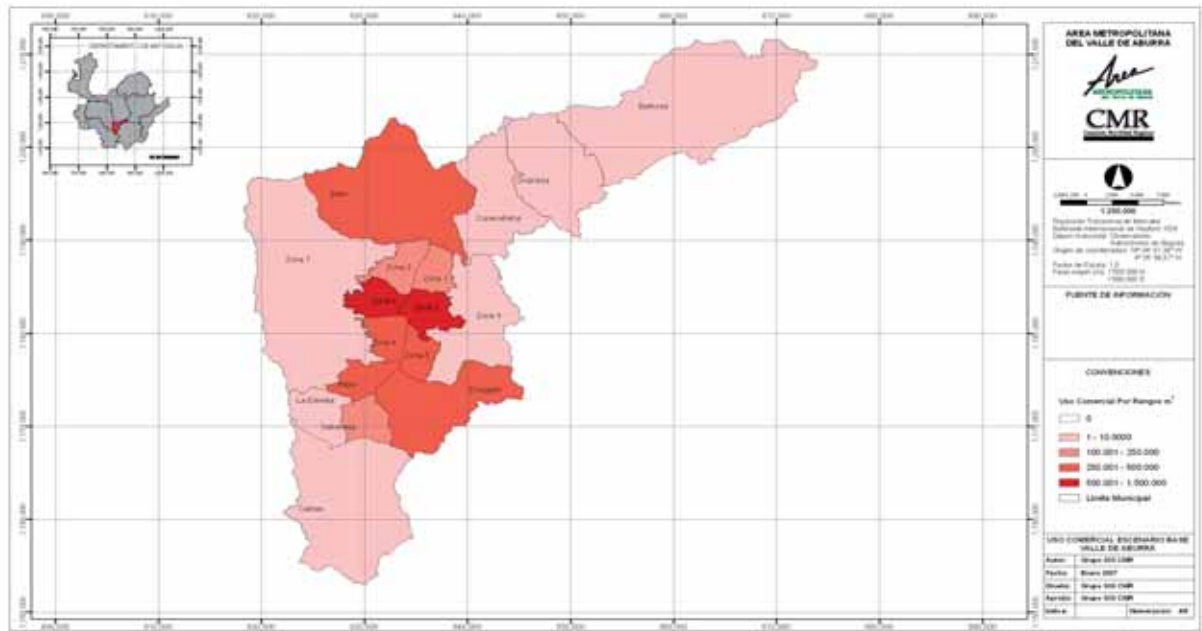
#### 4.2.3.4 Resultados por municipio – m2 de destinación no residencial

**TABLA 19.** Cuadro resumen m2 por uso y municipio del Valle de Aburrá.

COD	MUNICIPIO	COMERCIO	INDUSTRIA	SERVICIOS	SALUD	SUBTOTAL
24	BARBOSA	77.857	48.666	81.988	585	209.095
23	GIRARDOTA	52.482	112.065	87.456	2.813	254.816
22	COPACABANA	28.216	244.933	0	2.086	275.235
21	BELLO	257.869	1.080.682	1.044.962	30.428	2.413.941
10	MEDELLIN TOTAL	3.069.207	4.573.948	4.410.542	522.288	12.575.984
26	ENVIGADO	414.465	254.957	411.902	16.013	1.097.337
27	SABANETA	199.484	211.413	287.587	2.183	700.667
25	ITAGÜ	497.832	990.133	0	19.520	1.507.485
28	LA ESTRELLA	58.297	94.551	0	1.076	153.924
29	CALDAS	59.409	36.191	6.922	254	102.777
	<b>Total</b>	<b>4.715.119</b>	<b>7.647.540</b>	<b>6.331.358</b>	<b>597.244</b>	<b>19.291.261</b>

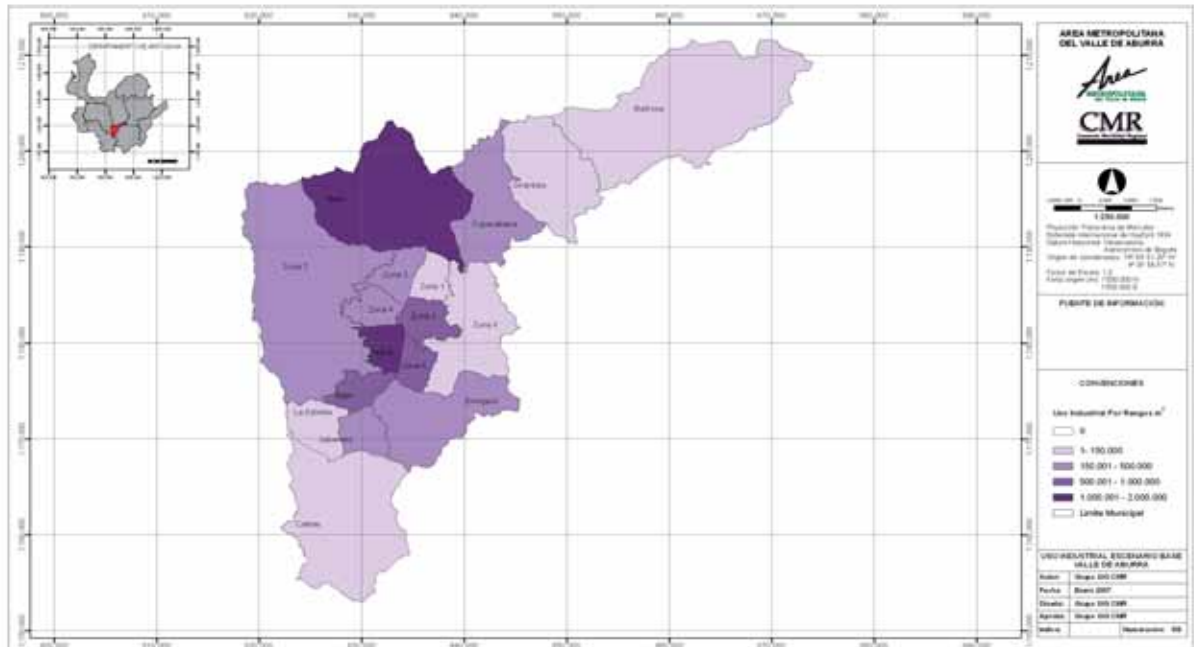
Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
PMMVA.

FIGURA 12. Total uso comercial municipios del Valle de Aburrá.



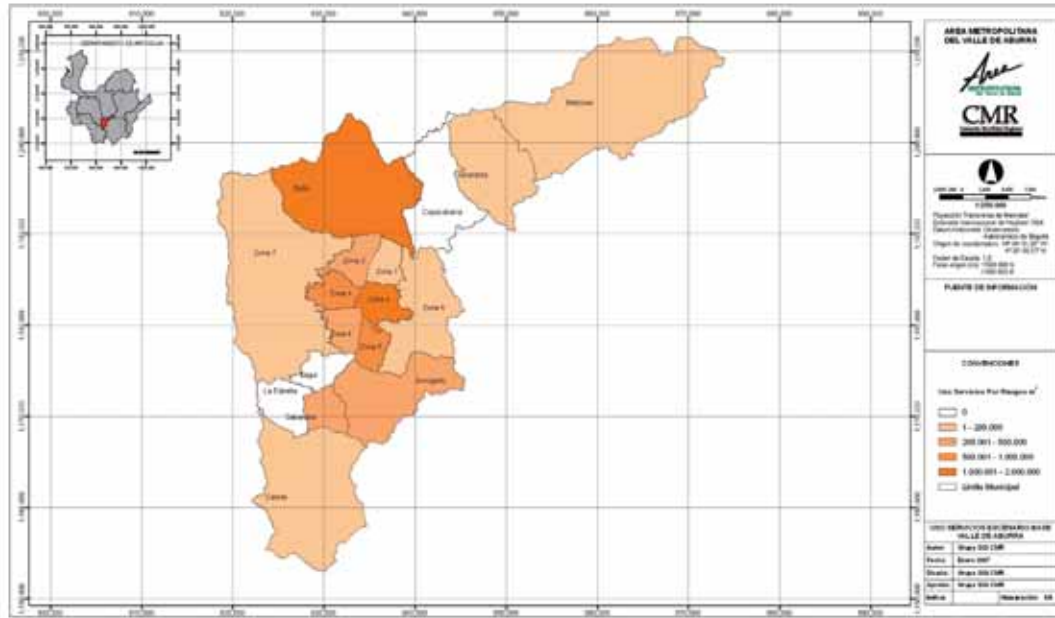
Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
P.M.M.V.A.

FIGURA 13. Total uso industrial municipios del Valle de Aburrá.



Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
P.M.M.V.A.

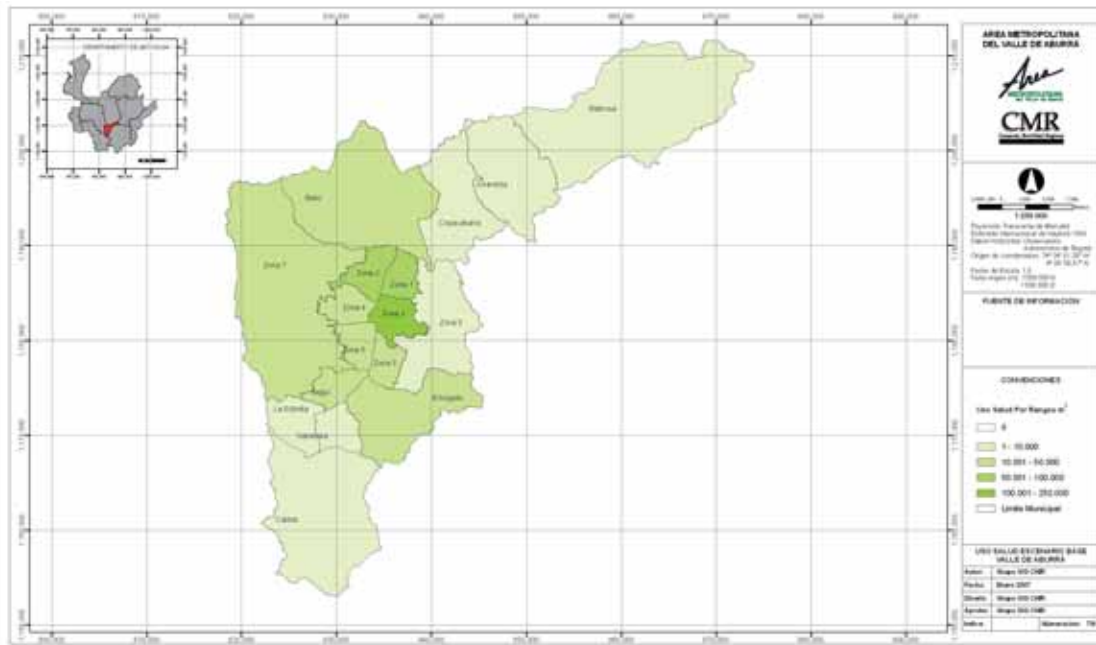
FIGURA 14. Total uso servicios municipios del Valle de Aburrá.



Fuente:

Base de Datos. Geodatabase.  
PMMVA.

FIGURA 15. Total uso salud municipios del Valle de Aburrá.



Fuente:

Base de Datos. Geodatabase.  
PMMVA.



- ┃ De la suma de las áreas destinadas a usos no residenciales por cada municipio se concluye que igualmente son los municipios de los extremos norte y sur del Valle de Aburrá los que poseen menores áreas entre 100.000 y 500.000 m<sup>2</sup>: Caldas, Barbosa, La Estrella, Copacabana y Girardota.
- ┃ Entre 500.001 y 2.000.000 m<sup>2</sup> están los Municipios de Sabaneta, Envigado e Itagüí.
- ┃ Los rangos superiores están ocupados por los Municipios de Bello y en su mayor proporción Medellín.
- ┃ Los cuatro municipios del norte representan el 16.34% y los cinco municipios del sur del Valle de Aburrá representan el 18.47%, una relación equilibrada pero que representa marcadas tendencias cuando en el norte el mayor porcentaje lo representa Bello, mientras que en el sur la relación es mas equilibrada entre los Municipios de Itagüí, Envigado y Sabaneta; todo esto sin dejar a un lado que el municipio núcleo tiene el mayor predominio con los municipios conurbanos, entendiendo que esta concentración representa las áreas de mayores servicios urbanos; es decir los municipios mas atractores de viajes.

En el contexto del Valle de Aburrá se mantiene, a nivel general, la centralidad de Medellín, como la que mayor cantidad de usos no residenciales concentra, comparativamente con los que tiene el resto de los municipios del Valle. En donde los Municipios de Bello, Envigado e Itagüí, reportan más de 1.000.000 de metros cuadrados, y los municipios de los extremos reportan hasta 250.000 metros cuadrados totales de metros cuadrados de uso residencial.

En términos de las variables analizadas el uso comercial se manifiesta con mayor representatividad en el Municipio de Itagüí seguido del Municipio de Envigado, el uso industrial prima en el Municipio de Bello, de igual manera que el uso de servicios lo que acrecienta la importancia de los municipios vecinos a Medellín que para el caso están adsorbiendo parte de los usos productivos que se encuentran localizados a lo largo del Valle de Aburrá. Lo anterior confirma la existencia de una dinámica territorial que trasciende los límites político-administrativos de los municipios entre sí.

Esta condición busca pues tender hacia la identificación y posterior puesta en marcha de sistemas de movilidad que sirvan a un territorio conurbado y centralizado, objeto de políticas, estrategias y acciones que equilibren la dinámica entre sus sistemas estructurantes, entre ellos el inherente al tema de la movilidad y de la ocupación y definición de actividades del suelo con el respectivo reconocimiento de la condición natural, soporte principal del territorio.

#### **4.2.4 Matrículas educativas**

##### **4.2.4.1 Actualidad**

Para la presentación del escenario base en cuanto a matrículas educativas desagregadas por nivel de escolaridad en los municipios del Valle de Aburrá se han tomado los diferentes datos suministrados por las entidades del orden oficial municipal con competencia directa en el tema; los totales de la información suministrada se encuentran en los datos por municipio, que se ilustran a continuación.

Los niveles de escolaridad definidos dentro del Plan corresponden a:

- └ Nivel 1: Pre Básica o Preescolar<sup>23</sup>
- └ Nivel 2: Básica Primaria
- └ Nivel 3: Básica Secundaria
- └ Nivel 4: Universitario o Educación Superior

**TABLA 20.** Matrículas educativas por nivel por municipio del Valle de Aburrá.

COD	MUNICIPIO	MATRÍCULAS NIVEL 2	MATRÍCULAS NIVEL 3	MATRÍCULAS NIVEL 4	MAT _TOTAL
24	BARBOSA	4.684	3.203	0	7.887
23	GIRARDOTA	4.114	5.119	0	9.233
22	COPACABANA	6.172	5.490	63	11.725
21	BELLO	28.639	27.250	0	55.889
	<b>Norte Total</b>	<b>43.609</b>	<b>41.062</b>	<b>63</b>	<b>84.734</b>
10	<b>Medellin Total</b>	<b>199.226</b>	<b>232.167</b>	<b>165.271</b>	<b>596.664</b>
26	ENVIGADO	12.639	13.365	4.545	30.549
27	SABANETA	5.276	5.691	3.537	14.504
25	ITAGÜÍ	17.458	18.200	0	35.658
28	LA ESTRELLA	3.838	3.287	0	7.125
29	CALDAS	7.631	7.506	1.123	16.260
	<b>Sur Total</b>	<b>46.842</b>	<b>48.049</b>	<b>9.205</b>	<b>104.096</b>
	<b>Total</b>	<b>289.677</b>	<b>321.278</b>	<b>174.539</b>	<b>785.494</b>

Fuente:  
Base de Datos. Geodatabase.  
PMMVA.

En los municipios del Valle de Aburrá tiene mayor representatividad el número de matrículas educativas en el nivel 3, con un 40,90%, el nivel 2 representa el 36,88% y el nivel 4 representa el 22,22%.

Esta proporción varía cuando se analizan los casos particulares por zona donde los municipios del norte del Valle de Aburrá presentan un equilibrio entre los datos correspondientes a los niveles 2 y 3 y una escasa presencia del nivel 4, esto se refleja en su 0,07% frente al 51,47% del nivel 2 que es mayor para este caso. En el sur se presentan más registros del nivel 3 lo que hace que este represente el 46,16%, mientras que el nivel 2 equivale al 45% y el nivel superior ó 4 asciende proporcionalmente frente a los municipios del norte y registra así el 8,84%. Medellín como núcleo de los servicios urbanos presenta una situación muy equilibrada, y para mencionar en este caso, presenta un alto porcentaje del nivel 4, esto en conclusión equivale al 27,70% de la oferta académica de nivel superior en el Valle de Aburrá.

<sup>23</sup> Es importante aclarar que si bien este uso se reporta dentro del total metropolitano no se encuentra desagregado por zona SIT, ya que los viajes generados por este nivel son absorbidos por otro modo dado que no se desarrollan individualmente, sino que son generados por otro grupo etario de población.

## 4.3 PROYECCIONES PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD

### 4.3.1 Proyecciones población, hogares y motorización para el Valle de Aburrá

El objetivo principal de esta sección es la definición de las proyecciones de población, bajo un escenario tendencial para los años 2005, 2010, 2015 y 2020. Las proyecciones incluyen el cálculo del número de personas por hogar y el número de hogares por estrato socioeconómico y nivel socioeconómico: bajo, medio y alto<sup>24</sup>. Se han definido como referentes tanto los trabajos de carácter estadístico como los trabajos de carácter metodológico y conceptual elaborados por las diferentes entidades municipales del Valle de Aburrá, departamentales y nacionales.

La primera parte de este capítulo corresponde a la definición del enfoque conceptual de las proyecciones de población y su importancia en el Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá. La segunda parte presenta la definición de la metodología de cálculo y resultados de proyección de la población. En la tercera parte se define la metodología de cálculo de las proyecciones de personas por hogar, hogares por estrato de nivel socioeconómico y motorización.

#### 4.3.1.1 Enfoque

El cálculo de proyecciones de población del Valle de Aburrá plantea la posibilidad de definir aspectos cruciales en el desarrollo del Plan tal como la definición de la demanda de los servicios de movilidad y la identificación de patrones de localización y concentración de las personas y hogares en el Valle de Aburrá.

La elaboración de las proyecciones de población se basan en supuestos sobre el comportamiento de variables demográficas, sin embargo, a largo plazo (2020) estos supuestos pueden perder validez en la medida en que la ocupación del territorio se puede ver influenciada por otro tipo de fenómenos de carácter económico, social o político. Por lo anterior, es necesario considerar la revisión y ajuste de los datos en el período de aplicación del Plan. Es importante igualmente considerar que las proyecciones se basan en las tendencias observadas a partir de los censos de población, particularmente el de 1993, es decir 12 años de referencia, lo cual hace que la calidad de la información no sea la mejor. Los aspectos anteriores se constituyen en limitantes que son necesarios considerar en la formulación y el desarrollo del Plan<sup>25</sup>.

Los resultados del censo de 2005 que el DANE ha presentado son agregados y no permiten una incorporación a las proyecciones de población. No obstante, la consultoría confrontó las proyecciones 2005 con los resultados arrojados para Medellín y los demás municipios del Valle de Aburrá, que permiten observar un acercamiento del 97%, el cual se considera bastante satisfactorio.

#### 4.3.1.2 Proyección de población por grupos de edad

##### 4.3.1.2.1 Metodologías de proyección de población

El cálculo de proyecciones de población se elaboró a través del método de componentes demográficos, que actualmente es el más utilizado por las principales agencias de producción de estadísticas en el mundo, y el cual tiene como principal ventaja frente a otros métodos el que permite obtener, para cada año de la proyección, la población por sexo y edad, así como los eventos demográficos.

24

Los niveles socioeconómicos se conformaron a partir de la agregación de los hogares así: bajo: sumatoria de hogares de estratos 1 y 2; medio: sumatoria de hogares en estratos 3 y 4 y alto: sumatoria de hogares estratos 5 y 6.

25

La descripción de los limitantes de la información se basa en: Molina Giraldo, Humberto. Estudio de población y demanda de agua – proyecciones de población de Bogotá, D.C. 1995-2020. Elaborado para las Empresas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2002.

- ┃ Las proyecciones fueron elaboradas por el Departamento de Análisis Estadístico de la Secretaría de Planeación Municipal de la Alcaldía de Medellín, otorgando un carácter de oficialidad a las cifras presentadas.
- ┃ Las proyecciones elaboradas en el estudio están acompañadas de un sólido análisis del crecimiento de la población desde 1985 de las áreas geográficas objeto de proyección: Medellín, Valle de Aburrá, Valle de Aburrá sin Medellín, Oriente cercano y Occidente cercano. Este conjunto de áreas conforman lo que se ha denominado la Gran Región que alberga 21 Municipios.
- ┃ Es el único estudio que proporciona proyecciones de población para Medellín, el Valle de Aburrá sin Medellín y el Valle de Aburrá en su totalidad, por edades quinquenales, género y con un horizonte de tiempo que se ajusta a los requerimientos del Plan Maestro.
- ┃ El estudio proporciona cifras adicionales que pueden contribuir al desarrollo de los trabajos del Plan Maestro, como lo es el cálculo de densidades de población (habitantes por kilómetro cuadrado), índices de dependencia e índices de envejecimiento para Medellín, el Valle de Aburrá sin Medellín, Valle de Aburrá, Oriente cercano, Occidente cercano y la Gran Región.
- ┃ A pesar de que el estudio sobre: "Proyecciones de población por edad y sexo para Medellín, sus áreas circundantes y sus zonas geográficas 1993-2018" ofrece las cifras más adecuadas a lo requerido por el Plan Maestro, presenta una limitación en cuanto a que el horizonte de las proyecciones es hasta 2018 y el Plan requiere un escenario de largo plazo al 2020. Para ajustar estas cifras, y considerando que no se cuenta con un procedimiento confiable para proyectar al 2019 y 2020 se decidió calcular la población para estos dos años aplicando la tasa de crecimiento geométrica promedio anual de la población para el período 1993-2018.
- ┃ El estudio citado incluía además proyecciones de población por separado para el Municipio de Medellín y el resto de los municipios del Valle de Aburrá. Sin embargo, la localización de la población total del Valle de Aburrá a nivel de municipios y zonas SIT será determinada en el presente estudio para los escenarios tendencial y de contraste, por lo cual dichas proyecciones no fueron utilizadas.

#### **4.3.1.3 Proyección de hogares y motorización**

Al igual que las proyecciones de la población total y por grupos de edad, las proyecciones del número de personas por hogar se basan en la metodología de componentes demográficos utilizada en el estudio: "Proyecciones de población por edad y sexo para Medellín, sus áreas circundantes y sus zonas geográficas 1993-2018".

Para el cálculo de las proyecciones de hogares por nivel de ingresos se utilizó la metodología de estimar para cada escenario y corte temporal la cantidad de hogares de un estrato dado que debido al crecimiento de los ingresos pasan al estrato superior, bajo el supuesto de que el ingreso de los hogares aumenta a la misma tasa que el PIB departamental. Para ello se recolectó información del PIB Departamental de Antioquia para el período 1990-2003.

#### **4.3.1.4 Proyecciones de uso no residencial para el Valle de Aburrá**

Con el fin de considerar los usos del suelo y su distribución en vivienda, servicios, comercio e industria, entre otros, en el Plan Maestro de Movilidad, ha sido necesario adelantar un estudio de la ocupación del suelo con el fin de recoger la información necesaria para la construcción de escenarios.

Este estudio más que una proyección de la ocupación del suelo para los próximos años y su distribución por actividades pretende estimar la cantidad de suelo demandado por actividades como la industria, los servicios, el comercio y la vivienda, con base en el crecimiento poblacional y las necesidades que éste genere, así como de las expectativas sociales y económicas futuras plasmadas en los diferentes planes del Valle de Aburrá.

Para estimar la cantidad de suelo que demandará cada una de las actividades y requerimientos de la vida humana, fue preciso establecer el uso y las actividades que se han desarrollado a través del tiempo, lo que permite un análisis de la dinámica de los usos del suelo.

Para esto, se realizó una revisión de modelos y metodologías que permitieran estimar la demanda de suelo de los sectores no residenciales de industria, comercio, salud, educación y servicios, de acuerdo con la información disponible y que conserve coherencia con el crecimiento poblacional y las expectativas demográficas, de mejoramiento de la calidad de vida y de crecimiento y desarrollo económico del Valle de Aburrá.

#### **4.3.1.5 Revisión de modelos y metodologías de proyección de usos del suelo**

A continuación se hace una breve referencia de las metodologías de modelación espacio – temporal<sup>26</sup> estudiadas y el análisis de pertinencia de cada una de ellas para el análisis de la dinámica de usos del suelo y la estimación de la demanda de suelo en el Valle de Aburrá. Particularmente se revisaron los siguientes métodos: (i) estadístico de datos funcionales, (ii) algoritmos de redes neuronales y (iii) sistemas de información geográfica, es posible modelar cartografía retrospectiva y prospectiva del uso del suelo en un área determinada.

El modelo para la estimación de usos del suelo implica regresiones estadísticas simples y se apoya en la dinámica de cada uso no residencial en el tiempo y su relación con el crecimiento de la actividad económica. Este modelo de mínimos cuadrados ordinarios requiere necesariamente considerar un escenario de crecimiento económico que sustente tanto la evolución del uso no residencial, por lo cual la variable que se considera más representativa corresponde al producto interno bruto PIB regional.

De acuerdo con la información disponible y la posibilidad de construir series con base en la información suministrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y los municipios, se implementa este modelo para la estimación de usos del suelo no residencial.

#### **4.3.1.6 Estimación de la demanda de suelo no residencial en el Valle de Aburrá**

##### **4.3.1.6.1 Metodología de estimación por crecimiento de la actividad económica**

Esta metodología se basa en la proyección de usos de suelo no residencial con base en su relación con la dinámica económica. Para proyectar el área destinada a cada uso del suelo fue preciso construir una serie histórica y aplicar los modelos de regresión por mínimos cuadrados ordinarios, considerando como variable explicativa el PIB departamental. La estimación de los usos del suelo no residencial se explica en función del PIB regional tanto rezagado como del propio año, de acuerdo con la siguiente ecuación:

26

Método referenciado de: Paegelow, Martin, Camacho Olmedo, María Teresa y Menor Toribio, José. Modelización prospectiva del paisaje mediante sistemas de información geográfica.

$$USO_t = A_0 \cdot PIB_{t-1}^\alpha$$

Donde:

- $\alpha$  = Corresponde a la Elasticidad PIB del uso de suelo correspondiente.
- $PIB_t$  = Producto Interno Bruto del Departamento de Antioquia del Período t
- $USO_t$  = Uso del suelo en el momento t

La información disponible sobre el uso del suelo no residencial, específicamente para los sectores industrial, comercial, servicios, salud y educación, se tomó de la estadística catastral de cada uno de los municipios para el año 2004. Sin embargo no se cuenta con información histórica del área de cada uno de estos usos, por lo que fue necesario construirla con base en la dinámica del PIB por actividad económica para el caso de uso industrial, comercial, de servicios y salud. En el caso de educación se estimó la ocupación de suelo con base en las proyecciones de población correspondiente a los grupos de edad de 0-4 años, 5-9 años, 10-14 años y de 15-19 años y los estándares de infraestructura mínimos definidos por ICONTEC.

#### 4.4. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE EN EL VALLE DE ABURRÁ

##### 4.4.1 Normativa vigente en los municipios del Valle de Aburrá

En el proceso de construcción de los escenarios de usos del suelo se ha incorporado la normativa vigente en cada uno de los diez municipios establecida en los respectivos POT, a partir de algunos indicadores que señalan la posibilidad de ocupación y crecimiento que posee cada porción homogénea del suelo urbano. Estos indicadores, de la normativa se constituyen en los principales insumos para la elaboración del ejercicio de cabida o cupo urbanístico, necesario para la elaboración de los escenarios futuros.

De esta forma se han clasificado los municipios en cuatro grupos con el fin de asociar la normativa respectiva<sup>27</sup> según la similitud de sus dinámicas territoriales. Estos grupos son:

- └ Medellín
- └ Bello e Itagüí
- └ Envigado
- └ La Estrella, Sabaneta, Copacabana
- └ Barbosa, Girardota y Caldas

De la normativa vigente se ha incorporado:

- └ Los polígonos de tratamientos urbanísticos vigentes revisados en el nuevo POT con su normativa asociada.
- └ Los índices de construcción, ocupación y cesiones de suelo público asociados a los polígonos de tratamiento en los municipios.
- └ Cesiones urbanísticas.

##### 4.4.2 Ejercicio de cabida o cupo urbanístico

Este ejercicio tiene la finalidad de determinar la capacidad normativa de crecer que tiene cada unidad territorial. La cabida o el cupo se obtiene de la diferencia entre la superficie actualmente construida y la superficie máxima permitida posible de construir bajo la normativa vigente.

27

Adicionalmente la clasificación ha estado asociada a la información suministrada por el municipio.

El ejercicio de cabida determina según la normativa cuánto es el crecimiento máximo de la edificabilidad de cada zona; éste se convierte en una herramienta para verificar que las proyecciones estén validadas con la capacidad de soporte del territorio en un horizonte a 2020<sup>28</sup>.

Respecto a este tema es importante precisar que la cabida que se tiene en cuenta es sólo la generada por los tratamientos que tienen posibilidad de densificación o que consolida usos; por ello el mejoramiento integral no es tenido en cuenta, ya que en estos polígonos se tienden a generar intervenciones que por el contrario liberen suelos, ya que las condiciones del territorio no les permiten soportar los impactos que en éste se generan. Con esto no se desconoce la tendencia de desarrollo informal inherente al hecho urbano y verificable en estas zonas que presentan marcada concentración de estratos 1 y 2, pero desde el punto de vista normativo que es el que se evalúa y verifica en este ejercicio. El hecho de ser zonas de con poca capacidad de soporte territorial es determinante.

La metodología consiste en asignar bajo los lineamientos anteriormente establecidos un factor que se convierte en un ponderador de variables, las cuales luego son multiplicadas por los valores reales de usos del suelo que se poseen, dando como resultado los nuevos datos de usos del suelo para los respectivos escenarios.

Por otra parte, para complementar la verificación del ponderador con otros criterios, aparecen tanto el uso predominante como el uso inducido por el tratamiento urbanístico como factores que inciden en la dinámica de uso del suelo de las diferentes zonas SIT.

El procedimiento para la obtención de este dato es el siguiente:

- A la unidad territorial base, que para el caso del presente estudio es la zona SIT, se superponen los polígonos de tratamientos urbanísticos, a los cuales están asociados, tanto los usos permitidos como los respectivos índices de construcción.
- A la información con la cual está cargada cada zona SIT se le extraen los siguientes datos que han sido entendidos como valores estándares para todos los polígonos: área bruta de la zona SIT menos el 20% que corresponde a un promedio de áreas para vías, ésta se multiplica por el índice de construcción según normativa vigente, y al resultado total de esta operación se le resta la respectiva cesión de suelo público (20% promedio, pero variable según el tratamiento urbanístico<sup>29</sup>), esto da como resultado el área posible de edificar, a la que luego de restarle el área neta, da como resultado el área vacante o cupo para la respectiva zona SIT.

En esta área vacante por zona SIT se localizan las proyecciones de las diferentes variables explicativas de viajes utilizadas para la construcción de la situación base y que son las mismas que se emplean en la construcción de los escenarios de uso del suelo.

#### 4.5. LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS INMOBILIARIOS Y DE DESARROLLO

La dinámica del mercado inmobiliario en los municipios del Valle de Aburrá se constituye en uno de los insumos más importantes para la caracterización urbanística de los diferentes sectores en los cuales está dividido el territorio objeto del presente estudio.

28

Es importante aclarar que la fecha de vigencia inicial de los respectivos POT es el año 2009 (tres periodos administrativos), pero con el cambio en la duración de los periodos administrativos es extensible hasta el año 2012. Para este momento se realiza la revisión a largo plazo de los mismos, lo que implica ajustes a las normas estructurales, esto requiere igualmente una revisión exhaustiva de las disposiciones tomadas en el presente estudio; esta condición hace que las proyecciones sean válidas pero sujetas a revisión al momento de desarrollarse el último ajuste a largo plazo de los POT. Frente a esta condición se toma la decisión por parte del consultor de acoger las Directrices de Ordenamiento Territorial del Valle de Aburrá como normas de carácter estructural del orden metropolitano; base y soporte para la localización de las variables explicativas de viaje contenidas dentro del presente estudio, esto con el fin de darle validez a los años de corte dentro de los cuales se desarrollan los escenarios de usos del suelo por su coherencia temporal con éstas.

29

Las variaciones según el tratamiento urbanístico pueden verificarse en las tablas origen en formato Excel que hacen parte de las bases de datos de los escenarios de usos del suelo que se encuentran adjunto al presente informe final.

Cabe señalar que esa tendencia tiene incidencias no sólo sobre el ámbito físico del Valle de Aburrá, ya que se detectan áreas con mayor atracción para el mercado inmobiliario de ciertos usos, con ejemplos de fenómenos puntuales como lo es el caso de la localización de viviendas en alta densidad en la zona sur oriental del Valle de Aburrá y la tendencia de localización de comercio en el centro de Medellín; sino que también genera fenómenos particulares de alta incidencia en la dinámica económica, ambiental y social del territorio, como es el caso de la localización de amplias zonas de desarrollos urbanísticos para viviendas de interés social en áreas con baja capacidad de soporte del territorio.

### A. Proyectos seguros

---

Estos corresponden a aquellos proyectos conocidos (en ejecución, a punto de iniciarse o finalizados), pero que aún se mantienen en las fases iniciales del proyecto (gestión, promoción y ventas).

- └ Los planes parciales aprobados y activos<sup>30</sup>.
- └ Los proyectos inmobiliarios (listado suministrado por el Municipio de Medellín en las siguientes destinaciones económicas: comercio, industria, vivienda y servicios).
- └ Los proyectos inmobiliarios de vivienda promovidos por las revistas: Propiedades de la Lonja de Propiedad Raíz e Informe Inmobiliario del periódico El Colombiano.
- └ Proyectos de equipamientos públicos contenidos dentro del plan de desarrollo de cada municipio o pertenecientes a acciones particulares.

Estos proyectos se estiman realizar dentro del período comprendido entre los años de corte: 2005- 2010 ó corto plazo.

### B. Proyectos posibles

---

Corresponden a propuestas, situaciones o eventos que ya se han constatado y que constituyen la tendencia o el comportamiento del mercado inmobiliario para efectos de esos usos en particular.

- └ Los planes parciales aprobados en estado inactivo.
- └ Los planes parciales en proceso de aprobación y revisión que se encuentren activos.
- └ Los proyectos estratégicos formulados dentro de las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial.

Estos proyectos se estiman a realizar dentro del período comprendido entre los años de corte: 2010-2015 ó mediano plazo.

### C. Proyectos potenciales

---

Estos proyectos son ideas que se han formulado en territorio en espacios donde las posibilidades tanto normativas como reales están implícitas, pero que no han tenido desarrollos posteriores.

- └ Los planes parciales en proceso de formulación e inactivos.

Su posible generación estaría dentro del período comprendido entre los años de corte: 2015-2020 ó largo plazo.

30

Información suministrada por el  
Departamento Administrativo de  
Planeación del Municipio de Medellín,  
Oficina de Planes Parciales.



Se deben distinguir los procesos de generación y traslado de actividades o usos del suelo. La generación de actividades está ligada a proyectos nuevos y el traslado de usos corresponde a su relocalización.

En el proceso de construcción del escenario tendencial, se toman como insumo los proyectos programados seguros de realizarse, y el escenario de contraste considera los proyectos potenciales y posibles de realizarse, éstos últimos al incluir ideas de desarrollo se alejan de la tendencia que registran en los últimos años y contrastan la situación base inicial.

#### **4.6. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS TENDENCIAL Y DE CONTRASTE**

La construcción de escenarios de uso del suelo se basa fundamentalmente en una mezcla de indicadores objetivos (estimaciones de crecimiento de actividades económicas, ingreso de hogares, tasas de motorización, conocimiento de iniciativas oficiales y particulares: planes reguladores, incentivos impositivos, planes de inversión inmobiliaria, potencial de crecimiento industrial y de servicios, etc.) y finalmente la experiencia histórica respecto a la evolución de cada municipio.

Del conjunto de indicadores y criterios se especifican aquellos escenarios más probables, que ameriten ser analizados desde el punto de vista de la operación del transporte. Cada escenario especifica una localización particular de los distintos tipos de usos del suelo en el Valle de Aburrá, lo que a su vez definirá la entrada para el modelo de transporte.

En este estudio se presentan dos escenarios: el tendencial y el de contraste, con el objeto de cubrir un espectro mayor de situaciones futuras posibles respecto de los usos del suelo, y por ende de los viajes que se realizarán al interior del Valle de Aburrá.

##### **4.6.1 Metodología para la localización de las proyecciones de variables explicativas de viajes**

Con la presente metodología se busca localizar en el territorio todo el conjunto de variables utilizadas para la construcción de la situación base, en los años de corte temporal: 2010, 2015 y 2020, con el objetivo de configurar los escenarios tendencial y de contraste. Estas variables se localizan según las tendencias identificadas y las tendencias dirigidas con el fin de estimar en el territorio dos situaciones posibles en el mismo.

Para efectos de la modelación de transporte, el desarrollo de escenarios de usos del suelo tiene como principal objetivo la localización y el dimensionamiento en el tiempo, de las actividades que generan y atraen viajes dentro de la ciudad.

En este sentido, la metodología de construcción de escenarios involucra tres líneas iniciales de trabajo, estas son:

- ▣ Las proyecciones globales para los municipios del Valle de Aburrá, determinantes de la demanda del suelo.
- ▣ La normativa: elemento regulatorio del comportamiento del mercado inmobiliario y del suelo urbano mediante la oferta.
- ▣ Los proyectos programados que constituyen la oferta misma con distintos niveles de certeza.

#### 4.6.1.1 Localización de usos del suelo

La localización de usos del suelo corresponde a la distribución espacial de la proyección de la demanda por suelo, en función de la oferta establecida, la especialización de cada zona y la evolución histórica de las mismas en cuanto a los usos considerados.

Esta etapa es básicamente una simulación de la distribución esperada para cada uso del suelo, generando así lo que en la práctica constituye el desarrollo inmobiliario que se produce en la ciudad.

Este proceso considera, por una parte, una serie de factores generales utilizados en la construcción de escenarios de usos del suelo y que obedecen a un comportamiento “natural” general de las ciudades; y de otra parte, considera características propias del área de estudio, en este caso, de cada municipio, que influyen en la distribución y localización, como lo son aspecto de la normativa, accesibilidad y futuros proyectos, entre otros.

Dentro de estos factores particulares, tanto la regulación como la oferta asociada a los proyectos posibles son determinantes al momento de localizar los distintos usos, pero también entran en juego otras características y consideraciones propias del sistema de actividades, las que deben ser tomadas en cuenta al momento de decidir la localización puntual de cada uno de ellos.

#### 4.6.1.2 Generación y traslado o relocalización de actividades

El proceso de construcción de escenarios de uso del suelo se basa en algunos procesos de desarrollo urbano y el comportamiento del sistema de actividades que son propias de áreas urbanas interdependientes como es el caso de los municipios del Valle de Aburrá. Estos conceptos se relacionan básicamente con los factores que propician el proceso de generación y traslado de las actividades o usos del suelo dentro de la conurbación y de los municipios que se encuentran más alejados; lo que corresponde a un proceso dinámico que involucra tanto actividades nuevas como existentes, en términos de apertura, cierre y obsolescencia de éstas en el territorio.

En este sentido se distingue la relocalización de actividades cuando se refiere a traslados y la generación de actividades; es decir proyectos nuevos. Dentro de la generación de proyectos se reconocen aquellos de reemplazo y de agregación.

#### A. Proyectos de reemplazo

Corresponden a aquellos proyectos inmobiliarios que se desarrollan sobre predios donde anteriormente existía otra actividad y, generalmente, un inmueble.

Los proyectos de reemplazo se dan generalmente en zonas urbanas consolidadas y centrales de cada municipio y corresponden a proyectos de renovación urbana, en donde, por razones de accesibilidad, de infraestructura y/o equipamiento, se incentiva la renovación y densificación de las áreas centrales de los municipios.

En el caso del Valle de Aburrá se presentan los casos de la localización de grandes industrias áreas centrales: Simesa, Argos, Coltejer, Tejcóndor, Fabricato, que van dando paso, por razones del mismo desarrollo urbano y de normativa, a otros usos y actividades: residenciales, comerciales, de mayor complementariedad con las dinámicas de los entornos urbanos en donde se encuentran asentados.

También se da el caso en el Valle de Aburrá de zonas centrales a los municipios, en donde la estructura predial, de lotes generosos en área, la baja densidad de construcciones y los usos en procesos de relocalización, comienzan a ceder el espacio a procesos de redensificación urbana traducida en edificaciones en altura, que incorporan usos residenciales, comerciales y de servicios.

## B. Proyectos de agregación

Corresponden a aquellos proyectos inmobiliarios nuevos que se construyen sobre espacios desocupados y que generalmente se desarrollan en la periferia o áreas intersticiales de los municipios. Estos proyectos responden a razones naturales de crecimiento urbano y generalmente se desarrollan como parte de procesos de expansión o extensión urbana en las periferias del valle de Aburrá. Este tipo de crecimiento es el más importante en sectores como El Poblado, Belén y San Cristóbal.

### 4.6.1.3 Proceso desarrollado

La metodología para la localización de las variables explicativas de viajes, en los años de corte temporal 2010, 2015, y 2020 considera los siguientes pasos:

- **Elaboración del ejercicio de cabida:** como apoyo para construir la variable “vacante”, explicada anteriormente.
- **Ponderación de cada una de las variables explicativas de viajes:** una vez se tiene la “vacante”, se procede a establecer un puntaje de 1 a 10 para cada una de las variables explicativas de viajes: uso residencial, uso comercial, uso industrial, uso servicios, uso salud<sup>31</sup>. Este procedimiento permite asignar la cantidad de metros cuadrados de cada uso que puede soportar cada zona SIT, de acuerdo, tanto con los criterios definidos en la norma, como los establecidos por el índice de especialización.

Es importante precisar que para el caso del escenario tendencial se tuvo en cuenta la información referida a delimitación de las bandas de densidad determinada por las Directrices de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá; para el caso puntual del Municipio de Medellín se incorporaron además la localización de las centralidades zonales y de los corredores especializados que están consignados dentro de su respectivo POT.

Para el escenario de contraste, además de los datos del escenario tendencial, se definieron potencialidades particulares a las zonas donde se localizan los proyectos de desarrollo urbano, contenidos igualmente en el documento de Directrices de Ordenamiento Territorial y unas áreas de influencia inmediata a éstos como sectores que asumen las repercusiones inmediatas de los cambios de usos del suelo se sucedan para estos sectores.

- **Estimación de la localización futura de población y hogares:** gracias a la información referida al uso residencial se determina el crecimiento y posterior localización de dichas variables en el territorio.
- **Estimación de la localización de matrículas educativas:** esta variable se localiza teniendo en cuenta la presencia de población por zona SIT en edad escolar; se determinan valores particulares a zonas donde la aparición de proyectos educativos les ha asignando una capacidad particular a éstas.

31

Para este uso en particular ante la ausencia de información correspondiente a criterios de localización de este tipo de equipamientos fue empleado como dato relevante la información correspondiente a zonas deficitarias que se encuentra contenida en el Documento del Plan de Desarrollo del Municipio de Medellín.

**Uso residencial:** se basa en los proyectos programados en las categorías expuestas anteriormente, se verifica el número de viviendas (se considera que en cada nueva vivienda se generará un nuevo hogar) y el valor o estrato al cual están dirigidos; además de las disposiciones de las Directrices de Ordenamiento Territorial en torno al tema de densidades.

**Uso industrial:** la localización del uso industrial está determinada por la regulación normativa sobre la localización del uso industrial en sus distintas tipologías. Este además tiene destinaciones particulares consignadas dentro de las Directrices de Ordenamiento Territorial.

**Uso de servicios:** los servicios públicos y privados, en su proceso de localización, van asociados a la existencia de ciertos niveles de equipamiento y demanda. En este sentido los servicios tienden a aglutinarse y concentrarse en sectores donde se localizan también el comercio y el equipamiento. Esta localización está entonces sujeta a la del uso comercial; es muy importante precisar que la tendencia de propiciar la sana mezcla de usos ante todo en las áreas de centralidades está incorporada dentro de los lineamientos generales de este ejercicio.

**Uso comercial:** el comercio, en su proceso de localización, se ve determinado por la regulación normativa vigente y sigue distintos procesos de localización dependiendo del tipo de comercio:

- └ Centros comerciales concentrados (grandes superficies).
- └ Ejes y zonas especializadas. Corredores de actividad múltiple.
- └ Locales o minicentros desagregados.

La metodología para localización del uso comercial se basa en los proyectos programados, los cuales se localizan en forma directa y la interrelación con los proyectos de servicios.

**Uso salud:** la salud, en su proceso de localización se ve determinada por la existencia de centros especializados:

- └ Clínicas, hospitales y grandes centros de salud.
- └ Servicios médicos, clínicas menores y centros de salud complementarios.
- └ Centros de urgencias médicas.
- └ Consultorios y centros de atención primaria (servicios médicos menores a nivel local).

La metodología de localización del uso salud se basa la tendencia de consolidación de servicios ya existentes en ciertas zonas, la necesidad de localización de algunos nuevos donde las futuras densidades de población lo hacen prever; además de la localización de este uso en áreas donde actualmente se presenta este déficit en el Valle de Aburrá.

**Matrículas educativas:** las matrículas educativas están asociadas a la existencia de equipamientos educativos en tres de los cuatro niveles definidos en el escenario de la situación base (es importante aclarar que las matrículas del nivel 1 correspondiente al nivel preescolar no se localizan, dado que dentro de los modelos de generación y

demanda de viajes, éstos están desarrollados en compañía de otras personas y no individualmente). En este sentido la metodología de localización de las matrículas se basa en los proyectos programados, donde figuran los proyectos nuevos a los cuales se asigna o estima un número de matrículas base y la consolidación de las áreas donde ya existe presencia de éstos; también se determinaron crecimientos sujetos a las nuevas demandas de población de la misma manera que con el usos de salud.

#### 4.6.2 Escenario de desarrollo y usos de suelo tendencial

En este punto se presentan los principales datos que definen el escenario de desarrollo y usos de suelo adoptado, es decir el tendencial, sobre el cual se sustenta el Plan. Se incluye información acerca de población, hogares y motorización.

**TABLA 21.** Localización de población por año de corte, escenario tendencial.

COD	MUNICIPIO	2005	2010 T	2015 T	2020 T
24	BARBOSA	39.059	48.861	57.466	65.381
23	GIRARDOTA	37.049	47.093	55.895	63.981
22	COPACABANA	56.636	64.642	71.800	78.475
21	BELLO	404.095	418.254	432.495	446.877
	<b>Norte Total</b>	<b>536.839</b>	<b>578.851</b>	<b>617.656</b>	<b>654.715</b>
10	MEDELLÍN MACROZONA 1	498.035	502.446	508.820	516.456
	MEDELLÍN MACROZONA 2	502.676	516.312	530.617	545.431
	MEDELLÍN MACROZONA 3	310.744	328.545	345.421	361.830
	MEDELLÍN MACROZONA 4	343.071	364.927	385.447	405.267
	MEDELLÍN MACROZONA 5	96.711	101.456	106.027	110.518
	MEDELLÍN MACROZONA 6	240.425	247.525	254.862	262.394
	MEDELLÍN MACROZONA 7	89.585	99.446	108.366	116.756
	MEDELLÍN MACROZONA 8	6.998	6.866	6.789	6.746
	<b>Medellín Total</b>	<b>2.088.245</b>	<b>2.167.522</b>	<b>2.246.348</b>	<b>2.325.398</b>
26	ENVIGADO	147.206	158.625	169.179	179.263
27	SABANETA	41.089	55.332	67.754	79.123
25	ITAGÜ	276.113	298.777	319.640	339.518
28	LA ESTRELLA	44.747	50.520	55.701	60.547
29	CALDAS	77.209	113.251	144.546	173.088
	<b>Sur Total</b>	<b>586.364</b>	<b>676.504</b>	<b>756.820</b>	<b>831.538</b>
	<b>Área Metropolitana Total</b>	<b>3.211.448</b>	<b>3.422.877</b>	<b>3.620.824</b>	<b>3.811.651</b>

Fuente:  
cálculos de la consultoría.

**TABLA 22.** Localización de hogares por año de corte, escenario tendencial.

COD	MUNICIPIO	2005_T	2010_TT	2015_TT	2020_TT
24	BARBOSA	9.885	12.300	14.630	16.797
23	GIRARDOTA	9.535	12.036	14.434	16.662
22	COPACABANA	13.838	15.691	17.614	19.418
21	BELLO	84.450	86.765	90.615	94.388
	<b>Norte Total</b>	<b>117.708</b>	<b>126.792</b>	<b>137.293</b>	<b>147.265</b>
10	MEDELLÍN MACROZONA 1	139.848	140.104	143.343	146.713
	MEDELLÍN MACROZONA 2	128.564	131.376	136.614	141.786
	MEDELLÍN MACROZONA 3	92.297	97.170	103.433	109.442
	MEDELLÍN MACROZONA 4	99.308	105.047	112.220	119.085
	MEDELLÍN MACROZONA 5	32.319	33.681	35.572	37.399
	MEDELLÍN MACROZONA 6	75.773	77.510	80.666	83.777
	MEDELLÍN MACROZONA 7	27.374	30.165	33.202	36.066
	MEDELLÍN MACROZONA 8	2.268	2.210	2.208	2.213
	<b>Medellín Total</b>	<b>597.752</b>	<b>617.263</b>	<b>647.257</b>	<b>676.480</b>
26	ENVIGADO	42.730	45.756	49.330	52.731
27	SABANETA	11.495	15.400	19.071	22.473
25	ITAGÜÍ	57.669	62.005	67.049	71.843
28	LA ESTRELLA	12.063	13.527	15.071	16.522
29	CALDAS	20.226	29.468	38.006	45.899
	<b>Sur Total</b>	<b>144.182</b>	<b>166.156</b>	<b>188.527</b>	<b>209.468</b>
	<b>Area Metropolitana Total</b>	<b>859.643</b>	<b>910.211</b>	<b>973.077</b>	<b>1.033.214</b>

Fuente:  
cálculos de la consultoría.

**TABLA 23.** Proyección del número de autos Valle de Aburrá 2010-2020.

AÑO	AUTOS CIRCULANDO <sup>1</sup>	TASA DE CRECIMIENTO	HAB/VEH
2005	169.630	6,38 %	18,9
2010	231.055	6,28 %	14,8
2015	313.304	6,17 %	11,6
2020	422.703		

Fuente:  
Escenario Tendencial de Crecimiento del Valle de Aburrá, Capítulo 4 Informe Final PMMVA.

<sup>1</sup>: Corresponde a autos en circulación. El registro total de autos para el año 2005 indica 279.278 veh.

# 5. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE

En este capítulo se presenta en primer lugar la definición conceptual y las definiciones básicas del modelo de transporte calibrado para el Valle de Aburrá como parte de este estudio; posteriormente se presentan las definiciones y las especificaciones matemáticas de los submodelos que componen las etapas de demanda de viajes. Luego, se presenta la calibración de la etapa de asignación a redes de transporte. El capítulo finaliza con la implementación y validación del modelo de cuatro etapas en EMME 2.

## 5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DEL MODELO Y SUS ETAPAS

Para representar el sistema de transporte del área de estudio se calibra un modelo clásico de transporte de cuatro etapas<sup>32</sup>, que simula el comportamiento de los usuarios del sistema a través de tres etapas de demanda de viajes (generación y atracción, distribución y partición modal) y una etapa de oferta de servicios (asignación de viajes a las redes).

En la figura 16 se presenta un diagrama con las componentes que conforman el modelo clásico de transporte de cuatro etapas, donde se incluyen las preguntas que debe responder cada etapa integrante del modelo para simular los viajes del sistema.

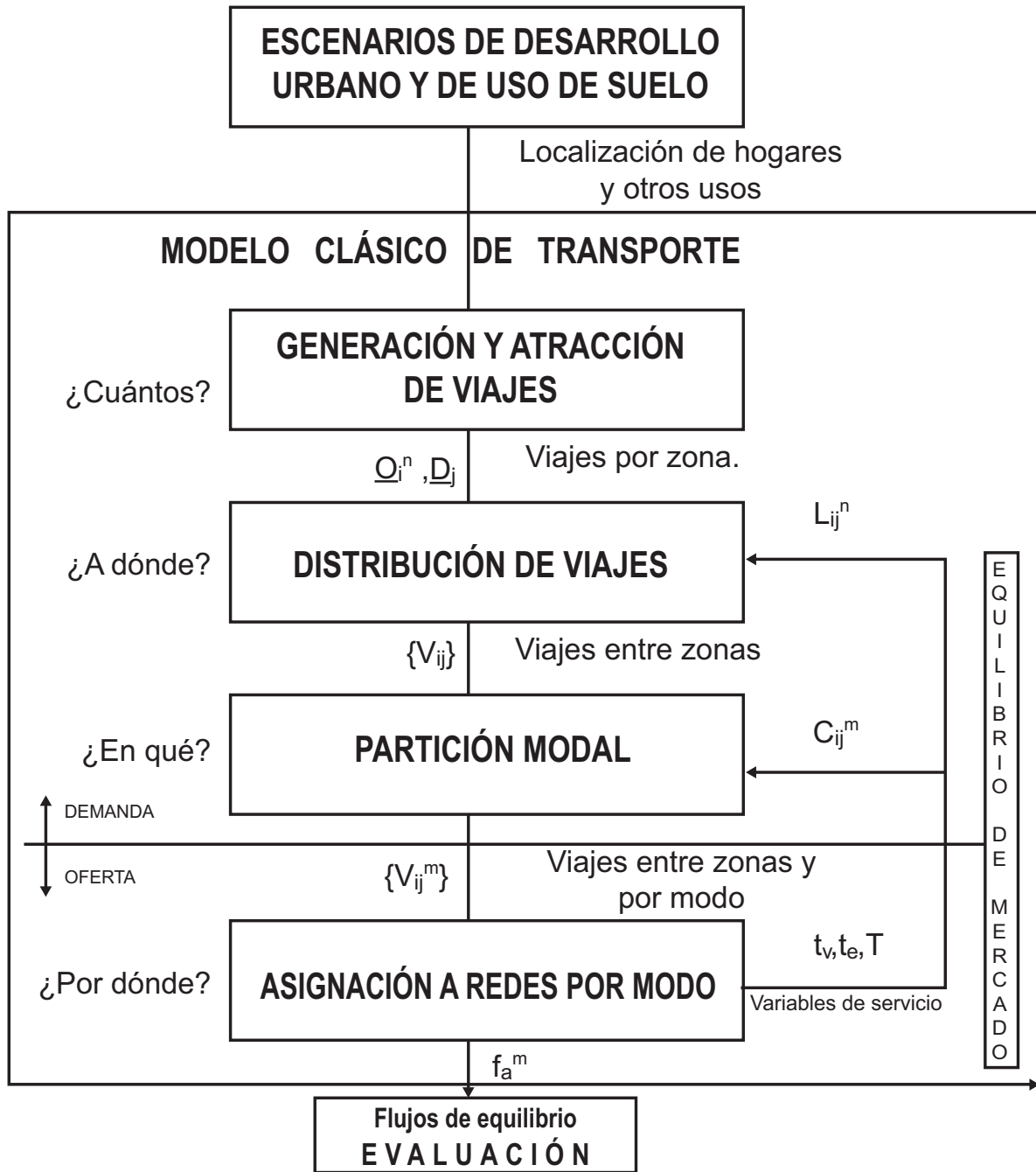
El submodelo de generación y atracción determina los viajes producidos ( $O_i^n$ ) y atraídos ( $D_j$ ) por cada una de las zonas de análisis del estudio. El modelo de distribución reparte estos viajes entre orígenes-destino de zonas ( $V_{ij}^n$ ). El modelo de partición modal divide estos viajes entre zonas en los distintos modos de transporte disponibles para cada usuario ( $V_{ij}^{nm}$ ). Por último, en la etapa de asignación los viajes entre zonas y por modo son cargados a las rutas posibles entre ellos, usando para ellos las redes viales y de servicios de transporte público disponibles, obteniéndose de esta manera los flujos vehiculares y de pasajeros por arcos y servicios de transporte público, respectivamente ( $f_a^m$ ).

Debido a la asignación de viajes a las redes se producen variables de servicio como tiempos de viajes ( $t_v$ ), tiempos de espera ( $t_e$ ), costos del viaje ( $T$ ), etc., que se traducen en los costos generalizados de los viajes por modo ( $C_{ij}^m$ ) y a partir de estos los costos generalizados o logsumas por tipo de usuario ( $L_{ij}^n$ ) que retroalimentan las etapas de demanda, obteniendo nuevas matrices que deben asignarse a las redes, lo cual genera un problema de equilibrio entre las etapas de oferta y demanda. Este problema se conoce en la literatura como equilibrio de mercado del sistema de transporte urbano; el cual, para este estudio, se pretende resolver a través de un enfoque del tipo secuencial.

32

Ortuzar Salas, Juan de Dios y Willumsen, L.G. Modelling Transport. 1996.

FIGURA 16. Modelo clásico de transporte de cuatro etapas.



Fuente: elaboración propia.



## 5.2 DEFINICIONES BÁSICAS DEL MODELO

### 5.2.1 Definición del área de estudio

El área de estudio comprende los 10 municipios del Valle de Aburrá y las subregiones vecinas.

### 5.2.2 Definición de la zonificación

El modelo de transporte requiere zonificar el área de estudio de modo de representar los orígenes y destinos de los viajes. Cada zona es representada por un centroide, a partir del cual se calcularán los costos del viaje a través de los distintos modos disponibles para los distintos tipos de usuarios que demandan viajes en el sistema de transporte estudiado. La zonificación debe permitir estudiar las futuras alternativas de proyecto viales y de conectividad del valle con el resto de la región por lo cual se debe definir una zonificación acorde a estos requerimientos.

Dado lo anterior, la zonificación de un área de estudio debe cumplir ciertos criterios que son los siguientes: desde el punto de vista urbano, las zonas deben ser homogéneas en cuanto al uso del suelo, de manera de diferenciar las áreas eminentemente residenciales de las de uso comercial o industrial; deben ser también compatibles con las divisiones territoriales existentes; deben tener una forma geométrica regular que permita caracterizarlas y por último deben tener una accesibilidad similar en términos de transporte para todo el polígono que las represente.

Considerando que la Encuesta O/D 2005 definió una zonificación para el Valle de Aburrá, que incorpora los criterios anteriores se ha optado trabajar en el modelo con esta zonificación como referencia haciendo algunos ajustes menores.

Entre estos ajustes se encuentra que para el sector suburbano se incorpora una zonificación que permita reflejar la conectividad con el oriente, occidente, norte y sur. Esta zonificación se denomina zonificación externa para efectos del modelo de transporte a construir. El resto de las zonas pertenecen a la denominada zonificación interna.

**TABLA 24.** Zonificación área de estudio.

ZONAS INTERNAS		ZONAS EXTERNAS	
Medellín	326	Marinilla, Santuario	1
Barbosa	11	Aeropuerto JMC	1
Bello	24	Municipios Norte	1
Caldas	1	Municipios Occidente	1
Copacabana	6	Municipios Oriente	1
Envigado	11	Municipios Sur	1
Girardota	8	Rionegro	1
Itagüí	14	La Ceja	1
Sabaneta	6	Guarne	1
La Estrella	2	El Retiro	1
<b>Total Internas</b>	<b>409</b>	<b>Total Externas</b>	<b>10</b>

Fuente:  
elaboración propia.

### 5.2.3 Contexto temporal del análisis

El modelo de transporte requiere analizar la operación del sistema en ciertos años representativos, los cuales se denominan cortes temporales. Para cada uno de estos cortes es necesario contrastar el funcionamiento del sistema de una situación base o referencial con una situación del sistema con modificaciones estructurales llamada situación con proyecto.

La hipótesis de estabilidad temporal de los parámetros calibrados determina la conveniencia de que los cortes temporales se definan lo más cercano posible al año de calibración del modelo. Además, debe considerarse en esta definición la posibilidad de estimar correctamente, para dichos cortes, los datos de entrada necesarios que alimentan los distintos modelos a calibrar.

Para efectos de este estudio, dado que se requiere estudiar la movilidad a corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo (15 años), y que el modelo se calibra para la situación del año 2005, se trabaja con los años de corte 2010, 2015 y 2020.

### 5.2.4 Definición de períodos de modelación

Es muy costoso simular todas las horas de un día en un sistema de transporte, dado que los modelos urbanos se calibran a nivel horario, es necesario conocer las horas del día donde se producen los comportamientos más representativos en términos de volúmenes de viajes, los cuales se denominan períodos de modelación; es decir, las horas pico o valles en los días representativos o de comportamiento más similar de los usuarios del sistema durante la semana.

Como parte de este estudio se calibraron los períodos punta mañana y punta tarde, entendiéndose que en estos se presentan las horas más críticas del día en términos de congestión en la red vial.

De la siguiente tabla se observa que los períodos punta representativos más críticos del día y que será calibrado el modelo son:

- └ Punta Mañana: de 6:00 a 8:00 hrs.
- └ Punta Tarde: de 17:00 a 19:00 hrs.

**TABLA 25.** Distribución horaria de viajes por modo.

HORAS	PRIVADO	PÚBLICO	COMBINADO	OTROS	NO MOTORIZADO	TOTAL	%
00:00-01:00	1.756	381	0	220	858	3.215	0,08%
01:00-02:00	3.713	767	114	162	1.055	5.811	0,14%
02:00-03:00	4.309	836	164	322	1.145	6.776	0,16%
03:00-04:00	3.766	2.315	8	189	1.543	7.822	0,18%
04:00-05:00	4.568	16.403	2.646	1.192	4.610	29.419	0,69%
05:00-06:00	22.842	92.276	14.164	9.147	36.711	175.139	4,09%
06:00-07:00	82.886	144.235	27.098	45.628	209.008	508.855	11,89%
07:00-08:00	106.365	155.830	19.158	15.604	92.837	389.794	9,11%

HORAS	PRIVADO	PÚBLICO	COMBINADO	OTROS	NO MOTORIZADO	TOTAL	%
08:00-09:00	49.896	76.112	6.472	2.651	53.082	188.213	4,40%
09:00-10:00	35.473	51.950	5.191	908	40.491	134.012	3,13%
10:00-11:00	33.150	43.302	3.499	1.089	39.279	120.319	2,81%
11:00-12:00	31.988	47.102	3.907	6.161	96.012	185.170	4,33%
12:00-13:00	55.465	81.787	6.919	28.766	282.433	455.369	10,64%
13:00-14:00	51.307	69.569	6.174	17.811	75.658	220.520	5,15%
14:00-15:00	51.692	71.412	8.113	17.296	52.277	200.790	4,69%
15:00-16:00	40.478	54.494	6.882	10.148	42.701	154.703	3,62%
16:00-17:00	40.276	66.451	8.213	4.510	57.999	177.450	4,15%
17:00-18:00	107.973	129.730	16.874	7.561	120.527	382.666	8,94%
18:00-19:00	129.331	164.394	26.582	9.715	147.052	477.075	11,15%
19:00-20:00	52.667	83.683	10.874	3.866	49.934	201.025	4,70%
20:00-21:00	31.345	47.218	6.643	1.444	24.245	110.894	2,59%
21:00-22:00	23.928	28.523	4.013	1.200	19.494	77.158	1,80%
22:00-23:00	13.759	18.170	4.322	2.512	14.314	53.077	1,24%
23:00-00:00	7.037	2.198	53	271	3.461	13.019	0,30%
<b>Total</b>	<b>985.973</b>	<b>1.449.138</b>	<b>188.083</b>	<b>188.373</b>	<b>1.466.725</b>	<b>4.278.291</b>	<b>100,00%</b>

**Nota:** Modo Privado: incluye Auto Acompañante, Auto Conductor, Moto Acompañante, Moto Conductor, Moto taxi, Taxi.  
 Modo Público: incluye bus, Metro, taxi colectivo y avión.  
 Modo Combinado: incluye bus-Metro y otros modos no especificados.  
 Otros: incluye transporte escolar y de empresas.

**Fuente:**  
 elaboración propia.

### 5.2.5 Tipología de viajes por propósito

Una forma frecuente de tipificar los viajes para efectos de sus análisis es el lugar donde se inician y donde se terminan; de esta manera se definen los viajes basados en el hogar como aquellos que el inicio o el término de viaje se da en el hogar, denominándose como Basados en el Hogar de Ida (BHI) o Basados en el Hogar de Retorno (BHR), según sea el caso. Los viajes cuyo origen o destino no es el hogar se denominan viajes No Basados en el Hogar (NBH). Cada una de estas tipificaciones tiene distintas especificaciones matemáticas para representarlos en el modelo de demanda de viajes.

Así, los viajes basados en el hogar BHI ó BHR se dan principalmente en los períodos punta donde los usuarios del sistema "salen de" o "llegan a" sus hogares y se especifican normalmente por tasas de viajes (viajes por hogar); mientras que los viajes no basados en el hogar NBH, se especifican normalmente por Regresiones Lineales Múltiples (RLM), que tiene como variables explicativas los distintos usos de suelo que motivan los viajes (comercio, servicios, industria, educaron, salud, etc.).

Las tablas siguientes presentan los viajes más predominantes por propósito obtenidos de la información de la EOD-H 2005 consultada, para los períodos identificados como críticos.

**TABLA 26.** Viajes por propósito de período punta mañana.

PROPÓSITO	PUNTA MAÑANA (06:00 - 08:00)				Total	
	BHI	BHR	NBH			
Trabajo	438.223	17.070	21.819	477.112	53,09%	
Estudio	323.604	2.505	5.590	331.698	36,91%	
Compras	6.331	841	492	7.663	10,00%	
Salud	13.557	793	556	14.905		
Recreación	9.504	827	127	10.459		
Diligencias*	46.129	8.217	2.466	56.812		
<b>Total</b>	<b>837.347</b>	<b>30.253</b>	<b>31.049</b>	<b>898.649</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>93%</b>	<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>100%</b>		

Fuente: elaboración propia. Nota: Otras actividades que no sean trabajar, estudiar, comprar, recreativas o de salud.

**TABLA 27.** Viajes por propósito de período punta tarde.

PROPÓSITO	PUNTA TARDE (17:00 - 19:00)				Total	
	BHI	BHR	NBH			
Trabajo	16.742	390.428	21.992	429.161	49,92%	
Estudio	12.961	186.975	15.109	215.045	25,01%	
Compras	6.317	31.317	6.658	44.291	25,07%	
Salud	2.532	12.029	1.036	15.596		
Recreación	11.576	28.892	6.564	47.032		
Diligencias	18.708	71.242	18.665	108.615		
<b>Total</b>	<b>68.835</b>	<b>720.882</b>	<b>70.024</b>	<b>859.741</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>8%</b>	<b>84%</b>	<b>8%</b>	<b>100%</b>		

Fuente: elaboración propia. Nota: Otras actividades que no sean trabajar, estudiar, comprar, recreativas o de salud.

De los cuadros anteriores se observa un predominio de los viajes BHI en la punta mañana con un 93% y del los BHR en la punta tarde con un 84%. Los viajes NBH en la punta mañana son menores con un 3%, no así en la punta tarde donde alcanzan un 8%.

### 5.2.6 Definición de modos de viajes para modelar

La definición de modos de transporte para calibrar involucra aquellos que tengan una participación significativa en la EOD-H 2005, sobre un 1% de los viajes totales del sistema.

Considerando las particiones modales que alcanzan los distintos modos de transporte y su factibilidad técnica de simularlos, los modos definidos factibles de modelar a través del modelo de transporte serán los 8 modos que se presentan en la tabla siguiente.

**TABLA 28.** Modos de viajes para modelar.

MODO	VIAJES DIARIOS	PARTICIÓN MODAL %
Bus <sup>1</sup>	1.204.575	30,36%
Metro	225.067	5,67%
Taxi	275.645	6,95%
Auto Conductor	393.707	9,92%
Auto Acompañante	154.389	3,89%
Moto Conductor	117.550	2,96%
Caminata <sup>2</sup>	1.422.273	35,85%
Metro Bus <sup>3</sup>	174.543	4,40%
<b>Total Modos Modelables</b>	<b>3.967.750</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total de Viajes del Sistema<sup>4</sup></b>	<b>4.278.291</b>	

**Nota:** 1: Incluye bus, buseta, bus integrado y viajes combinados con bus de 1 ó más etapas (excepto Metro bus).

2: Incluye viajes que se realizan solo en caminata.

3: Corresponde al modo combinado Metro bus y bus Metro.

4: Ver Tabla 5-5 con el detalle del total de modos del sistema.

**Fuente:**  
EOD -H 2005 (muestra  
expandida).

El modo Metro Bus corresponde a viajes que se realizan usando dos modos: bus y Metro, en cambio el modo bus integrado corresponde a viajes en un solo modo, el bus, pero en dos servicios que operan en forma integrada.

Notar que no se incluyen en la tabla 28 los modos que no se rigen por los principios de comportamiento supuestos para los usuarios del sistema en las distintas etapas del modelo clásico de transporte, encontrándose entre estos modos: el transporte escolar, el transporte especial de empresas y el avión.

Por su parte los modos bicicleta, moto-acompañante, moto-taxi, taxi informal y taxicolectivos, si bien sus usuarios tienen comportamientos similares a los de los modos elegidos para calibrar, son descartados por su escasa participación en el total de viajes (inferior al 1% del total de viajes).

De acuerdo a lo anterior, el total de viajes a modelar 3.967.750 (viajes/día) representa el 92,7 % de los viajes totales realizados diariamente en el sistema.

La tabla 29 presenta cómo se distribuyen los viajes anteriores en etapas de viajes en el área de estudio.

Una etapa de viaje corresponde a la utilización durante el viaje de un solo servicio motorizado que puede ser del mismo o de otro modo. A su vez, la parte de caminata del viaje para acceder al modo motorizado (ya sea para subir o una vez que se baja de él) no se considera como una etapa de viaje motorizado

**TABLA 29.** Viajes diarios totales por etapas.

ETAPAS	VIAJES DIARIOS	%
1ra Etapa	3.860.634	90,24%
Más de una Etapa*	417.657	9,76%
<b>Total de Viajes</b>	<b>4.278.291</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: EOD -H 2005 (muestra expandida).

Nota: \* Incluye el uso de dos o más vehículos motorizados del mismo u otro modo para realizar el viaje

Del cuadro se observa un predominio de viajes de una etapa, es decir utilizan un solo vehículo durante su realización.

### 5.2.7 Definición de categorías socioeconómicas de usuarios

El modelo estratégico requiere desagregar en categorías socioeconómicas a los usuarios que demandan viajes, que llamaremos categorías de demanda. Estas categorías corresponden a las categorías de los hogares en los cuales viven estos usuarios, los cuales se clasifican de acuerdo al estrato de ingreso que pertenecen (1 al 6, del más bajo al más alto) y tasa de motorización (0 auto en el hogar, 1 ó más autos en el hogar).

De acuerdo a lo anterior, para efectos de los escenarios de usos de suelo a proyectar para el Valle de Aburrá y la demanda producida de viajes (tasas de generación de viajes por categoría) se han definido 12 categorías socioeconómicas de usuarios (6 niveles de estratos por 2 niveles de motorización).

Sin embargo, para efectos del resto de las etapas del modelo de transporte de 4 etapas se debe verificar que existan en las categorías de modelación una muestra de hogares suficiente. La tabla 30 presenta las agregaciones de categorías requeridas por estos efectos.

**TABLA 30.** Definición de agregación de categorías socioeconómicas.

CATEGORÍA DE USUARIO DEFINIDA	ESTRATO	TASA MOTORIZACIÓN	MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN	MODELOS DE PARTICIÓN MODAL Y DISTRIBUCIÓN *	MODELOS DE REDES **
Cat. 1	1	0 Auto	1	Ag. 1	-
Cat. 2	1	1 ó más autos	2	Ag.2	U1
Cat. 3	2	0 Auto	3	Ag. 1	-
Cat. 4	2	1 ó más autos	4	Ag. 2	U1
Cat. 5	3	0 Auto	5	Ag.3	-
Cat. 6	3	1 ó más autos	6	Ag.4	U2
Cat. 7	4	0 Auto	7	Ag.5	-
Cat. 8	4	1 ó más autos	8	Ag.6	U3
Cat. 9	5	0 Auto	9	Ag. 5	-
Cat. 10	5	1 ó más autos	10	Ag. 6	U3
Cat. 11	6	0 Auto	11	Ag. 5	-
Cat. 12	6	1 ó más autos	12	Ag. 6	U3

Nota: \* Ag. i : categoría de usuario i agregada  
 \*\* Ui : categoría de Usuario i en modelos de redes de transporte privado.

Fuente:  
 elaboración propia.

La categoría de usuarios del modelo de redes definen a los tipos de usuarios calibrados en el modelo de redes de transporte privado y corresponden sólo a aquellos usuarios que provienen de hogares que poseen auto.

La tabla 31 presenta el total de hogares muestreados en la EOD-H 2005 que corresponden a las agregaciones de las categorías definidas para efectos del modelo de distribución y partición modal.

**TABLA 31.** Hogares por categoría de usuario agregada del modelo.

NIVEL DE INGRESO MODELO	TASA DE MOTORIZACIÓN (Autos Por Hogar)	
	0 autos	1 ó mas autos
1	11.430	515
2	8.183	1.338
3	1.418	1.463
<b>Subtotal (hogares)</b>	<b>21.031</b>	<b>3.316</b>
<b>Total Muestra (hogares)</b>	<b>24.347</b>	

Fuente:  
 EOD-H 2005.

### 5.2.8 Definición de propósitos de viajes

Con el fin de caracterizar apropiadamente los distintos tipos de viajes se analizan de la EOD-H 2005 los motivos por los cuales éstos se realizan y que inciden en la modelación de los mismos.

Los propósitos más habituales de viajes son: trabajo, estudio y otros y serán por lo tanto los considerados en el estudio.

### 5.2.9 Tiempos de viaje medio por modo

Para verificar los niveles de servicio que se ofrecen en los distintos modos en la actualidad, la tabla 32 presenta los tiempos de viajes medio por modo que se producen por período en el sistema de transporte estudiado.

**TABLA 32.** Tiempos medios de viaje.

MODO	TIEMPO MEDIO DE VIAJE POR PERÍODO (Min)		
	Punta Mañana	Punta Tarde	Resto del Día
Bus	38	42	36
Metro	42	42	39
Taxi	22	24	23
Auto Conductor	26	29	24
Auto Acompañante	23	28	23
Moto Conductor	26	27	23
Bicicleta	27	30	24
Caminata	15	18	17
Bus-Metro	57	61	56
<b>Tiempo Medio Total</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>26</b>

Fuente:  
EOD -H 2005 (muestra  
expandida).

De la tabla anterior se observa que en general para los 3 períodos el tiempo medio de los viajes en el modo combinado Bus-Metro es el mayor, seguido de los viajes en solo Metro. La caminata media de 17 minutos es el tiempo menor.

De los modos motorizados, llama la atención la gran diferencia existente entre el tiempo de viaje del bus y el auto (en sus 2 modalidades) y el taxi, de más de 10 minutos.

## 5.3 CALIBRACIÓN DE MODELOS DE DEMANDA

### 5.3.1 Modelos de generación y atracción de viajes

#### 5.3.1.1 Especificación matemática de los modelos

##### Modelos Basados en el Hogar

Para la modelación de los viajes Basados en el Hogar Ida<sup>33</sup> (BHI), se hace uso del método conocido como Análisis de Clasificación Múltiple (ACM). Este método determina las tasas de generación de viajes por hogar para cada período, propósito y categoría de demanda.

33

Corresponden a aquellos viajes  
que se inician en el hogar

Para el caso, se determinan las tasas de generación de viajes originados en el hogar para los propósitos: trabajo, estudio y otros.



### Modelos de generación y atracción de viajes no basados en el hogar

Para calibrar los modelos No basados en el Hogar (NBH) se utilizan modelos del tipo Regresión Lineal Múltiple (RLM) realizados que se calibran por propósito y período de viaje.

La generación de viajes no originados en el hogar a nivel zonal, está asociado con el uso de suelo y las actividades de una zona, por lo que se definen como variables explicativas los promedios zonales de las actividades y usos de suelos más relevantes de cada zona; por ejemplo, la superficie de comercio, superficie de oficinas, número de atenciones en salud, número de matrículas en educación, etc.

#### 5.3.1.2 Selección de tipos de viajes para modelar

En las tablas que se presenta a continuación se pueden ver los viajes por propósitos generados por el hogar por período.

**TABLA 33.** Viajes basados en el hogar por período.

PROPÓSITO	BHI			
	PM	FP	PT	Viajes Diarios
Trabajo	438.223	432.123	16.742	887.088
Estudio	323.604	224.056	12.961	560.620
Otros	75.521	341.262	39.132	455.915
<b>Total</b>	<b>837.347</b>	<b>997.441</b>	<b>68.835</b>	<b>1.903.623</b>

Nota: PM= Punta mañana, FP = Fuera de Punta, PT= Punta Tarde.

Fuente:  
EOD -H 2005 (muestra  
expandida).

La producción de viajes No Basados en el Hogar (NBH), así como las atracciones de viajes hacia el hogar llamadas Basadas en el Hogar de retorno (BHR), serán modelados con los tradicionales modelos de regresión lineal múltiple (RLM). En la tabla 34 se muestran los viajes no basados en el hogar y los de retorno al hogar.

**TABLA 34.** Viajes no basados en el hogar y de retorno al hogar.

PROPÓSITO	NBH				BHR			
	PM	FP	PT	Viajes	PM	FP	PT	Viajes
				Diarios				Diarios
Trabajo	21.819	95.759	21.992	139.570	17.070	555.869	390.428	963.366
Estudio	5.590	28.109	15.109	48.808	2.505	563.837	186.975	753.317
Otros	3.641	113.033	32.922	149.596	10.678	471.882	143.479	626.040
<b>Total</b>	<b>31.049</b>	<b>236.901</b>	<b>70.024</b>	<b>337.973</b>	<b>30.253</b>	<b>1.591.588</b>	<b>720.882</b>	<b>2.342.723</b>

Nota: PM= Punta mañana, FP = Fuera de Punta, PT= Punta Tarde.

Fuente:  
EOD -H 2005 (muestra  
expandida).

Considerando lo anterior se ha determinado calibrar los tipos de viajes que se presentan en la tabla 35.

**TABLA 35.** Modelos según tipo de viajes para calibrar por período y propósito.

PERÍODO	PROPOSITO	BHI	NBH	BHR
Punta Mañana	Trabajo	X	X	
	Estudio	X		
	Otros	X		
Punta Tarde	Trabajo		X	X
	Estudio			X
	Otros	X	X	X

Fuente:  
elaboración propia.

### 5.3.2 Modelo de distribución de viajes

#### 5.3.2.1 Metodología

La distribución de viajes en redes urbanas es tratada normalmente a través de modelos gravitacionales clásicos, que se fundamentan en la teoría de la maximización de la entropía<sup>34</sup>. El objetivo del modelo de distribución es construir una matriz de viajes a partir de los vectores origen-destino.

Cabe señalar que en este modelo los viajes originados en una zona están diferenciados por categoría socioeconómica, pero los viajes atraídos por una zona no lo están.

La calibración de este modelo consiste básicamente en determinar los parámetros asociados al costo compuesto de realización de un viaje. Debido a los requerimientos del modelo global de transporte, será necesario calibrar un parámetro de distribución, por cada período-propósito y categoría de demanda. Puesto que los orígenes por zonas están definidos por categoría de demanda, pero no así los destinos por zona, es necesario calcular simultáneamente el conjunto de todos los parámetros de todas las categorías dentro de cada período-propósito. Ello requiere construir una matriz de costos compuestos para todas las categorías de demanda dentro de un período-propósito, a partir de la información de la EOD-H 2005 y de las mediciones en terreno de las variables de servicio respectivas.

La metodología prevé un cambio importante respecto a los métodos tradicionales, en relación con la manera de calibrar el parámetro de distribución. Reconocida la imposibilidad de contar con una matriz observada, respecto a la cual se puedan contrastar los resultados del modelo que se está calibrando, se propone, en cambio, determinar un parámetro de distribución que permita reproducir el valor de un indicador de la distribución observada de los costos de transporte de los viajes. La calibración del modelo de distribución consistirá entonces en la estimación de los parámetros ( $B_n$ ) que mejor repliquen el promedio ponderado de los costos compuestos de viaje, observados en cada categoría de demanda. Ello permitirá construir matrices de distribución de viajes con mayor grado de realismo.

<sup>34</sup> Ortuazar Salas. Op cit.

### 5.3.3 Modelo de partición modal de viajes

El objetivo del modelo de partición modal es dividir la matriz de distribución de viajes, en tantas matrices como alternativas de modos de transporte existan disponibles para los usuarios. Por lo tanto, se requiere un modelo de partición modal por cada categoría de demanda, propósito de viaje y período de análisis.

#### 5.3.3.1 Metodología

La estimación de los modelos de elección discreta se realiza tradicionalmente bajo un enfoque desagregado donde se intenta modelar el comportamiento de los tomadores de decisiones, para lo cual se requiere disponer de información que caractericen a los individuos o agentes, su elección, el conjunto de alternativas disponibles y que puede variar entre individuos, como también de los atributos que caracterizan estas alternativas.

El enfoque de los modelos de elección discreta asume un comportamiento racional del tomador de decisión quien escogerá aquella alternativa que le reporta la mayor utilidad. La aplicación habitual de este enfoque se desarrolla en lo que se ha denominado teoría de la utilidad aleatoria, donde se reconoce la incapacidad del modelador para identificar todos los elementos o atributos que intervienen en el proceso de elección que se modela. Es decir, se asume que la utilidad por la alternativa  $i$  para un individuo  $n$  se descompone en una parte determinística y otra estocástica. El individuo  $n$  escogerá aquella alternativa  $i$  que le reporte la mayor utilidad.

De esta forma, el modelo de la teoría de la utilidad aleatoria puede ser implementado adoptando una estructura para los errores y una forma funcional para la componente determinística de la función de utilidad. Hechas estas consideraciones es posible estimar los parámetros de la componente determinística de la función de utilidad a partir de una muestra de individuos, sus alternativas y elecciones.

La calibración del modelo de partición modal consiste, entonces, en determinar el valor de los parámetros que definen la función de utilidad. Dado que no es posible observar probabilidades de elección, para calibrar los parámetros del modelo de partición modal, se utilizará las herramientas estadístico-computacionales que se encuentren disponibles, y el método estadístico clásico de máxima verosimilitud.

#### 5.3.3.2 Criterios de disponibilidad de modos por categorías de usuarios

Para la determinación de los modos disponibles para cada usuario en la muestra escogida se consideraron los siguientes criterios:

- ▣ **Auto acompañante:** se asume que este modo se encuentra disponible siempre y cuando exista auto en el hogar, se haya realizado un viaje auto conductor en el período y el viaje esté basado en el hogar ida (BHI), para el caso de punta mañana; mientras que en el período punta tarde sólo se exige que exista auto en el hogar como un proxy.
- ▣ **Auto conductor:** en este caso el modo esta disponible siempre que exista al menos un auto en el hogar, en cuyo caso el viajero debe ser el jefe de hogar o su cónyuge, en caso contrario; que el viajero es un hijo o cualquier otro familiar, se exige que exista más de un vehículo en el hogar y que sea mayor de 17 años el conductor.
- ▣ **Bus:** en este caso el modo se deja siempre disponible para todos los encuestados, independiente del nivel de ingreso que tengan.

- └ **Bus-Metro:** en el caso de este modo, se deja disponible en la medida que el tiempo de viaje en el modo bus puro o bien Metro puro son superiores al modo combinado.
- └ **Caminata:** este modo se deja disponible considerando que la velocidad de caminata es de 3,6 km/h. Y se supone que lo máximo que camina el encuestado es 45 minutos, lo que equivale a una distancia de 2,7 km suponiendo la velocidad anteriormente señalada.
- └ **Metro:** para este modo se considera en primer lugar que exista un tiempo de acceso no nulo; es decir que entre el origen y destino sea posible utilizar el modo y posteriormente que dicho tiempo no sea superior a 15 minutos de caminata para acceso.
- └ **Moto conductor:** en este caso el modo se considera disponible si existe en el hogar una moto y el encuestado tiene como mínimo 18 años.
- └ **Taxi:** en este caso el modo se supuso disponible para todos los encuestados.

## 5.4. CALIBRACIÓN DE MODELOS DE OFERTA O REDES

Se entiende por proceso de calibración de los modelos de oferta la búsqueda de funciones y parámetros que permitan representar ésta para los distintos modos circulantes, de manera tal que al realizar el equilibrio demanda-oferta, para una situación de referencia, se reproduzcan los patrones de movilidad de los distintos modos analizados.

El proceso de calibración de oferta habitualmente se separa en dos, uno que se enfoca sobre el transporte privado y otro que ataca los modos públicos.

Esta separación se realiza porque los factores que afectan la elección de ruta en uno y otro modo difieren en cuanto a su especificación. Aun cuando ambas asignaciones, privada y pública, obedecen a un criterio de minimización de costo generalizado, las funciones que representan este costo, son radicalmente distintas, lo que impide tratarlas de manera conjunta.

### 5.4.1 Definición de criterios generales de modelación

#### 5.4.1.1 Tipo de red

Las especificaciones en cuanto a tipos de redes, son básicamente dos, diferenciadas en el nivel de detalle que dan a arcos e intersecciones. La especificación a nivel de intersecciones incorpora dentro del modelo las características funcionales de las mismas con un gran nivel de detalle, asumiendo que los costos asociados a la circulación tienen variabilidad en los cruces, dejando las características de arcos fijas. Las especificaciones a nivel de arcos manejan los costos de circulación en este nivel, incorporando funciones de costos dependientes del flujo a los arcos.

La incorporación de una u otra especificación, depende básicamente del nivel de detalle en que se esté trabajando, utilizándose el segundo nivel de especificación para proyectos estratégicos, como el que se analiza. Esto último hace que la especificación de red para utilizar en el estudio sea del tipo arcos, con una caracterización completa de ellos, en cuanto a sus variables de servicio.

### 5.4.1.2 Funciones de costo

Al realizar sus desplazamientos, las personas se ven afectadas por distintos factores que determinan el modo en que viajan y la ruta que seleccionan para desplazarse entre dos puntos. La elección de modo se encuentra asociada a la disponibilidad de ellos, a la utilidad que cada uno de los disponibles entregue a los usuarios y a la percepción de estos atributos por parte de las personas.

En el caso de la elección de ruta, esta se encuentra condicionada a las bondades de cada una para llevarnos desde un origen a un destino, siendo elementos condicionantes de esta bondad aspectos operativos y de costo, representados típicamente en una función de costo generalizado que describe el compromiso entre estos distintos elementos de costo.

Típicamente una función de costos de ruta es:

$$C_{g_i} = t_{vi} + ta_i/vt$$

Donde :

- C<sub>g<sub>i</sub></sub>** : costo generalizado del arco i
- t<sub>vi</sub>** : tiempo de viaje en el arco i
- ta<sub>i</sub>** : tarifa del arco i
- vt** : factor de conversión de unidades monetarias a unidades de tiempo.

La tarifa es conocida, siendo variable el tiempo de viaje, el que se construye para cada ruta como la suma de los tiempos parciales en los arcos que la componen. Por el tipo de red de modelación (estratégica), se considera como elemento de modelación el arco, cuyos límites son los cruces, de esta forma el tiempo de circulación en el arco incorpora el de la intersección.

Se hace necesario por tanto especificar para cada arco una función que estime el tiempo de viaje, sujeto al flujo circulante para luego ser incorporado a esta formulación de costo generalizado, que entregará finalmente la bondad de cada ruta para desplazarse entre un par origen-destino.

Para representar el costo de circulación de los móviles en los arcos de la red se utilizarán funciones de costo tipo BPR, cuya típica especificación par cada categoría de arco definida se entrega a continuación:

$$t_{vi} = t_{0i} + \alpha \cdot V_i^n$$

Donde

- t<sub>vi</sub>** : tiempo de viaje en el arco i
- t<sub>0i</sub>** : tiempo de viaje a flujo libre en el arco i
- α,n** : parámetros a calibrar par cada categoría de arco
- V<sub>i</sub>** : relación entre el flujo circulante y la capacidad del arco i

Adicional a la formulación y estimación de parámetros de las curvas BPR, deben especificarse las relaciones entre estos tiempos privados y los del transporte público, siendo estos últimos menores usualmente.

Para este estudio se definieron cuatro factores de traspaso para estos tiempos, los que dependieron del número de carriles de la vialidad, en forma de una relación inversa, es decir a menor número de carriles, mayor el factor asociado al tiempo privado.

#### 5.4.1.3 Categorías de arcos

Como resulta impracticable estimar una formulación de curva BPR para cada arco que compone la red, se ha buscado una forma alternativa de hacerlo, cual es la categorización de ellos en términos de sus características relevantes. Posteriormente, se asocia a cada categoría un factor de potencia (**n**), el cual determinará la forma de la curva. La variabilidad de este parámetro se encuentra determinado por:

- └ Características geométricas de los arcos: pendientes y sinuosidades.
- └ Posibilidades de adelantamiento en los arcos.
- └ Categoría del arco.

Con base en las características reales de la red, se definieron 10 categorías de arcos considerando las combinaciones de los atributos antes descritos.

#### 5.4.1.4 Construcción de la red vial

La red básica utilizada para la asignación de transporte privado está representada por un grafo  $G = (N, A)$  donde **N** es el conjunto de nodos y **A** el conjunto de arcos. El primero representa las intersecciones de calles y los centroides de las zonas y el segundo conjunto representa las calles y vías del Valle de Aburrá.

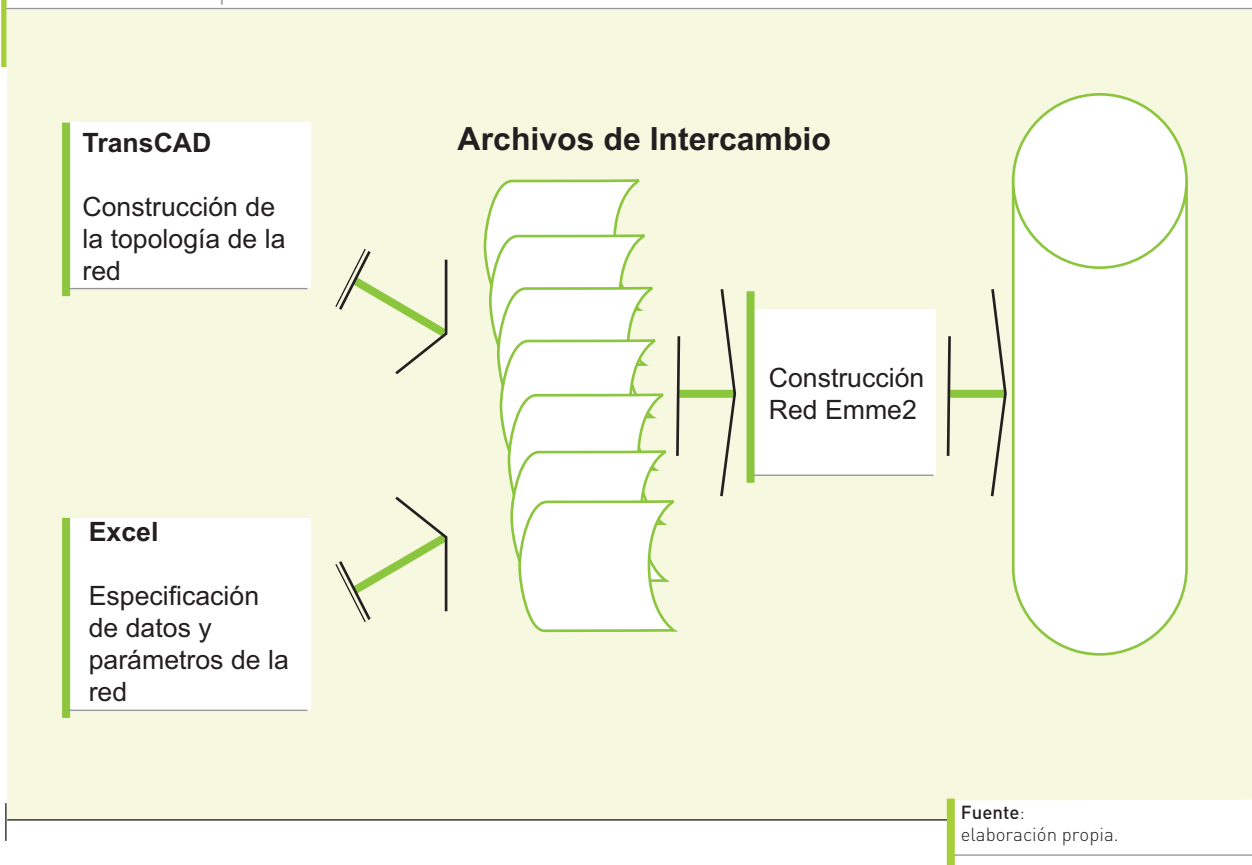
Es decir, el grafo correspondiente a la red vial básica es una representación abstracta del Valle de Aburrá en donde se incluyen las calles, intersecciones y puntos generadores y atractores de los viajes. En este sentido la comprensión del grafo y su asimilación a la realidad resulta con mejor facilidad si éste está representado en un contexto espacial georreferenciado.

Para lograr esto último, la construcción de la red vial ha sido dividida en tres grandes etapas, complementarias entre sí, que se describen a continuación:

- └ Construcción topológica de la red, consiste en la definición de nodos, arcos y centroides, la cual se realiza sobre una base cartográfica del Valle de Aburrá, de forma tal que la ubicación de los nodos sea consistente con la realidad.
- └ Incorporación de los atributos de la red, esta etapa consiste en anexas a la información topológica los datos propios de cada uno de los elementos que se consideren, así por ejemplo para los arcos del grafo se indicará la longitud de la calle que representa, así como su ancho de calzada, número de carriles, y todos los antecedentes requeridos por las necesidades de modelación posterior.
- └ Construcción de las redes de modelación EMME2, luego de terminadas las dos etapas anteriores se procede a incorporar al banco de datos de EMME2 los antecedentes allí producidos, en la modalidad y forma que corresponda según el tipo de modelación que se aplicará.

La metodología para la construcción de la red vial descrita anteriormente se ha representado como un esquema simplificado que se presenta a continuación en la figura 17.

**FIGURA 17.** Esquema construcción de la red.



#### 5.4.1.5 Proceso de caracterización de la red

Una vez definidos los alcances de la red vial y construida la base de trabajo, se codifica la red vial en formato EMME2. Dicha codificación obedecerá a los siguientes criterios:

- ▣ Numeración de zonas y nodos considerando una codificación que distinga entre municipios y otros criterios espaciales que permitan su fácil comprensión posterior.
- ▣ Tiempo a flujo libre para cada arco que corresponde a los resultados obtenidos directamente de terreno.
- ▣ Tiempo a capacidad para cada arco que corresponde a los resultados obtenidos directamente de terreno.
- ▣ Capacidades de la red, obtenidos de la combinación entre número de carriles, obtenidos de los catastros, y de la información sobre capacidades que se consiga en universidades u otros.
- ▣ La posición del centroide de cada zona, corresponde al centro de gravedad de las direcciones, cuando esta es homogénea. En otros casos, su ubicación se realiza analizando las actividades presentes en la zona.
- ▣ Definición de conectores de acuerdo al análisis de detalle de cada zona.





aquellos nodos de la red vial que queden conectados por alguna línea de transporte público, donde cada uno de estos arcos está caracterizado por una función de costos llamada "función de costo generalizado".

La expresión analítica que representa la función de costo generalizado ( $C_g$ ) es la siguiente:

$$C_g = t_v + t_e p_{te} + t_c p_{tc} + t_a/v_t + p_{tr}$$

Donde:

- $t_v$  : tiempo de viaje.
- $t_e$  : tiempo de espera.
- $p_{te}$  : ponderador del tiempo de espera.
- $t_c$  : tiempo de caminata.
- $p_{tc}$  : ponderador del tiempo de caminata.
- $t_a$  : tarifa.
- $v_t$  : factor de conversión de unidades monetarias a unidades de tiempo.
- $p_{tr}$  : penalidad del trasbordo.

En la función de costo generalizado puede observarse que los parámetros a calibrar corresponden a ponderadores que se aplican al tiempo de espera, tiempo de caminata (acceso más trasbordo), tarifa y el costo ocasionado por el trasbordo.

El tiempo de viaje no se pondera, por lo tanto los ponderadores sirven para asimilar los costos que significan estos otros factores, en términos de unidades de tiempo de viaje. Así, la función costo generalizado está expresada en unidades de tiempo de viaje. Esto es útil para definir los rangos en los cuales puede considerarse razonable que se muevan los parámetros.

#### 5.4.2.2 Construcción de la red de transporte público

La red de transporte público se representa como un grafo dirigido  $G^m = (N^m, L^m)$ , donde  $L^m$  es el conjunto de líneas o recorridos de transporte público, en tanto que  $N^m$  es el conjunto de nodos por donde transitan las líneas o recorridos del modo m.

Usualmente, el conjunto de nodos de transporte público corresponde a un subconjunto de nodos de la red vial (nodos de la red de transporte privado que representan las intersecciones de calles) más la adición de nodos que representan elementos propios de la red de transporte público como por ejemplo estaciones de Metro, tren, etc.

Ante esto, el proceso de construcción de la red de transporte público normalmente se realiza con posterioridad a la construcción de la red de transporte privado (al menos luego de concluir la etapa de definición topológica), y siguiendo metodologías equivalentes de trabajo, contemplando las siguientes etapas:

- Codificación topológica de las líneas, consiste básicamente en la definición de los nodos que definen el trazado de cada recorrido. Esta operación conviene realizarla en el módulo Route System de TransCAD, ya que provee de amplias facilidades que permiten la validación en forma inmediata de los datos.

- ▮ Adición de atributos de las líneas, esta etapa consiste en incorporar antecedentes adicionales de los recorridos como pueden ser frecuencias, tarifas, etc.
- ▮ Construcción de las redes de modelación EMME2, al igual que el proceso de construcción de la red vial, las redes de transporte público se incorporan al banco de datos de EMME2 mediante procesos ad-hoc automatizados.

#### 5.4.2.3 Proceso de caracterización de la red

Se confeccionan los archivos de codificación de las redes de transporte público (bus, buseta, colectivo y Metro) que corresponden a archivos de: arcos de acceso, de líneas de transporte público, características de las líneas, arcos de transbordos y de tiempos de viaje, todos los cuales incluyen aquellas especificaciones que permiten caracterizar la operación del modo en cuestión.

#### 5.4.3 Proceso de calibración del modelo

El desarrollo del aparte abarca dos grandes áreas, una descripción metodológica del proceso y una presentación de los principales resultados.

##### 5.4.3.1 Desarrollo metodológico

El proceso de calibración se ha dividido para su ejecución en dos grandes bloques: uno enfocado al ajuste del transporte privado y otro al transporte público. No obstante esto, se debe entender el proceso como un todo, por cuanto las variaciones provocadas en uno de los componentes traen efectos en el otro.

Se adhiere al proceso un tercer componente, cuyo desarrollo, por ser más conocido técnicamente, y a la vez que sus resultados son también más predecibles, se presentará en forma tangencial en el presente documento, correspondiendo al ajuste de los vehículos pesados, entendiéndose por tales a los camiones.

El ajuste de la red vial incorpora en su desarrollo a la oferta y demanda existentes en el sistema analizado. Es así que se cuenta con información de redes y matrices para los distintos modos de transporte presentes en el área de estudio, los cuales serán sometidos a un proceso de ajuste, el cual busca en palabras simples reproducir, mediante variaciones en las variables de asignación de cada uno, los patrones de demanda observados en puntos característicos de la red.

Dado que la demanda es un elemento exógeno al proceso, se buscará ocasionar las menores perturbaciones a ella, aplicando en caso de ser necesario variables globales que no perturben la estructura observada y que permitan mejorar los ajustes del modelo.

##### 5.4.3.2 Calibración de la red de transporte público

Se entiende por calibración de la red de transporte público el proceso de estimación de valores de los parámetros de la función de costo generalizado de viaje, asociados a los arcos de esta red.

Considérese una red de servicios de transporte público que operan sobre una red vial  $G = (N, A)$  donde  $N$  representa un conjunto de nodos (intersecciones de calles) y centroides de zonas y  $A$  un conjunto de arcos (calles). Sea  $A_c$  el conjunto de arcos de la red vial sobre los que existen conteos observados de pasajeros. Sean además el flujo de pasajeros observado en el arco  $a$  y  $f_a^m$  el flujo modelado de pasajeros en el arco  $a$ . El flujo modelado sobre un arco es el resultado de la asignación (con algún

criterio de comportamiento de los viajeros frente a la elección de rutas) de la matriz de viajes resultante de los procesos generación-distribución-partición modal sobre la red de servicios de transporte público.

Está implícito que los atributos de los arcos de la red de servicios (costo y tiempos) son constantes e independientes de los flujos que existan sobre ella. Dados los tiempos de espera (que son función de las frecuencias de los servicios), los tiempos de viaje en vehículo, los tiempos de caminata y las tarifas (costos de viaje), las únicas variables de ajuste para intentar reproducir los conteos observados son los parámetros de la función de costo generalizado de viaje. Así, si se define el vector de parámetros de calibración  $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$  se puede representar el flujo modelado sobre un arco  $a$  como función del vector de parámetros  $X$ , lo que se debe interpretar como que el flujo modelado (asignado) de pasajeros sobre el arco  $a$  depende de los valores de los parámetros de calibración. De esta forma, dado un conjunto de parámetros, la asignación de la matriz de viajes observados sobre la red produce como resultado los flujos modelados  $f_a^m$

La solución de este problema de optimización matemática se puede encontrar utilizando el Algoritmo de Hooke y Jeeves. Este requiere contar con las matrices de transporte público resultantes del proceso generación-distribución-partición modal (proceso independiente de las redes que ahora se requieren calibrar). Si bien esto puede llevar a dificultar los ajustes entre los flujos observados y modelados, las redes así calibradas son mejores para fines de predicción puesto que el modelo no es forzado a replicar los conteos, a través de ajustes simultáneos en las matrices y las redes (como hace el método tradicionalmente utilizado en Chile para calibrar redes).

El algoritmo de Hooke y Jeeves es un procedimiento iterativo usado para resolver problemas de optimización con función objetivo no convexa y sin expresión explícita para sus derivadas respecto de las variables de decisión del problema. Se requiere, sin embargo, que la función objetivo sea continua y evaluable para cualquier valor factible de las variables. El algoritmo consiste en la repetición de dos etapas:

- a) **Búsqueda exploratoria** a través de cada una de las coordenadas del espacio de soluciones, con el objeto de encontrar una buena dirección local de descenso (reducción del valor de la función objetivo, que en este caso es una medida de la diferencia entre flujos modelados y observados). La búsqueda se efectúa variando el valor de cada coordenada (parámetros de calibración) en una cantidad preestablecida  $\delta$  y evaluando la función objetivo en cada punto así determinado. Si la búsqueda desde un determinado punto no tiene éxito, se reduce el valor de  $\delta$  en una cantidad predefinida.
- b) **Patrón de movimiento**, que consiste en avanzar según la dirección determinada en la etapa anterior. La longitud del avance está dada por la distancia entre los puntos que definieron la dirección, multiplicada por un parámetro  $\alpha$ .

La convergencia global del algoritmo no está asegurada a menos que la función objetivo sea estrictamente convexa, lo que no ocurre en este caso. Así, el algoritmo puede encontrar como solución un óptimo local. Sin embargo, puede trabajar con cualquier función continua, por extraña que sea su forma. Con el objeto de aumentar las posibilidades de salir de óptimos locales se deben probar distintos valores de los parámetros  $\alpha$  y  $\delta$ . También se suele trabajar repitiendo la aplicación del algoritmo a partir de distintos puntos (soluciones iniciales factibles), escogidos en forma aleatoria.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\delta$  son propios del método de calibración y no tienen relación alguna con las categorías de los arcos.

Al aplicar el algoritmo al problema de calibración de una red de transporte público, las coordenadas del espacio de soluciones (variables de decisión del problema de optimización) son los parámetros de calibración. Estos, son los siguientes:

- Factor de conversión de unidades monetarias a unidades de tiempo.
- Ponderador del tiempo de espera.
- Ponderador del tiempo de caminata.
- Penalidad de trasbordo.

Dada la forma iterativa de uso del método de Hooke y Jeeves, que puede entregar diferentes resultados para los parámetros de calibración dependiendo del óptimo al cual converja, es recomendable adoptar aquella solución que mejor replique el histograma agregado de tiempos de viaje observados obtenidos por ejemplo de la EOD-H 2005 a hogares o de la medición de niveles de servicio.

#### 5.4.3.3 Calibración de la red de transporte privado

Para calibrar la red de transporte privado (o red vial) se propone un procedimiento análogo al de la red de transporte público. No obstante, en este caso se trata de calibrar las funciones de costo asociadas a cada tipo de arco de la red vial.

Para calibrar la red vial, se puede utilizar el mismo problema de optimización anterior, pero ahora  $f_a^o$  representa el flujo de vehículos de transporte privado observado en conteos realizados sobre el arco  $a$  y  $f_a^m$  representa el flujo modelado de transporte privado en el arco  $a$ . El flujo modelado sobre un arco es el resultado de la asignación (con el modelo de asignación correspondiente) de la matriz de viajes de transporte privado resultante de los procesos generación-distribución-partición modal.

##### 5.4.3.3.1 Ajuste de vehículos pesados

Dado que no se cuenta con matrices de camiones, y estos afectan el desplazamiento del resto de los vehículos, así como el propio, deben ser incorporados dentro del proceso para capturar el efecto de congestión que generan.

La forma en que se ha construido una carga en la red que represente a estos vehículos es con base en la información existente de circulación de camiones y a la aplicación del modelo de máxima entropía, el cual permite ajustar una matriz inicial a un set de conteos, de manera tal que luego los flujos asignados de esta categoría sean incorporados al banco de datos del modelo de asignación, que corresponde en este caso a EMME2 para, posteriormente, seguir con el proceso de ajuste del resto de los vehículos.

#### 5.4.3.4 Resultados el proceso

##### 5.4.3.4.1 Resultados del proceso de transporte privado

Se reconoció como transporte privado a los vehículos livianos, taxis particulares y motos, definiéndose para los dos primeros una curva flujo demora característica, que será la que luego afecte la circulación del resto de los usuarios entendiendo que las motos afectan en un grado menor al resto de los usuarios y por otro lado, responden a un patrón distinto de asignación que el mero tiempo.

Esto llevó a separar el transporte privado en dos subgrupos, uno compuesto por autos y taxis, y el otro compuesto sólo por las motos. Este último, creemos responde a un proceso de asignación determinado en parte por el tiempo de viaje y en otra parte por la distancia recorrida, ya que por sus características es posible señalar que no se ven afectados significativamente en su circulación por la presencia de otros vehículos.

Para los autos y taxis se ejecutó la rutina antes descrita, que en síntesis, trata de afectar los parámetros de las curvas flujo demora, de manera tal que las asignaciones reproduzcan el patrón de flujos medido.

Los niveles de ajuste alcanzados, utilizando la regresión flujo medido = Cte \* flujo asignado son:

**TABLA 36.** Niveles de ajuste del transporte privado (Autos + Taxis).

PERÍODO	R <sup>2</sup>	CONSTANTE (CTE)
Punta Mañana	0,79	1,06
Punta Tarde	0,79	1,02

Fuente:  
elaboración propia.

A partir de las tablas anteriores es posible concluir el proceso de ajuste del transporte privado, reconociendo que existen diferencias locales entre lo medido y lo asignado, sin embargo en términos globales, los niveles de ajuste se consideran buenos.

#### 5.4.3.5 Resultados del proceso de transporte público

Como modos de transporte público se reconoció al bus en sus distintas modalidades, al taxi que hace las veces de colectivo, al Metro y a combinaciones bus – Metro.

El proceso de ajuste en este caso, busca afectar las ponderaciones de los atributos de la función de costo generalizado de los usuarios de los modos públicos, de manera tal que para un set de puntos de control, se reproduzcan las cargas o pasajeros observados en ellos vía el cambio de ruta de los usuarios.

El patrón de control utilizado para el modo bus corresponde a los cruces sobre el Río Medellín, lo que si bien es una muestra pequeña, recoge un gran porcentaje de la circulación de transporte público en el área de análisis.

Para el modo Metro, el patrón de control corresponde a las cargas reales del sistema entregadas por la institución.

Como se puede concluir, se cuenta con tres modos públicos: bus, Metro y la combinación de ambos y un set de conteos que no distingue entre viajes de una etapa y de más de una. Esto implica una complicación adicional al proceso, la que se superó realizando la calibración simultánea de los parámetros de los tres modos.

De acuerdo con los antecedentes vertidos en las tablas anteriores, los niveles de ajuste del transporte público son:

**TABLA 37.** Niveles de ajuste del transporte público.

PERÍODO	MODO	R <sup>2</sup>	CONSTANTE (CTE)
punta mañana	Bus	0,88	0,94
	Metro	0,97	1,01
punta tarde	Bus	0,89	0,99
	Metro	0,96	1,00

Fuente:  
elaboración propia.

Los niveles de ajuste del transporte público en general son bastante buenos, con lo que se concluye el proceso.

Como parte del proceso, se obtienen los ponderadores asociados a los tiempos de caminata, espera, trasbordo y tarifa de los modos presentes. Los valores finales se muestran en la tabla 38:

**TABLA 38.** Parámetros resultantes del ajuste de redes de transporte público.

MODO	PARÁMETRO	VALOR	
		Punta Mañana	Punta Tarde
Bus	Tiempo Acceso	0,5823	1,5025
	Tiempo Espera	2,8292	1,5000
	Tarifa	8,8215	8,9572
	Trasbordo	0,8000	0,5000
Metro	Tiempo Acceso	1,0000	1,0000
	Tiempo Espera	2,0000	2,0000
	Tarifa	10,0000	10,0000
	Trasbordo	1,0000	1,0000
Bus - Metro	Tiempo Acceso	0,7293	0,7125
	Tiempo Espera	0,7119	0,7500
	Tarifa	9,9520	9,8000
	Trasbordo	1,0000	1,1000

Fuente:  
elaboración propia.

#### 5.4.3.6 Resultados del proceso de camiones

El ajuste de camiones, como se señaló, obedece a la necesidad de descontar de la capacidad de los arcos su flujo, de manera que se perciba la congestión que producen. También es necesario recordar que no se cuenta con una matriz de estos vehículos, lo que hace que su entrada al modelo sea por medio de flujos fijos.

Para su estimación se consideró la información de flujos medidos en distintos arcos de la red, los que sirvieron de base para la ejecución del modelo de máxima entropía y estimar así un estado de flujos en toda la red para este tipo de vehículos.

Los resultados del proceso de ajuste se muestran en la tabla 39, correspondiendo éstos a la asignación de la matriz de camiones resultante del proceso de estimación, lo que a su vez corresponde a un resultado parcial, toda vez que lo que se ingresa al modelo es una estructura de camiones de 2 ejes y más de 2 ejes para todos los arcos.

El proceso de ajuste de estos vehículos arrojó los siguientes resultados estadísticos:

**TABLA 39.** Niveles de ajuste de camiones.

PERÍODO	MODO	R <sup>2</sup>	CONSTANTE (CTE)
Punta Mañana	C 2 E	0,82	0,88
	C + 2E	0,65	0,95
Punta Tarde	C 2 E	0,82	0,83
	C + 2E	0,56	0,90

Fuente:  
elaboración propia.

Se observa un buen ajuste en los camiones de dos ejes y uno bastante precario para los de más de dos ejes. Esto no debe sorprender ni preocupar, dado que los volúmenes observados son en su gran mayoría ceros, lo que ocasiona estos resultados.

#### 5.4.4 Conclusiones

A partir de los resultados antes expuestos, el modelo que representará la situación de corto plazo del Valle de Aburrá se considera calibrado en sus siguientes aspectos:

- ┆ Red de Transporte Privado: Autos y Taxis.
- ┆ Red de Transporte Público: Buses, Metro y su combinación.
- ┆ Red de flujos fijos: Camiones de 2 ejes y más de 2 ejes.

## 5.5. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE CUATRO ETAPAS EN EMME2

### 5.5.1 Generalidades.

La implementación computacional del modelo de cuatro etapas se encuentra estructurado fundamentalmente en EMME2, con el apoyo de una serie de procesos externos desarrollados en Borland Delphi 6.0.

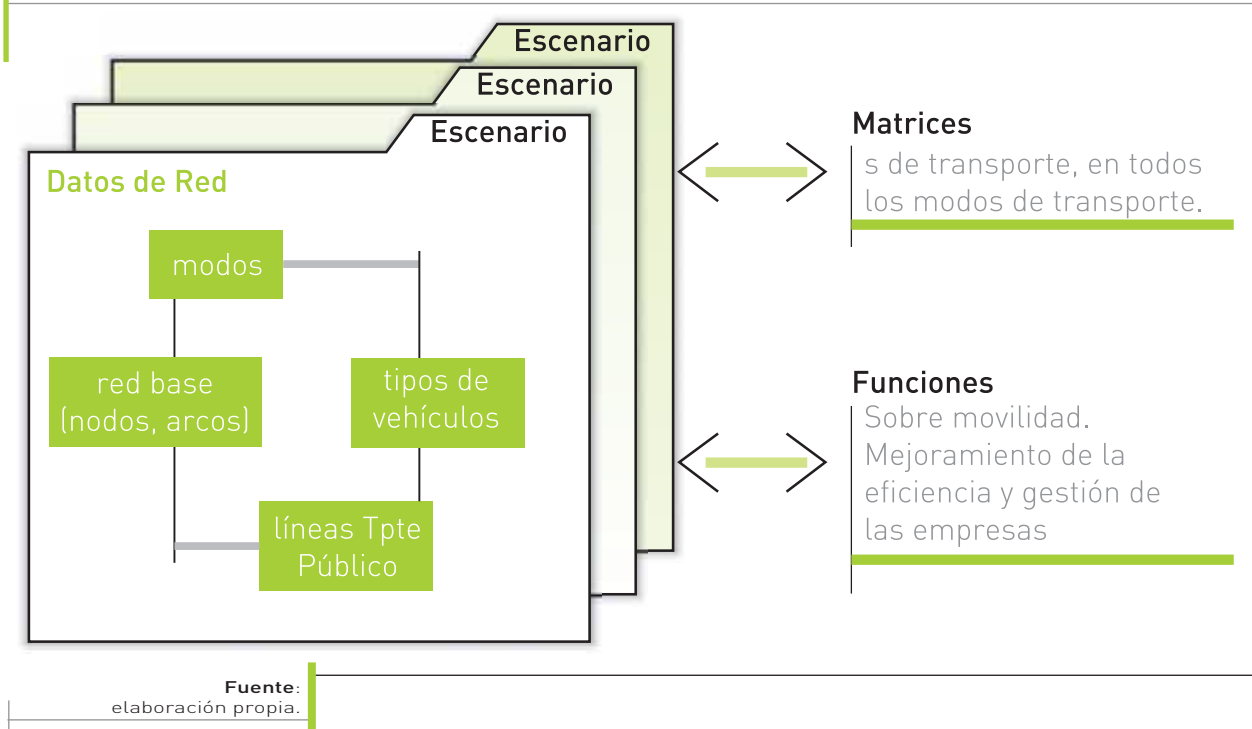
La razón fundamental para la adopción de esta estructura de solución radica en la utilización de las ventajas relativas de cada lenguaje de programación en cada una de las etapas que se deben resolver. En este sentido, si bien EMME2 posee un lenguaje de programación de macros interno, sus funcionalidades no son tan adecuadas para la implementación de los modelos, por esta razón se resolvió implementar estos módulos externamente.

La operación del modelo completo supone que el almacenamiento de los datos básicos para su ejecución se encuentran almacenados en el banco de datos, desde donde exportan para ser utilizados por los procesos externos, cuyos resultados, a su vez, se importan a EMME2. Estas transferencias se realizan mediante archivos de texto de acuerdo con los formatos estándares de EMME2.

### 5.5.2 Banco de datos

La estructura de un banco de datos de EMME2 se puede representar esquemáticamente tal como se presenta en la figura 19.

**FIGURA 19.** Estructura del banco de datos de EMME2.



En esta figura se reconocen tres (3) secciones claramente diferenciadas:

- Datos de red, esta es una sección múltiple (escenarios EMME2) en la que se almacenan los antecedentes de las redes, específicamente el conjunto de nodos y arcos de la red.
- Matrices, esta sección es común a todos los escenarios EMME2, en la que se almacenan datos matriciales como por ejemplo matrices de viaje, vectores de datos y datos escalares.
- Funciones, esta sección es común a todos los escenarios EMME2, en la que se almacena la especificación de las funciones utilizadas en los procesos internos de EMME2.



## 6. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### 6.1. INTRODUCCIÓN

El Sistema de Información Geográfica (SIG) que se construye consiste en una herramienta que permite procesar datos espaciales y obtener información relacionada con el territorio objeto de estudio del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá y utilizarla para tomar decisiones sobre ella.

### 6.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 6.2.1 Requerimientos de Hardware y Software

Las exigencias mínimas de hardware y software se presentan a continuación.

##### Hardware

Sistema Operativo:	Windows 2000 Professional
Procesador:	Pentium o Xeos Processors
Velocidad del procesador:	800 MHz Minimum
Recomendado:	1.0 GHz
Memoria RAM (MB):	256
Recomendado:	512

##### Software

Es necesario que se tenga instalado el Programa ArcGIS, versión 9.0.

La cartografía del PMMVA se ciñe al uso de parámetros definidos a continuación.

**TABLA 40.** Proyección cartográfica.

ELEMENTO	VALOR
Proyección	Transversa de Mercator
Unidades	Metros
Origen	Bogotá (Latitud 4°35'56.57" y longitud 74°04'51.3")
Falso Norte	1'000.000
Falso Este	1'000.000
Esferoide	Internacional de Hayford 1924 (a=6.378.388 m y f=1/297)
Datum	Bogotá
Unidades de Trabajo	Sistema métrico (metros)
Decimales	2 decimales (00)

Fuente:  
Instituto Geográfico Agustín  
Codazzi (IGAC).

El espacio de trabajo se refiere a las coordenadas de la región geográfica en donde existe información para ser cargada a la Geodatabase Corporativa.

**TABLA 41.** Espacio de trabajo.

PARÁMETRO	VALORES (m)
XY Domain	Min X=0, MinY=0, Max X=2147483,645, Max Y: 2147483,645 Precisión: 1000
Z Domain	Min 0, Max X=21474,83645, Precisión: 1000
M Domain	Min 0, Max X=21474,83645, Precisión: 1000

Fuente:

Grupo SIG A.M.V.A. - 2006

**TABLA 42.** Coordenadas planas para la extensión de mapas por municipio.

ÁREA	XMIN (m)	YMIN (m)	XMÁX (m)	YMÁX (m)
AMVA	802890	1150094	888782	1215033
BARBOSA	848375	1195740	873389	1212081
GIRARDOTA	843719	1190274	853655	1203737
COPACABANA	838565	1187360	847971	1203209
BELLO	824068	1187323	840856	1203057
MEDELLÍN	818283	1173473	845678	1196927
LA ESTRELLA	822616	1167363	830794	1174285
ITAGÜÍ	826203	1172505	833536	1177519
ENVIGADO	830935	1166631	845529	1177353
SABANETA	827673	1167952	832758	1173513
CALDAS	822094	1153044	834678	1168758

Fuente:

Grupo SIG A.M.V.A. - 2006

### 6.3. ALMACENAMIENTO DE LA GEOINFORMACIÓN

Los datos entregados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y otras instituciones fueron inventariados, clasificados y registrados para los diferentes procesos.




























La Personal Geodatabase del PMMVA fue nombrada según las indicaciones consignadas en el documento "Estándares para el Manejo de Geoinformación del Área Metropolitana del Valle de Aburrá" Versión 1.0, de Febrero de 2006, así:






































**C490\_2005\_PMMVA.mdb.**
























Donde:

















- C490:** Especifica el número de contrato por el cual se realizó la personal geodatabase.
- 2005:** Es el año en el cual se realizó el contrato.
- PMMVA:** Es el nombre que identifica a la personal geodatabase: Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá.

**TABLA 43.** Modelo físico de la base de datos.

	FEATURE DATASET	FEATURE CLASS
<b>BASE DE DATOS</b>	 <b>MOVILIDAD Y TRANSPORTE</b>	 Aeropuertos
		 Accidentalidad Vial
		 Acopios Taxi
		 Ejes Viales
		 Parquímetros
		 Peajes
		 Plan Vial 1986
		 Semáforos
		 Terminales de Transporte Terrestres Intermunicipales de Pasajeros
		 Red de Ciclorrutas 2005
		 Red Peatonal 2005
		 Terminales y Depósitos de Bus Transporte Público Colectivo
		 Zonificación Sistema Integrado de Transporte a Nivel de 419 Zonas
		 Zonificación Sistema Integrado de Transporte A Nivel de 26 Sectores
		 <b>PROYECTOS PMM</b>
	 Estaciones de Servicio de Transporte Público 2010	
	 Estaciones de Servicio de Transporte Público 2015	
	 Estaciones de Servicio de Transporte Público 2020	
	 Proyectos Centros Logísticos del PMMVA	
	 Proyectos Ciclorrutas y Rutas Peatonales del PMMVA	
	 Proyectos Puertos Secos del PMMVA	
	 Proyectos Terminales Intermunicipales de Pasajeros del PMMVA	
	 Proyectos Terminales de Carga del PMMVA	
	 Proyectos Vías de Conectividad Externa del PMMVA	
	 Proyectos Vías Segregadas de Motocicletas del PMMVA	
 Red Base 2010, 2015 y 2020		

	FEATURE DATASET	FEATURE CLASS
BASE DE DATOS	 PROYECTOS PMM	 Red Calibración 2005
		 Red Plan 2010
		 Red Plan 2015
		 Red Plan 2020
		 Servicios de Transporte Público 2005
		 Servicios de Transporte Público 2010
		 Servicios de Transporte Público 2015
		 Servicios de Transporte Público 2020
	 AGUA	 Cuencas Valle de Aburrá
		 Río Aburrá
	 CATASTRO	 Manzanero
	 DIVISIÓN POLÍTICA	 Límites Municipales
	 EQUIPAMIENTO	 Proyectos Inmobiliarios
	 ESPACIO PÚBLICO	 Espacio Público Verde
	 SOCIOECONÓMICO	 Zonificación Geodemográfica a Nivel de 419 Zonas
		 Zonificación Geodemográfica a Nivel de 26 Sectores
	 SUELO	 Planes Parciales
	 TABLAS	 Accidentes
		 Aeropuertos
		 Características Descriptivas Red de Calibración 2005
 Contaminantes por Sector, Tipo y Año		
 Flujo Vehicular Modo-Período 2005		
 Flujo Vehicular Modo-Período 2010		
 Flujo Vehicular Modo-Período 2015		
 Flujo Vehicular Modo-Período 2020		
 Flujo Vehicular Modo-Año-Período Situación Base		
 Longitud Ciclovías por Sector y Año		
 Longitud Vías Peatonales por Sector y Año		

	FEATURE DATASET	FEATURE CLASS
<b>BASE DE DATOS</b>	<b>TABLAS</b>	 Longitud Vías Vehiculares por Sector y Año
		 Oferta Servicio Público por Sector y Año
		 Pasajeros Hora-Modo-Período 2005
		 Pasajeros Hora-Modo-Período 2010
		 Pasajeros Hora-Modo-Período 2015
		 Pasajeros Hora-Modo-Período 2020
		 Velocidad de Operación Modo- Año-Período Situación Base
		 Viajes Atraídos Total Contraste por Zona Sit, Propósito-Período-Año
		 Viajes Atraídos Total Contraste por Sector, Propósito-Período-Año
		 Viajes Atraídos Total Tendencial por Zona Sit, Propósito-Período-Año
		 Viajes Atraídos Total Tendencial por Sector, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Contraste Categoría por Zona Sit, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Contraste Categoría por Sector, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Tendencial Categoría por Zona Sit, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Tendencial Categoría por Sector, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Total Contraste por Zona Sit, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Total Contraste por Sector, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Total Tendencial por Zona Sit, Propósito-Período-Año
		 Viajes Generados Total Tendencial por Sector, Propósito-Período-Año
		 Hogares Estrato Contraste Zonas Sit por Año
 Hogares Estrato Contraste Sectores por Año		
 Hogares Estrato Tendencial Zonas Sit por Año		
 Hogares Estrato Tendencial Sectores por Año		

	FEATURE DATASET	FEATURE CLASS
<b>BASE DE DATOS</b>	<b>TABLAS</b>	 Matrículas Educativas Contraste Zonas Sit por Tipo y Año
		 Matrículas Educativas Contraste Sectores por Tipo y Año
		 Matrículas Educativas Tendencial Zonas Sit por Tipo y Año
		 Matrículas Educativas Tendencial Sectores por Tipo y Año
		 Población Contraste Zonas Sit por Año
		 Población Contraste Sectores por Año
		 Población Tendencial Zonas Sit por Año
		 Población Tendencial Sectores por Año
		 Tamaño Hogar Contraste Zonas Sit por Año
		 Tamaño Hogar Contraste Sectores por Año
		 Tamaño Hogar Tendencial Zonas Sit por Año
		 Tamaño Hogar Tendencial Sectores por Año
		 Usos M2 Contraste Zonas Sit por Tipo y Año
		 Usos M2 Contraste Sectores por Tipo y Año
		 Usos M2 Tendencial Zonas Sit por Tipo y Año
		 Usos M2 Tendencial Sectores por Tipo y Año

Fuente:

En el SIG se entrega información generada como parte del desarrollo del PMMVA, tal como resultados obtenidos con el modelo de transporte de 4 etapas. Además, se han cargado proyectos de transporte -viales, de transporte público, de transporte de carga- elaborados en el marco del PMMVA.

Gran parte de la información de movilidad relacionada con redes de transporte, viajes y niveles de servicio que se encuentra en el SIG puede servir para realizar análisis, por ejemplo de niveles de congestión. Además, se pueden efectuar cruces entre campos de una misma tabla y se puede desplegar simultáneamente información asociada a más de un campo. El SIG también permite desplegar información cargada en más de una capa u objeto geográfico.

#### 6.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Personal Geodatabase contiene las siguientes *feature classes*:

1. Agua.
2. Catastro.
3. División Política.
4. Espacio Público.
5. Equipamiento.
6. Movilidad y Transporte.
7. Socioeconómico.
8. Suelo.
9. Proyectos PMM.

Las capas 1 a 8 forman parte de la Geodatabase Corporativa existente. En tanto, la capa Proyectos PMM fue creada especialmente para almacenar la información generada como parte del PMMVA y en particular los resultados de las corridas del modelo de transporte de 4 etapas desarrollado por el equipo consultor.

Algunos de los análisis más relevantes que se pueden realizar con la información cargada en la Personal Geodatabase son los siguientes:

#### **Análisis relacionados con viajes**

- └ Comparación del número de viajes atraídos por propósito.
- └ Comparación del número de viajes generados por propósito.
- └ Cálculo del número total de viajes atraídos.
- └ Cálculo del número total de viajes generados.
- └ Cálculo de la tasa de crecimiento anual del número de viajes atraídos.
- └ Cálculo de la tasa de crecimiento anual del número de viajes generados.

#### **Análisis relacionados con niveles de servicio**

- └ Identificación de las vías menos y más congestionadas.
- └ Identificación de los tramos del Metro y tren suburbano menos y más cargados.
- └ Cálculo del flujo vehicular total de los modos particulares.
- └ Cálculo del flujo vehicular total de los camiones.
- └ Cálculo del grado de saturación para cada arco de la red o malla vial.

#### **Análisis relacionados con proyectos**

- └ Despliegue de los proyectos viales.
- └ Despliegue de los proyectos de bus.
- └ Despliegue de los proyectos de Metro.
- └ Despliegue de los proyectos de metrocable.
- └ Despliegue del tren suburbano.
- └ Despliegue de los proyectos de ciclovías y rutas peatonales.
- └ Despliegue de los proyectos de vías segregadas para motos.
- └ Despliegue de los proyectos de terminales de transporte intermunicipal de pasajeros.
- └ Despliegue de los proyectos de centros logísticos, puertos secos y terminales de carga.





# 7. DEFINICIÓN Y PROPUESTAS DE PROYECTOS

## 7.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo definir los proyectos que son simulados posteriormente en el capítulo 8 mediante el modelo de transporte urbano calibrado, para finalmente decidir acerca de su inclusión en el Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá. También define los proyectos de conectividad externa a ser incluidos en dicho Plan, los cuales si bien no son modelables a través del modelo de transporte urbano sí deben ser compatibles con la vialidad urbana a la que conectan, para obtener un Plan Maestro de Movilidad integrado afín con los objetivos que se buscan con él.

Para ello en primer lugar se realiza una identificación de los proyectos existentes, para lo cual el Plan Vial del año 1986 constituye la principal fuente de información, así como las reuniones realizadas con municipios y autoridades de las distintas instituciones públicas del Valle de Aburrá. Los proyectos son ordenados y clasificados de acuerdo a su ámbito y localizados geográficamente a través de planos y ordenados en fichas en las cuales se destacan sus principales características.

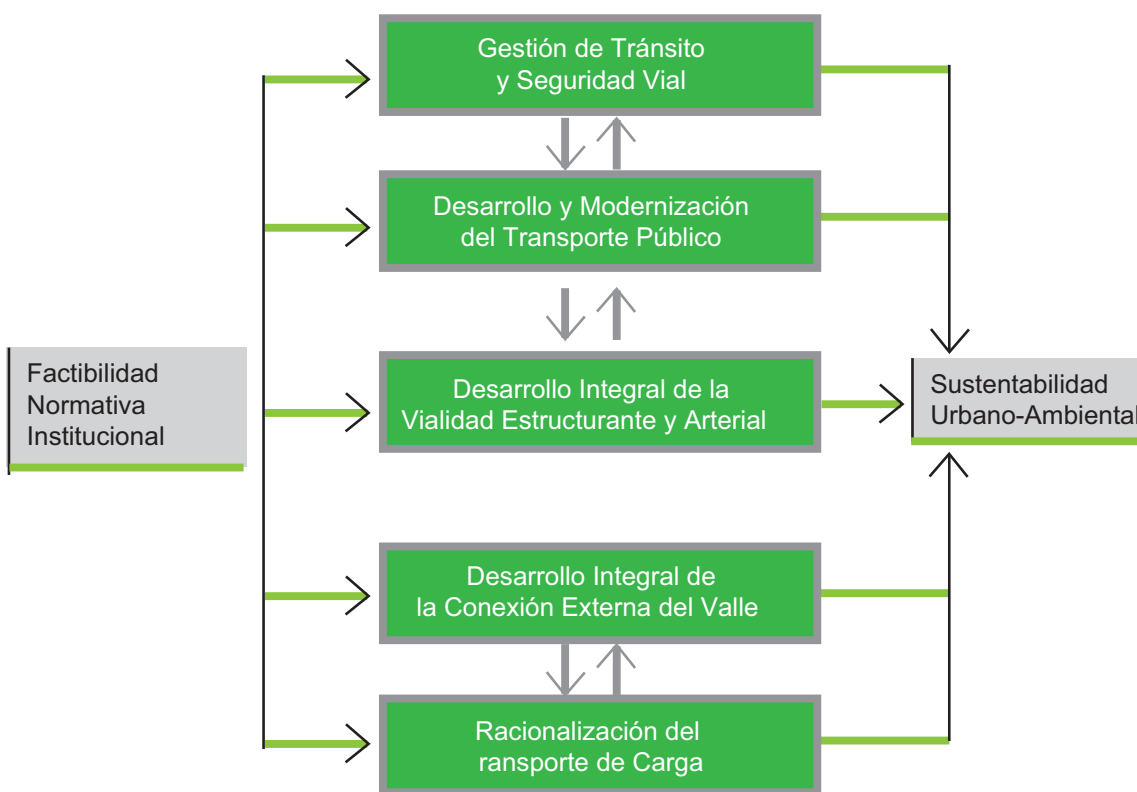
Posteriormente, se realiza la definición de las líneas estratégicas y directrices -denominadas programas - que se plantea que deberá incluir el Plan Maestro de Movilidad para responder a los objetivos que persigue. Estos programas apuntan tanto al mejoramiento de los movimientos de vehículos, personas y carga al interior del Valle de Aburrá, como de la conectividad de ésta con el resto de la región y el país.

Luego, a partir de los proyectos identificados previamente y las nuevas propuestas que plantea el consultor, se define un listado de proyectos ordenados cronológicamente en corto, mediano y largo plazo para cada programa. Cabe destacar que estas listas de proyectos constituyen el punto de partida para el proceso de modelación, reportado en el capítulo 8 siguiente de este informe, como consecuencia del cual sumado a su evaluación multicriterio se definen los proyectos definitivos y los cortes temporales de su puesta en operación que se reporta en el capítulo 11.

## 7.2. ESTRATEGIAS Y PROGRAMAS

Para cumplir con los objetivos y políticas se definen 7 líneas estratégicas o directrices, ordenadas como programas. A continuación se indican estos programas y el rol que deberá cumplir cada uno de ellos.

FIGURA 20. Esquema de interrelación entre programas.



Fuente:  
elaboración propia.

### 7.3. DEFINICIÓN DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS

#### 7.3.1 Desarrollo y modernización del sistema de transporte público

Se aboca al mejoramiento de niveles de servicios actuales. Fomenta el aumento gradual y sostenido de nuevos servicios de transporte público integrados con el Metro. Promueve una renovación constante del parque vehicular y una disminución de la sobreoferta existente, propiciando la industrialización del sector a través de la creación de empresas formales que actúen con estructuras sólidas y profesionalizadas, que compitan por los nuevos servicios de transporte público previstos para el Valle de Aburrá.

El elemento central del programa es lograr la integración física, operacional, organizacional y tarifaria de todos los modos de transporte público, asignando además a cada uno el rol que le corresponda para maximizar la eficiencia del sistema global.

El eje estructurante del sistema es el Metro. Los modos de transporte restantes debieran operar en forma complementaria con éste (o apoyar su operación cuando la capacidad sea insuficiente o cuando no cubra los deseos de viaje de los usuarios del transporte público).

Se considera conveniente la presencia de un Tren Suburbano que recorra todo el Valle de Aburrá, pero con un número muy reducido de estaciones en el tramo en que coincide con el Metro. No se trata de una competencia entre ambos, sino una complementariedad, según la cual un usuario del Tren Suburbano puede usar el Metro para acceder a un lugar en el cual el tren suburbano no se detiene, en tanto que un usuario de Metro puede cambiar a tren suburbano para hacer un viaje más rápido. Por otra parte, el tren suburbano puede contribuir a evitar la saturación de pasajeros del Metro en los cortes temporales futuros. Tampoco puede excluirse la posibilidad de que en un año futuro la capacidad conjunta del Metro y del tren suburbano se vea copada en algunos tramos, resultando conveniente proveer un servicio Metroplús paralelo o servicios de buses expresos por el corredor.

El subsistema de baja capacidad tendría un rol principal como alimentador. Sin embargo, también debiera proveer conectividad directa entre áreas pobremente servidas por el sistema masivo y semimasivo. Además, debiera tener un número limitado de servicios operando por ejemplo en forma paralela al Metro, orientados a acomodar principalmente viajes cortos para los cuales el Metro no provee un servicio adecuado.

El conjunto de proyectos de transporte público y su calendarización son el resultado de múltiples simulaciones del modelo de transporte de 4 etapas (capítulos 8 y 11), de una evaluación económica (capítulo 11) y de un análisis multicriterio (capítulo 11).

### 7.3.2 Desarrollo integral de la vialidad estructurante y arterial

Deberá abocarse a la solución de puntos de conflicto de la red vial actuales y futuros, estos últimos identificados a partir de los resultados de las corridas del modelo de transporte. Este programa debe formular propuestas de proyectos viales de aperturas de nuevas vías y mejoramientos de vías existentes. También debe definir proyectos estructurales de conexión con los que se definan en el ámbito subregional y nacional.

El proyecto principal de este programa es la habilitación de la **Autopista del Río Medellín** entre el Ancón Sur y el Ancón Norte. Ello implica desarrollar un proyecto de ingeniería integral que permita darle a la vía características de autopista en términos de velocidad de diseño y control de acceso, superando así las limitaciones que presenta la actual vía de travesía. El diseño debería incluir además la habilitación de vías arteriales y locales a ambos costados de la vía, para lo cual sería necesario desplazar y reasentar la población o las actividades que existen en algunos tramos en que se ha producido invasión de la faja de 60 m. a cada costado del Río Medellín.

Como parte del diseño de esta autopista se debiera respetar el trazado actual del Metro y generar además una faja suficiente para la habilitación del sistema ferroviario multipropósito, con al menos una vía por sentido en trocha compatible con la trocha nacional, y espacio para las estaciones que se contemple construir. Se estima que en principio sería posible habilitar la autopista en superficie, esto es, sin recurrir a tramos elevados o subterráneos. Como parte del diseño debería incluirse además la adecuación de los puentes y estructuras que cruzan el Río Medellín, donde ello resulte necesario. También debiera ser tomada en cuenta la necesaria compatibilidad del diseño con los proyectos urbanísticos relacionados con el acceso a frentes de agua.

El segundo proyecto es la habilitación de la Autopista de Conexión Sur a la Autopista Occidental de Colombia (propuesta dentro del programa Desarrollo integral de la conexión externa del Valle, el cual se mencionará más adelante). Esta autopista cubriría el tramo entre el Ancón Sur y La Pintada. Tendría un trazado completamente diferente al de la actual carretera troncal.

El tercer proyecto es la habilitación de la **Autopista de Conexión Norte**, la cual se conecta con la Autopista Occidental de Colombia (propuesta dentro del programa Desarrollo integral de la conexión externa del Valle, el cual se mencionará más adelante). Esta autopista cubriría el tramo entre el enlace Santa Fe de Antioquia con la Autopista Occidental de Colombia y el enlace La Iguañá con la Autopista del Río, utilizando el Túnel de Occidente existente, más un segundo túnel paralelo al anterior para mantener el estándar de calzadas independientes por sentido.

El cuarto proyecto es la habilitación de la **Autopista Norte** entre el Ancón Norte y Barbosa, la cual se prolongaría hasta Venezuela, pasando por Puerto Berrío.

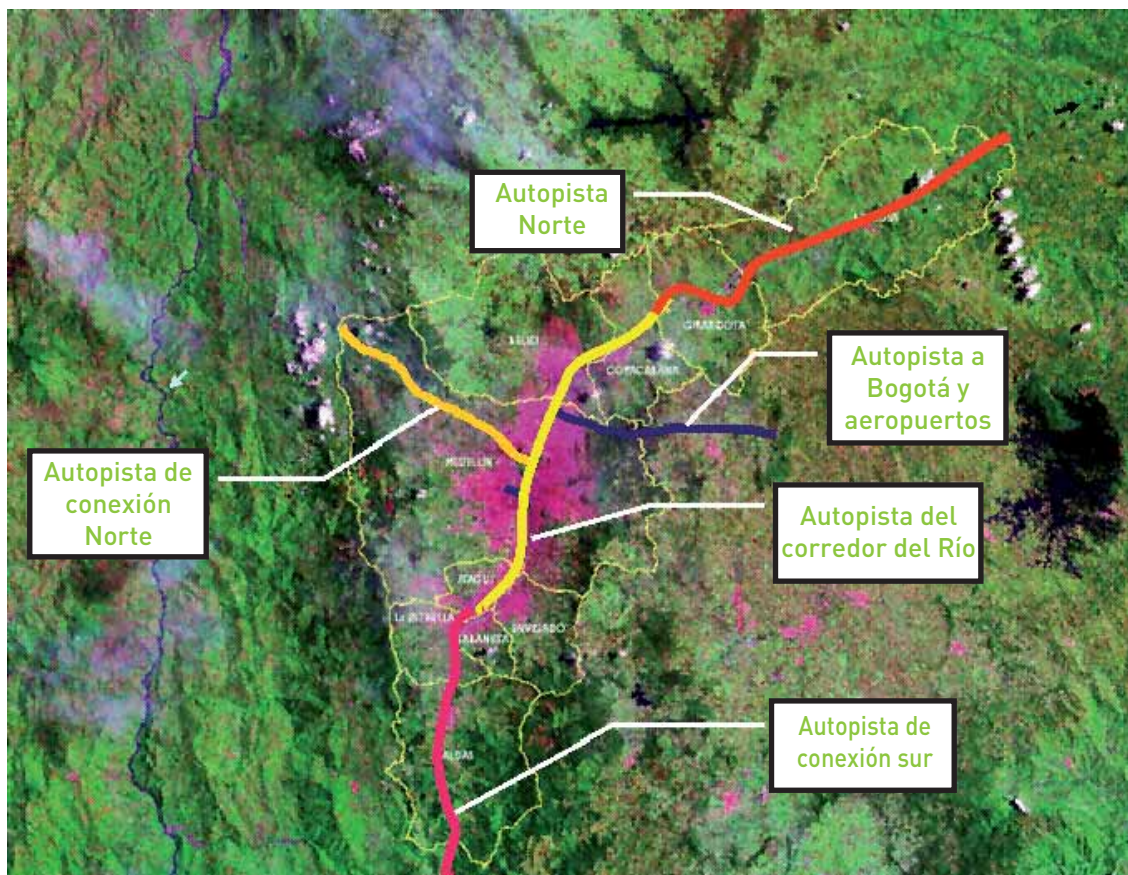
El quinto proyecto es la habilitación de la **Autopista a Bogotá y Aeropuertos**. Esta autopista se iniciaría en el actual acceso al Aeropuerto EOH, para enlazar con la Autopista del Río, bien sea por la calle 10 o la calle 14. A continuación, conectaría con el Túnel de Oriente hasta el Aeropuerto JMC. Tendría un enlace en un punto próximo al Aeropuerto JMC, desde el cual partiría la nueva Autopista a Bogotá.

Estos cinco proyectos así definidos cumplen las condiciones técnicas para ser desarrollados mediante concesiones al sector privado, que se encargaría de la construcción, operación y mantenimiento, recuperando los costos mediante el cobro de tarifas a los usuarios.

El planteamiento de estos proyectos de largo plazo corresponde a una visión estratégica, en la cual todos los flujos de larga distancia podrían ya sea atravesar el Valle de Aburrá o acceder a cualquiera de sus municipios sin ingresar a la trama urbana arterial. De este modo, no se excluye que en el corto y mediano plazo sean desarrollados proyectos de mejoramiento vial que tiendan a resolver los conflictos más apremiantes, en la medida que sean compatibles con la visión estratégica de largo plazo.

En lo que se refiere a la vialidad arterial, han sido identificados proyectos orientados a dar solución a problemas específicos. Este conjunto de proyectos y su calendarización son el resultado de múltiples simulaciones del modelo de transporte de 4 etapas (capítulos 8 y 11), de una evaluación económica (capítulo 11) y de un análisis multicriterio (capítulo 11).

FIGURA 21. Vialidad estructurante.



Fuente:  
elaboración propia.

### 7.3.2.1 Corredor del Río

El corredor del Río Medellín por su importancia como eje estructurante de la movilidad, tanto interna como externa al Valle de Aburrá, se considera como un tema de vital importancia para el desarrollo del PMM. Además la configuración topográfica del valle hace difícil la ejecución de proyectos viales que permitan cruzar el territorio sin tener que llegar al corredor del Río.

Existen diferentes proyectos que están localizados en el corredor del Río, los cuales se caracterizan e ilustran en el capítulo 8. Cabe destacar que estos proyectos corresponden a las situaciones de corto y mediano plazo, pues para el largo plazo se ha planteado la habilitación de la Autopista del Río.

#### Corredor del tren suburbano y estaciones

El tren suburbano inicia su recorrido en Barbosa en la margen izquierda del Río en la zona urbana del municipio donde se localizará la primera estación, y continúa por el antiguo corredor ferroviario hasta El Hatillo donde se ubicará la segunda estación. La tercera estación se ubica en la zona del Parque de las Aguas, un punto estratégico por sus condiciones turísticas.

La cuarta estación estará localizada a la altura de Girardota. En esta zona se desviará la línea férrea del antiguo corredor, requiriendo dos cruces sobre el Río, con el fin de acercar el sistema lo más próximo posible a la zona urbana, de tal manera que los usuarios del sistema no tengan que realizar largas caminatas. Como alternativa a lo anterior se plantea mantener la vía al costado izquierdo del Río, habilitando rutas alimentadoras.

La quinta estación estará localizada a la altura del intercambio vial de Copacabana. El trazado continuará por la margen izquierda del Río hasta la altura del intercambio vial de Fontidueño, donde cruzará el Río y continuará por la margen derecha hasta el Municipio de Bello.

A la altura de la Estación Madera del Metro, se localizará la sexta estación la cual funcionará como estación de integración con este sistema. La séptima estación se localizará frente a la estación Caribe, para dar acceso al Terminal Norte de pasajeros. La octava estación se localizará en el centro de Medellín para servir viajes con origen o destino en dicha zona central. Se plantean dos alternativas de emplazamiento, una frente a La Macarena y la otra frente a Empresas Públicas.

La estación siguiente se ubicará a la altura de la última estación del Metro en Sabaneta, el cual será otro punto de integración con el Metro, donde se realizarán las transferencias de viajes. El tren continuará su recorrido hacia el sur con dos estaciones adicionales que serán localizadas a la altura de La Tablaza y Caldas.

Es importante tener en cuenta que el corredor férreo requiere una trocha angosta con doble carril, dado que prestará servicios de carga pasajeros y posiblemente será integrado con el corredor férreo nacional. Este corredor tendrá una longitud aproximada de 63 km, y 4 estaciones que permitirán la integración con el Metro. Además, la estación prevista en la zona central, ya sea en La Macarena o en Empresas Públicas, permitiría una transferencia indirecta con las estaciones próximas de ambas líneas del Metro, para los usuarios que optaran por no utilizar las estaciones de integración.

### **7.3.3 Desarrollo integral de la conexión externa del Valle**

Deberá proponer y promover proyectos de conectividad interurbana entre el Valle de Aburrá y las regiones geográficas con las cuales tiene intercambio actual o potencial con el propósito de reducir el costo y tiempo de viaje de personas y mercancías y/o mejorar su calidad.

El elemento central del programa es mejorar las conexiones interurbanas entre el Valle de Aburrá y los mercados con los cuales tiene intercambio actual o potencial con el propósito de reducir el costo y tiempo de viaje de personas y mercancías y/o mejorar su calidad.

A continuación se presentan las soluciones propuestas para enfrentar los objetivos de mejorar la conectividad del Valle de Aburrá con su región, el resto del país y el mundo.

#### **7.3.3.1 Conectividad Vial**

En el subsistema de carreteras, el elemento estructurante principal es la construcción de una **Autopista desde el Valle del Cauca hasta Barranquilla**, con ramales también en estándar de autopista a Cali, Buenaventura, Armenia, Pereira, Manizales, Valle de Aburrá (norte y sur), Montería, Sincelejo, San Antero, Cartagena y Santa Marta.

El trazado seguiría el curso del Río Cauca hasta Tarazá, continuando por la planicie costera. Por no existir pendientes y por el estándar de la vía, cabe esperar una reducción en los costos y tiempos de viaje entre los lugares conectados, para el transporte privado, de carga y de pasajeros. Los departamentos conectados por esta vía representan aproximadamente un 20% de la superficie de Colombia y un 50% de su población.

La autopista, de unos 1.000 km de longitud, podría ser construida mediante concesión. En este sentido, la experiencia chilena puede considerarse como un antecedente, pues recientemente ha sido construida una autopista de 1.500 km de longitud mediante este sistema, que forma el eje estructurante de la zona central del país. La estrategia seguida fue licitar la autopista por tramos de 200 a 250 km de longitud, a diferentes sociedades concesionarias, con un mecanismo de subsidio cruzado de manera que los cargos a los usuarios fueran aproximadamente equivalentes en todos los tramos, independientemente del tránsito y costo de inversión de cada tramo. Los concesionarios debían primero construir la autopista, y una vez terminadas y puestas en servicio las obras podían comenzar a cobrar peajes.

Las características generales de estas autopistas serían las siguientes:

- ▣ Velocidad de diseño 120 km/h; lo cual requeriría cambiar la norma vigente que permite una velocidad máxima en carretera de 80 km/h.
- ▣ Doble calzada con dos carriles por sentido, con plataformas de 10,5 metros de ancho, incluidos carriles y bermas, con separador 6 metros, totalmente segregadas.
- ▣ Calles de servicio donde sean requeridas.
- ▣ Todas las intersecciones y atravesamientos a desnivel.
- ▣ Puentes peatonales.
- ▣ Paraderos de buses.
- ▣ Mejoramiento de la seguridad vial.
- ▣ Teléfonos de emergencia cada 3 km a ambos lados de la ruta.
- ▣ Ambulancias, personal paramédico, primeros auxilios.
- ▣ Camiones grúa y vehículos de patrullaje y atención mecánica.
- ▣ Áreas de servicios generales con provisión de combustible, estacionamientos, cafeterías y servicios higiénicos.
- ▣ Áreas de control policial.
- ▣ Áreas de estacionamientos para camiones.

Se plantea también la construcción de una **Autopista entre el Valle de Aburrá y Bogotá**. El trazado coincidiría con el actual en las cercanías del Valle de Aburrá y de Bogotá, pero debiera cruzar el valle del Magdalena en diagonal para reducir la distancia total y lograr un trazado con pendientes más suaves. Puede estimarse que el tiempo de viaje entre el Valle de Aburrá y Bogotá sería substancialmente inferior al actual. Esta autopista podría ser también construida por concesión.

La red vial estructurante se completa con **cuatro vías de doble calzada**. La primera comunica con el Golfo de Urabá y Panamá, a través del túnel de Occidente, siguiendo aproximadamente el trazado actual. La segunda comunica con Quibdó y Tribugá. La tercera comunica con Puerto Berrío, el nor-oriente del país y Venezuela. La cuarta corresponde al tramo existente de la carretera Medellín-Bogotá, desde Acevedo hasta Rionegro.

Como complemento a la vialidad externa ya definida se propone habilitar tres autopistas urbanas, las cuales servirían a los flujos de paso pero también al acceso desde el Valle de Aburrá hacia las vías externas.

FIGURA 22. Autopista propuesta.



Fuente:  
elaboración propia.



### 7.3.3.2 Terminales de transporte público intermunicipales

#### **Análisis de Terminales Actuales**

El actual Terminal Norte está ubicado adyacente al corredor multimodal sobre el costado occidental del mismo y existe consenso sobre la permanencia de este terminal en ese sector; sin embargo debiera considerarse una mejora de la accesibilidad carretera para el flujo sur-norte que llega al terminal, para tener una buena conectividad a él desde los dos costados del corredor multimodal del Río Medellín.

El terminal intermunicipal del Sur actualmente existente está separado del corredor del Río, por lo cual su accesibilidad del punto de vista vehicular y peatonal es baja y se ha venido deteriorando con el aumento del flujo vehicular de la zona.

Existe consenso para la reubicación del terminal Sur. Además en las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial se concibe como proyecto estratégico de la Centralidad del Sur que abarca un área a lo largo de la franja del Río Medellín desde la estación Envigado y la futura estación en la Calle 77 sur (Sabaneta e Itagüí), tomando predios a lado y lado del Río Medellín. En este proyecto sacado a concurso público recientemente, se plantea una terminal intermodal (Tren Suburbano, Metro y Metroplús) y la nueva Terminal Sur Matriz o Intermunicipal.

Considerando lo anterior, el Terminal Sur actual en el corto plazo debiera tener un uso predominante para los servicios de conexión entre aeropuertos que cambiarían de su ubicación y tipos de servicios actuales a nuevos servicios de mejor calidad que operarían como servicios expresos entre los aeropuertos. También podría en el corto plazo seguir prestando el carácter de terminal para los servicios intermunicipales de corta distancia que en el mediano y largo plazo debieran tender también a desaparecer. De esta forma es posible conciliar los tiempos que involucra que el recinto cambie su destino a otros usos de suelo definitivamente.

No se descarta un cambio del Terminal Sur actual a uso residencial como proyectos inmobiliarios; sin embargo, esto podría verse influido negativamente por su cercanía al aeropuerto; por lo cual se vislumbra una posibilidad de uso comercial predominantemente en el largo plazo, manteniendo la operación de los servicios entre aeropuertos, tanto de carga como pasajeros, en este mismo lugar, y la continuación de la prestación de los servicios que actualmente se prestan hacia el oriente cercano.

#### **Definición de Nuevos Terminales**

Llamaremos terminales matrices a aquellos que mueven una mayor cantidad de pasajeros y se ubican estratégicamente en la ciudad entorno al corredor del Río proporcionando una muy buena conectividad con el resto de la ciudad.

Existirá también la aparición formal de nuevos terminales, que llamaremos terminales satélites, que consistirán fundamentalmente en terminales más pequeños en términos de infraestructura y que cumplen una función similar a los terminales matrices, pero a un menor costo operacional para los servicios que lo utilizan, con el correspondiente beneficio para el sistema de transporte por un uso optimizado de la red vial.

Evidentemente, esto traerá consigo algún malestar a los usuarios dado que deberán desplazarse a las nuevas ubicaciones de estos terminales satélites en vez de utilizar las ya conocida o tradicionales. Sin embargo, si estos terminales satélites están integrados

a los terminales matrices con servicios de buses especiales entre ellos y están bien conectados a su vez a los sistemas de transporte público que forman parte del plan, esta última situación tiende a atenuarse.

Considerando lo anterior, los terminales de transporte público de viajes intermunicipales que formaran parte del plan de movilidad se definen bajo los siguientes criterios:

- └ Se definirán terminales matrices a aquellos terminales de buses intermunicipales con mayor infraestructura (entre 75 y 150 bahías para buses), ubicados estratégicamente al Norte y Sur del corredor del Río, y que concentrarán la mayor cantidad de servicios intermunicipales.
- └ Existirán también terminales satélites de buses intermunicipales que contarán con menor infraestructura, que tendrán también el carácter formal de terminales y reconocidos como tal.
- └ Existirán paraderos de buses formales que contarán con menor infraestructura aún, que tendrán como objetivo principal la conectividad al servicio de tren suburbano en las estaciones que este último tenga en cada municipio en el largo plazo.
- └ La ubicación de todos los terminales deberá proveer conectividad óptima a los sistemas de transporte público como Metro, Metroplús y Tren Suburbano que forman parte del Plan de Movilidad. Luego, se deberán ubicar cercanos a los paraderos más demandados por usuarios para facilitar el acceso a estos servicios.
- └ Los terminales satélites estarán ubicados preferentemente en la periferia de la ciudad en torno a las vías regionales por las cuales los servicios interurbanos acceden a ella, con el propósito de evitar el ingreso masivo de recorridos de líneas intermunicipales que congestionen la vialidad del centro de la ciudad.
- └ Los terminales satélites deberán considerarse como referencia para la definición de su ubicación, la localización geográfica de los lugares de intercambio que operan en la actualidad informalmente con ese carácter.

A partir de los criterios anteriores, se proponen para el largo plazo 2 terminales de pasajeros intermunicipales matrices, 4 terminales satélites y 4 paraderos formales asociados particularmente a las futuras estaciones del tren suburbano que formarán parte del plan de movilidad en el largo plazo.

Para el corto plazo, el Terminal del sur debería seguir operando con algunos de los servicios hacia los municipios de Rionegro, El Retiro, La Ceja, La Unión y Sonsón. Además deberá existir el servicio entre aeropuertos.

La localización y características de los terminales intermunicipales definidos para el largo plazo en la Región se presentan en las tablas siguientes.

#### **Propuesta de operación y servicios de conexión**

Los terminales de buses intermunicipales ya sea matrices, satélites o paraderos de conexión al tren suburbano, prestarán el mismo servicio a todos los usuarios y por lo tanto deberán estar provistos de los mismos sistemas de interconexión de datos que permitan la venta de tiquetes, reserva de cupos, etc.

Para aumentar la conectividad entre terminales matrices y satélites, se propone la existencia de servicios especiales de buses que darán conexión entre este tipo de terminales y que actuarían también como buses de acercamiento a ellos.

Estos servicios serían gestionados por los mismos operadores de los buses intermunicipales y operarían con tarifa integrada para los usuarios, una vez que este cuenta con el tiquete del servicio intermunicipal. Para esto los diseños de los recorridos de estos servicios especiales deberán ser tales que permitan la conectividad entre terminales sin la necesidad que los usuarios tengan que pagar una tarifa adicional de otros servicios de transporte público o privado locales.

De esta manera se dará conectividad a los usuarios de transporte público entre municipios del corredor Oriente-Poniente y del corredor Norte a Sur de la región. Si el usuario va a algún sector interno del municipio de Medellín podrá acceder también con estos servicios si éste se encuentra en su ruta definida, de lo contrario deberá acceder pagando una tarifa adicional a otro modo de transporte público, que en este caso se facilitará por la proximidad de la ubicación de los terminales a estaciones del Metro y del tren suburbano y de los servicios de Metroplús.

La existencia de tiquetes especiales para utilizar estos servicios impediría el uso de ellos por usuarios para viajes locales, con el fin de evitar la competencia con los servicios urbanos tradicionales de transporte público. De alguna manera la forma de operar de estos servicios sería similar a la que presentan en la actualidad los servicios de buses que operan entre los aeropuertos que no son usados efectivamente por usuarios para viajes locales. De hecho, los servicios entre aeropuertos se propone seguirlos operando de esta manera, integrando sus rutas a los terminales matrices y satélites para mejorar su cobertura a los viajes intermunicipales.

**TABLA 44.** Propuesta de terminales de pasajeros intermunicipales.

NOMBRE	TIPO	UBICACIÓN	CONECTIVIDAD
Terminal Norte	Matriz	Mantiene su ubicación actual	Estación Caribe del Metro Estación del tren suburbano en Caribe
Terminal Sur	Matriz	Cercano a Cl 77 Sur en Sabaneta	Estación Sabaneta del Metro Estación del tren suburbano en Sabaneta Metroplús de San Antonio, Metroplús a Itagüí y Metroplús a Envigado
T S San Diego	Satélite Oriente	Vecindad de la glorieta del Centro Comercial San Diego sobre la Doble Calzada de Las Palmas	Se formaliza paradero actual En el largo plazo cuando entre en operación el Túnel de Oriente adquiere mayor importancia
T S Oriente	Satélite Oriente	Calle Ayacucho (Calle 49) con Carrera 40	Se formaliza paradero actual
T S San Cristóbal	Satélite Occidente	Vía Regional en San Cristóbal	Buena conectividad Túnel Occidente
T S Colpisos	Satélite Occidente	Carrera 80, Quebrada La Iguaná	Buena conectividad a Metroplús

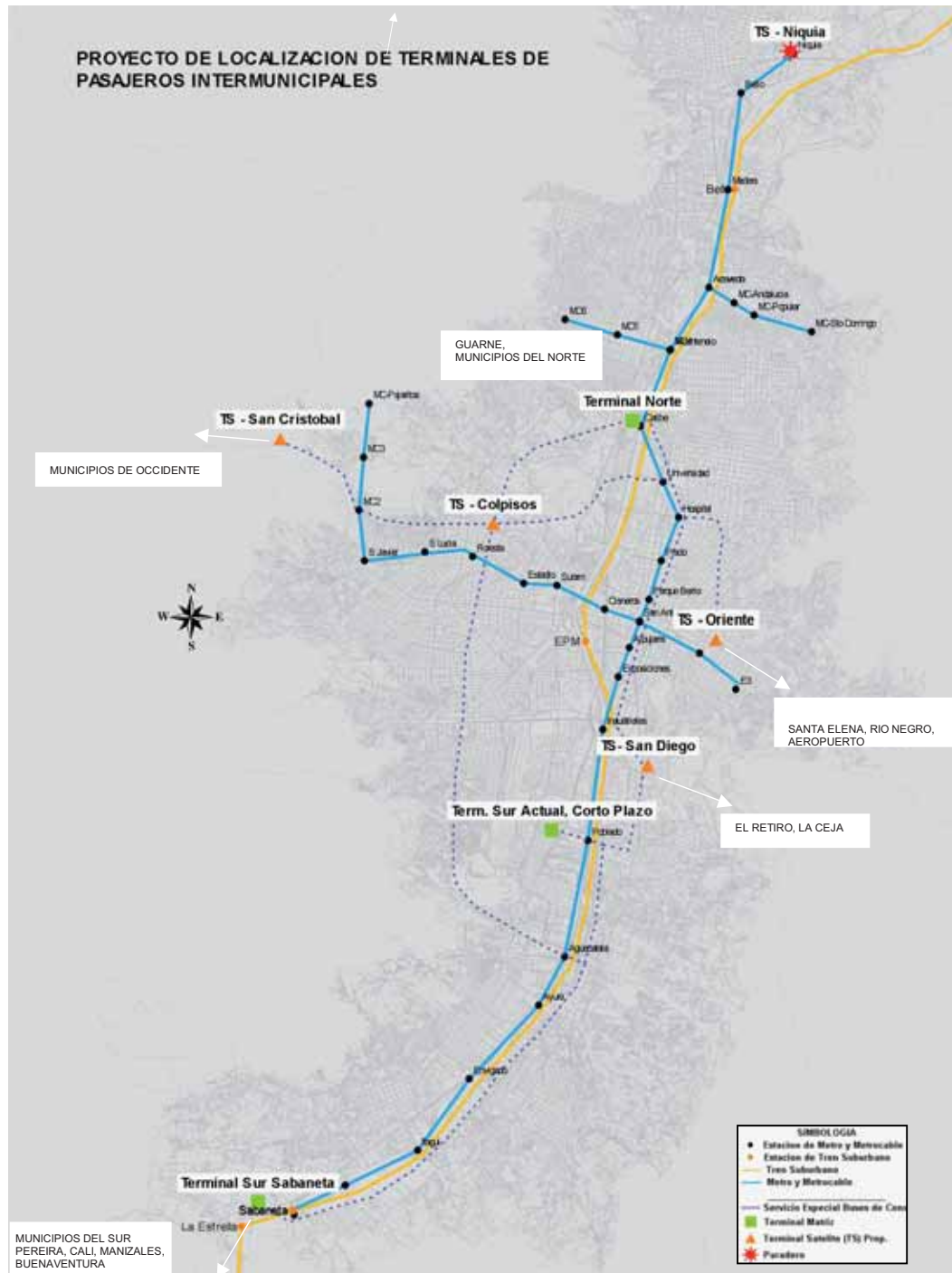
Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 45.** Propuesta de paraderos buses intermunicipales.

NOMBRE	UBICACIÓN	CONECTIVIDAD
Paradero de Caldas	Municipio de Caldas cercano a estación del Tren Suburbano	Conectividad a servicio de Tren Suburbano
Paradero de Niquía	Cercano a estación Niquía del Metro	Estación Niquía del Metro, Metroplús Bello Copacabana
Paradero de Copacabana	Municipio de Copacabana cercano a estación del Tren Suburbano	Conectividad a servicio Tren Suburbano
Paradero de Girardota	Municipio de Girardota cercano a estación del Tren Suburbano	Conectividad a servicio de Tren Suburbano
Paradero de Barbosa	Municipio de Barbosa cercano a estación del Tren Suburbano	Conectividad a servicio de Tren Suburbano

Fuente:  
elaboración propia.

**FIGURA 23.** Terminales de pasajeros Intermunicipales.



Fuente:  
elaboración propia.

### 7.3.3.3 Conectividad portuaria

Otro de los objetivos del Programa de Desarrollo integral de la conexión externa del Valle es el mejoramiento del subsistema portuario; para esto se plantea la consolidación de Puerto Berrío y del transporte fluvial por el Río Magdalena, y la construcción de un puerto de aguas profundas.

En cuanto al puerto de aguas profundas, han sido planteadas localizaciones en la costa pacífica y en el Golfo de Urabá. La tabla 46 presenta una comparación entre dichas alternativas

**TABLA 46.** Comparación de localizaciones para puerto de aguas profundas.

ASPECTO	PACÍFICO	URABÁ
Condiciones técnicas	Hay factibilidad	Hay factibilidad
Área Servida Inmediata	Chocó, Eje Cafetero y Antioquia	Antioquia
Mercados principales	Pacífico - Oriente	USA - Venezuela
Distancias marítimas	Largas	Cortas
Potencial como puerto pivote	Alto	Bajo

Fuente:  
elaboración propia.

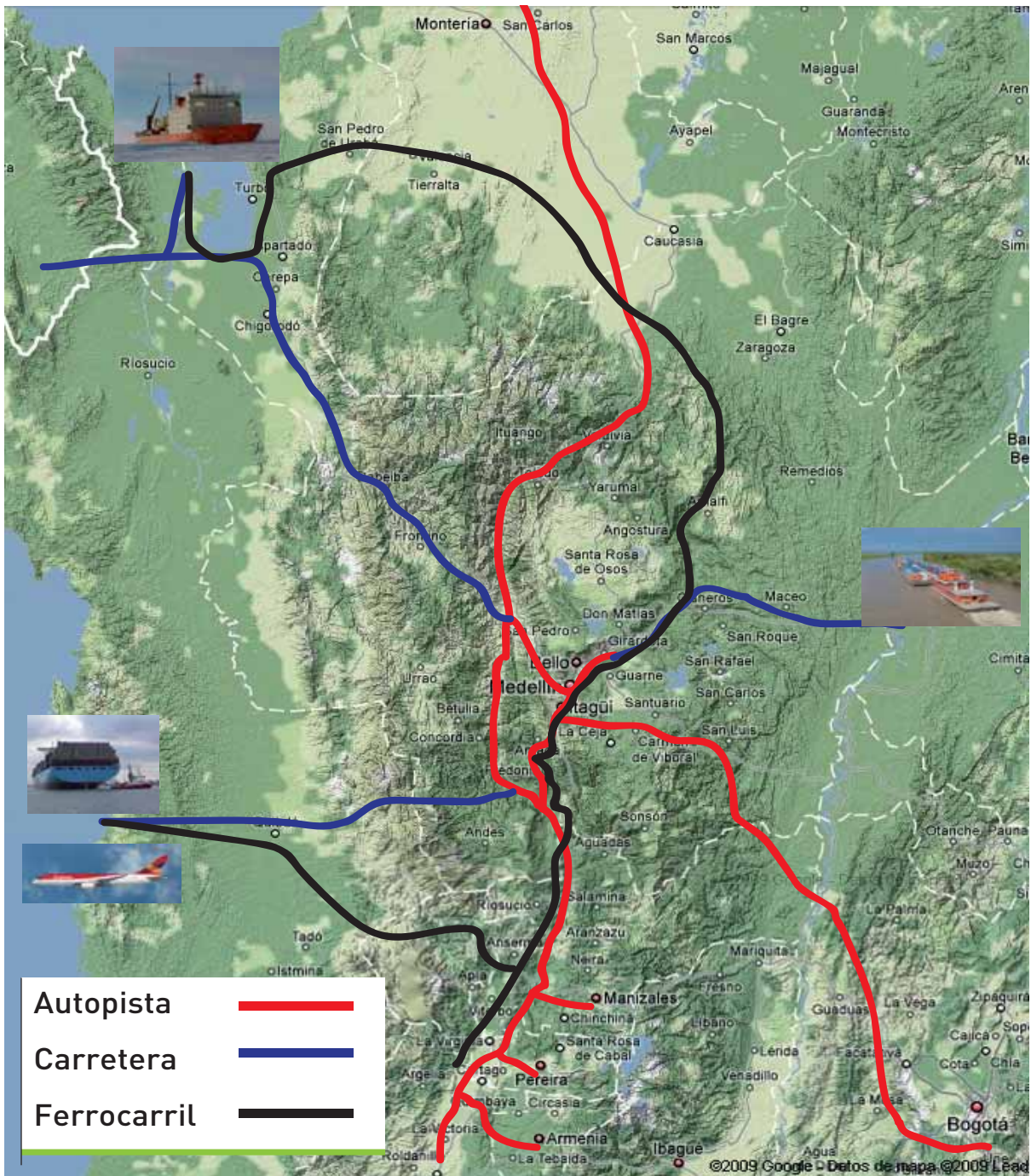
El desarrollo del puerto del Océano Pacífico es especialmente interesante, pues podría constituir un puerto pivote a nivel de Centro y Sudamérica. Ello significa que las cargas desde o hacia el lejano oriente podrían ser transportadas en buques de muy alto tonelaje, para ser distribuidas localmente mediante naves de tamaño normal. En cambio, el puerto de aguas profundas de Urabá no presenta este tipo de potencial, principalmente por servir distancias cortas en las cuales las naves de alto tonelaje no significan ahorros de costos significativos.

En el Océano Pacífico han sido propuestas diversas localizaciones, tales como Bahía Solano, Cupica y Tribugá. Esta última, está siendo impulsada por la iniciativa Arquímedes, y existe la posibilidad de que sea financiada con capitales de la República China. La relevancia estratégica de este puerto de aguas profundas tiene relación con el incremento de la importancia comercial del Océano Pacífico y el fuerte desarrollo de los países asiáticos, tales como China, Corea y Japón. Se ha mencionado también que este puerto podría dar salida a las exportaciones venezolanas de petróleo con destino al Oriente.

En cuanto a Urabá, se constituye en la mejor localización, desde el punto de vista del Valle de Aburrá, para un puerto de tipo tradicional. Dicho puerto permitiría ahorrar en distancias de transporte terrestre con respecto a Cartagena, y en costos de operación portuaria con respecto al actual puerto de Turbo, en el cual por la falta de infraestructura de atraque la transferencia debe hacerse mediante barcasas.

En términos de conexiones viales, se propone que tanto el puerto de Urabá como el del Pacífico y el del Magdalena cuenten con accesos viales mediante carreteras de doble calzada, aunque sin llegar al estándar de Autopista. El trazado propuesto para estas conexiones se presenta en la figura 24.

FIGURA 24. Conexiones a los puertos.



Fuente:  
elaboración propia.

#### 7.3.3.4 Conectividad ferroviaria

Hacia el norte, el nuevo ferrocarril seguiría el curso del Río Medellín-Porce hasta alcanzar la planicie del norte, por la cual se desarrollaría en dirección al nuevo puerto de Urabá y hacia los puertos de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta. Hacia el sur, el nuevo ferrocarril conectaría con el puerto de Buenaventura y con el puerto de aguas profundas del pacífico ubicado probablemente en Tribugá. En principio, este ferrocarril proveería sólo transporte de carga, salvo en el paso por el Valle de Aburrá, que se tendría el tren suburbano de pasajeros y tren evacuador de residuos.

En términos generales, los trazados propuestos son factibles técnicamente. Salvo en el tramo en que operará el tren suburbano, que será de doble vía, el resto de la red se habilitaría en vía simple. La única obra mayor prevista es la construcción de un túnel en el extremo sur del Valle de Aburrá, de aproximadamente 4 km de longitud, el cual permitiría una conexión más expedita desde Caldas hacia el sector de Amagá. Posiblemente podría ser requerido un segundo túnel en la vía que comunicará con el puerto de Tribugá.

La definición del calendario de ejecución de cada tramo debe ser decidida mediante estudios específicos de demanda y anteproyecto para cada uno, los cuales a juicio del consultor conducirían probablemente a la conclusión de que trata de proyectos de muy largo plazo, el cual podría incluso exceder el horizonte temporal del presente Plan Maestro.

Una excepción a lo anterior podría ser la vía férrea de conexión al puerto de aguas profundas del Pacífico, la cual podría eventualmente ser licitada en conjunto con el puerto, por lo cual podría entrar en servicio junto con el mismo. En todo caso, estas potencialidades de desarrollo futuro del corredor hacen aconsejable que los POT de los municipios del Valle de Aburrá reserven la faja necesaria para el mismo. Además, como parte del diseño y construcción de la Autopista del Río, deberá dejarse habilitada la faja para la operación del ferrocarril, incluyendo el espacio para las estaciones, así como la habilitación de los puentes y estructuras que sean necesarias. Esta condición deberá quedar claramente establecida en los pliegos de licitación de la concesión.

Las tendencias modernas hacia la intermodalidad del transporte de carga implican que en general se prefiere no habilitar apartaderos ferroviarios para empresas en zonas urbanas. En principio, se estima que el sistema ferroviario podría tener sólo dos estaciones de movilización de carga en el Valle de Aburrá, ubicadas en el Terminal de carga El Hatillo, y en el terminal de carga de Primavera, desde las cuales la conectividad sería provista mediante camiones.

Por razones de espacio disponible, se estima que la mejor localización para los talleres y depósitos ferroviarios, tanto de pasajeros como de carga es en las cercanías de El Hatillo. Una propuesta alternativa, de trasladarlos a Puerto Berrío, resulta poco aconsejable pues obliga a habilitar la conexión a dicho puerto como condición previa para desarrollar el tren suburbano.

En principio, la operación del transporte de carga en el tramo en que opera el tren suburbano se realizaría sólo durante la noche, para evitar conflictos operacionales. La excepción sería el tramo El Hatillo-Barbosa, en el cual por su corta longitud sería posible operar trenes de carga durante el día, coordinando debidamente los despachos de modo de no afectar al tren suburbano. Alternativamente, la vía ferroviaria hacia el norte podría partir desde El Hatillo, independizándose de las vías del tren suburbano.



### 7.3.3.5 Conectividad aérea

En el subsistema aéreo, el elemento central es el mejoramiento integral del Aeropuerto José María Córdova (JMC), con el propósito de subir su nivel de ILS. Además se requiere construir las áreas de seguridad en los extremos de la pista, reservar el espacio para la construcción futura de al menos la segunda pista, con el fin de que este aeropuerto pueda convertirse en un aeropuerto internacional con las características requeridas por la región para ser altamente competitiva y ampliar y mejorar las instalaciones del terminal de pasajeros internacionales. Este aeropuerto debiera operar en forma coordinada e integrada con el aeropuerto EOH, el cual debiera bajar su categoría mitigando así el impacto urbanístico de sus espacios de seguridad aérea. Lo anterior puede ser complementado con medidas de gestión como por ejemplo la posibilidad de hacer check-in indistintamente en cualquiera de los aeropuertos.

Las inversiones necesarias y la gestión del sistema formado por ambos aeropuertos podría ser materia de una concesión al sector privado mediante licitación pública, en la cual la inversión sería recuperada por el concesionario a través de la cesión por parte del Estado de una fracción de los ingresos percibidos por cobros y servicios a las aeronaves y pasajeros.

Además, para facilitar la conectividad requerida entre los aeropuertos EOH y JMC dado el crecimiento que experimentará este último, han sido propuestos varios sistemas de conectividad, tales como:

- **Sistema de buses expresos** que conecten desde el aeropuerto JMC hasta el EOH, por la ruta Las Palmas, válido para el corto plazo. En la medida que exista demanda, se podría establecer también buses expresos entre el Aeropuerto JMC y otras zonas del Valle de Aburrá.
- **Autopista por Túnel de Oriente** más sistema de buses expresos, válido para el largo plazo.

Estas alternativas debieran ser materia de estudios específicos de diseño y evaluación económica.

Por otra parte, debiera desarrollarse alguna forma de alianza o incentivo para que al menos una línea aérea tenga su Hub principal en el sistema JMC-EOH, proveyendo vuelos directos a los destinos más relevantes. Sin embargo, la estrategia va más allá de la simple lista de destinos, en el sentido de que en la medida que sea ofrecido un servicio de buena calidad sería posible captar viajes entre terceros países, como lo hace actualmente Panamá. Esta captación permitiría incrementar la frecuencia de los vuelos, logrando así una mejor calidad de servicio para los viajeros del Valle de Aburrá.

Los últimos antecedentes provistos por la Dirección de Desarrollo aeroportuario de Aeronáutica Civil del Aeropuerto JMC indican una gran participación de este aeropuerto en el transporte de carga a nivel nacional en los próximos años, desplazando para estos efectos al aeropuerto El Dorado de Bogotá. Cabe destacar además que la mayor parte del valor de las exportaciones de Antioquia corresponde a productos embarcados en este aeropuerto.

En cuanto al aeropuerto Enrique Olaya Herrera (EOH), los destinos mas indicados son aquellos que se encuentran relativamente próximos al Valle de Aburrá y además presentan niveles de demanda que no justifican el uso de aviación comercial mayor.

Estos destinos serían servidos por aviones a hélice con capacidad hasta 19 pasajeros, en la medida que se produzca una demanda efectiva.

#### **7.3.3.6 Transporte por ductos**

En el subsistema de transporte por ductos, el poliducto que abastece al Valle de Aburrá desde las refinerías de la región del Magdalena probablemente requerirá una ampliación pues se encuentra operando cercano a su capacidad.

Además, sería conveniente habilitar un poliducto desde el terminal actual del norte hacia un nuevo terminal ubicado al sur del Valle de Aburrá, para reducir el tránsito de camiones con combustible a través de la ciudad.

#### **7.3.3.7 Consideraciones finales**

La construcción de toda la infraestructura anteriormente reseñada debe ser evaluada, con el fin de seleccionar las mejores alternativas, así como el año óptimo de puesta en servicio de cada elemento.

Por otra parte, existen proyectos que son complementarios entre sí y deben ser abordados con tal carácter. Por ejemplo, la construcción de una carretera y ferrocarril a Tribugá sólo tiene sentido si se construye el puerto de aguas profundas en dicho lugar. Por su parte, el puerto sólo tiene sentido si se provee la conexión ferroviaria y/o carretera. Además, los servicios aéreos a Tribugá sólo tendrían demanda si se desarrolla el puerto.

Además, para que la infraestructura propuesta genere beneficios reales se requiere mejorar la eficiencia y gestión de las empresas de transporte, en todos los modos de transporte. Es posible que ello se logre naturalmente, como consecuencia del incremento de demanda y reducción de costos que la nueva infraestructura generaría. Sin embargo, sería conveniente establecer un programa específico de apoyo, por parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y/o el Departamento de Antioquia, para incentivar el desarrollo empresarial.

### **7.3.4 Gestión de tránsito y seguridad vial**

Deberá proponer proyectos de Gestión de Tránsito que mejoren los niveles de servicio de la red vial. Esto incluye proyectos de gestión de tránsito abocados a: sistemas de semáforos coordinados, parqueaderos de vehículos privados, regulación del sistema de taxis; proyectos que mejoren las exigencias de seguridad vial como: señalización y demarcación de vías, facilidades de circulación para motociclistas y transporte no motorizado como ciclistas y peatones; y proyectos de educación vial a la población como: programas educativos para escolares, programas comunicacionales en distintos medios para: respeto por adulto mayor y niños, por la reglamentación vial, las normas de seguridad vial, etc.

A continuación se presentan las principales medidas propuestas para este programa.

#### **Medida P4-1 Redes de Semáforos Coordinados**

En el corto plazo se deberá realizar un catastro físico y operativo de los semáforos actuales existentes en el Valle de Aburrá para investigar la calidad y cantidad de equipos actuales (si cumplen la norma y estándares mínimos) y saber cuales están programados en red o actúan como semáforos aislados. Posteriormente, se deberán realizar estudios de justificación de semáforos en zonas de conflictos como las glorietas actuales que presenten una congestión importante.

Para aplicar los criterios anteriores en el mediano plazo se deben realizar estudios tácticos de tráfico por municipios y sectores de Medellín para generar, revisar y ajustar las redes coordinadas existentes, lo cual necesariamente implicará también rediseños geométricos menores de algunas intersecciones que así lo ameriten. Estas mejoras debieran ser de bajo costo (generación de pistas de virajes exclusivas donde el espacio lo permita, incorporación de paraderos formales, señalización adecuada, etc.). Estos estudios debieran permitir también catastrar la señalización horizontal y vertical de las vías e intersecciones por municipios y sectores de Medellín y contar también con un catastro de paraderos de transporte público formales e informales por municipios. Finalmente, dadas las características de la red vial del Valle de Aburrá no se descarta iniciar prontamente una migración de equipos hacia sistemas inteligentes de semáforos, especialmente para cruces aislados y distantes.

Una vez estudiada la presencia de semáforos, en el mediano y largo plazo se deberá estudiar si se justifica la construcción de redes de semáforos coordinados o simplemente un conjunto de semáforos aislados o una combinación de ambas: redes con algunos semáforos aislados. Para ello deberá estudiar la cantidad de semáforos existentes por municipio, la ubicación junto a la distancia existente entre ellos, las condiciones como se mueve el flujo vehicular, permaneciendo los vehículos en movimiento en grupos o “pelotones” de vehículos entre semáforos o perdiéndose la fase de la onda vehicular cuando existe una separación importante entre intersecciones semaforizadas.

En el largo plazo se debe tender a la generación de redes de semáforos coordinados para todos los municipios y sectores de Medellín, para lo cual se requiere también compatibilizar las tecnologías.

Esto implicaría en el largo plazo la renovación total de equipos semafóricos para que queden todos bajo norma y la creación de una **Unidad Operativa de Control de Tráfico** que maneje todos los semáforos coordinados o no del Valle de Aburrá.

#### **Medida P4-2 Normalización de la Planificación de Gestión de Tránsito**

Se debe lograr en el mediano y largo plazo la unificación de toda la señalización para el transporte público y privado del Valle de Aburrá conforme al “Manual de señalización vial- Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia”.

También se deben normalizar los enfoques y metodologías de los estudios que se realicen, incorporando las evaluaciones económicas sociales, con el propósito de priorizar los proyectos tácticos que resulten más rentables.

Para esto es indispensable contar con manuales oficiales de metodologías normalizadas, para que los profesionales que realicen los estudios apliquen los mismos criterios. Entre los manuales indispensables que debieran contar previo a la realización de los estudios tácticos se encuentran:

- **Manual de Evaluación de Proyectos de Vialidad:** se debe considerar por todos los estudios de tránsito para uniformar exigencias de diseños de proyectos y uniformar criterios de decisión.
- **Manual de Normalización de Estudios de Impacto Vial** de desarrollos inmobiliarios importantes en términos de viajes a incorporar al sistema de transporte. Este manual debiera contener tasas de viajes por tipo de proyectos en función de las

características de los mercados de hogares que atienden y/o usos de suelo que poseen. Como referencia para su elaboración, podría considerarse el Manual EISTU, vigente en Chile.

### **Medida P4-3 Gestión de los Servicios de Taxis**

El taxi cumple un papel importante en la movilidad del Valle de Aburrá, como en otras áreas urbanas de Colombia, representa alrededor del 7% del total de viajes de la región.

El taxi cobra tarifas que son relativamente baratas, hecho que lo hace un modo de transporte más atractivo, especialmente para los estratos de ingreso medio y alto. Aunque también es utilizado por los estratos bajos como taxi-colectivo por varias personas que pagan una tarifa similar a la de los buses, pero este servicio los lleva más rápido y más cerca del sitio de destino o transbordo.

La adecuación de la política actual debería tener como objetivos:

- └ Detener el incremento del parque de taxis, y en lo posible reducirlo
- └ Mejorar las condiciones de prestación de los servicios
- └ Formalizar la actividad
- └ Elevar los estándares para la prestación de los servicios de taxis

Los resultados pueden llegar a ser muy interesantes y pueden incluir:

- └ Incorporación de nuevas empresas al sector
- └ Modernización de la flota
- └ Mejoramiento de la calidad de los conductores
- └ Regulación y racionalización de las tarifas

A continuación se proponen 7 iniciativas para adecuar la política existente y así alcanzar los objetivos y resultados antes mencionados.

**Creación de una mesa de trabajo:** se propone crear una instancia de discusión entre los representantes del Ministerio de Transporte, municipios, así como gremios, federaciones y asociaciones del transporte, en particular las entidades relacionadas con los servicios de taxis.

**Catastro de los servicios de taxis y definición de modalidades:** se propone realizar un catastro exhaustivo de los servicios de taxis que permita cuantificar, caracterizar y hacer un diagnóstico profundo de los servicios que actualmente se prestan en el Valle de Aburrá, identificando las características de sus usuarios, los tipos de vehículos, los principales operadores y sus prácticas, los modos de operación de estos servicios, los mercados principales, las tarifas cobradas, etc. Como resultado de la caracterización del mercado de los taxis, se deberían definir modalidades de servicio, tales como por ejemplo:

- └ Servicios de taxi básico: atiende viajes cuyo origen y destino son determinados por los pasajeros que lo utilizan.
- └ Servicios de taxi de turismo: atiende viajes destinados principalmente a pasajeros de hoteles, aeropuertos y otros orientados a turistas.

**Licitación de los servicios de taxis:** se propone licitar los servicios de taxis que prestan servicio en los municipios del Valle de Aburrá. Se trata de una herramienta técnica y administrativa para mejorar la gestión de los servicios en cuestión. En Santiago de Chile esta iniciativa ha demostrado su eficiencia como herramienta de gestión al permitir a la autoridad alcanzar notables logros en la modernización, ordenamiento operacional y desarrollo de los servicios de transporte público de la ciudad<sup>35</sup>.

**Regulación tecnológica de los taxis:** los cuerpos normativos deberían regular en forma expresa los siguientes elementos de modo tal de satisfacer estándares internacionales en materia de contaminación y seguridad:

- Antigüedad: restringir la vida útil del vehículo.
- Antigüedad: reducir la antigüedad máxima de los vehículos utilizados para la renovación del material (reemplazado de los taxis ya inscritos en el Registro).
- Color de los vehículos autorizados para prestar el servicio de taxi; imponer el uso de un color distintivo a cada una de las modalidades.
- Cilindrada: establecer un mínimo.
- Modelos: deberían ser de estándar fabricación: sin adaptaciones o modificaciones en su estructura.
- Tipo de carrocería: debería ser de 4 puertas.
- Estar dotados de 2 hileras de asientos.
- Poseer taxímetro.

La autoridad debería imponer una reglamentación específica a los vehículos que prestan las diversas modalidades del servicio de taxi. Por ejemplo, los taxis de turismo deberían tener menor antigüedad.

**Implementación de medidas para la regulación del tráfico vehicular de taxis:** se propone la implementación de las siguientes medidas para la regulación del parque de taxis:

- Aplicar medidas de reducción del número de taxis en las horas de máxima demanda, tal como la restricción vehicular.
- Racionalizar la circulación de taxis en un perímetro céntrico de la ciudad (por ejemplo, sólo los taxis con pasajeros pueden entrar al centro) en horas de máxima congestión.
- Aplicar un plan de pico y placa por zonas, es decir en aquellos sectores en los que se presente una mayor cantidad de taxis.
- Mayor coordinación entre los municipios del Valle de Aburrá para que el plan de pico y placa sea eficiente.
- Prohibir la circulación de los taxis informales y los moto taxis.

**Profesionalización de los conductores de taxis:** la profesionalización de los conductores de vehículos de transporte público de pasajeros debería ser un objetivo institucional de relevancia. Se deberían establecer los requisitos específicos para la obtención de licencias de conducir. Por ejemplo, se podría imponer, mediante un decreto de ley, a los operadores la obtención de una licencia profesional que obliga al conductor a acreditar entre otras circunstancias, el haber aprobado los cursos teóricos y prácticos que imparten escuelas de conductores profesionales debidamente reconocidos por el Estado.

35

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Licitación de servicios de taxis de Santiago. Subsecretaría de Transportes, 2006.

Por otra parte, la capacitación de los conductores debería ser una condición de operación y utilización de vías aplicables a los servicios de taxis. Las autoridades pertinentes deberían determinar planes de capacitación obligatorios para el personal de conducción.

#### Medida P4-4 Facilidades y seguridad vial del modo motocicleta

En el Valle de Aburrá se ha constatado en los últimos años un importante crecimiento en el número de motocicletas utilizadas para los desplazamientos diarios de los habitantes de esta Región.

La aparición de la motocicleta ha puesto en evidencia la necesidad de formular una política clara en materia de seguridad de transporte. Toda política deberá ser el resultado de un proceso consultivo en el cual participen las diversas entidades y autoridades gubernamentales con ingerencia en el tema, tales como representantes del Ministerio de Transporte, responsables a nivel de municipio, la policía, representantes de los servicios de salud, empresas aseguradoras, entre otras.

Dicha política deberá abordar la seguridad vial desde las siguientes cuatro perspectivas: lo humano, el vehículo y sus equipamientos, la vialidad y su equipamiento urbano y el ámbito socioeconómico.

**TABLA 47.** Elementos política seguridad vial para uso de motocicletas.

LO HUMANO	EL VEHÍCULO Y SUS EQUIPAMIENTOS	LA VIALIDAD Y EQUIPAMIENTO URBANO	ÁMBITO SOCIOECONÓMICO
Sistemas de retención y protección (cinturón de seguridad, casco)	Integración de tecnologías nuevas	Geometría vial, en particular en las intersecciones	Gestión de la velocidad
Conductores de alto riesgo	-	Señalización horizontal y vertical y señalética	Sistema integrado de datos o información
Acceso gradual y seguro a la conducción	-	Iluminación	Formación y capacitación
Capacidades disminuidas	-	Tipos de pavimento	Campañas de información y sensibilización
-	-	Planificación territorial y gestión de corredores viales	Integración de los modos en el transporte de las personas
-	-	-	Intervenciones al momento de accidentes
-	-	-	Investigación y desarrollo

Fuente:  
elaboración propia.

Se propone adoptar las siguientes medidas:

**Formulación de una política en materia de seguridad vial que incluya las motocicletas:** la política en materia de seguridad vial debería incluir normas y reglamentos específicos a la motocicleta. La normativa vigente debería ser modificada mediante la creación de una mesa de diálogo constituida por representantes de los ámbitos políticos y técnicos, así como por la ciudadanía. La inclusión de la motocicleta y de su uso apropiado en las políticas de seguridad vial y de tránsito debería ser acompañada de una campaña de información y sensibilización.

**Habilitación de vías segregadas para motocicletas:**

- a. Tipos de vías segregadas propuestos: se propone la habilitación de vías exclusivas, separadas físicamente del resto del tráfico mediante elementos como soleras, topones, tachones, etc., que delimiten claramente estas zonas. Estas vías deberían encontrarse al lado derecho de la calzada, ser unidireccionales y ser implementadas en lugares donde exista espacio disponible y la demanda lo justifique.
- b. Criterios de ubicación de las vías segregadas: Para analizar la ubicación óptima de vías segregadas para motocicletas se deben considerar criterios de operación adecuada, diversidad de viajes servidos y una apropiada conexión con el resto del sistema de transporte de pasajeros. En resumen, se deben revelar las reales potencialidades del uso de la motocicleta, los beneficios que de ello se derivan, así como también los conflictos que se generan.
- c. Criterios de operación de las vías segregadas:
  - └ Las motocicletas deberán estar sujetas a la normativa vigente sobre tráfico y circulación.
  - └ Donde no existan vías segregadas, las motocicletas deberían circular por las mismas vías que los automóviles particulares.
  - └ Las motocicletas deberían estar dotadas de los elementos reflectantes y luminosos establecidos en la legislación vigente.
  - └ Se debería establecer una velocidad recomendada de circulación de las motocicletas.
- d. Modificación de la Normativa de Tránsito: la implementación de vías segregadas para motocicletas debería ir acompañada de la instalación de señalización y demarcación apropiadas, así como la modificación de los semáforos en las intersecciones, todo ajustado al Manual de Señalización vial-dispositivos para la regulación del tránsito en las calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia.  
Se deberían establecer normas relativas a la señalización y demarcación de las vías segregadas para motocicletas. Estas normas deberían contemplar a lo menos los siguientes elementos: señales reglamentarias, señales preventivas, señales informativas
- e. Señalización y demarcación de las vías segregadas: la señalización y la demarcación son utilizadas en la superficie de las vías para entregar señales de advertencia, proporcionar información o para indicar una maniobra requerida.

A continuación se presentan algunas propuestas asociadas a la implementación de vías segregadas de motocicletas:

- └ Utilización de pinturas antideslizantes para las demarcaciones.
- └ Uso de señales luminosas, como luces parpadeantes de color amarillo, con el fin de advertir a los conductores de la vehículos motorizados sobre la presencia de una vía segregada para motocicletas.

- └ La implementación de semáforos específicos para motocicletas.
- └ Uso de tachones para definir físicamente las vías segregadas.

**Propuesta de vías segregadas para motocicletas:** como parte del Plan Maestro de Movilidad se ha decidido proponer también pistas segregadas para motocicletas. Esto redundará en una restricción de la capacidad para el transporte privado, si se define que las pistas utilicen parte de la vialidad existente. Si se generan pistas adicionales para tal efecto, la capacidad del transporte privado no se vería afectada.

La medida podría redundar en un aumento de la demanda del modo moto en desmedro de los servicios de transporte público. Por lo tanto, todas las vías con servicios de Metroplús no deberían ser candidatas a vías con pistas segregadas de motos.

Por otra parte, esta medida tendría un efecto positivo del punto de vista de la seguridad vial, impacto que no es posible de cuantificar con el modelo de transporte.

De acuerdo con esto, los principales criterios utilizados en la identificación de vías segregadas para motocicletas son los siguientes:

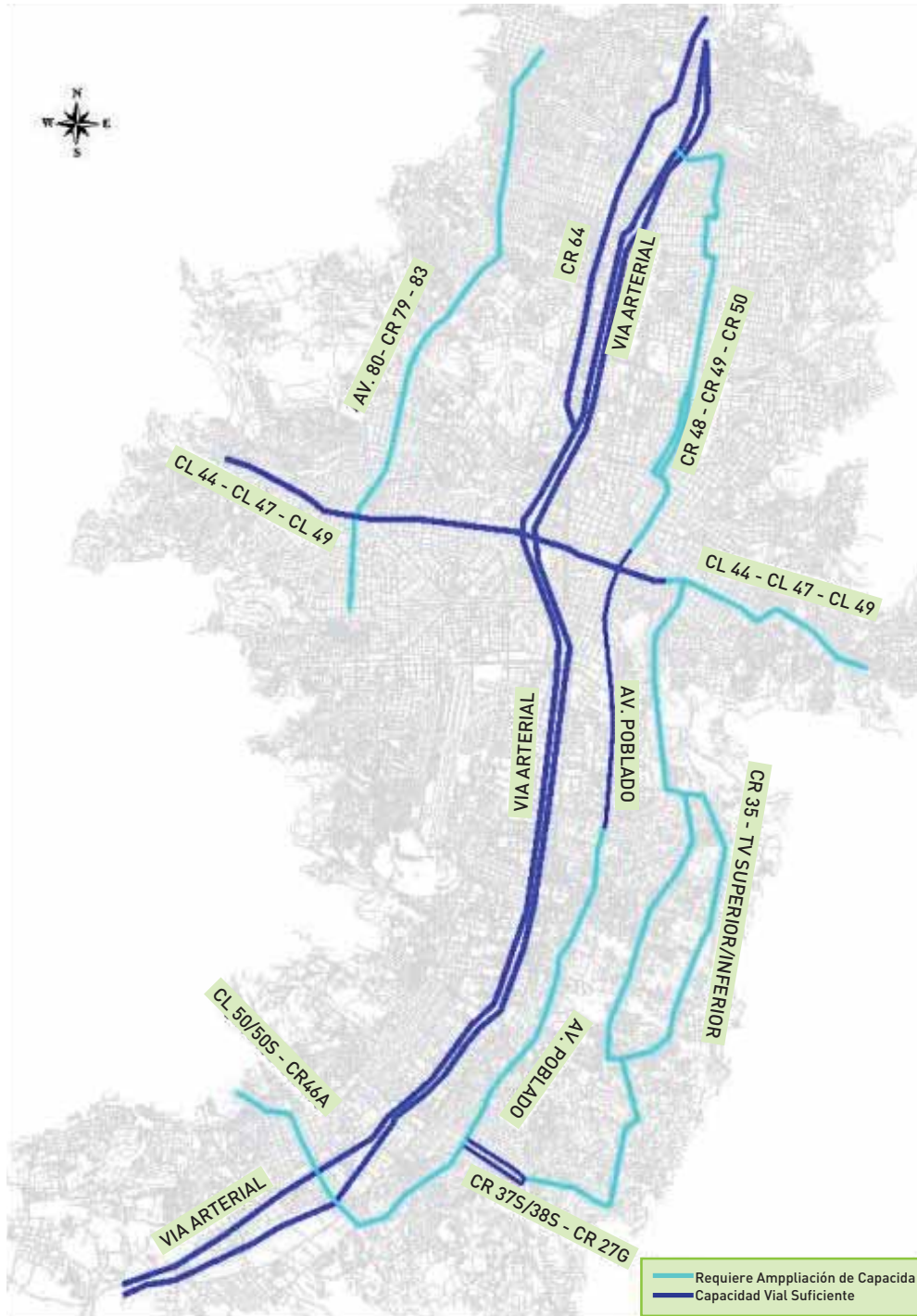
- └ Suficiente capacidad de la vía ó número de carriles por sentido (3 o más pistas).
- └ Flujo vehicular en moto alto (sobre un umbral de TPDA en moto).
- └ Vías que pasen por importantes zonas generadoras y/o atractoras de viajes en moto.
- └ Vías que conecten importantes pares de zonas con alta tasa de de viajes en moto en ambos períodos modelados: punta mañana y punta tarde.
- └ Continuidad en términos del número de pistas por sentido de vías con transporte público. Si fuese necesario, habría que incorporar ampliaciones de capacidad por tramo para no perjudicar los niveles de servicio del transporte público.

Esta red de vías segregadas para motocicletas está conformada por ejes con al menos 2 carriles por sentido y que conectan importantes zonas generadoras de viajes en motocicleta. El análisis efectuado identificó vías que conectan importantes polos de atracción y producción de viajes en motocicleta, pero que no tienen la capacidad suficiente para habilitar una vía exclusiva. En estos casos, se propone una ampliación del ancho de la calzada.

En principio, el flujo vehicular no debería verse impactado puesto que las vías segregadas propuestas están situadas en ejes con un importante flujo de moto y por ende el flujo vehicular ya se ve restringido. Lo único que se estaría proponiendo es un mejor ordenamiento de los modos mediante su separación física.



FIGURA 25. Vías segregadas para motociclistas.



Fuente:  
elaboración propia.

### Medida P4-5 Parquederos y propuesta accesibilidad vehicular

El Plan Maestro de Movilidad tiene entre sus objetivos principales anticiparse a los impactos que tendrán estas tendencias actuales, proponiendo medidas que permitan aminorar los efectos de este explosivo crecimiento. A continuación se señalan las medidas propuestas.

**Transferencia modal:** se trata de habilitar parquederos intermodales dónde la persona pueda estacionar su vehículo particular y continuar su viaje en transporte público. Se implementan vías preferenciales de ingreso y egreso al área céntrica de la ciudad con el fin de privilegiar el transporte público en desmedro del vehículo particular.

**Zonas de alta demanda:** se trata de ampliar la oferta de estacionamiento en zonas de alta demanda con base en un aumento de la rotación de los vehículos estacionados a partir de la aplicación de una tarifa horaria y de un tiempo máximo de estacionamiento. Además, se puede encarecer progresivamente la tarifa con el aumento de la duración de la estadía, promoviendo la estadía corta con alta rotación de espacios. Se utiliza un sistema de tarifa variable dependiendo el área y de la franja horaria, de acuerdo a la demanda de estacionamiento.

**Estacionamientos para residentes:** considera la construcción de estacionamientos subterráneos para los residentes de edificios sin plazas de estacionamiento. Esta iniciativa permite una mayor fluidez de la circulación en el barrio al disminuir el número vehículos particulares en búsqueda de un estacionamiento.

**Restricción al uso de estacionamientos:** una medida importante, asociada en este caso a la congestión vehicular que se genera en las horas pico, se logra a través de desincentivar el uso de estacionamientos de vehículos livianos en las vías de uso público, principalmente en las zonas céntricas de la ciudad por la alta atraktividad de viajes que estas poseen.

Se propone que en los parquederos ubicados en estas zonas la tarifa por estacionar tenga dos componentes. La primera corresponde al valor comercial que sería cobrado por los operadores de estacionamientos abiertos al uso público. La segunda es un sobreprecio o impuesto orientado a desincentivar el uso del automóvil, que sería cobrado por el municipio, y aplicada tanto a los estacionamientos de uso público como a los estacionamientos de uso privado habilitados por empresas para el uso de sus trabajadores. El sobreprecio o impuesto no sería aplicable a los estacionamientos de uso residencial.

Los análisis realizados indican que las zonas en las cuales se debe aplicar esta medida corresponden a las de la tabla siguiente donde se presenta el nombre y la ubicación de la zona. A continuación se muestra gráficamente los sectores donde se encuentran las zonas en las cuales se cobraría por el uso de estacionamientos.

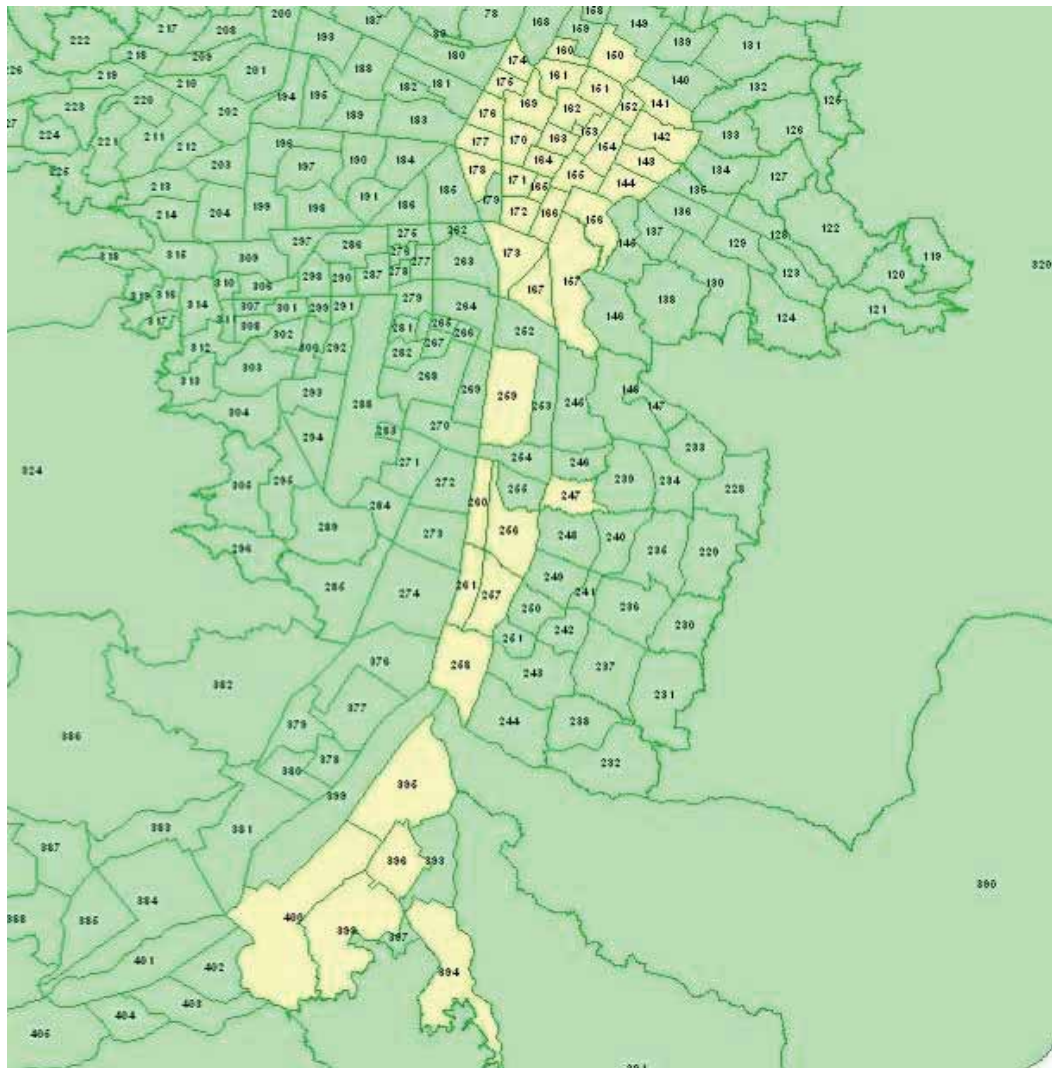
**TABLA 48.** Zonas con estacionamientos pagados para automóviles.

ZONA	SECTOR	BARRIO
142	Centro Oriente	
143	Centro Oriente	Boston
151	Centro Oriente	Villanueva

ZONA	SECTOR	BARRIO
152	Centro Oriente	Villanueva
153	Centro Oriente	La Candelaria
154	Centro Oriente	La Candelaria
155	Centro Oriente	Barrio Colón
161	Centro Oriente	Estación Villa
162	Centro Oriente	La Candelaria
163	Centro Oriente	La Candelaria
164	Centro Oriente	Guayaquil
165	Centro Oriente	Calle Nueva
166	Centro Oriente	Barrio Colón
169	Centro Oriente	San Benito
170	Centro Oriente	Guayaquil
171	Centro Oriente	Centro Administrativo La Alpujarra
172	Centro Oriente	Calle Nueva
174	Centro Oriente	San Benito
175	Centro Oriente	San Benito
176	Centro Oriente	Corazón de Jesús
177	Centro Oriente	Corazón de Jesús
178	Centro Oriente	La Alpujarra-EEPPdeM-CIC
141	Centro Oriente	Los Ángeles
144	Centro Oriente	Bomboná No. 1
150	Centro Oriente	Prado
156	Centro Oriente	Las Palmas
157	Centro Oriente	San Diego
160	Centro Oriente	Jesús Nazareno
167	Centro Oriente	Perpetuo Socorro
173	Centro Oriente	Perpetuo Socorro
247	Medellín Surorient	El Poblado
256	Medellín Surorient	Patio Bonito
257	Medellín Surorient	La Aguacatala
258	Medellín Surorient	Santa María de los Ángeles
259	Medellín Surorient	Villa Carlota, Simesa
260	Medellín Surorient	Patio Bonito
261	Medellín Surorient	La Aguacatala
394	Envigado	El Salado, La Mina, San José
395	Envigado	El Portal, Jardines, Pontevedra, San Marcos
396	Envigado	Centro
398	Envigado	Centro, El Dorado, El Trián, La Paz
400	Envigado	Las Vegas Z.I., Las Casitas, Loma del Barro, Milán Vallejuelos, Primavera, Alcalá

Fuente:  
elaboración propia.

FIGURA 26. Propuesta de zonas pago de estacionamientos.



Fuente:  
elaboración propia.

**Pico y placa:** respecto al sistema de pico y placa este constituye una medida paliativa de corto plazo más que una medida concreta en sí. Se propone eliminarlo en forma gradual, reemplazando su efecto por las otras medidas propuestas.

**Tarificación vial:** otra medida importante lo constituye la tarificación de vías congestionadas como forma de disminuir este fenómeno, haciendo que los usuarios paguen por el uso de las vías, internalizando el impacto que producen al circular por ellas en las horas de los máximos flujos. Si esta medida se acompaña de un buen sistema de modos alternativos de viaje de transporte público, puede resultar una medida con altos beneficios sociales para la ciudad.

La medida es muy simple de explicar conceptualmente ya que se trata que los usuarios perciban los costos marginales en vez de los costos medios de viajes, para lo cual se introduce un cobro de peaje en cada arco que capta esta diferencia. El valor de la diferencia entre costo medio y marginal corresponde entonces al valor del peaje por cobrar en cada vía y será mayor si esta diferencia es mayor, es decir si la congestión es mayor. Si no existe congestión en el arco, es decir el costo medio es igual al costo marginal de cada usuario no se aplica el cobro por congestión.

La infraestructura vial habitualmente es considerada un bien de uso público; sin embargo, cuando los niveles de demanda son tales que el ingreso de un vehículo adicional al flujo vehicular afecta el costo percibido por todos los usuarios y entonces se presenta congestión y competencia por el uso de las vías, se pierde la propiedad de bien de uso público.

La congestión es una externalidad en la que cada usuario induce un aumento del costo del resto de los usuarios al provocar aumentos del tiempo de viaje; esto ocurre cuando el flujo supera ciertos niveles llamados de flujo libre. Esta externalidad provoca ineficiencia debido a que los usuarios toman decisiones sobre el espacio vial (viajar o no, elección de ruta, etc.) basados en la percepción de sus propios costos, los que no incluyen el daño en tiempo producido a los demás. En estas condiciones la teoría económica indica que la manera óptima de superar el problema es a través del mecanismo de precios.

Cuando estamos en presencia de congestión el espacio vial se torna un bien escaso, al menos durante aquellas horas en que se evidencia congestión en las vías. En estas condiciones la teoría económica indica que la manera óptima de regular un bien escaso es a través del mecanismo de precios.

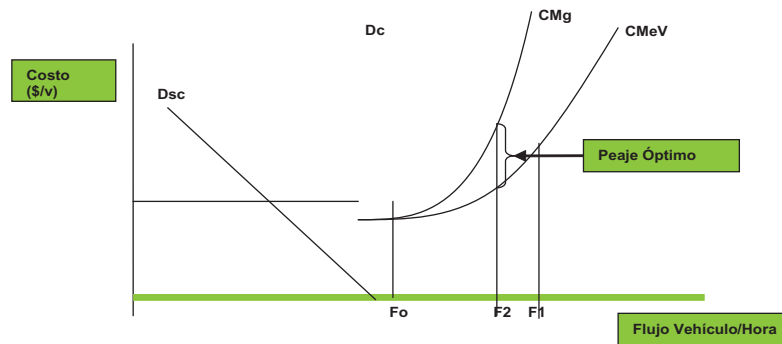
Cuando los usuarios perciben los costos reales de demandar la infraestructura se espera un uso racional de ella, donde quienes perciben mayores beneficios estarán dispuestos a cancelar los mayores costos enfrentados en presencia de congestión. En tanto otros usuarios podrán optar por desplazar sus horarios de viajes, tomar otras vías o bien usar otros modos de transporte.

En la figura se ilustran estos conceptos. Hasta el punto  $F_0$  donde un vehículo adicional no hace aumentar el costo, la curva de costo medio coincide con la curva de costo marginal, no justificándose una tarificación por congestión.

Para niveles superiores de flujos la curva de costo marginal (CMg) es superior a la curva de costo medio (CMeV) lo que hace que el aumento del flujo incremente el costo medio percibido por todos los usuarios.

Cuando los usuarios no perciben los costos totales del sistema, el equilibrio de oferta y demanda se produce en  $F_1$ . Sin embargo, cuando los usuarios perciben los costos totales del sistema si se tarifica a costo marginal, el equilibrio se produce en  $F_2$ , obteniéndose el monto del peaje como la diferencia entre la curva de costo medio (lo que ya pagan los usuarios) y el costo marginal.

FIGURA 27. Tarifación vial por congestión.



Fuente:  
elaboración propia.

Por el contrario, para niveles de flujos inferiores a  $F_0$ , el equilibrio entre oferta y demanda ( $D_{sc}$ ) se produce a igualdad entre las curvas de costo marginal y costo medio, no justificándose entonces la tarifación por congestión. Por otro lado, debe notarse que la presencia de congestión no es en sí un aspecto no deseable económicamente; de hecho en el punto  $F_2$  se observa un nivel de congestión ( $F_2 > F_0$ ). La ausencia de congestión significaría proveer una capacidad tal que todo flujo cayese por debajo de  $F_0$ , es decir un dimensionamiento en infraestructura ineficiente por el alto costo de la inversión involucrada. En este contexto el problema es determinar el nivel de congestión que se está dispuesto a tolerar y los niveles de tarifas que es necesario aplicar. Niveles superiores conducirán a aumentos de la capacidad de la infraestructura.

Es importante discutir el mecanismo de precio como solución a la asignación óptima de recursos y su aplicación al caso de vías congestionadas y la implementación de la tarifación por congestión. Los supuestos subyacentes, beneficios esperados y costos o externalidades que puede generar su aplicación.

Existe numerosa bibliografía en la materia, tanto los textos académicos, como las revistas de divulgación científica. La experiencia internacional muestra que incluso en aquellos casos de disponerse de abundantes recursos para el desarrollo de la infraestructura vial, la estrategia de construir y desarrollar carreteras siempre va más lento que el desarrollo de la demanda. Esta situación se aprecia con claridad en ciudades como Los Ángeles y Atlanta, donde a pesar de la cantidad de recursos disponibles se observan excesivos niveles de congestión de las vías. Sin embargo, a pesar de que la evidencia empírica muestra que la solución a los problemas de congestión no pasan por el desarrollo constante de nuevas infraestructuras, y de la existencia de un marco teórico sólido que demuestra que el mecanismo de precios se constituye en una herramienta eficaz para asignar los recursos escasos, se ha ido demasiado lento en la implementación de sistemas de tarifación vial.

#### Medida P4-5 Proyecto de Ciclovías

Los viajes en modo caminata y bicicleta constituyen más del 30% de los viajes que se realizan en el Valle del Aburrá; debido a esto el Plan Maestro de Movilidad se pronuncia respecto a estos viajes generando un proyecto o plan de ciclovías.

**TABLA 49.** Revisión y ajuste del plan de ciclovías.

FASE	VÍA	DESDE	HASTA	VIAJES CORTA DISTANCIA Todos los modos EOD 05	CARACTERÍSTICAS URBANAS Actuales de la vía	POTENCIAL de la vía como Ciclorruta	SITUACIÓN			
Fase I (2007-2010)	Carrera 65	Calle 10	Avenida 80	1480	Estos trazados ya contienen dentro de las especificaciones de la vía el sistema de ciclorutas incorporado	ALTO se espera su pronta consolidación	Se mantienen respecto al plan en la I etapa			
	Carrera 70	Avenida 80	Calle 30	1190						
	Calle 30ª	Carrera 70	Carrera 65	0						
	Carrera 65	Calle 30ª	Calle 57	503						
	Circular 1	Carrera 65	Carrera 73	453						
	Avenida 39D	Circular 1	Carrera 73	328						
	Carrera 73	Avenida 39D	Calle 46	726						
	Calle 46	Carrera 73	Carrera 65	218						
	Autopista	Calle 24S	Carrera 50	137				Actualmente es una vía con un alto compromiso con el tema vehicular que hace difícil la incorporación de este elemento	BAJO-Al construirse el corredor multimodal del Río esta vía podría convertirse en una vía complementaria albergando esta opción de movilidad, podría convertirse en la estructura principal de la cual se podrían desprender de manera transversal otros corredores	Se posterga para la III etapa
	Avenida 80	Carrera 70	Av. Guayabal	766				Actualmente es una vía importante para el tránsito vehicular por su configuración dentro de la morfología del sector. El rediseño de la Cr. 80 con el sistema Metropolis deberá tener en cuenta la introducción de la cicloruta como parámetro de diseño	ALTO. Articularía la ciclorruta de la Cr. 65 con la de la Av. Guayabal - sistema- además se enlazaría con la ciclorruta que bordea el club el rodeo la cual tiene particulares condiciones de carácter ambiental	Se mantienen respecto al plan en la II etapa
Fase II (2011-2015)	Avenida Guayabal	Av. 80	Calle 30	1480	Tiene una sección vial generosa que podría redefinir sus componentes para introducir el sistema de ciclorruta	ALTO Es importante en su posibilidad de extenderse hacia los municipios de Itagüí, hasta llegar a La Estrella. En Medellín además de enlazarse con la de la Cr. 80, se articularía a la de la 30A y mas importante aún, a la altura del Zoológico Santa Fe	Se mantienen respecto al plan en la II etapa			
	Carrera 65	Calle 10	Calle 30	549	Continuaría el trazado del tramo existente	MEDIO Permitiría completar el trazado de la que ya existe hasta enlazarse con la ciclovía de la 30A	Se mantienen respecto al plan en la II etapa			
	Calle 30ª	Carrera 65	Carrera 52	0	Tiene una sección vial generosa pero pondrían presentarse conflictos en el punto en el que confluyen todos los modos de transporte. Se debe verificar el trazado del Metropolis para hacer compatibles los sistemas	BAJO Desde el punto de vista urbanístico la 30 y la 30A son los únicos corredores viales importantes en esta zona de la ciudad y este tramo de la Cl. 30A permitiría conectar el sector con el contado oriental y con los corredores lineales que llevan al Cerro Nutibara	Se mantienen respecto al plan en la II etapa			
	Carrera 52	Autopista	Calle 78	192	Cr. Carabobo es objeto de un proceso de recalificación urbana actualmente. Hay tramos ya construidos en el centro de la ciudad que no albergaron la posibilidad de cicloruta por lo que hay que considera éste y Bolívar como un par vial complementario de éste	BAJO Comunicaría una serie de hechos de ciudad como el Centro Administrativo La Alpujarra, el Centro tradicional y representativo de la Ciudad, las intervenciones urbanas del Parque Explora, Jardín Botánico, Parque Norte y Parque de los deseos en la zona	Se mantienen respecto al plan en la II etapa			
	Carrera 51	Autopista	Calle 73	533	Cr. Bolívar complemento al sistema planteado para la Cr. Carabobo	MEDIO permitiría igualmente enlazar los puntos mencionados para Cr 52	Se mantienen respecto al plan en la II etapa			
	Calle 46	Carrera 70	Autopista	346	Corredor de la Quebrada La Hueso, tiene una tendencia natural a este uso en vista de que enlaza la Unidad deportiva Atanasio Girardot con tramos de cicloruta ya existentes.	MEDIO Es una de las rutas con vocación recreativa mas importantes de la ciudad, no debería enlazarse al corredor del río sino a la Cr.65, el corredor debería adecuarse para llegar a la autopista si se mantiene el programa de cicloruta nocturna que actualmente se presta	Se mantienen respecto al plan en la II etapa			

FASE	VÍA	DESDE	HASTA	VIAJES CORTA DISTANCIA Todos los modos EOD 05	CARACTERÍSTICAS URBANAS Actuales de la vía	POTENCIAL de la vía como Ciclorruta	SITUACIÓN
Fase II (2011-2015)	Calle 48	Carrera 87	Carrera 70	995	Continuidad del Corredor de la Quebrada La Hueso	ALTO Enlaza a la Unidad deportiva Atanasio Girardot con el sector de San Javier donde se localiza el parque Biblioteca y se enlaza al futuro sistema de Metrocable que lleva hasta el sector de Pajarito	Se mantienen respecto al plan en la II etapa
	Carrera 70	Circular 1	Calle 65	301	El corredor de la Cr. 70 es actualmente objeto de un proyecto de ordenación urbanística dentro del cual se deben introducir este sistema	ALTO Enlaza el Cerro Volador con y la Universidad Nacional de Colombia con la universidad Pontificia Bolivariana a través de un corredor completamente consolidado, presenta actualmente restricciones para el estacionamiento y muy poco flujo de transporte Público	Se mantienen respecto al plan en la II etapa
	Calle 73	Carrera 51	Autopista	92	Vía de borde Jardín Botánico - Parque Norte, Vía de alto tráfico vehicular por lo que se hace complejo la introducción de este sistema en ella	BAJO Su principal potencial está en la conexión que presenta con el costado occidental de la ciudad donde articularía a los elementos de escala metropolitana anteriormente mencionados, el Cerro EL Volador y la Universidad Nacional	Se posterga para la III etapa
Fase III (2016-2020)	Avenida El poblado	Calle 20B Sur	Las Palmas	993	Corredor de primera jerarquía en el sector del Poblado. Actualmente se llevan a cabo obras en el tramo entre el Centro Comercial Oviedo y la Calle 10 dentro del Proyecto Urbano Integral del Barrio el Poblado	ALTO Esta vía debe ser objeto de una revisión de los diferentes sistemas de que pasan a lo largo de ella, presenta una dimensión reducida y un alto tráfico	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Avenida 34	Carrera 43	Las Palmas	110	Corredor en proceso de consolidación urbana, es una de las soluciones al problema de la movilidad en el sector el poblado, parte de los tramos construidos consideran la posibilidad de introducir este sistema	BAJO Como un sistema de Alta ladera, además podrá articularse con el corredor turístico de la Av. las Palmas y enlazar con zonas que como el sector la asomadera será objeto de desarrollos inmobiliarios que introduzcan este sistema dentro de su potencial	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 12S	Autopista	Av. 80	57	Este corredor tiene dimensiones restringidas por lo que la incorporación de este sistema hace parte del proceso de organización de transporte y de incorporación del sistema Metroplus de la Cr. 80	BAJO Es un tramo muy corto pero importante enlace en el costado sur de ambos márgenes del río Medellín	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Avenida Guayabal	TV52D	Av. 80	714	Corredor de alta importancia para el Municipio de Itagüí. El proyecto de organización del transporte y de incorporación de Metroplus permitirá que este sistema entre con menos traumatismos	MEDIO Como eje estructurante de la movilidad en el municipio podrá generar sistemas complementarios de ciclorutas en el sentido transversal y además articularse con Metroplus para enlazar ambos márgenes del Valle de Aburrá	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Avenida 80	Carrera 70	Calle 65	3012	Actualmente esta vía presenta un alto tráfico por ser la vía de meda ladera mas importante en el costado occidental. Dentro del proyecto de Metroplus deberá albergarse la posibilidad de incorporar este sistema	ALTO corredor que concentra un numero importante de instituciones de educación superior, área de transición entre la vivienda de los barrios que la contienen y los servicios y el comercio presente en el corredor	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Carrera 76	La Mota	DG 74B	5	Entre la Mota y la Av. Bolivariana esta Vía un conector que presenta una sección de vía redefinida que no incorporó este sistema	BAJO Esta misma función la cumple la Cr. 70 y la C. 80	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 33	Nuitbara	Carrera 83	475	Entre la 83 donde se localiza la Universidad Adventista y el Cerro Nutibara	BAJO Este corredor es objeto de una redefinición de su sección vial y no incorpora este sistema dentro de su trazado	Se mantienen respecto al plan en la III etapa

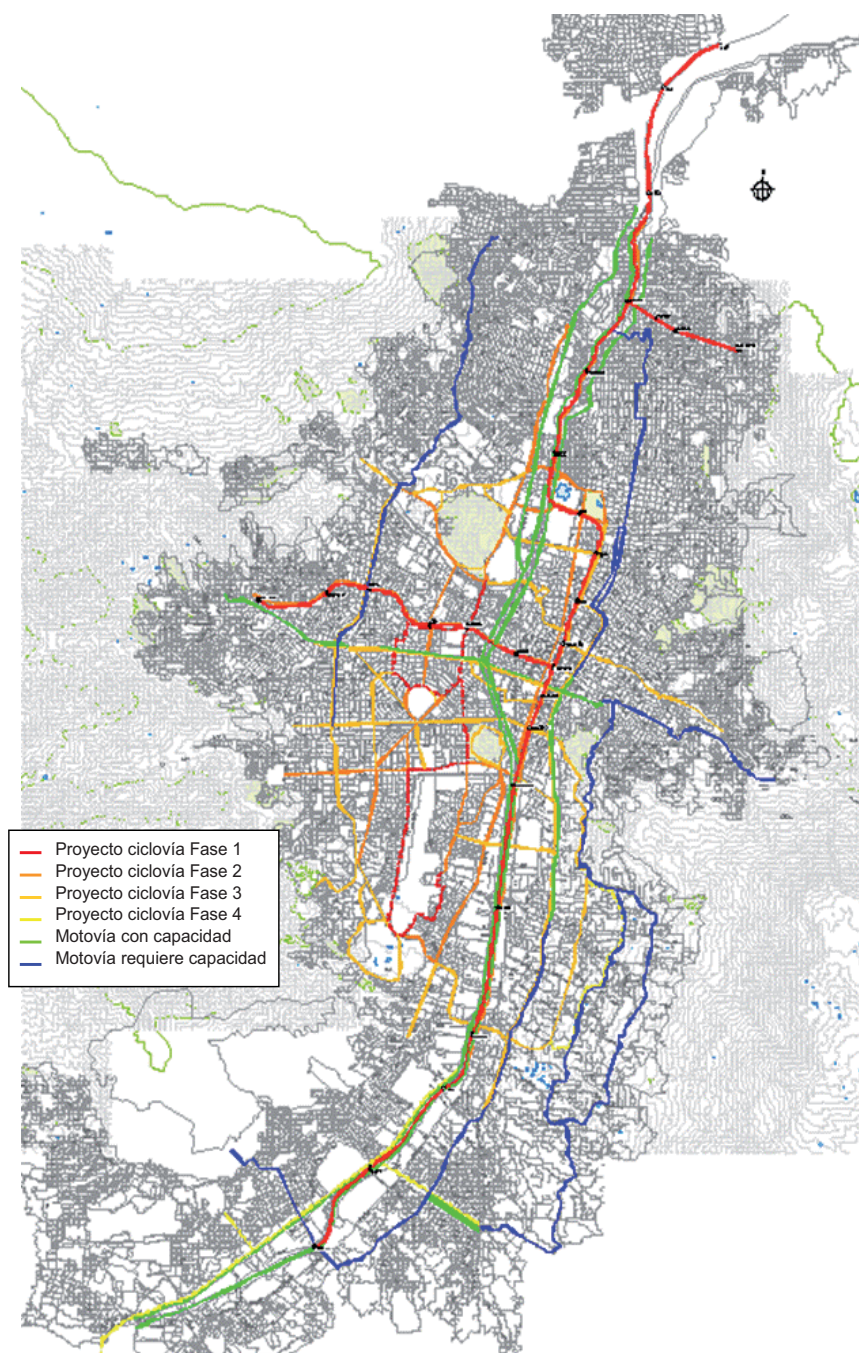


FASE	VÍA	DESDE	HASTA	VIAJES CORTA DISTANCIA Todos los modos EOD 05	CARACTERÍSTICAS URBANAS Actuales de la vía	POTENCIAL de la vía como Ciclorruta	SITUACIÓN
Fase III (2016-2020)	Avenida Nutibara	Circular 1	Calle 44	317	Sección vial que puede incorporar este sistema y enlazarse con otras ciclorutas	MEDIO Su verdadero potencial esta por ser un punto de enlace entre otros sistemas y el sector de Bolivariana ya que como corredor de servicios tiene mas predominio el uso del vehiculo que otro sistema	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 44	Cr 65	Carrera 62	2488	Este tramo de la CI San Juan acaba de iniciar un proyecto de redefinición de la sección vial pero al ser uno de los corredores mas importantes de llegada la centro de la ciudad es importante la regulación del trafico para poder introducir este sistema	ALTO Conecta el centro tradicional de la ciudad con el margen occidental de la ciudad, en donde el corredor de la Cr. 65 adquiere una importancia considerable como punto de contacto	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 65 Iguaná	Av. 80	Cito – Occidente	354	Es una vía con una condición topográfica muy difícil para introducir este sistema	BAJO	Se Elimina del Plan
	Calle 65 Iguaná	Av. 80	Cr. 65	572	Corredor de la Quebrada La Iguana, dentro del trazado presenta áreas que pueden albergar esta sistema y enlazarse progresivamente a los corredores de la 70 y la 80	MEDIO Este es uno de los corredores naturales de mayor relevancia en el costado occidental de la ciudad y tiene una condición topográfica óptima para introducir este sistema	Vía que se agrega al Plan
	TV 73	Calle 71	Calle 65	90	Estas Vías tienen trazados de dimensiones muy reducidas y con alto trafico vehicular por las morfologías de los asentamientos que se encuentran allí	ALTO Permitirán generar un circuito de borde al cerro El Volado, sin embargo es complejo por las condiciones de las vías	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	TV 78	Carrera 65	Calle 71	859		BAJO importante cuando hace parte del sistema de borde del cerro el Volador y cuando luego se genera la posibilidad de enlace y contacto con la Cr. 73 en el costado oriental de la ciudad	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 71	Carrera 65	TV 73	0		BAJO importante por su enlace de las Universidades Nacional y de Antioquia; sin embargo el alto tráfico vehicular hace que sea difícil la implementación de este sistema	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 67	Calle 71	Carrera 61	0	CI. Barraquilla la altura del intercambio vial Punto cero	BAJO tramo final del corredor de la Av. La Playa. El tráfico puede verse reducido gracias a la disminución que también presentara la Cr. Carabobo con su proyecto de paseo urbano	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 53	G Minorista	Carrera 50	69	La Av. Primero de Mayo tiene una sección que podría albergar este sistema pero debe verificarse su articulación al corredor de Metroplus de la Av. del Ferrocarril	ALTO Como el elemento natural y de memoria colectiva mas importante de la ciudad este proyecto permitiría introducir la movilidad peatonal y de bicicleta al centro de la ciudad	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 52	Carrera 46	Carrera 29	1414	Av. La Playa, actualmente tiene una sección que puede incorporar este sistema, sin embargo desde la Cr. 39 hasta la CI 29 las condiciones topográficas son mas difíciles	BAJO Si se logra concretar la alternativa de movilidad de la CI San Juan, este proyecto sería desestimado	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 41	Carrera 50	Calle 44	161	Corredor peatonal que articula la Estación Alpujarra del Metro y el sector de Plaza Mayor	MEDIO la incorporación de este sistema deberá responder a una estrategia para la implementación de la cicloruta	Se Elimina del Plan
	Las Palmas	Poblado	Av. 34	573	El proyecto de la doble calzada no contempla la sección para cicloruta y en este corredor se debe priorizar el trafico vehicular por su condición estructurante	MEDIO Serviría de enlace entre la Av. El Poblado y el punto de enlace de los sistemas Metro, Metroplus y cicloruta de la 30A y de la Cr. Carabobo	Se mantienen respecto al plan en la III etapa
	Calle 29 -30	Poblado	Carrera 52	220	Actualmente este corredor tiene una sección sin redefinirse y esta siendo objeto de operaciones inmobiliarias que albergaran usos comerciales, de servicios y grandes superficies lo que hace que el tráfico vehicular se incremente considerablemente		Se mantienen respecto al plan en la III etapa

FASE	VÍA	DESDE	HASTA	VIAJES CORTA DISTANCIA Todos los modos EOD 05	CARACTERÍSTICAS URBANAS Actuales de la vía	POTENCIAL de la vía como Ciclorruta	SITUACIÓN
Fase III (2016-2020)	Calle 20	Carrera 65	Poblado	372	Tiene una sección de vía de servicio y deberá construirse el puente sobre el río para que se de la conexión efectiva entre ambos sectores	MEDIO Enlazará el Parque Zoológico Santa Fe con el Vivero Municipal y los desarrollos inmobiliarios de La Gran Manzana Simesa	Recomendada  Se mantienen respecto al plan en la III etapa
NUEVAS VIAS	Autopista	Call 85	Calle 77S	2710	Presenta condiciones propicias para ciclovia dada la cantidad de viajes detectada	ALTO	Se propone que ingrese a la fase II
	Calle 37B	Carrera 50	Autopista	2141	Presenta condiciones propicias para ciclovia dada la cantidad de viajes detectada	ALTO	Se propone que ingrese a la fase II
	Calle 37S	Carrera 31	Autopista	447	Presenta condiciones propicias para ciclovias a largo plazo	MEDIO	Se propone que ingrese a la fase III
	Antiguo Trazado del Tren	Municipio de Caldas	Municipio de Itagüí	8331	Presenta condiciones propicias para ciclovia dada las características de la faja existente	ALTO	Se propone que ingrese al la fase II

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 50.** Propuesta de ciclorrutas.



Fuente:  
elaboración propia.

### 7.3.5 Racionalización del transporte de carga

Deberá proponer y promover proyectos de mejoramiento para el transporte de carga urbano e interurbano a través de los modos ferroviario, vial, aéreo, fluvial y ductos.

#### 7.3.5.1 Aspectos conceptuales

##### Terminal de carga

Un terminal de carga se caracteriza por ser un predio dotado de un conjunto de instalaciones físicas y equipos que permiten la carga, descarga, manipulación, traslado, almacenamiento, fraccionamiento y consolidación de embarques de productos y mercaderías. Normalmente se entiende que ofrece un servicio público, en el sentido de que cualquier operador de cargas puede tener acceso al mismo, pagando las tarifas que correspondan y cumpliendo los requisitos normativos que apliquen.

El terminal habitualmente es multimodal, aunque no necesariamente, realizando por ejemplo transferencias de cargas entre camión y ferrocarril, entre camión y avión, entre ducto y camión o entre camiones locales y camiones de largo recorrido. Un caso especial importante son los puertos marítimos y fluviales, que de acuerdo a esta caracterización son también terminales de carga.

Las cargas pueden ser de tipo general, contenedores, graneles sólidos y graneles líquidos. También existen terminales (o secciones de los mismos) especializados en el manejo de cargas refrigeradas. Pueden además existir terminales especializados ya sea en un tipo de carga o en un tipo de intermodalidad, los cuales tienden a ser privados, esto es ligados a la operación de una empresa productiva determinada. Ejemplo de lo anterior son los puertos especializados en el embarque de petróleo y derivados.

##### Puerto seco

El concepto de puerto seco está asociado a temas aduaneros y de comercio exterior. Desde el punto de vista aduanero, un puerto es un lugar a través del cual es posible internar o exportar productos en forma legal, pagando los derechos que correspondan y cumpliendo la normativa que aplique. En especial, puede tenerse así puertos marítimos, fluviales (en ríos o lagos de frontera), aéreos, terrestres (en pasos fronterizos) o postales (para paquetería menor). En todos estos casos se intenta que la fiscalización e inspección aduanera se realice en un punto tan próximo a la frontera física como sea posible, como una manera de dificultar el contrabando. La fiscalización aduanera normalmente es acompañada por controles sanitarios y policiales.

En este contexto, lo esencial de un puerto seco es que se trata de un predio no inmediato a la frontera física, a veces a cientos de kilómetros de la misma, en el cual está autorizada la realización de operaciones aduaneras. Por lo tanto, su existencia está asociada a una autorización para el transporte de mercaderías aún no internadas (esto es, extranjeras) desde un puerto fronterizo hasta el puerto seco, así como el transporte de mercaderías ya exportadas (en el sentido aduanero) desde el puerto seco a un puerto fronterizo, todo ello cumpliendo las normativas que la autoridad aduanera establezca para impedir el contrabando. De este modo, los embarques pueden transitar por el puerto fronterizo en forma más expedita.

Aunque ello no es conceptualmente imprescindible, por razones prácticas se suele ubicar un terminal de carga en la misma localización establecida para el puerto seco. Por otra parte, cabe destacar que la figura del puerto seco sólo autoriza el transporte de las mercaderías, pero no su transformación, como es el caso de las zonas francas. Sin embargo, si la autoridad así lo dispone, resulta posible habilitar una zona franca dentro del mismo predio ocupado por el puerto seco o en un predio colindante.

### Centro logístico

Un centro logístico se entiende habitualmente como una estructura organizativa asociada a la gestión del transporte de carga. Estos centros pueden ser privados, como es por ejemplo el caso de empresas comerciales o distribuidoras, en las cuales el centro logístico se ocupa de la coordinación de los procesos de transporte, almacenamiento, inventario y manipulación de cargas, eventualmente utilizando más de un terminal de carga, de modo de garantizar el abastecimiento oportuno de sus centros receptores finales y lograr incrementar la eficiencia y reducir el costo global del sistema. La manipulación de cargas puede incluir procesos tales como consolidación, fraccionamiento, selección, control de calidad, envasado, packing y despacho. Existen además centros logísticos de servicio público, los cuales a cambio de una tarifa pueden ocuparse de la gestión de embarques de carga de terceros. Dentro de esta modalidad existen incluso centros logísticos virtuales que operan a través de internet.

Los centros logísticos, ya sean privados o públicos, pueden incluir dentro de sus servicios la gestión de comercio exterior (aduana, internación, exportación) y, en general, cualquier otra función que sea relevante para sus usuarios.

### Centro de servicios

Un centro de servicios al transporte de carga se especializa en proveer servicios a los vehículos, tripulaciones y operadores del transporte de carga.

Entre los servicios provistos a los vehículos puede mencionarse por ejemplo sitios de estacionamiento vigilados, provisión de combustibles y lubricantes, lavado, venta de repuestos y accesorios, talleres de mantenimiento y reparación.

Entre los servicios provistos a las tripulaciones puede mencionarse por ejemplo salas de descanso, servicios higiénicos, servicios de hotelería, restaurantes, equipamiento deportivo.

Entre los servicios provistos a los operadores puede mencionarse por ejemplo arriendo de oficinas, salas de eventos y reuniones, apoyo en la organización de eventos, acceso a internet, call center, servicios bancarios, centros de negocios relacionados con la compraventa o arriendo de vehículos, servicios de contacto entre operadores y embarcadores, bolsa de cargas, servicios de asistencia técnica, publicitaria, legal o contable, servicios de información.

### 7.3.5.2 Proyectos propuestos

#### Terminal El Hatillo

Se propone habilitar en este lugar un complejo que incluya un terminal de cargas, puerto seco y centro logístico, según las definiciones presentadas anteriormente. La función principal de esta instalación sería apoyar al comercio exterior internacional del Valle de Aburrá, y se complementaría con el propuesto Complejo Agroindustrial. Además, se plantea localizar en el complejo una estación del tren suburbano, una estación ferroviaria de carga. Se estima en forma preliminar que el complejo abarcaría una extensión aproximada de 30 Ha.

El complejo propuesto tendría, según lo planteado, conexión ferroviaria con todos los puertos mayores del país. Además, a través de la Autopista Norte tendría acceso a todo el sistema de autopistas planteado en el plan. Por una vía de doble calzada, se comunicaría con Puerto Berrío, el Nordeste y Venezuela.

Los servicios genéricos prestados por este complejo serían los siguientes:

- Transferencia de cargas entre camiones grandes (interurbanos) y pequeños (urbanos)
- Transferencia camión-ferrocarril.
- Almacenamiento de cargas y contenedores, incluyendo cámaras de frío.
- Consolidación y fragmentación de carga.
- Servicios de aduana, policía, inspección de cargas, tramitaciones.
- Servicios de control y seguimiento de embarques.
- Servicios complementarios (comercio general, banco, internet, comunicaciones, esparcimiento).

#### Terminales Occidente y Acevedo

Estos terminales tendrían una jerarquía inferior al anterior. Se estima en forma preliminar que cada terminal abarcaría una extensión aproximada de 2 Ha. Los servicios genéricos prestados por estos terminales serían los siguientes:

- Transferencia de cargas entre camiones grandes (interurbanos) y pequeños (urbanos).
- Almacenamiento de cargas y contenedores.
- Consolidación y fragmentación de carga.
- Servicios a los vehículos (insumos, repuestos, talleres, parqueadero vigilado).

Se plantea localizar el Terminal Occidente en un punto con acceso directo a la Autopista denominada como Conexión Norte, se requiere estudiar su localización óptima y garantizar su comunicación con el túnel. El terminal Acevedo se emplazaría en la margen derecha del Río, con acceso directo a la Autopista a Bogotá y a la del Río.

#### Terminal Primavera

El terminal Primavera se ubicaría en la margen derecha del Río aguas abajo y al sur del último puente sobre el Río. Se propone habilitar en este lugar un complejo que incluya un terminal de cargas, puerto seco y centro logístico con posible conexión ferroviaria. Se estima en forma preliminar que este terminal abarcaría una extensión aproximada de 5 Ha. Los servicios genéricos prestados por este terminal serían los siguientes:

- ▣ Transferencia de cargas entre camiones grandes (interurbanos) y pequeños (urbanos).
- ▣ Almacenamiento de cargas y contenedores.
- ▣ Consolidación y fragmentación de carga.
- ▣ Servicios a los vehículos (insumos, repuestos, talleres, parqueadero vigilado).

Este terminal podría también acomodar el terminal de combustibles del sur, el que sería abastecido mediante un nuevo poliducto desde el terminal norte.

### Temporalidad

---

Se estima que los terminales de Acevedo y Occidente, por su menor complejidad, podrían ser habilitados en el corto a mediano plazo. En cuanto a los terminales de El Hatillo y Primavera, podrían ser habilitados en el mediano plazo sin servicio ferroviario, incorporando este último en el largo plazo.





# 8. MODELACIÓN DE PLANES DE PROYECTOS

## 8.1. INTRODUCCIÓN METODOLÓGICA

Este capítulo tiene como objetivo realizar la modelación y análisis de los planes de proyectos que conforman el Plan Maestro de Movilidad. Estos planes están constituidos por conjuntos de proyectos que se definen para dar respuestas a los objetivos de los programas del plan que fueron definidos y reportados en el capítulo 7, teniendo en cuenta por principio que el resultado de la unión de estos proyectos produce un impacto superior a su implementación individual.

Con los escenarios de desarrollo y usos de suelo, elaborados como parte del PMMVA, y el modelo de transporte de 4 etapas, también desarrollado como parte del PMMVA y descrito más adelante, se simularon 8 planes de proyectos urbanos, viales y de transporte público para las horas más cargadas de los períodos punta mañana y 3 cortes temporales: 2010, 2015 y 2020.

También se simularon las situaciones bases respectivas por corte temporal. Estos escenarios de redes corresponden a la situación actual mejorada y no incluyen los planes de proyectos urbanos definidos.

El proceso iterativo y evolutivo de definición de los planes (incluyendo las situaciones base) se basó en los siguientes criterios:

- ▣ Importancia estratégica de los proyectos.
- ▣ Complementariedad entre los proyectos de transporte público y viales.
- ▣ Conectividad de la malla vial.
- ▣ Nivel de flujo vehicular o de pasajeros asignados al proyecto en cada uno de los cortes temporales modelados.
- ▣ En el caso de los proyectos viales, presencia de proyectos de transporte público en la totalidad o parte del proyecto vial.
- ▣ Compromiso político y/o económico adquirido con anterioridad por autoridades del Valle de Aburrá para la implementación de ciertos proyectos.
- ▣ Monto de inversión privada de los proyectos con menos cargas.
- ▣ Mejoramiento de la rentabilidad económica del plan.

Los resultados de cada uno de los planes arrojados por el modelo de 4 etapas permitieron, entre otras cosas:

- └ Adelantar o postergar algunos de los proyectos.
- └ Modificar algunos de los trazados.
- └ Detectar la necesidad de incorporar proyectos no definidos en el Plan Vial Metropolitano del 1986.

Los planes de proyectos urbanos simulados se presentan brevemente en la tabla 51.

**TABLA 51.** Planes de proyectos urbanos simulados.

PLAN	ESCENARIO DESARROLLO	PROYECTOS URBANOS
0 no simulado		Plan Vial Metropolitano 1986
1	Tendencial	Inversión menor (se retrasan proyectos de transporte público)
2	Contraste	Inversión mayor
3	Tendencial	Adelantamiento de algunos proyectos respecto a Planes 1 y 2 Postergación de algunos proyectos respecto a Planes 1 y 2 Modificación de algunos de los trazados respecto a Planes 1 y 2 Incorporación de nuevos no definidos en el Plan Vial Metropolitano del 1986
4	Tendencial	Modificación de algunos de los proyectos de Metroplús y Metro Eliminación de algunos de los proyectos de Metroplús y Metro Incorporación de nuevos proyectos de Metroplús y Metro
5	Tendencial	Modificación de algunos de los proyectos respecto al Plan 4 Eliminación de algunos de los proyectos respecto al Plan 4 Incorporación de nuevos proyectos

**Fuente:**  
elaboración propia.

Dado que estos planes deben ser simulados en forma predictiva para su correcta evaluación económica, se presenta en primer lugar, como parte de este capítulo, la validación del modelo de transporte de cuatro etapas a utilizar para estos efectos.

Esto se realiza con el propósito de verificar que los modelos por etapa calibrados en forma separada -reportados en el Capítulo 5- al integrarlos en el modelo global, repliquen adecuadamente la situación base del año 2005 de referencia, conocida como la primera aplicación que se hace con el modelo integrado de simulación.

Junto a lo anterior, se realiza para cada año de corte la definición de la situación base y de los proyectos que configuran los distintos planes a simular con el modelo de transporte de cuatro etapas calibrado y validado.

Finalmente, como producto de esta tarea de simulación se entrega un plan de proyectos formado por grupos de ellos de distinta naturaleza (transporte público, transporte

privado, gestión, etc.) que debieran materializarse por año de corte, considerando la alta demanda de vehículos y/o pasajeros que se presenta cuando entran en operación, provocando beneficios importantes del sistema de transporte respecto a una situación de referencia o base en la cual estos proyectos no están materializados.

## 8.2 VALIDACIÓN DEL MODELO DE CUATRO ETAPAS

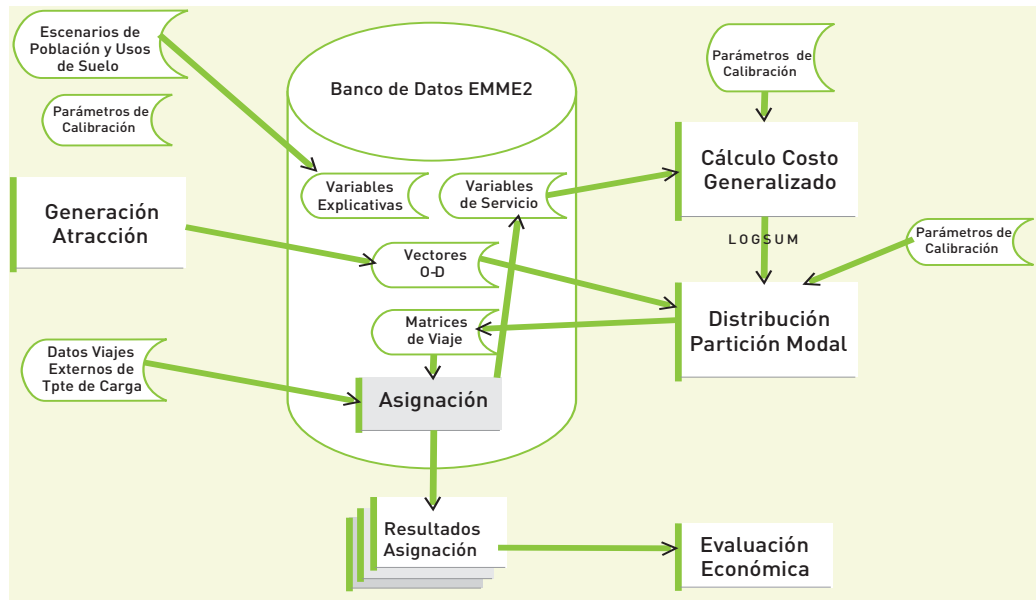
### 8.2.1 Estructura del modelo de cuatro etapas

La figura 28 presenta la estructura que posee el modelo de cuatro etapas calibrado como parte de este estudio. De esta se desprende e indican los datos requeridos y cómo interactúan entre ellos los distintos procesos al ejecutar una corrida del modelo.

Cada corrida o solución al problema de equilibrio de mercado (oferta-demanda) se resuelve por año de corte-período entregando entre otros los siguientes parámetros e indicadores:

- └ Análisis y validación de parámetros del modelo utilizados (% de precisión, número de iteraciones, tipo de partida, etc.).
- └ Hogares por año de corte y escenario de análisis que se está simulando.
- └ Cálculo de variables de servicio para los diferentes modos.
- └ Matrices de distribución de viajes por propósito, período y año de corte, sujeta a los nuevos costos viales que genera cada Plan.
- └ Partición modal, sujeta también a los nuevos costos viales que genera la red vial de la corrida.
- └ Flujos de equilibrio en las distintas redes modeladas, tanto de vehículos de transporte privado como pasajeros de transporte público.
- └ Pasajeros-km/hr, veh-km/hr por modo para la corrida.

**FIGURA 28.** Proceso de una corrida del modelo de cuatro etapas.



Fuente:  
elaboración propia.

### 8.2.2 Alcances de la herramienta de planificación disponible

La herramienta de planificación, que se ha generado como uno de los productos principales de este estudio, consiste en un modelo de simulación de transporte de cuatro etapas de carácter estratégico. En ingeniería de transporte existen distintos niveles de análisis para enfrentar los problemas que se requieren solucionar a través de modelos. Para efectos de planificación continua de los sistemas de transporte a nivel metropolitano se utilizan los llamados modelos estratégicos de transporte; dichos modelos generalmente son zonales trabajándose las áreas de estudio a nivel agregado y responden normalmente a una lógica de modelación de flujos de vehículos y pasajeros en arcos.

A nivel de diseño vial de soluciones particulares de ejes o vías e intersecciones de éstas se utiliza un grado de detalle mayor. Para este tipo de análisis se utilizan modelos tácticos de transporte, los cuales normalmente se simulan con los conocidos modelos de tráfico de transporte. Estos modelos tácticos utilizan la información generada anteriormente por los modelos de transporte estratégicos (grandes crecimientos de la ciudad, movimientos principales a nivel estructural, etc.) y responden entonces a una lógica de movimientos en intersecciones.

Tanto los modelos tácticos como estratégicos se modelan para una situación fija en el tiempo conocida como período de modelación.

En la actualidad existe un tercer nivel de detalle aún mayor que lo constituyen los modelos de micro simulación que han incorporado la simulación dinámica: el comportamiento ya no es fijo a través de los períodos de modelación, simulándose los movimientos dinámicos de los vehículos.

El modelo que se calibró como parte del presente estudio y que se valida como parte de este punto responde a un modelo de tipo estratégico, es decir responde a una lógica de arcos. Por lo tanto, los análisis deben hacerse de esta forma tratando que a nivel agregado se repliquen los flujos en arcos de los distintos modos de transporte a nivel de vehículos y pasajeros en la red vial. Sin embargo, no es posible a través de los modelos de tipo estratégico alcanzar una réplica absoluta de la realidad, puesto que al integrar los diversos modelos (generación-atracción, distribución, partición modal, asignación), el error propio de la calibración individual de cada uno de ellos es transmitido o traspasado al modelo integrado de cuatro etapas, lo cual se traduce en mayores errores.

Debido a esto, es necesario proceder a ajustar algunos de los parámetros que se calibraron a nivel individual. El ajuste de los parámetros, tanto de los modelos individuales de demanda como de oferta, debe permitir que el modelo integrado, o de cuatro etapas, replique lo mejor posible, a nivel de arcos, los flujos vehiculares o de pasajeros más importantes.

Un error de 100% no tiene el mismo peso o significancia a nivel de un flujo observado de 20 vehículos por hora que de un flujo observado de 5000 vehículos por hora. En el primer caso, el flujo modelado sería del mismo orden de magnitud que el flujo observado o medido. En el segundo caso, sin embargo, ese grado de error claramente estaría indicando un problema en la predicción de la magnitud de los flujos modelados.

En ese sentido, los ajustes que se realizan en la etapa de validación del modelo deben tratar de replicar, por modo y en los distintos arcos de las redes modeladas, los flujos medidos importantes.

### 8.2.3 Incorporación de parámetros de ajuste

Una vez concluidos los procesos de calibración individual de los modelos de demanda de viajes: generación y atracción, partición modal y distribución, y de oferta de transporte: red de transporte privado y de los modos de transporte público, se procedió a realizar una simulación o corrida completa del modelo completo o de demanda variable, a fin de constatar que la integración de los modelos individuales a través del modelo secuencia I de cuatro etapas, replicara adecuadamente los indicadores alcanzados en las calibraciones individuales de cada etapa.

Como era de esperarse, en una primera instancia estas réplicas no fueron plenamente satisfactorias, los modelos de partición modal se les realizaron ajustes en algunos de sus parámetros modales. Al modelo de distribución también fue necesario incorporarle también algunos ajustes para replicar de mejor forma los viajes cortos en los cuales se ubican los viajes intrazonales.

Estos viajes intrazonales no son simulados por las redes de transporte por lo cual los niveles de servicios de estos viajes debieron ser incorporados exógenamente al modelo y calibrarse junto con ellos nuevos parámetros betas de distribución intrazonales de manera de replicar la cantidades de viajes cortos por propósito que entrega la situación de referencia que corresponde a la EOD-2005.

A nivel de redes también se produjeron ajustes a algunos parámetros con el propósito de replicar mejor la operación de la red y los conteos de la situación base, particularmente en la relación existente entre las velocidades de transporte privado y transporte público por tipo de arco de la red vial.

En la tabla 52 se presentan los ajustes realizados a la relación entre la velocidad de transporte público y la velocidad de transporte privado, específicamente el modo bus válida para ambos períodos. Este ajuste se realiza por tipo de arco y es válido para ambos períodos.

**TABLA 52.** Relación entre tiempos de viajes de transporte público y privado.

TIPO DE ARCO	RELACIÓN FUNCIONAL
1	$V_{t\text{priv}} = V_{t\text{publ}} * 1,3500$
2	$V_{t\text{priv}} = V_{t\text{publ}} * 1,4000$
3	$V_{t\text{priv}} = V_{t\text{publ}} * 1,4500$
4	$V_{t\text{priv}} = V_{t\text{publ}} * 1,5000$
5	$V_{t\text{priv}} = V_{t\text{publ}}$

Fuente:  
elaboración propia.

Como parte de la validación también se modificaron los ponderadores asociados a los tiempos de caminata, espera, transbordo y tarifa de los modos de transporte público. Los valores finales se muestran en la tabla siguiente.

**TABLA 53.** Parámetros resultantes del ajuste de redes.

MODO	PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	
		Punta Mañana	Punta Tarde
Bus	Tiempo Acceso	0,5823	1,5025
	Tiempo Espera	2,8292	1,5000
	Tarifa	8,8215	8,9572
	Transbordo	0,8000	0,5000
Metro	Tiempo Acceso	3,0000	3,0000
	Tiempo Espera	2,0000	2,0000
	Tarifa	10,0000	10,0000
	Transbordo	3,0000	3,0000
Bus - Metro	Tiempo Acceso	0,7293	0,7125
	Tiempo Espera	0,7119	0,7500
	Tarifa	9,9520	9,8000
	Transbordo	1,0000	1,1000

Fuente:  
elaboración propia.

La diferencia alcanzada en los parámetros por período se debe a que las redes ajustan sus parámetros para asimilar lo más posible los flujos que resultan de asignar las matrices de demanda a los conteos observados de pasajeros y vehículos en terreno, que son distintos por período. Para algunos modos y períodos los parámetros anteriores resultaron del proceso de buscar las mejores combinaciones de manera de asimilarse con el modelo a los datos observados.

#### 8.2.4 Validación de modelos de demanda

En la tabla 54 se entrega la partición modal alcanzada con el modelo integrado de cuatro etapas (fase de validación); estos resultados son comparados con los viajes estimados a partir de la EOD-H 2005.

**TABLA 54.** Partición modal etapa validación modelo cuatro.

MODO	PUNTA MAÑANA				PUNTA TARDE			
	Modelo Validado		EOD-H 2005		Modelo Validado		EOD-H 2005	
	Viajes / Hora	%	Viajes / Hora	%	Viajes / Hora	%	Viajes / Hora	%
Bus	127.491	31,8%	124.737	30,7%	123.723	29,8%	122.022	29,9%
Metro	26.054	6,5%	24.063	5,9%	24.833	6,0%	23.762	5,8%
Metro-Bus	22.928	5,7%	22.720	5,6%	23.808	5,7%	20.436	5,0%
Auto Conductor	43.063	10,7%	37.271	9,2%	47.373	11,4%	46.382	11,4%
Auto Acompañante	12.524	3,1%	14.760	3,6%	24.062	5,8%	17.872	4,4%
Moto Conductor	16.349	4,1%	14.876	3,7%	23.484	5,7%	16.510	4,0%
Taxi	26.562	6,6%	22.999	5,7%	35.977	8,7%	33.684	8,2%
Caminata	125.961	31,4%	144.460	35,6%	112.222	27,0%	128.057	31,3%
<b>Total</b>	<b>400.931</b>	<b>100,0%</b>	<b>405.886</b>	<b>100,0%</b>	<b>415.482</b>	<b>100,0%</b>	<b>408.725</b>	<b>100,0%</b>

Fuente:  
elaboración propia. Nota: los períodos del estudio, tal cual se definió en el capítulo 5 de este informe a partir de información de la EOD-05, son: Punta Mañana de 6:00 a 8:00 hrs y Punta Tarde de 17:00 a 19:00 hrs. Para efectos de modelación se trabaja con una hora media representativa de estas 2 horas.

## 8.3 DEFINICIÓN INICIAL DE PLANES DE PROYECTOS

### 8.3.1 Introducción

Como se dijo anteriormente, los planes están conformados por un conjunto de proyectos programados en el tiempo y que responden a una cierta lógica. En el caso de este estudio, la lógica está constituida por los diferentes objetivos que deben cumplir los programas o lineamientos estratégicos definidos para el Plan Maestro de Movilidad.

El proceso de simulación de los planes realizado consistió básicamente en ir probando diferentes combinaciones de proyectos ordenadas cronológicamente de acuerdo con los crecimientos esperados de la Región y las políticas de movilidad y transporte previstas para ella.

En primer lugar, fue necesario definir la situación base o de referencia con la cual se confrontan los nuevos planes de proyectos a estudiar. Si la situación base es suficiente para satisfacer la demanda esperada de viajes, entonces no es necesario invertir en nuevos proyectos. Luego, la situación base quedó conformada por un conjunto de proyectos que la autoridad ya encuentra aprobado para su construcción o en una fase del proyecto que ya no está en discusión la conveniencia de ejecutarlos.

Posteriormente, se definieron los planes de proyectos iniciales para simular, optando por probar en primer lugar una visión tendencial o conservadora de la Región junto a una visión optimista o de contraste para el crecimiento económico del Valle de Aburrá. Por esta razón, las primeras corridas correspondieron a un plan denominado de inversión mayor, asociado a una gran cantidad de proyectos viales y de transporte público y un plan de inversión menor asociado a una visión más conservadora del sistema de actividades futuro y por ende a una menor cantidad de proyectos requeridos.

De acuerdo con el resultado de estas simulaciones iniciales, graficadas en las cargas o demandas de pasajeros o vehículos que adquieren los distintos proyectos, se siguió con un proceso secuencial de corridas que incorporaron el corrimiento del año de ingreso al plan de algunos proyectos, la integración de proyectos que los potencien o simplemente la eliminación de los proyectos; en el caso que bajo ninguna de las condiciones anteriores prevalezca en ellos una demanda importante de pasajeros para los proyectos de transporte público o de vehículos, para los proyectos de transporte privado.

Existen algunos proyectos que, si bien no adquieren una demanda sobresaliente en el horizonte de 20 años simulado, se dejan por la importancia estratégica que tienen para la Región y la visión de más largo plazo que ve la autoridad en ellos.

Durante el proceso de simulación se ajustaron también las características físicas y operativas de los proyectos, tanto de aquellos que forman parte de la situación base como de los planes, lo cual llevó a repetir el proceso de simulaciones con el modelo de transporte de cuatro etapas reiteradas veces, hasta dar con las mejores combinaciones y caracterizaciones de los proyectos.

Junto a lo anterior, también se detectaron inconsistencias en los resultados de las simulaciones de algunos proyectos, lo cual motivó la realización de ajustes de los parámetros del modelo, con el propósito de reflejar adecuadamente a través de la herramienta de simulación el comportamiento en el tiempo de ellos.

Este proceso de simulación culminó finalmente con la elección de un plan 5 optimizado que verificó los requerimientos de demanda esperados para los proyectos que lo conforman. Sin embargo, este plan es ratificado del punto de la temporalidad de los proyectos que lo forman al realizar la evaluación económica social requerida para verificar la conveniencia de su implementación. Este proceso de elección definitiva de la cronología y la elección del material rodante asociado a los proyectos de transporte público, que permite validar la materialización del conjunto integrado de proyectos, se presenta en el capítulo 11 de este informe final del estudio, como parte de la evaluación multicriterio del Plan Maestro de Movilidad.

### 8.3.2 Definición de situación base

Para lograr la identificación y caracterizar adecuadamente los proyectos tanto para la definición de la situación base como de los planes de proyectos, se generan listados para ellos, y se tiene en cuenta la siguiente nomenclatura:

**ID:** corresponde a la numeración asignada en informes anteriores la cual tiene pequeñas modificaciones con respecto a los mismos debido a nuevos proyectos no tenidos en cuenta antes, proyectos que se han fusionado con otros, o proyectos que han sido subdivididos.

**TIPO:** esta clasificación hace referencia a la tipología de proyectos según el uso para el cual se destine cada uno de éstos:

<b>V</b>	=	<b>Viales</b>
<b>TP</b>	=	<b>Transporte público</b>

Los proyectos viales corresponden a obras de infraestructura y los de transporte público además de la obra de infraestructura como tal hacen referencia a la implementación de un sistema de transporte definido.

**PROYECTO:** esta característica hace referencia a la definición del proyecto y a una descripción básica del mismo.

**ESCALA:** esta característica hace referencia a la influencia que este proyecto tiene dentro del territorio en el cual se localiza; para ello se definen las siguientes categorías: Nacional, Departamental, Subregional, Metropolitano y Municipal.

**LOCALIZACIÓN:** es el lugar geográfico en el cual se localiza el proyecto identificado.

**TEMPORALIDAD:** se refiere al tiempo en el cual el proyecto será ejecutado: Para la asignación de temporalidad a cada proyecto se tuvo en cuenta su grado de urgencia e importancia, así como el consenso acerca de los mismos.

A continuación se presenta el listado de proyectos definidos para la situación base considerando las definiciones anteriores.



**TABLA 55.** Proyectos de la situación base.

NRO.	TIPO	PROYECTO	AÑO ENTRADA EN OPERACIÓN
2A	V	Doble calzada Solla - Barbosa	2007
13	V	Ampliación a doble calzada de la Loma de los Balsos entre el corredor del Río Medellín y la Circunvalar Oriental	2007
40	V	Doble calzada de la vía Las Palmas	2007
41	V	Doble calzada al túnel de occidente desde la Av. 80 hasta San Cristóbal	2010
42	V	Cambios de sentidos y terminación de ampliación de las laterales a la quebrada La Iguañá en el tramo entre el corredor del Río Medellín hasta la aV. 80	2009
59	V	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río Medellín entre la calle 19 sur (Carrefour) y la calle 30	2007
70	V	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Acevedo	2007
102	V	Terminación del construcción de Av. 34 entre las calles 12 Sur y la doble calzada de las Palmas	2006
27	TP	Sistema Metroplús Itagüí por el corredor de la Av. Guayabal desde Ditaíres hasta la calle 30 (estación industriales)	2008
28	TP	Sistema Metroplús Envigado por el corredor de la Av. El Poblado desde la Estación Industriales hasta el límite entre Envigado y Sabaneta	2008
29	TP	Sistema Metroplús Av. U. de Medellín-Aranjuez	2007
32	TP	Sistema Metroplús en Bello por Quebrada La García hasta empalmar con estación Bello	2009
85	TP	Extensión de la línea A del Metro hacia Sabaneta	2009
95	TP	Metrocable San Javier-Pajarito	2007

Nota: ordenados por tipo (viales y transporte público) y luego por número de proyecto

Fuente: elaboración propia.

## 8.4. MODELACIÓN DEL PLAN 5 DE PROYECTOS OPTIMIZADO

### 8.4.1 Definición del Plan 5 Optimizado

#### 8.4.1.1 Proyectos de transporte público del Plan 5 Optimizado

**TABLA 56.** Proyectos de transporte público.

NRO.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
30	Corredor de transporte masivo en buses por Cr. 80 desde la estación Acevedo hasta la estación Aguacatala, pasando por la Facultad de Minas	2010
31	Corredor de transporte masivo en buses por Av. 34 entre la Estación Aguacatala y Palos Verdes	2010
44	Continuidad del Sistema de Metroplús de Envigado hasta la calle 77sur y su prolongación hasta encontrarse con el corredor de Itagüí, para formar un anillo sur.	2010
151	Corredor de transporte masivo en buses de Bello a Centro de Copacabana pasando por estación Niquía	2010
152	Corredor de transporte masivo en buses por la calle Colombia desde Carrera 80 hasta Avenida Oriental	2010

NRO.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
153 (antiguo 28A)	Prolongación del Sistema Metroplús Envigado por Av. El Poblado hasta Palos Verdes	2010
86	Corredor de transporte masivo en buses desde la futura estación Sabaneta hasta San Antonio de Prado	2015
87	Corredor de transporte masivo en buses desde Rosellón-Estación Ayurá (en Envigado) - Barrio Calatrava (Itagüí)	2015
88	Corredor de transporte masivo en buses de la Calle 10 – Terminal del Sur- Estación El Poblado-Vizcaya-Transversal Inferior	2015

Fuente: elaboración propia. Nota: Proyectos ordenados por año de ingreso y número

**TABLA 57.** Proyectos de Metrocable.

NRO.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
93	Metrocable estación Tricentenario - sector El Picacho	2015

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 58.** Proyectos de Metro.

NRO.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
85A	Incorporación nueva estación de Metro en extensión a Sabaneta en calle 67 Sur en la Línea A	2010
90	Extensión de la línea B del Metro hacia el Oriente	2015

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 59.** Proyectos de Tren Suburbano.

NRO.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
77	Tren Suburbano	2020

Fuente: elaboración propia. Nota: En base a los resultados de las simulaciones del Plan 4, se decidió incorporar el Tren Suburbano al 2020

**TABLA 60.** Estaciones y conectividad del proyecto de tren.

N°	ESTACIÓN SUBURBANO	ESTACIÓN METRO CONECTADA	SERVICIO METROPLÚS CONECTADO
1	Barbosa		
2	Hatillo		
3	Parque de Las Aguas		
4	Girardota		
5	Copacabana		
6	Bello	Madera	
7	Caribe	Caribe	
8	Empresas Públicas	Alpujarra	Metroplús Avenida. El Ferrocarril (Pyto 29)
9	Sabaneta	Sabaneta	Metroplús a San Antonio, Metroplús a Itagüí, Metroplús a Envigado
10	La Tablaza		
11	Caldas		
12	Terminal de Carga		

Fuente:  
elaboración propia.

#### 8.4.1.2 Proyectos Viales del Plan 5 Optimizado

**TABLA 61.** Proyectos viales.

Nro.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
11	Doble calzada entre Circunvalar Oriental y Occidental por Cl 77Sur	2010
100	Continuación Av. 34 desde Las Palmas hasta el par vial de las Cr. 36 y 36A	2010
101	Ampliación de la Av. 34 desde la Cl. 36 hasta el intercambio de Palos Verdes	2010
17	Nueva variante a Heliconia por el corredor de Quebrada Doña María	2015
25	Intercambio vial de las calles 94 y 95 con la Autopista norte	2015
98	Doble calzada de la carrera 65 entre las calles 30 y 50	2020
10A	Construcción de una parte de la Circunvalar Oriental entre el proyecto 66 y la vía Las Palmas, pudiendo continuarse también hasta la Calle 44	2020
19	Construcción de vía subterránea (túnel aeropuerto EOH) para la conexión de la calle 10 con las laterales de la quebrada La Guayabala y su conexión hasta el corredor del Río Medellín	2020
20	Continuidad de las laterales de la quebrada La Guayabala y conexión con la Circunvalar Occidental	2020
23	Adecuación y construcción de la calle 85 en Itagüí desde la Av. Guayabal hasta la Circunvalar Occidental	2020
26	Conformación del par vial de las Crs 70. 73 y conexión con la Cr 72A. Construcción de la Cr 75 bordeando el cerro El Volador	2020
33	Construcción de la vía de acceso al túnel de Oriente desde la Intersección de Circunvalar Oriental con la vía las Palmas	2020
331	Continuación del proyecto 33 hacia el Corredor del Río (*)	2020
37	Continuidad de la calle 44 desde El Palo. hasta empalmar con el proyecto Vial que desde la vía las Palmas conduce al Túnel de Oriente	2020
39	Construcción del Túnel de Oriente por el corredor de la Quebrada Santa Elena	2020
421	Continuación del proyecto 42 hacia el Corredor del Río (*)	2020
66	Terminación de la Doble Calzada del corredor de la quebrada la Ayurá en Envigado hasta la Circunvalar Oriental e intercambios sobre las Avenidas las Vegas y El poblado	2020
136	Intercambio vial en el cruce de punto de Encuentro de las circunvalares Oriental y Occidental en Ancón Sur	2020

\* "Costura de la red vial"

Nota: Proyectos ordenados por año de ingreso y número

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 62.** Proyectos viales en el corredor del Río.

Nro.	PROYECTO	AÑO DE INGRESO
57	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río entre Ancón Sur y la Calle 19 Sur	2010
62	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Variante a Caldas	2010
63	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la calle 77 sur	2010
64	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Avenida Pilsen	2010
65	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Mayorca	2010
67	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Ayurá	2010
68	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Iguaná	2010
78	Construcción de la VT y VA (3 carriles) en la margen izquierda del río desde Espumas Medellín hasta Ancón Sur	2010
104	Doble calzada (2 carriles por sentido) de la Variante de Caldas desde el Ancón Sur hasta Primavera por la margen derecha del río	2010
581	Ampliación de la VT (3 carriles) en la margen izquierda del río desde Estación Industriales hasta Espumas Medellín	2010
43	Ampliación, rectificación y mejoramiento de las especificaciones geométricas de la vía arterial existente desde Moravia hasta Copacabana	2015
60	Construcción de la VT (3 carriles) en la margen derecha del río desde Moravia hasta el intercambio vial de Fontidueño	
601	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del río desde Barranquilla hasta el intercambio vial de Fontidueño	
61	Construcción y ampliación de la VT(3 carriles) en la margen izquierda del río desde el intercambio de Fontidueño hasta Estación Tricentenario	2015
611	Construcción y ampliación de la VA (3 carriles) en la margen izquierda del río desde el intercambio de Fontidueño hasta Estación Tricentenario	2015
69	Intercambio vial de Tricentenario sobre el río Medellín, incluye conexión a CL 92 y CL 93 (*)	2015
72	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Andalucía	2015
582	Ampliación de la VT (3 carriles) en la margen izquierda del río desde el puente de la Minorista hasta estación Industriales, y adecuación desde el Tricentenario hasta Puente de la Minorista	2015

**Fuente:** elaboración propia. \* "Costura de la red vial" explicada en punto 8.7.2.6 siguiente  
**Nota:** Ordenados por año de ingreso y número de proyecto

#### 8.4.2 Características de modelación Plan 5 Optimizado

El plan 5 optimizado consideró además otros cambios de parámetros del modelo, codificaciones de la red y características de los servicios de transporte público, respecto a los utilizados en las modelaciones de los planes anteriores.

Entre estos ajustes destacan la generación de nuevos vectores orígenes-destino del período punta mañana; las mejoras experimentadas por la codificación de las redes que incluye la relocalización de algunos arcos de acceso (conectores) al Metro en ambos períodos de modelación; la modificación de la longitud de algunos arcos de acceso al Metro en ambos períodos de modelación.

También se ajusta la velocidad promedio de modelación de todas las líneas de Metro, pasando de 25 km/hr a la velocidad real entre estaciones en ambos períodos de modelación. Finalmente, se incorporan también como parte de esta optimización del plan las “costuras viales” de los proyectos de conectividad externa con el corredor del Río Medellín.

#### 8.4.2.1 Características operacionales de proyectos de transporte público

A modo de resumen, se entregan a continuación las principales características físicas y operacionales de los diversos servicios de transporte modelados en la situación actual, situación base y en el plan 5 optimizado.

**TABLA 63.** Líneas de Metro y Metrocable situación actual al 2006.

NRO. LÍNEA	NOMBRE LÍNEA	MODO	INTERVALO (min)	VELOCIDAD (km/hr) <sup>1</sup>	LONG (km)	TARIFA MODO PURO
401	Metro Línea A Ida	Metro	4,5	37	25,19	\$ 1000
405	Metro Línea A Regreso	Metro	4,5	37	25,19	\$ 1000
402	Metro Línea B Ida	Metro	6	37	5,51	\$ 1000
406	Metro Línea B Regreso	Metro	6	37	5,51	\$ 1000
403	MetroCable Línea K Ida	Metrocable	0,2	20	2,08	\$ 1000
407	MetroCable Línea K Regreso	Metrocable	0,2	20	2,08	\$ 1000

Nota: 1. Velocidad referencial promedio  
Fuente: elaboración propia.

**TABLA 64.** Proyectos modelados de transporte público situación base.

NRO. LÍNEA	NOMBRE LÍNEA	MODO	INTERVALO (min)	VELOCIDAD (km/hr) <sup>1</sup>	LONG (km)	TARIFA MODO PURO
301	Metroplús CI30-Cr 45 (ida)	Metroplús	2	25	13,41	\$ 1000
302	Metroplús CI30-Cr 45 (regreso)	Metroplús	2	25	13,87	\$ 1000
303	Metroplús Envigado-1 (ida)	Metroplús	2	25	10,9	\$ 1000
304	Metroplús Envigado-2 (regreso)	Metroplús	2	25	10,56	\$ 1000
305	Metroplús Itagui-1 (ida)	Metroplús	2	25	11,11	\$ 1000
306	Metroplús Itagui-2 (regreso)	Metroplús	2	25	9,28	\$ 1000
307	Metroplús La García	Metroplús	2	25	8,59	\$ 1000
401	Extensión Metro Línea A Ida	Metro	4,5	37	25,19	\$ 1000
405	Extensión Metro Línea A Regreso	Metro	4,5	37	25,19	\$ 1000
404	MetroCable Pajarito Línea L Ida	Metrocable	0,2	20	2,8	\$ 1000
408	MetroCable Pajarito Línea L Regreso	Metrocable	0,2	20	2,8	\$ 1000

Nota: 1. Velocidad referencial promedio  
Fuente: elaboración propia.

**TABLA 65.** Proyectos modelados de transporte público plan 2010.

NRO. LÍNEA	NOMBRE LÍNEA	MODO	INTERVALO (min)	VELOCIDAD (km/hr) 1	LONG (km)	TARIFA MODO PURO
309	Av. 80-1 (ida)	Metroplús	2	25	17,7	\$ 1000
310	Av 80-2 (regreso)	Metroplús	2	25	17,7	\$ 1000
311	Av 34-1 (ida)	Metroplús	2	25	10,4	\$ 1000
312	Av. 34-1 (regreso)	Metroplús	2	25	10,57	\$ 1000
320	Proyecto 151 Bello Copacabana	Bus	10	25 <sup>2</sup>	8,62	\$ 1000
321	Proyecto 152 Carrera 80	Metroplús	10 <sup>3</sup>	25	16,76	\$ 1000
322	Proyecto 153	Metroplús	10 <sup>3</sup>	25	8,95	\$ 1000

Fuente: elaboración propia.

Nota: 1.Velocidad referencia promedio Velocidad referencial promedio  
 2.Por tratarse de un servicio regular de bus, su velocidad de operación está afectada por la presencia de vehículos livianos.  
 3.Si bien se trata de un proyecto de Metroplús, se modeló con un intervalo de 10 minutos, menor al intervalo de la gran mayoría de los Metroplús, reflejando así el hecho de que se trata de un servicio complementario de apoyo.

**TABLA 66.** . Proyectos modelados de transporte público plan 2015.

NRO. LÍNEA	NOMBRE LÍNEA	MODO	INTERVALO (min)	VELOCIDAD (km/hr) 1	LONG (km)	TARIFA MODO PURO
314	Proyecto 86 Sabaneta San Antonio	Metroplús	2	25	6,91	\$ 1000
313	Proyecto 87 Rosellón Envigado	Bus	5	30 <sup>2</sup>	18,16	\$ 1000
316	Proyecto 88 Calle 10 Terminal del Sur	Bus	5	30 <sup>2</sup>	6,98	\$ 1000
413	Proyecto 93 Estación de Metrocable Tricentenario Sentido OP	Metrocable	6	25	1,93	\$ 1000
414	Proyecto 93 Estación de Metrocable Tricentenario Sentido PO	Metrocable	6	25	1,93	\$ 1000
415	Tren Suburbano N-S	Tren	10	50	31,27	
416	Tren Suburbano S-N	Tren	10	50	31,27	
417	Tren Suburbano N-S	Tren	10	50	10,47	
418	Tren Suburbano S-N	Tren	10	50	10,47	
419	Tren Suburbano N-S	Tren	10	50	21,41	
420	Tren Suburbano S-N	Tren	10	50	21,41	

Fuente: elaboración propia.

Nota: 1. Velocidad referencial promedio  
 2. Por tratarse de un servicio regular de bus, su velocidad de operación está afectada por la presencia de vehículos livianos

#### 8.4.2.2 Modelación de Tarifas

Existirá integración tarifaria entre los siguientes modos y servicios:

1. Servicios de buses alimentadores con el Metroplús
2. Servicios de buses alimentadores con el Metro
3. Servicios de buses alimentadores con el Metrocable
4. Servicios de buses alimentadores con el Metro y el Metroplús
5. Servicios de Metroplús con el Metro
6. Tren suburbano con el Metro en algunas estaciones (indicadas en la Tabla N°8-72)

Cabe señalar que en los tres primeros casos se trata de viajes o desplazamientos bimodales en dos etapas. En el caso del punto 4 se trata de viajes o desplazamientos en tres modos diferentes (bus, Metro y Metroplús).

En la siguiente tabla se presentan las tarifas base que paga cada usuario al subirse al primer modo utilizado.

**TABLA 67.** Matriz de tarifas.

TARIFA BASE		
MODO	CAPA <sup>1</sup>	VALOR TARIFA
0. Bus No Integrado	0	Tarifas declaradas y no únicas
1. Bus Alimentador con Metroplús	1	\$ 1.000
2. Bus Alimentador con Metro o Metrocable	2	\$ 1.000
3. Bus Alimentador con Metro y Metroplús	3	\$ 1.000
4. Metroplús	4	\$ 1.000
5. Buses que circulan por el Anillo Central	5	\$ 900
6. Metro	6	\$ 1.000
7. Tren Suburbano Interno a Medellín	7	\$ 1.200
8. Tren Suburbano Extensiones en el sur y norte	8	\$ 1.200

*Nota:* 1. Este concepto de capa es utilizado para fines de modelación.

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 68.** Matriz de tarifas totales.

CAPA	1	2	3	4	5	6	7	8
0								
1	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1400	1400
2	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1400	1400
3	1200	1200	1000	1200	1200	1200	1400	1400
4	1200	1200	1200	1000	1200	1200	1400	1400
5	1200	1200	1200	1200	900	1200	1400	1400
6	1200	1200	1200	1200	1200	1000	1400	1400
7	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1200	2400
8	1400	1400	1400	1400	1400	1400	2400	1200

*Nota:* Esta matriz considera todas las combinaciones modales que en teoría se podrían realizar.

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 69.** Matriz de tarifas de intercambio o diferenciales en segundo modo.

CAPA	1	2	3	4	5	6	7	8
0								
1	0	200	200	200	200	200	2400	400
2	200	0	200	200	200	200	2400	400
3	200	200	0	200	200	200	2400	400
4	200	200	200	0	200	200	2400	400
5	300	300	300	300	0	300	2500	500
6	200	200	200	200	200	0	2400	400
7	200	200	200	200	200	200	0	0
8	200	200	200	200	200	200	2000	0

Fuente: elaboración propia.

Nota: : esta matriz considera todas las combinaciones modales que en teoría se podrían realizar.

#### 8.4.2.3 "Costuras de la Red Vial" con el Corredor del Río

El Corredor del Río es uno de los principales ejes estructurantes de la malla vial del Valle de Aburrá. Por ello las "costuras" o conexiones viales entre el resto de la red vial y el corredor son relevantes.

Estas conexiones deben estar adecuadamente representadas en el modelo de transporte de 4 etapas para permitir que los flujos vehiculares que originan o se destinan a importantes polos de generación, tanto dentro como fuera del Valle de Aburrá, tengan la opción de acceder por una vía lo más directa posible al Corredor sea para atravesarlo de un margen al otro o bien para utilizarlo en sentido norte-sur.

#### 8.4.2.4 Otras consideraciones de modelación

El Plan 5 Optimizado fue simulado sin y con tarificación del corredor del Río. Por otra parte, la modelación incorpora una tarifa de estacionamiento en las zonas que presentan un alto nivel de viajes en modo auto conductor. Para simular este efecto, que no corresponde a una tarificación vial sino a un costo por estacionamiento, estos valores ingresan al modelo como un costo más agregado al costo generalizado del viaje total que percibe el usuario. Se aplica en ambos períodos siendo los valores propuestos de \$Col 7.500 para cada uno de los sectores, que representa un estacionamiento promedio durante medio día (3 a 4 horas en promedio).

Las zonas tarificadas por estacionamiento corresponden a aquellos que fueron identificados en el capítulo 7, donde se definen los proyectos que conforman el plan.



# 9. DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE INDICADORES DE MOVILIDAD

## 9.1 OBJETIVOS Y CLASIFICACIÓN DE INDICADORES

Se entenderá por indicadores de movilidad a aquellos instrumentos que medirán la calidad o nivel de servicio de una componente o variable relevante de un aspecto determinado previamente definido del Plan, el cual será necesario monitorear o seguir su comportamiento a través del tiempo.

Con el propósito de hacer factible su seguimiento en el tiempo se adopta como criterio general que el número de indicadores deberá ser un número limitado o reducido por cada componente relevante del Plan que se quiera investigar.

Otro criterio general adoptado es que su forma de obtención o cálculo deberá ser simple de manera que su medición y análisis sea de fácil lectura.

Los indicadores de movilidad y transporte será posible obtenerlos tanto de situaciones temporales conocidas, ya sean actuales o pasadas, como también de situaciones futuras ó esperadas. Considerando lo anterior se clasificarán los indicadores en dos tipos que se explican en los puntos siguientes.

### Indicadores Descriptivos

Aquellos que medirán la calidad o nivel de servicio de una situación temporal existente o pasada. Estos indicadores permitirán conocer la efectividad de una medida de movilidad, ya implementada en el Valle de Aburrá. Para que sean de utilidad deberán estar en continua actualización lo que permitirá formar las series de tiempo que permitan analizar comportamientos.

### Indicadores Predictivos

Aquellos que representarán la calidad o nivel de servicio de una situación temporal futura. Estos indicadores permitirán predecir los valores esperados que tendrán las medidas de movilidad y transporte posibles de implementar en un futuro mediano o de largo plazo.

## 9.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes principales para calcular los indicadores descriptivos lo constituirán los datos que provee las actualizaciones periódicas que realizan los organismos públicos del Valle de Aburrá del Censo de Población y Vivienda, las Encuestas Origen Destino de Viajes, los aforos de vehículos, Encuestas de Vehículos de Carga, Catastros de Transporte Público, etc.

Las principales fuentes de información para calcular los indicadores predictivos lo constituirán los escenarios de usos de suelo y las simulaciones a través del modelo de transporte del conjunto de proyectos viales y de transporte público que constituyen el Plan Maestro de Movilidad propuesto. Estas medidas también deberán ir mejorándose a través de un proceso de planificación que deberá también mantener continuamente actualizados estos indicadores.

## 9.3. VARIABLES RELEVANTES PARA MEDIR Y SUS INDICADORES

En este punto se definen las variables denominadas como relevantes que los diferentes indicadores deben medir a través del tiempo. Para cada uno de estos aspectos relevantes se define un conjunto de indicadores, distinguiendo aquellos que adquieren el carácter o clasificación de descriptivos de aquellos clasificados como predictivos, especificando su representación o formulación matemática si la hubiere, sus unidades de medida, sus respectivas fuentes de información y el lugar donde serán depositados para efectos de consultas.

Se presentan en primer lugar las variables relevantes reflejadas en indicadores de demanda de transporte, posteriormente los de oferta de infraestructura y servicios y finalmente, los asociados al equilibrio de mercado del sistema reflejado en los niveles de servicio o de calidad resultantes.

Se incluyen al final indicadores asociados a variables de seguridad vial y sistema socioeconómico que influyen también en la movilidad estudiada.

Las tablas siguientes presentan los indicadores definidos para conocer la movilidad existente y proyectada en el Valle de Aburrá. Estos indicadores son generados con la corrida definitiva del modelo de 4 etapas resultante del análisis multicriterio presentado en el Capítulo 11.

Algunos de estos indicadores son también almacenados y posibles de consultar a través del SIG del estudio, correspondiendo a aquellos que están asociados a una localización geográfica, por lo cual se indican también estos casos en la última columna de cada tabla.

### 9.3.1 Demanda de viajes de personas

Estos indicadores deben reflejar la demanda a nivel de modo de viaje, motivos que producen los viajes y los tipos de usuarios por categoría socioeconómica que los realizan.

Deben reflejar tanto la cantidad de viajes generados y atraídos por zonas o sectores como la interacción entre estas unidades geográficas del Valle, para verificar los pares orígenes - destino de la ciudad desde donde y hacia donde se producen los mayores movimientos.

La representación de estos indicadores no presentará mayores diferencias a nivel descriptivo como predictivo, existiendo solo diferencias en las fuentes de la cual provendrá su información para su medición o cálculo.

**TABLA 70.** Indicadores de demanda de viajes de personas.

INDICADOR <sup>a</sup>	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Viajes Originados en municipio o sector $i$ ( $O_i$ ) por Año-Período ( $t$ ), Propósito ( $p$ ) y Categoría de usuario ( $n$ )	Descriptivo	$O_i^{tpn}$ (vector de viajes)	Viajes/hr por sector año base	EOD-Hogares año base
	Predictivo		Viajes/hr por sector año corte	Salidas Modelo de Transporte por año de corte
Viajes Atraídos en municipio o sector $j$ ( $D_j$ ) por Año-Período ( $t$ ), Propósito ( $p$ ).	Descriptivo	$D_j^{tp}$ (vector de viajes)	Viajes/hr por sector año base	EOD-Hogares año base
	Predictivo		Viajes/hr por sector año corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte
Viajes entre pares origen destino de municipios o sectores ( $V_{ij}$ ) por Año-Período ( $t$ ), Propósito ( $p$ ) y Categoría de usuario ( $n$ )	Descriptivo	$V_{ij}^{tpn}$ (matriz de viajes)	Viajes/hr entre sector año base	EOD-Hogares año base
	Predictivo		Viajes/hr entre sectores año corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte
Partición Modal de Viajes del Área Metropolitana por Año-Período ( $t$ )	Descriptivo	$PM^t$	Viajes/hr entre sectores año base	EOD-Hogares año base
	Predictivo		Viajes/hr entre sectores año corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte
Viajes entre pares origen destino de municipios o sectores ( $V_{ij}$ ) por Año-Período ( $t$ ) y Modo ( $m$ )	Descriptivo	$V_{ij}^{tm}$ (matriz de viajes)	Viajes/hr entre sectores año base	EOD-Hogares año base
	Predictivo		Viajes/hr entre sectores año corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte

**Nota:** Los sectores, períodos, propósitos de viajes deberán ser definidos de acuerdo a la EOD-H vigente. Las categorías de usuarios deberán ser definidas de acuerdo al modelo de transporte calibrado. Se define la combinación Año-Período como  $t$ ) para simplificar notación: Ej. Punta Mañana -2010 (PM10).

**Fuente:** elaboración propia.

### 9.3.2 Flujos de vehículos motorizados en la red vial

Estos indicadores deben reflejar la demanda o flujo vehicular a nivel de arcos específicos o a nivel promedio de éstos en ejes de la red vial. Del punto de vista de los requerimientos de demanda vehicular para efectos del diseño de vías es importante contar también con una medida del tránsito medio anual que circula en las diferentes vías.

En general, los indicadores descriptivos de la situación existente de flujos vehiculares de vías es posible obtenerlos de los conteos o aforos directos de las vías. Sin embargo, para calcular este mismo indicador a nivel predictivo es necesario contar con una red vial que simule situaciones de vías urbanas congestionadas.

En el caso de vías rurales o interurbanas de baja o nula congestión, donde no exista un modelo de simulación, el valor del estimador proyectado se calculará a partir de mediciones que reflejen el comportamiento tendencial conocidas como series históricas de aforos del flujo vehicular de terreno. La tabla 71 presenta los indicadores definidos para captar los flujos vehiculares en vías.

**TABLA 71.** Indicadores de flujo vehicular.

INDICADOR <sup>a</sup>	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Flujo Horario vehicular (f) en arcos (a) de ejes relevantes de la red vial por tipo de vehículo motorizado (v) en año-período (t)	Descriptivo	$f_a^{iv}$	vehículos/hr en arcos de año base	Mediciones Terreno año base
	Predictivo		vehículos/hr en arcos de año corte	Simulación de la red vial en año de corte
Flujo Horario (F) vehicular Medio de ejes relevantes de la red vial (h) por tipo de vehículo (v) en año-período (t)	Descriptivo	$F_h^{iv}$	vehículos/hr medios de arcos del eje de año base	Mediciones Terreno año base
	Predictivo		vehículos/hr medios de arcos del eje de año corte	Simulación de la red vial en año de corte - SIG del estudio de Movilidad
Tránsito vehicular Promedio Diario Anual (TPDA) de ejes relevantes de la red vial (h) por tipo de vehículo (v) en año-período (t)	Descriptivo	$TPDA_h^{iv}$	vehículos/día medios anual en ejes de año base	Mediciones Terreno año base - SIG del estudio de Movilidad
	Predictivo		vehículos/ día medios anual en ejes de año corte	Simulación de la red vial en año de corte - SIG del estudio de Movilidad

**Fuente:** elaboración propia.

**Nota:** Incluye todos los vehículos motorizados: auto, bus, camión, buseta, taxi, colectivo, moto, etc.

### 9.3.3 Perfil de carga de pasajeros por servicios de transporte público

Estos indicadores tienen como objetivo medir la demanda detallada de los distintos servicios de transporte público a nivel de determinados ejes relevantes previamente definidos para cada municipio o sector de la ciudad. Tienen un carácter netamente operativo con el fin de apoyar la determinación de las características de los servicios para ofrecer.

**TABLA 72.** Indicadores de pasajeros.

INDICADOR &	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Flujo de pasajeros ( $fp$ ) Medio de ejes relevantes de la red vial ( $h$ ) en modo de transporte público ( $m$ ) en año-período ( $t$ )	Descriptivo	$fp_{ni}^{mt}$	vehículos/hr en arcos de año base	Mediciones Terreno año base
	Predictivo		vehículos/hr en arcos de año corte	Simulación de la red vial en año de corte
Flujo de pasajeros Total ( $Fp$ ) por ejes relevantes de la red vial ( $h$ ) en modo de transporte público ( $m$ ) en año-período ( $t$ )	Descriptivo	$Fp_h^{mt}$	vehículos/hr en arcos de año base	Mediciones Terreno año base
	Predictivo		vehículos/hr en arcos de año corte	Simulación de la red vial en año de corte

**Nota:** Incluye todos los vehículos motorizados: auto, bus, camión, buseta, taxi, colectivo, moto, etc.

**Fuente:** elaboración propia.

### 9.3.4 Flujo peatonal y de vehículos no motorizados

Estos indicadores deben reflejar los flujos de vehículos no motorizados como el modo bicicleta y peatonal a nivel de andenes de vías vehiculares y paseos peatonales o pasarelas.

Este indicador es eminentemente descriptivo y se basa en mediciones obtenidas directamente de terreno

**TABLA 73.** Indicadores de flujo peatonal y vehículos no motorizados.

INDICADOR &	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Flujo Horario peatonal en sentido ( $s$ ) de la vía ( $x$ ) del sector ( $i$ ) del año-período ( $t$ )	Descriptivo	$P_{sxi}^t$	Peatones/hora en sentido s	Mediciones Terreno año base
Flujo Horario en bicicleta en sentido $s$ de la vía ( $x$ ) del sector ( $i$ ) del año-período ( $t$ )	Descriptivo	$B_{sxi}^t$	Bicicletas/hora en sentido s	Mediciones Terreno año base

**Nota:** Las vías peatonales donde se lleve el registro de flujo deben ser definidas previamente.

**Fuente:** elaboración propia.

### 9.3.5 Demanda de viajes por transporte de carga

Estos indicadores deben reflejar la movilidad o movimientos de carga que se producen entre sectores y municipios del Valle de Aburrá. Deben medir tanto las distancias recorridas por tipo de vehículos de carga como también los movimientos principales entre sectores y municipios, distinguiendo el tipo de carga que interactúa entre ellos.

La representación de estos indicadores no presentará mayores diferencias a nivel descriptivo como predictivo, existiendo solo diferencias en las fuentes de la cuales provendrá su información para su medición o cálculo.

**TABLA 74.** Indicadores de demanda de transporte de carga.

INDICADOR <sup>a</sup>	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Distancia media recorrida ( <i>D</i> ) entre pares origen destino de municipios o sectores ( <i>i-j</i> ) por año-período ( <i>t</i> ), y tipo de vehículo ( <i>v</i> )	Descriptivo	$D_{ij}^{iv}$	veh-Km./período por sector año base	EOD-Tpte. Carga año base
	Predictivo		veh-Km./ período por sector año corte	Se calcula a partir de estimaciones para año de corte
Cantidad de vehículos ( <i>Vc</i> ) entre pares origen destino de municipios o sectores ( <i>i-j</i> ) por año-período ( <i>t</i> ), y tipo de vehículo( <i>v</i> )	Descriptivo	$Vc_{ij}^{iv}$	vehiculos/ período entre sector año base	EOD-Tpte. Carga año base
	Predictivo		vehiculos/ período entre sectores año corte	Se calcula a partir de estimaciones para año de corte
Carga Total ( <i>To</i> ) entre pares origen destino de municipios o sectores ( <i>i-j</i> ) por año-período ( <i>t</i> ) y Tipo de vehículo ( <i>c</i> )	Descriptivo	$To_{ij}^{ic}$	Ton-km/ período entre sectores año base	EOD-Tpte. Carga año base
	Predictivo		Ton-km/ período entre sectores año corte	Se calcula a partir de estimaciones para año de corte
Carga Total que Ingresa ( <i>Toi</i> ) a municipio o sector ( <i>i</i> ) por año-período ( <i>t</i> ) en modo ( <i>m</i> )	Descriptivo	$Toi^{im}$	Ton-km/ período por sector año base	EOD-Tpte. Carga año base
	Predictivo		Ton-km/ período por sector año corte	Se calcula a partir de estimaciones para año de corte
Carga Total que Sale ( <i>Toe</i> ) de municipio o sector ( <i>i</i> ) por año-período ( <i>t</i> ) en modo ( <i>m</i> )	Descriptivo	$Toe_i^{im}$	Ton-km/ período por sector año base	EOD-Tpte. Carga año base
	Predictivo		Ton-km/ período por sector año corte	Se calcula a partir de estimaciones para año de corte

Fuente: elaboración propia.

Nota: Los sectores y tipos de vehículos y de carga deberán ser definidos de acuerdo con la EOD-Carga vigente.

### 9.3.6 Indicadores de provisión de infraestructura

Estos indicadores entregarán una medida de la infraestructura vial y su relación con el crecimiento del parque vehicular.

En el caso descriptivo éstos se obtienen de situaciones pasadas conocidas. En el caso predictivo entregan una propuesta de cantidad de vialidad como opción de vialidad para los requerimientos totales de demanda de vehículos: pesados más livianos.

**TABLA 75.** Indicadores de provisión de infraestructura.

INDICADOR <sup>a</sup>	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Longitud de vías vehiculares (LVU) por superficie urbana (SU) por sector ( <i>i</i> ) en año ( <i>t</i> )	Descriptivo	$LVU/SU_i^t$	Km. /superficie perímetro urbano por sector	Catastro de validez existente en año base SIG del estudio
	Predictivo		Km. /superficie perímetro urbano por sector	Plan Vial Seleccionado
Longitud de vías vehiculares (LVU) urbanas por parque vehicular total (PVT) en año ( <i>t</i> )	Descriptivo	$LVU/PVT^t$	Km. / vehículos equivalentes	Catastro de validez existente en año base
	Predictivo		Km. / vehículos equivalentes	Plan Vial Seleccionado
Longitud de vías Peatonales p urbanas por sector ( <i>i</i> ) en año ( <i>t</i> )	Descriptivo	$LVP_i^t$	Km. /superficie perímetro urbano por sector	Catastro de validez existente en año base
	Predictivo		Km. /superficie perímetro urbano por sector	Propuesta Municipal año ( <i>t</i> )
Longitud de Ciclo vías urbanas por sector ( <i>i</i> ) en año ( <i>t</i> )	Descriptivo	$LCV_i^t$	Km. /superficie perímetro urbano por sector	Catastro de validez existente en año base
	Predictivo		Km. /superficie perímetro urbano por sector	Propuesta Municipal año ( <i>t</i> )

Fuente: elaboración propia.

Nota: Para el recuento se considerarán sólo aquellas vías formales que estén debidamente pavimentadas o asfaltadas.

### 9.3.7 Provisión de servicios de transporte público

Estos indicadores a nivel descriptivo constituyen una medida de la oferta de servicios de transporte público que se dan en el sistema de transporte.

A nivel predictivo constituyen una medida de las nuevas condiciones de operación que ofrecen estos servicios.

**TABLA 76.** Indicadores de provisión de servicios de transporte público.

INDICADOR <sup>a</sup>	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Cantidad de vehículos (VK) de transporte público (m) por sectores o municipios (i) en año (t)	Descriptivo	$VK_i^{mt}$	veh-km/superficie por sector año base	Estudios de Base de Terreno
	Predictivo		veh-km/superficie por sector año de corte	Opciones de Transporte Público del Plan Maestro de Movilidad
Frecuencia Total de servicios del modo de transporte público (m) directos entre sectores (i,j) por período y año-período (t)	Descriptivo	$F_{ij}^{mt}$	buses/hr por período en año base	Estudios de Base de Terreno
	Predictivo		buses/hr por período por año de corte	Opciones de Transporte Público para proponer en el Plan Maestro de Movilidad
Flota de Vehículos Operativa (FVO) de modo transporte público (m) en año (t)	Descriptivo	$FVO^{mt}$	Flota o número total de Vehículos operativos del modo m en año de corte t	Estudios de Base de Terreno
Numero de Operadores por servicio de transporte público modo (m) en año (t)	Descriptivo	$NOP^{mt}$	Número total de Operadores del modo m en año de corte t	Estudios de Base de Terreno

*Nota:* Los indicadores de Flota y Número de Operadores son descriptivos de una situación conocida.

Fuente: elaboración propia.

### 9.3.8 Indicadores de niveles de servicio del sistema

Estos indicadores deben reflejar la situación de equilibrio de mercado oferta demanda que ofrece el sistema de transporte del Valle, dada la situación existente.

Son particularmente importantes como medidas de comparación con ciudades de similares características demográficas y socioeconómicas, y como medida para verificar los niveles de congestión vehicular y calidad del servicio de transporte público.

**TABLA 77.** Indicadores de niveles de servicio.

INDICADOR	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Tarifa o Costo de viaje en el modo (m) a nivel de pares orígenes destinos de municipios o sectores (i,j) en año-período (t)	Descriptivo	$C_{ij}^{tm}$	(\$/hab) por año base	Estudios de Terreno
	Predictivo		(\$/hab) por año de corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte
Tiempo medio total de viaje por modo de transporte (m) a nivel de pares orígenes destinos de municipios o sectores (i,j) en año-período (t)	Descriptivo	$tv_{ij}^{tm}$	(min) por año base	Estudios de Terreno
	Predictivo		(min) por año de corte-	Salidas Modelo de Transporte año de corte
Tiempo de caminata de acceso medio a vehículos de transporte público (m) en año-período (t)	Descriptivo	$ta^{tm}$	(min) por año base	Estudios de Terreno
	Predictivo		(min) por año de corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte

INDICADOR	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Tiempo de espera medio de transporte público (m) en año-período (t)	Descriptivo	$te^{mt}$	(min) por año base	Estudios de Terreno
	Predictivo		(min) por año de corte	Salidas Modelo de Transporte año de corte
Velocidad vehicular Media en ejes relevantes de la red vial (h) por tipo de vehículo (v) en año-período (t)	Descriptivo	$V_h^{tv}$	(Km./hr) del eje de año base	Mediciones Terreno año base
	Predictivo		(Km./hr) del eje de año base	Simulación de la red vial en año de corte
Cantidad de kilómetros consumidos por modo de transporte (m) por período y año-período (t)	Descriptivo	$VK^{mt}$	veh-km/hr por modo m en período t en año base	Estudios de Base de Terreno
	Predictivo		veh-km/hr por modo m en período t por año de corte	Corrida del modelo de Tpte. 4 etapas por año y período t
Tiempo Generalizado Total consumido por modo de transporte (m) por período y año-período (t)	Descriptivo	$TG^{mt}$	hr-viajes/hr por modo m en período t en año base	Estudios de Base de Terreno
	Predictivo		hr-viajes/hr por modo m en período t por año de corte	Corrida del modelo de Tpte. 4 etapas por año y período t

Fuente:  
elaboración propia.

### 9.3.9 Indicadores de seguridad vial

Estos indicadores tienen como objetivo identificar los sectores y municipios del Valle que presenten signos de inseguridad vial importantes reflejados en el alto número de accidentes de tránsito que se producen en ellos.

Estos indicadores son eminentemente descriptivos y están basados en la recopilación de información estadística histórica existente en las bases de datos nacionales<sup>36</sup>, municipales y de la policía de tránsito que incluyan el detalle de la ocurrencia de cada accidente (tipo de accidente, muertos y lesionados, maniobra, direcciones de circulación, lugar de ocurrencia, etc.).

<sup>36</sup> Junto con la cantidad, ubicación y tipo de accidentes, se trata de buscar las relaciones de causa efecto, atribuibles a la forma de operación o características del diseño de vías.

Información suministrada por el Fondo de Prevención y Seguridad Vial.

**TABLA 78.** Indicadores de seguridad vial.

INDICADOR	CLASE	FÓRMULA	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Cantidad de accidentes (A) de tipo (k) por kilómetro de vía expuesta de municipio o sector (i), año (t).	Descriptivo	$A_i^{kt}$ (vector)	Accidentes tipo k / km de vía de sector i en año t	Bases de datos ministeriales, municipales y de la policía
Matriz de Relaciones Causa-Efecto por municipio o sector (i), año (t).	Descriptivo	$MA_{ce}^{it}$	Tipo de Accidentes /Causa al año por sector i en año t	Bases de datos ministeriales, municipales y de la policía
Tasa de accidentes por población (P) de municipio o sector (i), año (t).	Descriptivo	$TA_j^t = \frac{\sum_k A_i^{kt}}{P_i^t}$	Accidentes/persona por sector i en año t	Bases de datos ministeriales, municipales y de la policía

Fuente:  
elaboración propia.



### 9.3.10 Indicadores Socioeconómicos

Estos indicadores tienen como objetivo identificar las características socioeconómicas y demográficas principales que presenta el área de estudio para ver su evolución en el tiempo y determinar cómo influyen en el sistema de movilidad del Valle de Aburrá.

Estos indicadores son descriptivos y predictivos en la medida en que sirven de entradas (input) a los escenarios de uso de suelo que alimentan al modelo de simulación de transporte.

En su mayor parte son genéricos a nivel del área y sólo en algunos casos es posible obtenerlos a nivel de municipios.

**TABLA 79.** Indicadores socioeconómicos.

INDICADOR	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN	CONSULTA
Hogares (H) por estrato socioeconómico (e) por municipio o sector (i), año (t).	Descriptivo	$H_i^{et}$	(Hogares / sector) por año base	Datos DANE situación actual	Anexo 9.10.1.a SIG del estudio
	Predictivo		(Hogares / sector) por año de corte	Escenarios de Uso de Suelo del Plan Maestro de Movilidad	Anexo 9.10.1.b SIG del estudio
Tasa de Motorización por hogar de estrato socioeconómico (e) por año (t).	Descriptivo	$TM^{et}$	(Número de Autos de uso particular / hogar) por estrato año base	Datos EOD-H vigente	Anexo 9.10.2.a
	Predictivo		(Número Autos de uso particular /hogar) por estrato año de corte	Escenarios de Uso de Suelo del Plan Maestro de Movilidad	Anexo 9.10.2.b
Numero de Personas por Hogar de estrato socioeconómico (e) por año (t).	Descriptivo	$NPH^{et}$	(Personas/hogar) por estrato año base	Datos EOD-H vigente	Anexo 9.10.3.a
	Predictivo		(Personas/hogar) por estrato año corte	Escenarios de Uso de Suelo del Plan Maestro de Movilidad	Anexo 9.10.3.b
Parque (densidad) vehicular por modo privado (m) en año (t)	Descriptivo	$PV^{mt}$	(Total de Vehículos / hab) por modo auto año base	Registro Patentes existente	Anexo 9.10.4.a
	Predictivo		(Total de Vehículos / hab) por modo auto año de corte	Escenarios de Uso de Suelo del Plan Maestro de Movilidad	Anexo 9.10.4.b
Superficie (S) de Uso de Suelo (k) por municipio (i) en año (t)	Descriptivo	$S_{ik}^t$	Superficie (Ha) por sector año base	Catastro Estudios de base	Anexo 9.10.5.a SIG del estudio
	Predictivo		Superficie (Ha.) por sector año de corte	Escenarios de Uso de Suelo del Plan Maestro de Movilidad	Anexo 9.10.5.b SIG del estudio

Fuente:  
elaboración propia.

### 9.3.11 Indicadores de variables ambientales

Estos indicadores tienen como objetivo representar las condiciones ambientales resultantes de las medidas imperantes en el sistema de transporte en el caso descriptivo, y esperadas de los proyectos propuestos en el caso predictivo.

Estos indicadores son descriptivos en la medida en que se calculan a partir de las condiciones ambientales imperantes en el Valle de Aburrá, y predictivos en la medida en que se calculan a partir de los resultados de demanda de flujos vehiculares por vías resultantes de las corridas del modelo de simulación de transporte.

**TABLA 80.** Indicadores ambientales.

INDICADOR	CLASE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES DE MEDIDA	FUENTE DE INFORMACIÓN	CONSULTA
Variación de Emisión de Contaminante tipo (k) por arco (a) de la red del año (t).	Descriptivo	$EC_k^{at}$	(ppm / arco) por año base	Cálculo de Emisiones a partir de flujos año base	Anexo 9.11.1.a
	Predictivo		(ppm / arco) por año t	Calculo de Emisiones a partir de flujos año t provenientes de modelo transporte	Anexo 9.11.1.b
Variación de Emisión de Contaminante tipo (k) por municipio o sector (s) por población del municipio o sector (s) del año (t).	Descriptivo	$EC_k^{st}/P_s^t$	(ppm contaminante tipo k / población sector s) por año base	Cálculo de Emisiones a partir de flujos año base	Anexo 9.11.2.a SIG del estudio
	Predictivo		(ppm contaminante tipo k / población sector s) por año t	Calculo de Emisiones a partir de flujos año t provenientes de modelo transporte	Anexo 9.11.2.b SIG del estudio
Nivel de Contaminante tipo (k) medido en estación o punto de monitoreo (e) del año (t).	Descriptivo	$NC_k^{et}$	(ppm contaminante tipo k / estación e) por año t	Datos provenientes de la estación de monitoreo e del año t	Anexo 9.11.3
Nivel de Ruido medido en estación de ruido (e) del año (t).	Descriptivo	$NR^{et}$	(decibeles/estación s) por año t	Datos provenientes de la estación de monitoreo e del año t	Anexo 9.11.4

Fuente: elaboración propia.

# 10. ANÁLISIS AMBIENTAL

La formulación del Plan Maestro de Movilidad en esencia busca el mejoramiento de las condiciones de vida de la población del Valle del Aburrá. Por esta razón, todas y cada una de las acciones planteadas en el presente plan contribuyen de manera directa a mejorar la calidad de vida y a lograr el desarrollo de la Región.

Esto obliga a la consideración del medio ambiente, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo de las actividades económicas como aspectos fundamentales para el desarrollo humano en condiciones sanas. El análisis ambiental como parte integral del plan implica que las actuaciones planteadas en materia de movilidad, infraestructura y planeamiento estén orientadas a lograr el desarrollo de los municipios que comprenden el Valle de Aburrá en condiciones ambientales adecuadas, en el marco de las políticas y metas en materia ambiental, definidas en el ámbito internacional, nacional y local.

Este capítulo recoge el análisis ambiental, el cual se construyó siguiendo las directrices y recomendaciones de la Subdirección Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, con el apoyo de los distintos estudios que se han desarrollado por parte de las autoridades del medio ambiente y los centros de investigación de las universidades Nacional, de Antioquia y Bolivariana, y considerando los acuerdos internacionales, la norma nacional y local, los planes de ordenamiento territorial y demás políticas establecidas para los municipios que comprenden el Valle de Aburrá.

En el capítulo se revisan en primer lugar las condiciones espaciales, poblacionales y medioambientales de la Región, identificando los principales elementos que se conjugan en el Valle de Aburrá y que conforman el escenario para el análisis medioambiental frente al plan de movilidad.

Posteriormente, se desarrollan algunos elementos alrededor del concepto de movilidad sostenible, con el fin de obtener criterios de definición de estrategias y propuestas ambientales como parte integral del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá.

Se examinan igualmente los instrumentos de regulación y promoción de recursos medioambientales, así como las políticas vigentes, y se define la línea base sobre la cual se realiza la evaluación ambiental. Finalmente, se realiza un ejercicio de valoración del impacto ambiental por contaminación del aire en cada uno de los escenarios propuestos por el Plan y se evalúan los proyectos formulados a partir de factores de impacto ambiental.

## 10.1. IMPACTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

El impacto en general indica la alteración que sufre el medio o alguno de los elementos que lo constituyen por la acción que sobre él se ejerza de manera voluntaria e involuntaria. La valoración de este impacto desde la perspectiva de bienestar humano es la que define el impacto ambiental<sup>37</sup>.

Teniendo en cuenta que el impacto ambiental se produce generalmente por el desarrollo de actividades en un entorno determinado, se puede establecer de manera general que el impacto tiene dos componentes: causa y efecto. Las causas de impacto ambiental se pueden agrupar en:

- └ Derivadas de la extracción, explotación y uso de recursos naturales.
- └ Derivadas de la ocupación, transformación y uso del espacio – cantidad e intensidad del uso del suelo para las diferentes actividades humanas.
- └ Derivadas de la emisión de efluentes.
- └ Derivadas del ejercicio de la actividad humana para el fortalecimiento del medio ambiente o de armonía con éste.

Los efectos o revelaciones del impacto generado se agrupan en<sup>38</sup>:

- └ Alteraciones de factores ambientales.
- └ Alteraciones de los valores de un factor ambiental alterado.
- └ Efectos ambientales con repercusiones en el bienestar humano.

Teniendo en cuenta los diferentes impactos ambientales por cada una de estas causas, el análisis medioambiental del plan maestro consideró previamente el estudio de causas e impactos asociados directa o indirectamente a la movilidad en el Valle de Aburrá.

Para el Plan Maestro de Movilidad se consideraron las causas derivadas del uso de recursos naturales, usos del suelo, emisión de factores contaminantes del aire y concentración de las actividades humanas, así como el mejoramiento de las condiciones ambientales a partir de la gestión medioambiental y la acción institucional y ciudadana, orientadas a mejorar la calidad de vida de los habitantes del Valle de Aburrá. En relación con los impactos se consideraron aquellos asociados con alteraciones en el aire por contaminación y ruido, alteraciones en monóxido de carbono, material particulado MP, monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, óxido de nitrógeno NO<sub>x</sub>, dióxido de azufre SO<sub>2</sub> y ozono O<sub>3</sub>, y efectos ambientales en el ser humano, de los factores evaluados.

Con base en el análisis planteado por Nerín de la Puerta, Cristina. Urbanismo e Ingeniería Ambiental.

Ibíd.

FIGURA 29. Síntesis general de los factores de evaluación.

CAUSAS		IMPACTOS	
Extracción, explotación y uso de recursos naturales	▲	Alteraciones de factores ambientales (aire, agua)	▲
Ocupación, transformación y uso del espacio - cantidad e intensidad del uso del suelo	■	Alteraciones de los valores de un factor ambiental alterado ( PST, PM10, CO, SO2, NO2, O3)	■
Emisión de efluentes	▼		▼
Ejercicio de la actividad humana para el fortalecimiento del medio ambiente		Efectos ambientales con repercusiones en el bienestar humano	

Fuente: elaboración propia.

De esta manera, la evaluación considera las repercusiones de las estrategias, mecanismos, escenarios y medidas contenidas en la formulación del Plan y su efecto sobre el suelo y el aire de forma muy específica, y de manera general sobre los otros elementos del medio<sup>39</sup>; lo anterior sobre una línea base construida para tal efecto a partir de diversos estudios suministrados por el **AMVA**.

Es importante señalar que la consultoría toma como marco de análisis los distintos estudios y documentos asociados al tema ambiental, realizados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el Municipio de Medellín, la Universidad Nacional, la Universidad Pontificia Bolivariana, el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, CORANTIOQUIA, CORNARE, varios municipios, los planes de ordenamiento territorial y los planes, programas y proyectos que lideran las diferentes instituciones de la Región, en sus planes de desarrollo, Plan Estratégico Ambiental Metropolitano, Plan de Áreas Verdes y Espacios Públicos, Plan Integral de Desarrollo Metropolitano-Proyecto Metrópoli 2002-2020, Planes Estratégicos del Norte y del Sur. Particularmente como documentos técnicos se incorporan el modelo ECSIM y el Modelo de Energía Ambiente-Economía MARKAL. Éste último ofrece una gran riqueza técnica y conceptual, que se intenta acopiar adecuadamente en esta evaluación, y del que se recomienda más allá de su apropiación e implementación, algunos desarrollos complementarios en otros sectores.

### **10.1.1 Evaluación ambiental multifactor del Plan Maestro de Movilidad**

El enfoque principal de los aspectos ambientales en la formulación del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá se orienta fundamentalmente a la mitigación de impactos sobre los factores medioambientales que genere el Plan y a la optimización y aprovechamiento eficiente de los recursos.

Este ejercicio se desarrolla a partir de la construcción de una matriz que incorpore los factores ambientales susceptibles de ser impactados, los indicadores y el peso o importancia que tiene dentro de la evaluación.

Dado que en la formulación del Plan Maestro de Movilidad, la evaluación multicriterio considera fundamentalmente dentro de los aspectos ambientales las afectaciones en el aire (contaminación y ruido), en el suelo y en el consumo de combustibles, se consideró pertinente realizar la evaluación sobre los niveles de ruido, emisiones contaminantes e impactos ecológico y medioambiental.

Ahora bien, en una evaluación mucho más completa de la sostenibilidad ambiental es preciso contemplar la reducción del consumo de recursos no renovables, la conservación y mejora de los ecosistemas, el mantenimiento del patrimonio histórico, el mantenimiento y mejora del factor aire y la participación ciudadana. Para la evaluación ambiental del Plan de Movilidad de la Región Metropolitana Valle de Aburrá se consideran aquellas variables asociadas a los factores aire, recursos, suelo y zonas verdes.

## **10.2. EVALUACIÓN AMBIENTAL**

### **10.2.1 Emisiones contaminantes**

Los vehículos automotores se consideran las principales fuentes de contaminación ambiental, siendo los responsables de las mayores emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>x</sub>), material particulado, compuestos orgánicos volátiles, ozono (O<sub>3</sub>) y metano. En la medida que el parque automotor de las ciudades está en constante crecimiento, la contaminación

42

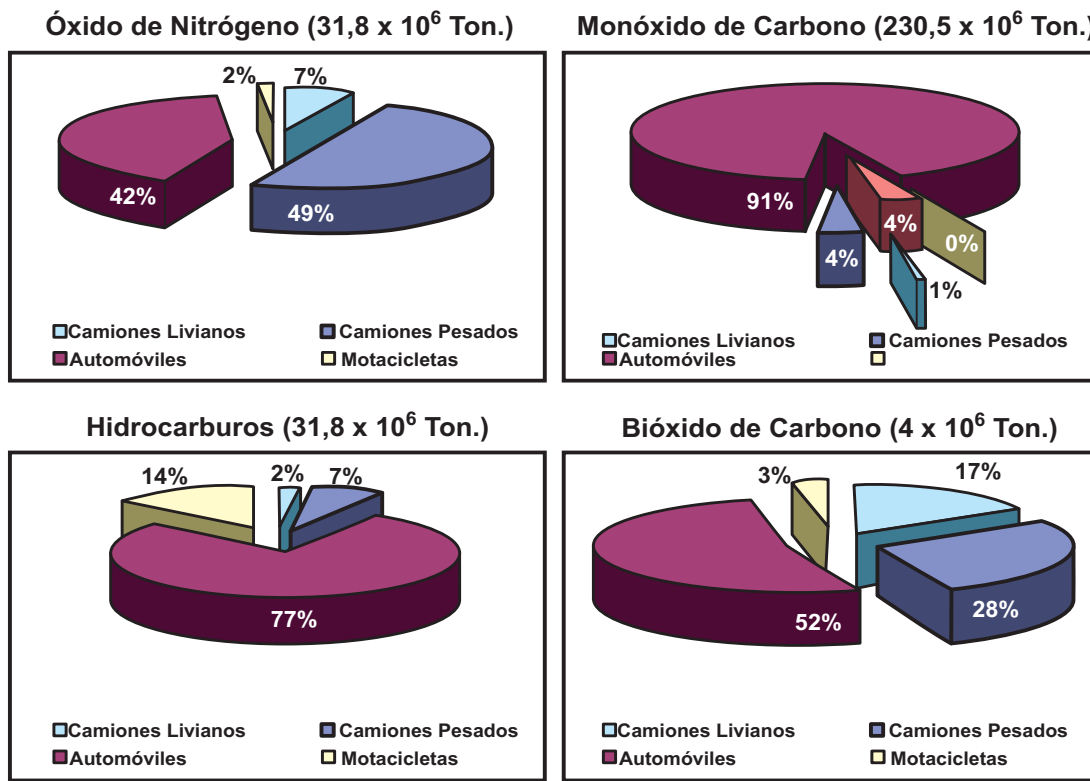
En la medida en que fue posible identificar impacto sobre la flora, la fauna, el recurso hídrico, el paisaje, bienes materiales y patrimonio cultural a partir del Plan de Movilidad.

del aire cobra cada vez mayor importancia en la regulación y en las políticas urbanas. El 20% de la contaminación producida por los vehículos automotores proviene de los vapores producidos por la gasolina, 20% constituido por los hidrocarburos con pequeñas cantidades de CO y de NOx y en los vehículos nuevos el 95% de la contaminación proviene de la formación de hidrocarburos CO<sub>2</sub> CO y NOx. La figura 30 muestra la contribución de cada tipo de vehículo a la producción de contaminantes atmosféricos<sup>40</sup>, es evidente el gran impacto generado por el automóvil y los camiones pesados en la calidad del aire. Posteriormente, se plantea la participación de los distintos modos de transporte en la contaminación del Valle de Aburrá, de acuerdo con las características particulares de los modos de transporte y los combustibles utilizados.

El párrafo es una adaptación de: Schifter, Isaac y López Salinas, Esteban. Usos y abusos de las gasolinas. Fondo de Cultura Económica. Secretaría de Educación Pública y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. 1998. www.omega.ilce.edu.mx

40

**FIGURA 30.** Participación del transporte en la contaminación del aire.



Fuente: elaboración propia.

41

Diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005-2020. Área Metropolitana, Julio de 2005.

La repercusión del transporte en el medio ambiente del Valle de Aburrá se centra en elementos contaminantes en el aire, tales como material particulado en suspensión, nivel de ruido, monóxido de carbono y concentraciones de ozono. El mayor aporte en cuanto a contaminantes corresponde al monóxido de carbono (CO), el cual se genera principalmente en el sector del transporte (fuentes móviles) y está relacionado con procesos de combustión incompleta (ineficiencia), los cuales son típicos de las condiciones de operación de los motores a gasolina y diesel que impulsan el parque automotor dentro del sistema de transporte del Valle de Aburrá<sup>41</sup>.

**TABLA 81.** Producción contaminantes del sector transporte Valle de Aburrá.

CONTAMINANTE	PORCENTAJE TOTAL DEL CONTAMINANTE	PORCENTAJE OTROS SECTORES	PORCENTAJE SECTOR TRANSPORTE
CO	77.6	5.4	86.9
HC	8.8	-	9.9
NOx	4.1	13.8	2.8
MP	7.9	66.5	0.31
SOx	1.6	14.3	-

Fuente:  
Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005.

Sin embargo, también es claro que dicho impacto está directamente relacionado con el tipo de combustible utilizado y por la edad de los vehículos. La primera conclusión que se desprende del análisis de las cifras presentadas en la tabla anterior es el gran incremento que se produce en la contaminación por la edad de los vehículos; la emisión de contaminante CO para un bus a gasolina de 18 años es casi diez veces mayor a la emisión de un bus de 4 años; casi 10 veces mayor para una buseta a gasolina de 18 años frente a una de 4 años y 9 veces más para un microbús a gasolina de 18 años frente a uno de 4 años.

Se evidencia igualmente una menor tendencia de contaminación en el uso de combustibles Diesel EURO 2 y el GNV.

El Inventario de emisiones atmosféricas para el Valle de Aburrá, contempló los factores de emisión de combustible a partir de la consideración de los siguientes factores:

<b>Tipo de combustible</b>	Gasolina o diesel.
<b>Tipo de vehículo</b>	Vehículos de pasajeros o de carga (liviana o pesada).
<b>Categoría del vehículo</b>	Referida a la capacidad del motor (cilindraje).
<b>Tipo de vía</b>	Relacionado con la velocidad de circulación de los vehículos.
<b>Modelo del vehículo</b>	Relacionado con el año de fabricación de los vehículos.

### 10.2.2 Línea base de emisiones contaminantes para el Valle de Aburrá 2005<sup>42</sup>

La estimación de emisiones contaminantes se constituyó en un punto de referencia para determinar el impacto que pueden generar las diferentes acciones propuestas por el Plan Maestro de Movilidad de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá. La línea base hace parte de las variables consideradas en el análisis multifactor ambiental, específicamente en la medición de efectos positivos y negativos que se pueden generar por efecto de los proyectos y planes formulados en el Plan Maestro de Movilidad.

Los impactos en las emisiones contaminantes se calcularon de acuerdo con los diferentes escenarios propuestos por el Plan y particularmente por los resultados y restricciones acerca del parque automotor y de la dinámica de concentración de actividades económicas y de transporte. El cálculo de las emisiones contaminantes hace parte de los resultados de la medición de impactos ambientales del Plan Maestro de Movilidad de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá.

42

La línea base para este estudio se conformó a partir de los datos correspondientes al año 2005, en razón de que hasta la aplicación del modelo aún no se habían realizado las mediciones del año 2006; por este motivo, aun cuando se alcanzaron a incorporar algunos datos del inventario de emisiones del 2006 como referencia, los análisis no pudieron ser realizados con base en los mismos.

Para analizar las implicaciones del Plan de Movilidad se requirió la conformación de una línea base de emisiones contaminantes relacionadas con el efecto del transporte, y una línea objetivo que corresponde con la reducción de dichas emisiones producto de las medidas propuestas en el Plan y la elección del escenario con mejores posibilidades en términos ambientalmente sostenibles. De acuerdo con lo anterior, la determinación de impacto en las emisiones del Plan Maestro de Movilidad de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá está condicionada a las restricciones y condicionamientos de transporte y tráfico, instrumentos normativos, así como las dinámicas sociales y económicas previstas en el desarrollo del Plan, factores que se establecen a partir de los diferentes proyectos y planes.

Para la conformación de la línea base se adoptaron las mediciones provenientes de la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá para el año 2005, que aunque no se hace directamente sobre el parque automotor, corresponden en su mayoría a los sitios de mayor afluencia vehicular en el Valle de Aburrá. Ya que estos datos no están relacionados directamente con el sector transporte, se le ha denominado Línea Base General 2005. Dentro de la línea base del Plan de Movilidad de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá igualmente se contemplan aquellas emisiones relacionadas con el transporte, para lo cual se consideran las mediciones realizadas directamente sobre el parque automotor en los municipios del Valle de Aburrá en el año 2005 por parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. A estos resultados se les ha denominado Línea Base de Transporte 2005.

En relación con las mediciones de niveles de ruido se consideran los resultados de diferentes estudios a nivel municipal que elaboró el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en asociación con otras entidades, principalmente de carácter académico (Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad de Antioquia, Universidad de Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana). La línea base correspondiente se denomina Línea Base Ruido 2005.

#### 10.2.2.1 Línea Base General 2005

La línea base está conformada por los principales indicadores de medición de la calidad del aire, y para los cuales existe información para el año 2005:

- Número de vehículos que no aprobaron o no se sometieron a revisión de emisión de gases de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>), emitidas a la atmósfera a través del escape de un vehículo como resultado de su funcionamiento.
- Concentración de material particulado PM10 a condiciones de referencia [Ug/m<sup>3</sup>]. Este indicador es importante para establecer los cambios producidos por las propuestas en materia de tráfico y parque automotor del Plan, considerando que actualmente sobrepasa la norma anual internacional de 50 Ug/m<sup>3</sup> (EE UU).
- Concentración de material particulado TSP a condiciones de referencia [Ug/m<sup>3</sup>].
- Concentración de monóxido de carbono (ppm).
- Dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en ambiente [Ug/m<sup>3</sup>] a condiciones de referencia.
- Concentración de compuestos orgánicos ozono<sup>43</sup>.

Se obtuvo mediante el inventario de estimaciones 2006.

<sup>43</sup> La línea base de emisiones contaminantes se trabajó a partir de los datos promedio geométrico anual y tomando como referencia el máximo nivel de emisión contemplado en la norma colombiana y en algunos casos normas internacionales.



10.2.2.2 Línea Base Sector Transporte

**TABLA 82.** Vehículos revisados 2005.

MUNICIPIO	TOTAL VEHÍCULOS VERIFICADOS	SEGUNDO SEMESTRE	PRIMER SEMESTRE
ITAGÜÍ	802	542	260
CALDAS	162	69	93
BELLO	732	390	342
BARBOSA	101	36	65
LA ESTRELLA	213	132	81
MEDELLÍN	1.508	460	1048
SABANETA	185	75	110
COPACABANA	131	46	85
GIRARDOTA	54	0	54
<b>TOTAL</b>	<b>3.888</b>	<b>1.750</b>	<b>2.138</b>

Fuente:  
Subdirección Ambiental AMVA,  
2005.

La línea base consiste en identificar el número de vehículos que superan la norma ambiental, de acuerdo con el modelo del vehículo y obviamente la línea objetivo se basa en la reducción de vehículos que superen la norma de emisiones contaminantes.<sup>44</sup> Los contaminantes evaluados son:

- └ Porcentaje % de emisiones de CO.
- └ Concentración de hidrocarburos (ppm).

Los siguientes datos corresponden a las normas de emisión de CO y de hidrocarburos, de acuerdo con el modelo del automotor:

44

Es importante señalar que los datos aquí consignados están referidos en la Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas para el Valle de Aburrá, pág. 37, y complementados con análisis más rigurosos en relación con el porcentaje de cumplimiento de la normatividad de emisión de gases en operativos de fuentes móviles realizados por el AMVA.

NORMA % CO						
1974 – Ant	1975 – 1980	1981-1990	1991-1995	1996-1997	1998-2000	2001-Post
7,50%	6,50%	5,50%	4,50%	3,50%	2,50%	1,00%

NORMA HC(ppm)						
1974 – Ant	1975 – 1980	1981-1990	1991-1995	1996-1997	1998-2000	2001-Post
1200	1000	900	750	450	300	200

**TABLA 83.** Línea base de transporte 2005 CO%.

% COMODELO	CANTIDAD	MEDIA	NORMA DE EMISIÓN	
			Cantidad	
			< =	>
<b>ITAGÜÍ</b>				
Anteriores – 1974	125	3,81%	104	21
1975 – 1980	178	3,62%	148	30
1981 – 1990	310	3,56%	238	72
1991 – 1995	116	2,78%	90	26
1996 – 1997	47	2,97%	30	17
1998 – 2000	21	0,57%	19	2
2001 – Posteriores	5	0,93%	4	1
Total	802		633	169
<b>Porcentaje</b>			<b>78,9</b>	<b>21</b>
<b>CALDAS</b>				
Anteriores – 1974	21	3,45%	19	2
1975 – 1980	31	3,18%	27	4
1981 – 1990	65	3,61%	46	19
1991 – 1995	25	3,03%	19	6
1996 – 1997	12	1,26%	10	2
1998 – 2000	6	0,09%	6	0
2001 – Posteriores	2	0,19%	2	0
Total	162		129	33
<b>Porcentaje</b>			<b>79,63</b>	<b>20,37</b>
<b>BELLO</b>				
Anteriores – 1974	121	3,91%	107	14
1975 – 1980	143	3,06%	123	20
1981 – 1990	268	3,68%	196	72
1991 – 1995	135	2,36%	112	23
1996 – 1997	33	2,19%	27	6
1998 – 2000	26	0,43%	24	2
2001 – Posteriores	6	0,01%	6	0
Total	732		595	137
<b>Porcentaje</b>			<b>81,3</b>	<b>18,7</b>

**Fuente:**

Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá.

**TABLA 84.** Línea base de transporte 2005 CO%.

MODELO	CANTIDAD	MEDIA	NORMA DE EMISIÓN	
			Cantidad	
			< =	>
<b>BARBOSA</b>				
Anteriores – 1974	11	3,16%	10	1
1975 – 1980	24	3,80%	19	5
1981 – 1990	42	4,05%	28	14
1991 – 1995	14	2,05%	13	1
1996 – 1997	4	1,26%	4	0
1998 – 2000	4	3,05%	2	2
2001 – Posteriores	2	0,30%	2	0
Total	101		78	23
<b>Porcentaje</b>			<b>77,2</b>	<b>22,7</b>
<b>LA ESTRELLA</b>				
Anteriores - 1974	44	3,99%	35	9
1975 - 1980	51	3,72%	42	9
1981 - 1990	76	4,16%	53	23
1991 - 1995	29	3,66%	19	10
1996 - 1997	10	3,57%	5	5
1998 - 2000	3	2,16%	1	2
2001 - Posteriores	0	0,00%	0	0
Total	213		155	58
<b>Porcentaje</b>			<b>72,7</b>	<b>27,2</b>
<b>MEDELLÍN</b>				
Anteriores - 1974	57	2,75%	55	2
1975 - 1980	183	3,06%	163	20
1981 - 1990	498	2,74%	447	51
1991 - 1995	386	2,22%	325	61
1996 - 1997	181	1,32%	163	18
1998 - 2000	105	0,53%	101	4
2001 - Posteriores	98	0,15%	94	4
Total	1508		1348	160
<b>Porcentaje</b>			<b>89,4</b>	<b>10,6</b>

Fuente:  
Red de Calidad del Aire del Valle  
de Aburrá.

**TABLA 85.** Línea base de transporte 2005 CO%.

MODELO	CANTIDAD	MEDIA	NORMA DE EMISIÓN	
			Cantidad	
			< =	>
<b>SABANETA</b>				
Anteriores - 1974	22	3,66%	20	2
1975 - 1980	42	4,71%	29	13
1981 - 1990	64	3,96%	49	15
1991 - 1995	33	3,10%	22	11
1996 - 1997	10	2,38%	8	2
1998 - 2000	11	0,91%	10	1
2001 - Posteriores	3	0,19%	3	0
Total	185		141	44
<b>Porcentaje</b>			<b>76,2</b>	<b>23,7</b>
<b>COPACABANA</b>				
Anteriores - 1974	17	4,22%	14	3
1975 - 1980	26	2,31%	24	2
1981 - 1990	47	4,39%	29	18
1991 - 1995	25	1,92%	23	2
1996 - 1997	9	2,59%	6	3
1998 - 2000	6	0,18%	6	0
2001 - Posteriores	1	0,00%	1	0
Total	131		103	28
<b>Porcentaje</b>			<b>78,6</b>	<b>21,4</b>
<b>GIRARDOTA</b>				
Anteriores - 1974	6	3,67%	5	1
1975 - 1980	11	1,32%	11	0
1981 - 1990	22	4,05%	17	5
1991 - 1995	7	2,97%	5	2
1996 - 1997	4	1,36%	3	1
1998 - 2000	4	0,67%	4	0
2001 - Posteriores	0	0,00%	0	0
Total	54		45	9
<b>Porcentaje</b>			<b>83,3</b>	<b>16,7</b>

**Fuente:**

Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá.

**TABLA 86.** Línea base transporte 2005 - concentración hidrocarburos (ppm).

MODELO	CANTIDAD	MEDIA	NORMA DE EMISIÓN	
			Cantidad	
<b>ITAGUÍ</b>				
			< =	>
Anteriores - 1974	125	1.499,95	78	47
1975 - 1980	178	1.211,61	112	66
1981 - 1990	310	789,86	232	78
1991 - 1995	116	702	90	26
1996 - 1997	47	565,49	29	18
1998 - 2000	21	242,14	15	6
2001 - Posteriores	5	192,6	2	3
Total	802		558	244
<b>Porcentaje</b>			<b>69,6</b>	<b>30,4</b>
<b>CALDAS</b>				
			< =	>
Anteriores - 1974	21	1.503,62	13	8
1975 - 1980	31	1.073,16	20	11
1981 - 1990	65	867,89	44	21
1991 - 1995	25	615,08	18	7
1996 - 1997	12	314,83	11	1
1998 - 2000	6	137,33	5	1
2001 - Posteriores	2	344,5	1	1
Total	162		112	50
<b>Porcentaje</b>			<b>69,1</b>	<b>30,9</b>
<b>BELLO</b>				
Anteriores - 1974	121	1.567,47	64	57
1975 - 1980	143	1.342,92	70	73
1981 - 1990	268	851,27	198	70
1991 - 1995	135	631,41	107	28
1996 - 1997	33	344,67	27	6
1998 - 2000	26	157,35	24	2
2001 - Posteriores	6	103,33	5	1
Total	732		495	237
<b>Porcentaje</b>			<b>67,6</b>	<b>32,4</b>

Fuente:  
Red de Calidad del Aire del Valle  
de Aburrá.

**TABLA 87.** Línea base transporte 2005 - concentración hidrocarburos (ppm).

MODELO	CANTIDAD	MEDIA	NORMA DE EMISIÓN	
			Cantidad	
<b>BARBOSA</b>				
Anteriores - 1974	11	1.662,64	5	6
1975 - 1980	24	1.404,93	15	9
1981 - 1990	42	961,02	26	16
1991 - 1995	14	433,86	13	1
1996 - 1997	4	314,75	3	1
1998 - 2000	4	166,5	4	0
2001 - Posteriores	2	306	0	2
Total	101		66	35
<b>Porcentaje</b>			<b>65,3</b>	<b>34,7</b>
<b>LA ESTRELLA</b>				
Anteriores - 1974	44	1.348,45	30	14
1975 - 1980	51	953,68	37	14
1981 - 1990	76	957,74	52	24
1991 - 1995	29	789,79	22	7
1996 - 1997	10	464	6	4
1998 - 2000	3	228	2	1
2001 - Posteriores	0	0	0	0
Total	213		149	64
<b>Porcentaje</b>			<b>69,9</b>	<b>30,1</b>
<b>MEDELLÍN</b>				
Anteriores - 1974	57	1.070,42	44	13
1975 - 1980	183	1.377,73	155	28
1981 - 1990	498	555,89	447	51
1991 - 1995	386	532,19	336	50
1996 - 1997	181	335,83	153	28
1998 - 2000	105	198,04	88	17
2001 - Posteriores	98	101,1	90	8
Total	1508		1313	195
<b>Porcentaje</b>			<b>87,1</b>	<b>12,9</b>

Fuente:  
Red de Calidad del Aire del  
Valle de Aburrá.

**TABLA 88.** Línea base transporte 2005 - concentración hidrocarburos (ppm).

MODELO	CANTIDAD	MEDIA	NORMA DE EMISIÓN	
			Cantidad	
<b>SABANETA</b>				
Anteriores – 1974	22	1.241,91	18	4
1975 – 1980	42	1.032,82	29	13
1981 – 1990	64	683,27	57	7
1991 – 1995	33	527,3	28	5
1996 – 1997	10	314,9	8	2
1998 – 2000	11	199,36	9	2
2001 – Posteriores	3	140,67	3	0
Total	185		152	33
<b>Porcentaje</b>			82,2	17,8
<b>COPACABANA</b>				
Anteriores – 1974	17	1.378,65	8	9
1975 - 1980	26	1.659,26	14	12
1981 - 1990	47	1.021,91	32	15
1991 - 1995	25	600,6	21	4
1996 - 1997	9	498,22	5	4
1998 - 2000	6	149,67	6	0
2001 - Posteriores	1	48	1	0
Total	131		87	44
<b>Porcentaje</b>			66,4	33,6
<b>GIRARDOTA</b>				
Anteriores - 1974	6	1.420,17	3	3
1975 - 1980	11	1.074,73	7	4
1981 - 1990	22	531,14	19	3
1991 - 1995	7	405,43	7	0
1996 - 1997	4	199,75	4	0
1998 – 2000	4	241	3	1
2001 - Posteriores	0	0	0	0
Total	54		43	11
<b>Porcentaje</b>			79,6	20,4

Fuente:  
Red de Calidad del Aire del Valle  
de Aburrá.

**TABLA 89.** Porcentaje incumplimiento emisión gases fuentes móviles.

AÑO	PORCENTAJE
2005	10,61%

Fuente:  
Proyecto MODEMED,  
Universidad Pontificia  
Bolivariana - Área  
Metropolitana del Valle de  
Aburrá, agosto de 2006.

**TABLA 90.** Línea base ruido 2005.

MUNICIPIO	NIVELES DE RUIDO dB(A)	
	Promedio mínimo	Promedio máximo
Bello	64	96
Barbosa	60	90
Medellín	66,8	71,6
Norma Ambiental zona residencial <sup>45</sup>	65 dB(A)	

Fuente:  
Alcaldía de Medellín,  
Secretaría del Medio  
Ambiente y AMVA.

### 10.2.3 Estimación de impactos por emisiones contaminantes Plan Maestro de Movilidad para el Valle de Aburrá

La metodología del cálculo de las emisiones atmosféricas está basada en la cuantificación de la variación de las emisiones totales generadas por el tránsito vehicular en el área de estudio, considerando tanto la situación base como cada escenario de proyecto.

Para la realización de la evaluación ambiental se consideraron únicamente las emisiones atmosféricas (CO y MP) y las emisiones acústicas, a pesar de contar con una línea base amplia para el año 2005 que incorpora información sobre emisiones por tipo y edad del parque automotor, así como factores contaminantes atmosféricos muy precisos.

El modelo de transporte utilizado entrega los flujos para cada arco del área de estudio en cada uno de los escenarios analizados; para cada uno de estos escenarios se calcula la emisión de CO y MP.

El análisis se efectúa para los períodos punta mañana y punta tarde. En ambos casos se calcula la tasa de emisión (g/hr) utilizando los factores de emisión provenientes de una serie de estudios realizados por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile, el primero de los cuales se llevó a cabo en el año 1996 auspiciado por CONAMA, Corporación Nacional del Medioambiente de Chile.

<sup>45</sup> La norma ambiental relacionada con los niveles de ruido vigentes en Colombia es la Resolución 08321 de 1983, la cual fija niveles de ruido según uso del suelo y la hora del día, para zona residencial en 65 dBA en el día, y de 55 dBA en la noche (9 pm a 7 am). En zonas comerciales son de 70 y 60 dBA, respectivamente.



La modelación de transporte considera las siguientes categorías vehiculares:

- a. Vehículos livianos
- b. Taxi
- c. Motos
- d. Buses
- e. Camiones de 2 ejes
- f. Camiones de más de 2 ejes

El ejercicio de estimación se realizó para los escenarios 2010, 2015 y 2020, considerando las variaciones del parque automotor por tipo de combustible y tecnología utilizadas, emisiones generadas por cada uno de los tipos de vehículos frente al año base 2005 y el escenario más cercano.

En la tabla 91 se especifican las formulaciones matemáticas utilizadas para el cálculo de los factores de emisión por tipo de vehículo.

**TABLA 91.** Expresiones para cálculo de factores de emisión.

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	FACTORES DE EMISIÓN	
	CO (g/km)	MP (g/km)
Vehículos particulares no catalíticos	$(0.0203*V^2)-(2.262*V)+77.661$	No aplica
Vehículos de alquiler no catalíticos	$(0.0203*V^2)-(2.262*V)+77.661$	No aplica
Motocicletas de dos tiempos convencionales	$(-0.001V^2)+0.172V+18.1 (V<60)$ $0.0001V^2+0.05V+21.5$	No aplica
Buses licitados urbanos diesel VTT (vehículo con tecnología tradicional)	$59.003*V^{(-0.7447)}$	$12.09253*V^{(-0.7360)}$
Camiones medianos diesel convencional	$37.280*V^{(-0.6945)}$	$9.6037*V^{(-0.7259)}$

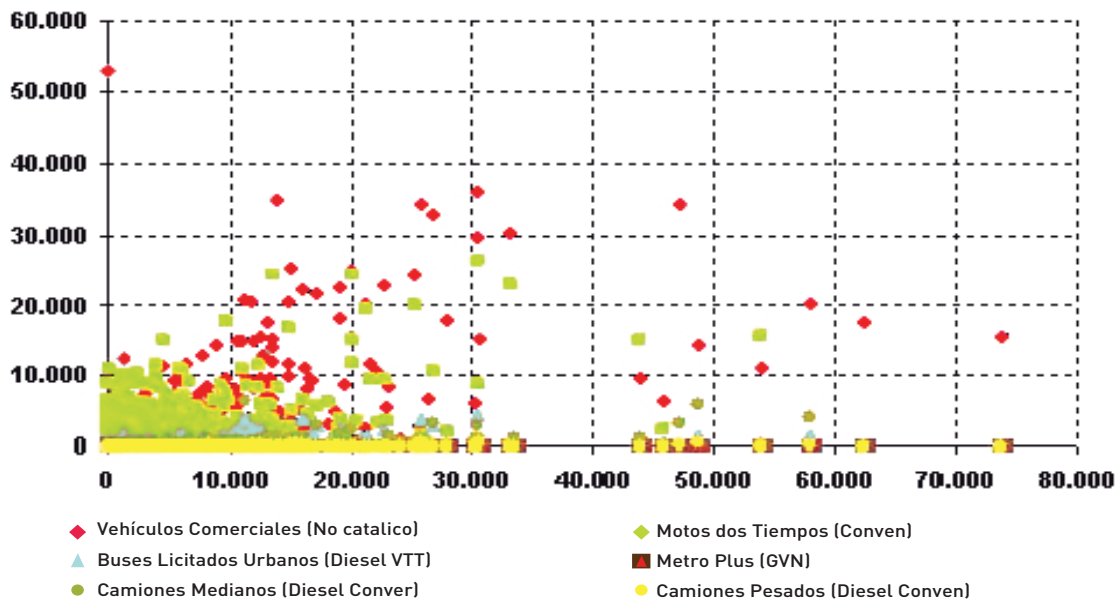
**Fuente:**  
Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana de Santiago, Chile, CONAMA, 2000; COPERT II Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport, Users Manual English, European Environmental Agency, EEA (25 Octubre 1999).

*Nota:* V: Velocidad (km/hr) media de operación. Con base en el modelo.

Se debe señalar que los buses licitados urbanos diesel VTT corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados de la Región Metropolitana de Santiago de Chile es anterior o igual a Septiembre de 1993. Se trata de Vehículos con Tecnología Tradicional (VTT) que no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Por otra parte, el contenido de azufre del diesel es de 50 ppm (0,05% del peso).

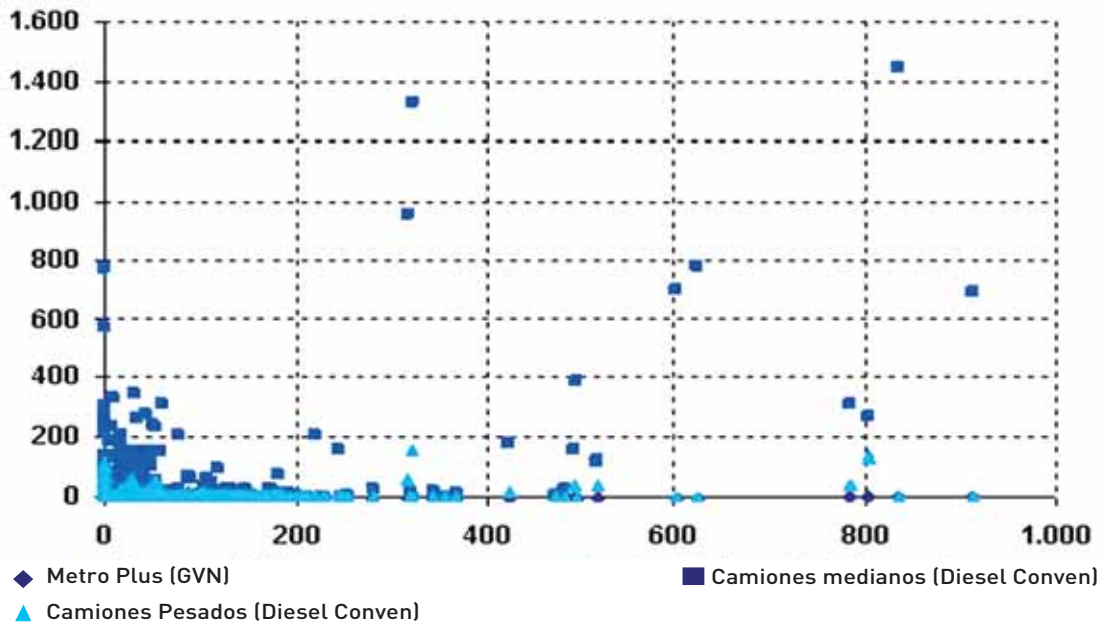
Escenario tendencial 2010: se estima que las emisiones de CO y material particulado para el 2010, de acuerdo con la recomposición del sistema de movilidad presenta la siguiente composición.

FIGURA 31. Emisión total CO (gr) 2010.



Fuente:  
elaboración propia.

FIGURA 32. Emisión total MP (gr) 2010.



Fuente:  
elaboración propia.

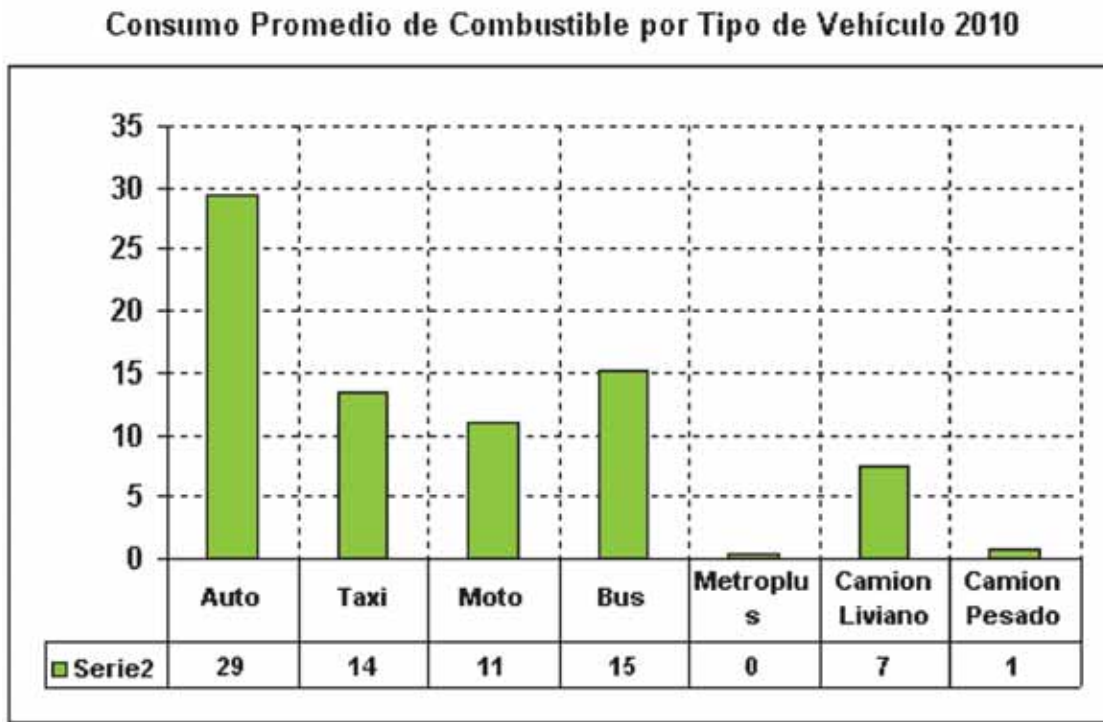
En este escenario se considera que el número de vehículos que más aporta emisiones de CO son los automóviles (gasolina) y los camiones medianos (diesel), sin embargo vale la pena considerar que por volumen las motos aportan importantes emisiones contaminantes (22.36)<sup>46</sup>. Así mismo el uso previsto de automóviles comerciales aporta de manera importante CO, y en mucha menor proporción Metroplús (GNV). Lo que permite observar que a medida que la tecnología mejora las emisiones por CO son menores. Necesariamente esta es una observación general, pero se requiere de una evaluación posterior a la implementación del plan, que involucre entre otros aspectos edad del parque automotor por tipo y clase de tecnología, así como mediciones precisas en puntos estratégicos del Valle de Aburrá. La información con la que se trabajó no alcanza a incorporar el inventario de emisiones de 2007, por lo que se recomienda al Área Metropolitana actualizar los resultados del modelo con esta nueva información, la cual no alcanzó a incorporarse en el modelo.

46

De acuerdo con el inventario de emisiones contaminantes del Valle de Aburrá a 2006.

En relación con emisiones de material particulado evidentemente los camiones medianos y pesados son los mayores generadores. La figura 33 muestra el consumo en litros promedio por tipo.

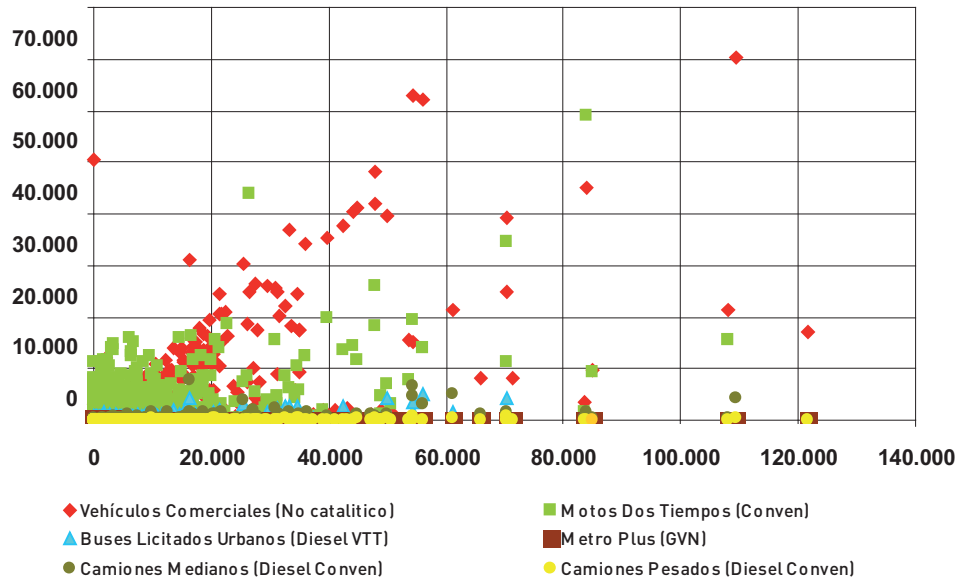
**FIGURA 33.** Consumo promedio de combustible año 2010 (Litros).



Fuente: elaboración propia.

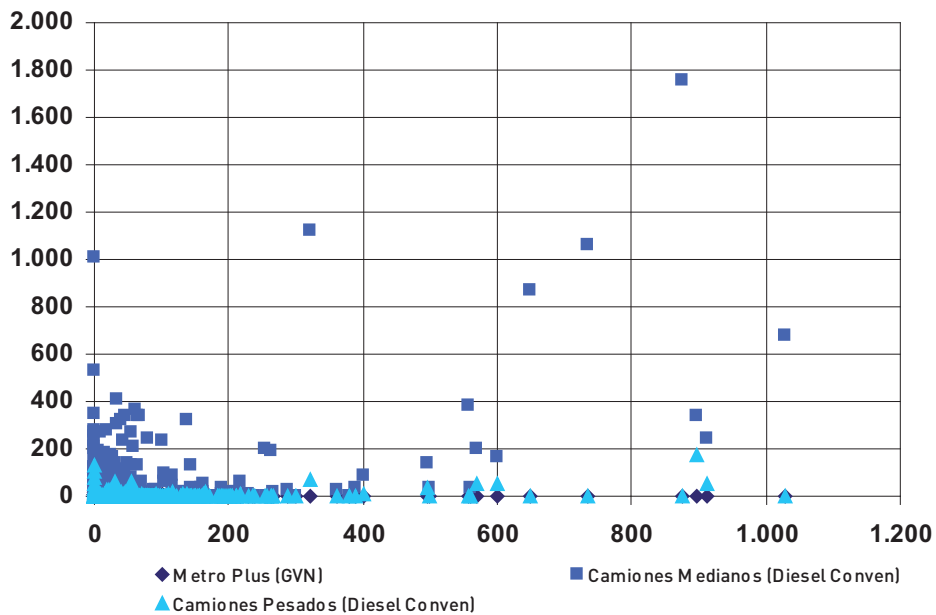
Escenario tendencial 2015: las emisiones de CO y material particulado estimadas para el 2010 presentan la siguiente composición.

FIGURA 34. Emisión total CO (gr) 2015 por tipo de vehículo.



Fuente:  
elaboración propia.

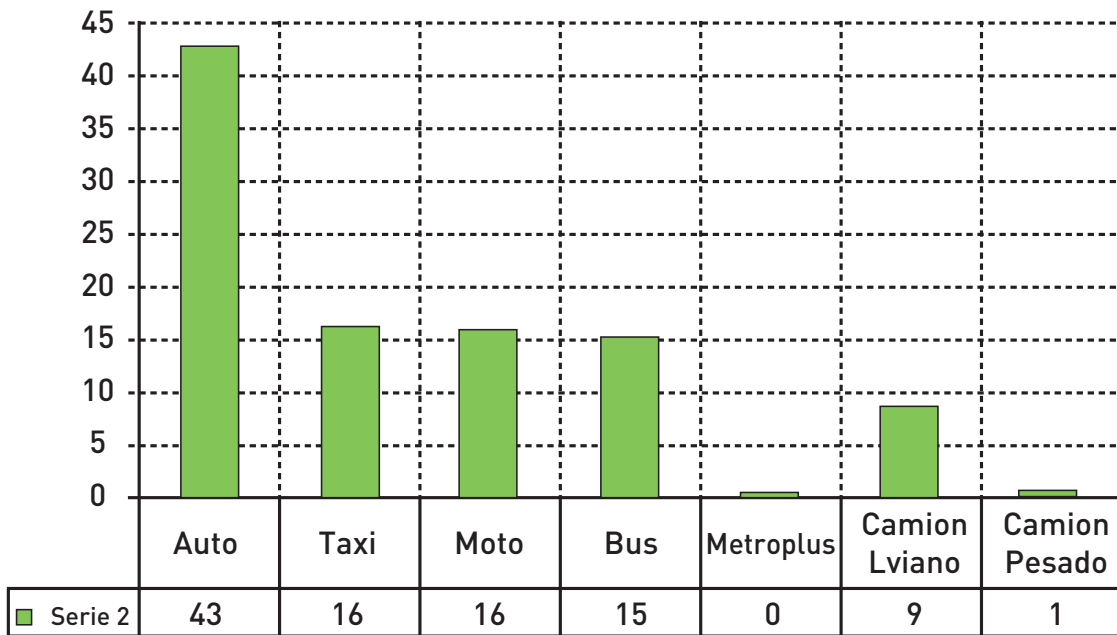
FIGURA 35. Emisión total MP (gr) 2015 por tipo de vehículo.



Fuente:  
elaboración propia.

En este escenario, al igual que en el anterior, los automóviles son los que aportan mayores emisiones de CO y las motos de 2 tiempos (fundamentalmente por su número). En relación con emisiones de material particulado evidentemente los camiones medianos y pesados mantienen el mayor aporte. La figura 36 muestra el consumo promedio por vehículo: auto, taxi, moto, bus, Metroplús, camión liviano, camión pesado.

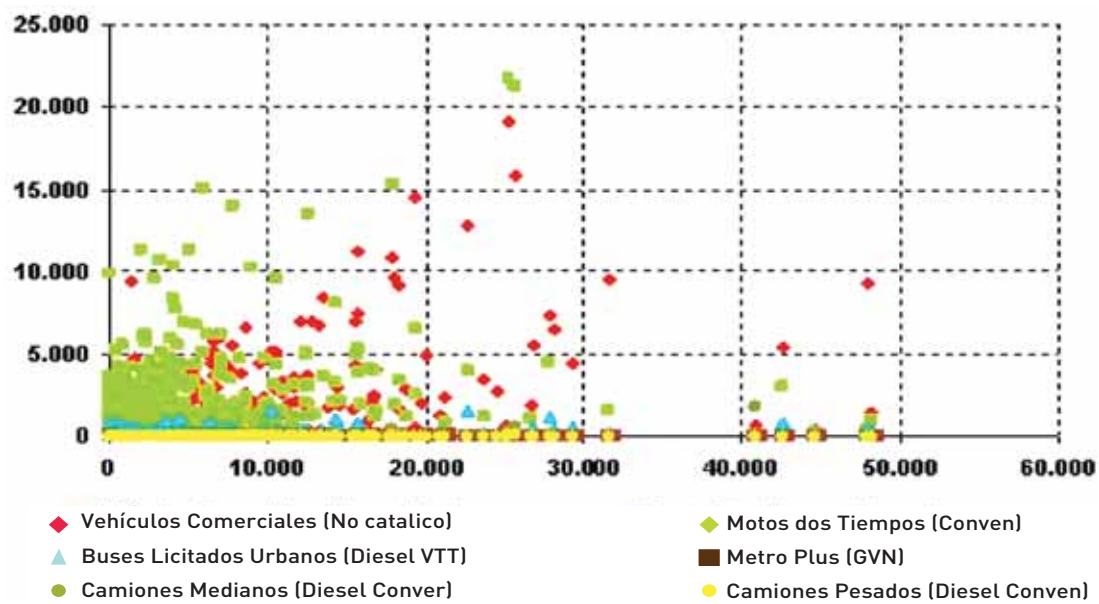
**FIGURA 36.** . Consumo promedio de combustible año 2015 (Litros).



Fuente:  
elaboración propia.

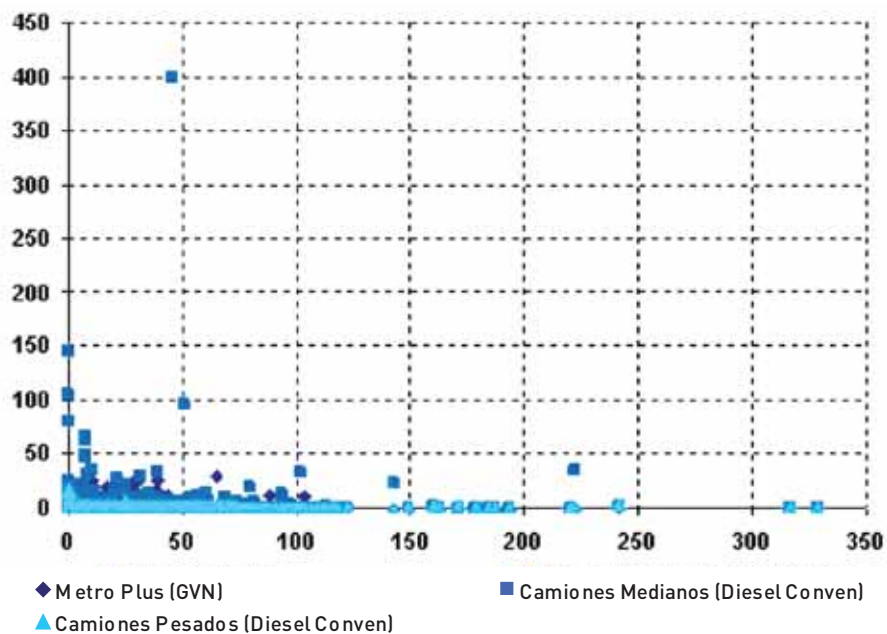
**Escenario tendencial 2020:** se estima que las emisiones de CO y material particulado tendrán el siguiente comportamiento.

**FIGURA 37.** Emisión total CO (gr) 2020.



Fuente:  
elaboración propia.

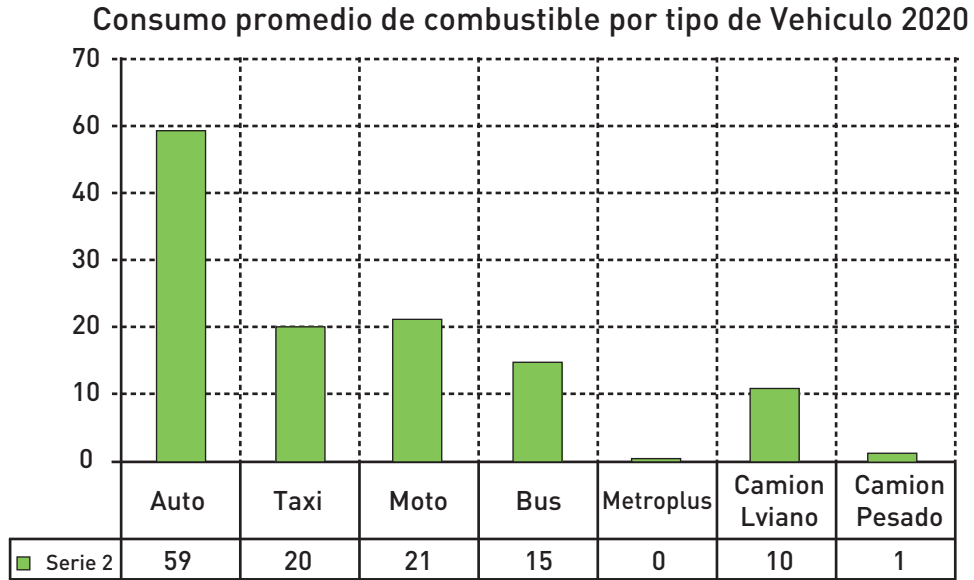
**FIGURA 38.** Emisión total MP (gr) 2020.



Fuente:  
elaboración propia.

En este escenario base se muestra particularmente el crecimiento tendencial de las motos y el impacto de las mismas en las emisiones atmosféricas. Las emisiones de material particulado son menores en este escenario debido al menor uso de combustibles contaminantes, como se muestra en la figura 39.

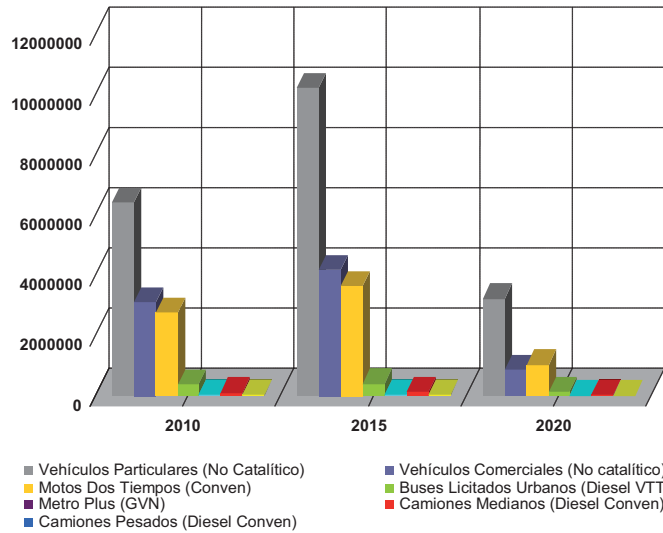
**FIGURA 39.** Consumo promedio de combustible año 2020 (Litros).



Fuente:  
elaboración propia.

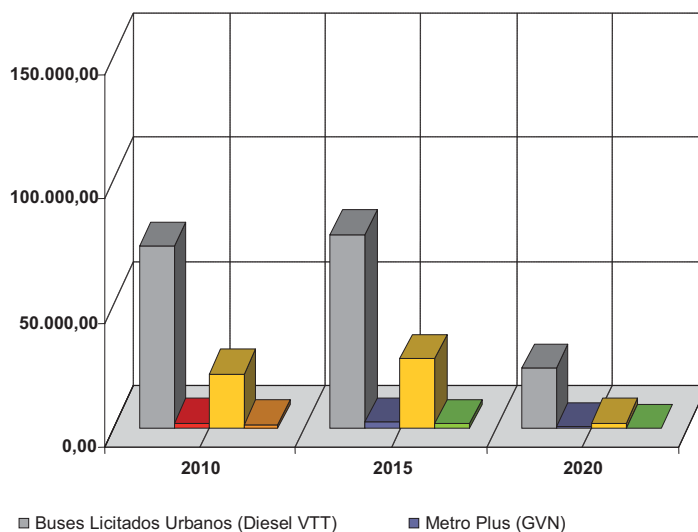
**Escenarios Comparados**

**FIGURA 40.** Emisiones CO (gr) – escenarios 2010 – 2015 – 2020.



Fuente:  
elaboración propia.

**FIGURA 41.** Emisiones MP (gr)- escenarios 2010 – 2015 -2020.



**Fuente:**  
elaboración propia.

Es importante señalar que el análisis comparativo se realiza con base en las estimaciones logradas por el modelo durante los períodos de corte, no se incorpora una comparación con los resultados del inventario 2006, en razón de que éstos se obtienen en el 2007. Tiempo posterior a la calibración del modelo, por lo que se insiste en la actualización posterior del modelo que incorpore la nueva información.

El escenario base tendencial plantea para el período 2010 un crecimiento en el consumo de combustible de automóviles, que mantiene durante 2015 y 2020, y aunque pareciese mantener un crecimiento en el Plan, éste es mucho menor en cada período (10,49%, 16,73% y 21,46%, respectivamente), alcanzando para el 2020 un consumo de 273.893 (74.845 menos que el escenario base para el mismo período).

El consumo de combustible de taxis estimado para el 2010 es 5,78%, sin embargo presenta un crecimiento estimado importante para 2015 de más de 15.

Para el caso de las motos, podría decirse que el consumo de combustible presenta un comportamiento similar al del taxi, con variaciones similares, lo que no ocurre con el bus, ya que aunque en el Plan el consumo es menor, éste se mantiene constante para 2010, 2015 y 2020.

El comportamiento del consumo de combustible del Metroplús es muy particular, en la medida en que el incremento de uso de este modo de transporte genera variaciones importantes en la Base y en el Plan, explicando las variaciones en los otros modos de transporte.



## 10.2.4 Evaluación ambiental multifactor

### 10.2.4.1 Evaluación ambiental de los proyectos del Plan Maestro de Movilidad

Como se mencionó anteriormente, el enfoque principal de la evaluación ambiental se orienta a la mitigación de impactos que pueden causar los proyectos y acciones propuestas en la formulación del Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá<sup>47</sup>.

El Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá definió una serie de proyectos que estarían cumpliendo con los objetivos propuestos. Los proyectos para evaluar ambientalmente tienen como fuente los identificados por el componente de gestión del Plan.

Se consideraron las líneas estratégicas y directrices -denominadas programas- del Plan de Movilidad, los cuales apuntan tanto al mejoramiento del movimiento de personas, vehículos y carga al interior del Valle de Aburrá, como al de la conectividad con el resto de la Región y el país.

### 10.2.4.2 Factores de evaluación ambiental de los proyectos

Los factores de evaluación ambiental considerados cubren amplias posibilidades de impacto ya sea en términos de contaminación de aire, contaminación acústica, erosión, inestabilidad de suelo, pérdida de flora y fauna, alteración de la geoforma, alteración del hábitat, alteración de condiciones de accesibilidad y alteración de las condiciones de vida de la población, entre otras.

La tabla 92 muestra algunos de los impactos analizados de acuerdo con los proyectos y acciones previstos en el Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá.

47

Esta sección se basa en la metodología utilizada en: Estudio de preinversión construcción conexión vial Valdivia Corral, Provincia de Valdivia, CITRA Ltda. Consultores en Ingeniería de Transporte. Chile.

**TABLA 92.** Factores ambientales para considerar en la evaluación.

FACTORES	POSIBLES IMPACTOS
<b>Calidad del Aire</b>	<p>La construcción de vías tiene impactos positivos relacionados con la reducción de costos de transporte, el mayor acceso a mercados, acceso a centros de empleo, menores costos para la población en sus diferentes desplazamientos, sin embargo presenta impactos negativos en términos ambientales, uno de ellos es la contaminación del aire por el incremento de la demanda de parque automotor y por lo tanto mayores emisiones contaminantes.</p> <p>Otros impactos positivos de la expansión de la infraestructura vial, se refleja en menor congestión, mayor velocidad de los vehículos que significan menores emisiones contaminantes por arrancado y frenado continuo.</p> <p>Contaminación del aire: Incremento en la emisión de partículas en la construcción y operación de grandes obras.</p> <p>Los proyectos asociados con la racionalización de la circulación de taxis y en general los proyectos de limitación de tránsito de vehículos tienen un impacto positivo en los niveles de contaminación del aire. Igual sucede en los proyectos de revisión técnica de vehículos y de adopción de tecnologías más limpias.</p> <p>La racionalización de los vehículos de transporte público colectivo y el proyecto del sistema integrado de transporte del Valle de Aburrá, que apunta a la mayor utilización del transporte masivo con relación a la del transporte particular, impactará positivamente la calidad del aire.</p>

FACTORES	POSIBLES IMPACTOS
<b>Calidad Acústica</b>	Contaminación Acústica: Aumento de los niveles de inmisión debido a emisiones sonoras y vibraciones molestas constantes sobre la salud humana y fauna Al igual que en el caso de la contaminación del aire, la contaminación por ruido se ve incrementada por los mayores niveles de tráfico automotor que las nuevas vías
<b>Geomorfología (suelo)</b>	Alteración de la geoforma producto de la propia construcción de vías y de infraestructura de transporte. Inducción de procesos erosivos, generación de áreas inestables, La construcción de vías e infraestructura vial tiene su mayor impacto en la pérdida de capa vegetal, por lo cual las obras deben estar acompañadas de un Plan de Mitigación de gran escala Inducción de procesos erosivos, generación de áreas inestables, exclusión de otros usos del suelo, cimentación y cambios en el paisaje urbano y en elementos de patrimonio.
<b>Capacidad de Uso del Suelo</b>	Pérdida de suelo agrícola e incrementos en el precio del suelo
<b>Agua (cursos de aguas superficiales)</b>	Alteración de cursos de agua superficial y alteración de la calidad del agua por sedimentación y contaminación, desgaste del pavimento y de neumáticos, corrosión de metales, emisión de tubos de escape sedimentable, materia en suspensión sedimentable, servicios de limpieza, etc. Los efectos se dan por obras de revestimientos y pavimentación, operación de plantas de materiales, tránsito de maquinaria pesada y transporte de materiales y tránsito de vehículos. El cuerpo de agua que más se ve afectado es el Río Medellín para el cual se requiere un fuerte Plan de Mitigación.
<b>Vegetación</b>	Pérdida de la cubierta vegetal, deforestación y destrucción de los ecosistemas Alteración de la cubierta vegetal, producida por acciones como: expropiaciones, movimientos de tierra, revestimientos y pavimentación, tránsito de maquinaria pesada y transporte de materiales.
<b>Flora y Fauna</b>	Alteración de la composición y número de especies presentes en el área intervenida producto de acciones como: expropiaciones, movimientos de tierra, revestimientos y pavimentación, tránsito de maquinaria pesada y transporte de materiales.
<b>Condiciones Socioeconómicas de la Población del Valle De Aburrá</b>	Cambios en condiciones de accesibilidad, condiciones de conectividad (tiempos de viaje y accesos a servicios públicos: salud, educación, etc.) Cambios en los niveles de actividad económica Cambios en los usos y costumbres (recreación, culto, fiestas típicas, etc.) Cambios en las condiciones de seguridad de tránsito peatonal, animal y vehículos menores (bicicletas) Los cambios se producen por expropiaciones, desvío de tránsito, alteraciones de rutas de transporte público, construcción de obras, cambios en el destino económico del suelo
<b>Usos económicos del suelo</b>	Expropiaciones y ocupación producto de las actividades de construcción Cambios en los usos normativos del suelo
<b>Patrimonio Cultural y Arqueológico</b>	Alteración de Monumentos Nacionales y Sitios Arqueológicos, producida por acciones como: expropiaciones, desvío de tránsito, movimientos de tierra
<b>Paisaje</b>	Alteración visual y paisajística

Fuente:  
elaboración propia.

#### 10.2.4.3 Valoración de los impactos de los proyectos propuestos

Para la estimación de impactos ambientales se definió una escala de acuerdo con el impacto de cada proyecto u acción, de la siguiente manera: alto (10 puntos), medio (5 puntos) y bajo (1 punto).

Los criterios de calificación general se muestran en la siguiente tabla.

<b>SIGNIFICANCIA</b>	<b>IMPACTO</b>
Bajo	< 40
Medio	>40<50
Alto	>50

En la tabla 93 se muestra los resultados de la evaluación ambiental multifactor, considerando dos componentes: el resumen de los factores ambientales y el componente de calidad de vida y de impacto socioeconómico.

La evaluación general de los proyectos indica que los proyectos de mayor impacto ambiental son los relacionados con la construcción y mejoramiento de vías, por lo cual dichos proyectos deben estar acompañados de planes de mitigación con la finalidad de prevenir, mitigar y corregir los impactos negativos. Las acciones de estos proyectos deben incluir las especificaciones técnicas de protección ambiental necesarias en la construcción de las obras. Igualmente los proyectos deben contemplar planes de compensación, rehabilitación y relocalización de población afectada. Dentro de las medidas de supervisión, seguimiento y monitoreo ambiental de los proyectos debe contemplarse una interventoría ambiental para cada proyecto.

**TABLA 93.** Evaluación impactos ambientales proyectos del PMMVA.

PROYECTOS Y ACCIONES	C. AIRE	C. ACÚSTICA	GEOMORFOLOGIA	CAPACIDAD USOS DEL SUELO	AGUA	VEGETACIÓN	FLORA	FAUNA	USOS DEL SUELO	PATRIMONIO	PAISAJE	TOTAL COMPONENTE AMBIENTAL	CALIDAD DE VIDA	CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS
2A	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
13	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
40	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
41	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
42	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
59	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
70	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
102	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)
27	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
28	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
29	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
32	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
85	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
95	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
28A	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
30	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
31	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
44	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
151	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
152	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
86	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
87	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
88	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
93	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
85A	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
90	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
77	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
11	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)
100	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	MEDIO (5)

PROYECTOS Y ACCIONES	C. AIRE	C. ACÚSTICA	GEOMORFOLOGÍA	CAPACIDAD USOS DEL SUELO	AGUA	VEGETACIÓN	FLORA	FAUNA	USOS DEL SUELO	PATRIMONIO	PAISAJE	TOTAL COMPONENTE AMBIENTAL	CALIDAD DE VIDA	CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS
101	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)
17	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)
25	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)
98	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)
26	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)
421	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	BAJO (1)	ALTO (10)	ALTO (10)
57	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	BAJO (1)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	BAJO (1)	BAJO (1)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)
62	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
63	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
64	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
65	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
67	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
68	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
78	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
103	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
104	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
581	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
43	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
60	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
61	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
611	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
69	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
72	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)
582	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	MEDIO (5)	MEDIO (5)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)	ALTO (10)

Fuente:  
elaboración propia.

### 10.3 ESTRATEGIAS AMBIENTALES GENERALES

- └ Poner en marcha un proceso de fortalecimiento de la gestión ambiental. Los principales obstáculos para el desarrollo de un sistema más eficiente de transporte están ligados a la geografía y a las fuentes de financiación. El fortalecimiento del Área Metropolitana del Valle de Aburrá supone otorgarle mayores herramientas tanto legales como de gestión en el control de factores de impacto negativo ambiental.
- └ Frente a los problemas de financiación del sector transporte para la generación de infraestructura para el transporte de bienes y personas se requieren estrategias de participación del sector privado en los proyectos del sector.
- └ Se requiere la programación de recursos para la elaboración de los estudios de impacto ambiental de los proyectos que se formulen para el sector transporte.
- └ El Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá debe ser considerado como un Plan de Movilidad Sostenible, en el cual se considere la adopción de medidas de restricción progresiva de uso del vehículo privado con el consenso y participación de los sectores afectados: transportadores, usuarios del servicio público, empresas, entidades públicas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, gremios, etc.
- └ La implementación de medidas que frenen la expansión de la urbanización asociadas a la reducción de las necesidades de movilidad motorizada. La creación de proximidad de las distintas actividades humanas con el uso de la movilidad peatonal o en bicicleta.
- └ La jerarquización del uso del espacio urbano en sentido inverso al actual; es decir, primero el peatón, después la bicicleta, el transporte público y por último el vehículo particular<sup>48</sup>.
- └ Diseño de instrumentos normativos y operativos que permitan el manejo adecuado de los residuos en términos ambientales y sostenibles económica y socialmente. Esto implica un ejercicio de evaluación detallado de los residuos y el diseño de instrumentos que obliguen el cumplimiento de responsabilidades ciudadanas, corporativas e institucionales frente a la generación de residuos.
- └ Apoyo a la investigación en búsqueda del desarrollo de mecanismos adecuados para el manejo de residuos orgánicos, y de aprovechamiento económico y ecológico de los residuos.
- └ La sostenibilidad ambiental como objetivo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá requiere trascender las fronteras administrativas, territoriales, institucionales y no institucionales; y obliga a la atención de agentes públicos, privados, comunitarios y gremiales de todos los órdenes; además, demanda acciones de corresponsabilidad ciudadana.
- └ La participación, promoción y acción de todos los agentes requiere de las instancias públicas una estructura fuerte para que posicionen e implementen políticas, medidas y acciones preventivas y correctivas que permitan la sostenibilidad ambiental a mediano y largo plazo.
- └ Aprovechar el Plan de Ordenamiento Territorial como mecanismo de gestión ambiental, aplicando procesos de planificación que propendan al sostenimiento de un ambiente sano y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. Es preciso aquí considerar acciones específicas que permitan un mayor control ambiental y de mitigación en puntos de acopio, ubicación de terminales de vehículos de transporte público, parqueaderos en los centros comerciales, culturales, edificios comerciales, industriales y residenciales, es decir, tratar el tema de los parqueaderos como estrategia para el disfrute del espacio público.
- └ Poner en marcha un proceso de fortalecimiento de la gestión ambiental. Los principales obstáculos para el desarrollo de un sistema más eficiente de transporte

48

Díaz, Helena. Una movilidad hipertrófica.

están ligados a la geografía y a las fuentes de financiación. El fortalecimiento del Área Metropolitana del Valle de Aburrá supone otorgarle mayores herramientas tanto legales como de gestión en el control de factores de impacto negativo ambiental.

- ┃ Considerando que los sistemas económicos dependen en gran medida del medio ambiente, y que la apuesta del Valle de Aburrá por un desarrollo económico que sea social y ambientalmente sostenible es fundamental la acción de los agentes económicos y la sociedad en general, para optimizar el uso de los recursos naturales.
- ┃ Considerando que el Plan Maestro de Movilidad se enmarca en la función social y ecológica de la propiedad y pública del urbanismo, es preciso orientar su ejecución de acuerdo con los objetivos de desarrollo humano, económico, social y a la rehabilitación, recuperación y restauración de los recursos naturales, que garanticen una mejor calidad de vida a los habitantes del Valle de Aburrá.
- ┃ Mejorar la calidad de vida a partir del fortalecimiento de un ambiente sano.
- ┃ Control del asentamiento en zonas no aptas para el desarrollo: zonas de preservación ambiental y alto riesgo no mitigable.

Así mismo, se considera fundamental continuar con las medidas planteadas por el Área Metropolitana en el Pacto por la calidad del aire, entre las que se encuentran:

- ┃ Formular e implementar incentivos para conversión tecnológica, combustibles y el uso de energías limpias en el parque automotor.
- ┃ Incentivar la reposición mediante la chatarrización del parque automotor.
- ┃ Racionalizar el crecimiento y el uso del parque automotor.
- ┃ Mejor calidad de los combustibles líquidos (contenido de azufre y benceno).
- ┃ Fomentar la gestión y coordinación para la construcción de anillos y obras de infraestructura que mejoren la movilidad.
- ┃ Desarrollar un programa de autorregulación para transporte de carga y de transporte público y servicios especiales de pasajeros.
- ┃ Implementar el pico y placa ambiental.
- ┃ Diseños de rutas con criterios ambientales.
- ┃ Programa de sensibilización a la población en las buenas prácticas de conducción y de mantenimiento adecuado del vehículo.
- ┃ Mejorar el control en relación con los tiempos de ejecución de las obras civiles, utilización del espacio público y prácticas ambientales.





# 11. EVALUACIÓN MULTICRITERIO

## 11.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo realizar la evaluación integral de las distintas alternativas de proyectos que permiten configurar el Plan Maestro de Movilidad propuesto para el Valle de Aburrá.

Estas alternativas corresponden al conjunto de proyectos seleccionados como parte del Capítulo 8, el cual es analizado ahora de manera más integral considerando la forma como se ajustan estos proyectos a las políticas de transporte imperantes en la Región, los indicadores de rentabilidad económica tanto de corto como de largo plazo que se producen al entrar por año de corte, el impacto urbano ambiental asociado principalmente al tipo de tecnología posible de aplicar para poder entregar los distintos servicios de transporte público propuestos; y por último, la factibilidad normativa e institucional de implementar los distintos proyectos involucrados.

## 11.2. METODOLOGÍA GENERAL PARA UTILIZAR

La evaluación multicriterio consiste fundamentalmente en revisar las alternativas que finalmente se definan a partir de los siguientes criterios de análisis: políticas de transporte y movilidad, rentabilidad económica, impactos urbano ambientales y factibilidad normativa institucional, para seleccionar la opción de plan de proyectos más robusta posible en todos estos términos.

Para ello, en primer lugar se definen las variables que deben incluir los distintos criterios por tener en cuenta para esta evaluación multicriterio, lo cual se realiza, dada la relevancia que tiene en este análisis, en conjunto con la contraparte técnica del estudio. En segundo lugar se proponen las distintas alternativas que son sometidas a la evaluación multicriterio.

Estas alternativas están conformadas por un conjunto de proyectos urbanos y de conectividad externa ordenados en el tiempo de distinta forma. Se suma a la definición de las alternativas el material rodante que se provee para dar los servicios de transporte público.

De este conjunto de proyectos que componen una alternativa multicriterio, una parte relevante, los proyectos urbanos, son posibles de ser simulados con el modelo de cuatro etapas, y por lo tanto, factibles de obtener para ellos los beneficios económicos o ahorros de recursos que producen como conjunto. Luego, calculando los costos de infraestructura y operación del conjunto de proyectos modelados, es posible realizar la evaluación económica, obteniendo la rentabilidad del conjunto de proyectos simulables de cada alternativa.

Posteriormente, se calculan los costos totales involucrados en cada alternativa multicriterio, que incluyen los costos de infraestructura de los proyectos urbanos y de conectividad externa al resto de la Región y del país, más las inversiones en material rodante involucradas. Luego, se aplica una matriz de priorización de alternativas de proyectos, generada a partir de los distintos criterios definidos anteriormente, para efectos de la evaluación integral.

Finalmente, a partir de los resultados que entrega la aplicación de esta matriz se selecciona la mejor opción de combinación de proyectos y tecnología a través del tiempo que se propone como directriz principal del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá.

### **11.2.1 Técnica de consulta utilizada**

Con el objeto de establecer los criterios y sus variables, y las correspondientes ponderaciones, se utilizó el método denominado Delphi, que permitió, a través de un proceso participativo integrar y consensuar distintas perspectivas y visiones.

La técnica Delphi consiste en un sistema de comunicación que se establece entre el equipo consultor y un grupo multidisciplinario de personas (expertos) que están en condiciones de informar sobre aspectos relevantes relativos al tema estudiado. La técnica Delphi de panel anónimo fue creada por Norman Dalkey y Olaf Helmer para la Rand Corporation en EE.UU. en los años 50.

El uso de la técnica Delphi tiene como objetivo principal optimizar el uso de un grupo de opinión, llamado "panel de expertos", a la vez que minimizar las cualidades adversas que podrían generarse de la interacción cara a cara del mismo grupo. Para ello se exige que los participantes interactúen en forma anónima, en un proceso que promueve la convergencia de opiniones en torno a los temas que el mismo grupo plantea y a la relevancia de los mismos. Los participantes aportan su conocimiento a título personal, basado en experiencia y estudios. El término "experto" aplicado en la metodología Delphi se define más bien como "el conocimiento que la persona tiene del problema en cuestión, en cualquiera de sus dimensiones", más que su calidad de técnico.

En el caso del presente estudio, el consultor aplicó una versión modificada de la técnica Delphi. Una de las modificaciones más importantes consistió en la aplicación de la técnica Delphi de manera virtual mediante interacción entre el consultor y los integrantes del "panel de expertos" a través del correo electrónico. De esta manera, los ejercicios de la técnica fueron aplicados en un menor tiempo, y a más bajos costos. Al tratarse de un proceso sistemático, los resultados obtenidos son igualmente válidos y de legitimidad comprobada.

### 11.2.2 Matriz de Priorización

La evaluación multicriterio requiere en primer lugar de la construcción de una matriz de priorización para categorizar y jerarquizar los problemas detectados, de acuerdo con su importancia. En ésta se cruzan opciones o alternativas con criterios de decisión que permiten priorizar las opciones.

Para establecer los ponderadores se usó la matriz de priorización de criterios como la que se muestra a continuación, mediante la cual se compara cada criterio definido con todos los demás. Aquel que sea más relevante a juicio de los evaluadores ocupa la celda respectiva, acompañada de un coeficiente de relevancia. Para esto se utiliza una nota de 1 a 4; donde 4 indica mayor relevancia (o peso) y el 1, por el contrario, la mínima relevancia.

Se propone que en los casos en que un criterio no reciba ningún punto, o que un criterio no se imponga a ninguno de los demás, y que sean criterios razonablemente importantes, se fije para estos criterios una ponderación mínima de 5 %, restándole proporcionalmente ese valor a los demás criterios.

**TABLA 94.** Matriz de priorización de criterios de evaluación.

	Políticas de Movilidad y Transporte	Rentabilidad Económica	Urbano-Ambiental	Factibilidad Normativa Institucional
Políticas de Movilidad y Transporte		Políticas de Movilidad y Transporte 1	Políticas de Movilidad y Transporte 2	Factibilidad Normativa Institucional 2
Rentabilidad Económica			Rentabilidad Económica 2	Factibilidad Normativa Institucional 1
Urbano-Ambiental				0
Factibilidad Normativa Institucional				

Fuente:  
Panel de Expertos del AMVA  
consultados

La tabla 95 presenta la matriz o tabla de evaluación multicriterio construida a partir de los ponderadores definidos por el panel de expertos.

**TABLA 95.** Matriz ponderadores para evaluación multicriterio de alternativas.

CRITERIO	PONDERADOR		VARIABLE	NOTA		
	Panel	Normalizado <sup>1</sup>		Panel	Normalizada <sup>2</sup>	Ponderada
Políticas de Movilidad y Transporte	3	35,63%	Racionalización del Transporte Público	10,00	30%	10,8%
			Desincentivo al Transporte Privado	6,67	20%	7,2%
			Privilegiar Modos No Motorizados	7,33	23%	7,9%
			Aumento de Seguridad Vial	9,00	27%	9,7%
Rentabilidad Económica	2	23,75%	Rentabilidad de Corto Plazo	8,67	19%	4,5%
			Rentabilidad de Largo Plazo	10,00	22%	5,2%
			Relación Inversión Pública / Privada	8,33	18%	4,3%
			Factibilidad Económica	9,33	20%	4,8%
			Financiamiento	9,67	21%	5,0%
Urbano Ambiental	0	5,00% <sup>3</sup>	Expropiaciones Necesarias	9,00	21%	1,1%
			Reducción de Emisiones Vehiculares y GEI	9,00	21%	1,1%
			Reducción de Ruido	8,33	20%	1,0%
			Mejoras Tecnológicas	8,67	20%	1,0%
			Conservación de Paisaje Urbano, Monumentos Nacionales, etc.	7,67	18%	0,9%
Factibilidad Normativa Institucional	3	35,63%	Factibilidad Formativa	9,67	50%	17,8%
			Factibilidad Institucional	9,67	50%	17,8%
<b>Puntuación Media Ponderada</b>	<b>8</b>	<b>100,00%</b>				<b>100,0%</b>

Fuente: elaboración propia.

Nota: 1: Proporción respecto a nota del panel de todos los criterios.  
 2: Proporción respecto a nota del panel de la variable que compone cada criterio.  
 3: Aunque corresponde 0% según panel consultado, se asigna valor mínimo de un 5% para incorporar éste criterio en el análisis.

### 11.3 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EVALUAR INTEGRADAMENTE

Las alternativas para evaluar integralmente corresponden a un conjunto de proyectos generados de la combinación de aquellos que forman parte de las mejores opciones de plan modeladas en el Capítulo 8, a los cuales se suman opciones de tecnologías asociadas particularmente a los nuevos servicios de transporte público, más las opciones de seguridad vial, desincentivos al uso de modos transporte privado y aumento de las facilidades a los modos no motorizados.

Se incluyen también en esta definición de alternativas de análisis integral, los proyectos que proveen la conectividad externa del Valle de Aburrá a nivel vial, aéreo, marítimo y fluvial, de manera de cubrir todos los elementos que debe abarcar el Plan de Movilidad, según las directrices dadas como parte de los objetivos de este estudio.

Los cambios de temporalidad de los proyectos viales y/o de transporte público urbano obedecen a que el plan finalmente propuesto debe ser también económicamente rentable a nivel de los proyectos de vialidad urbana simulables que contenga.

Las alternativas se han definido considerando estas condiciones urbanas y aumentando en montos de inversiones a nivel de los proyectos la conectividad externa para llegar a alternativas con fuertes niveles de financiamiento, como serían las definidas como alternativas 9 y 10.

Se hace notar que para las alternativas por evaluar que consideran tanto inversiones menores como medias y altas, se prueban con y sin el proyecto del corredor del Río Medellín tarifado, para barrerlas todas con la forma de financiamiento de este proyecto.

Considerando todo lo anterior, en la tabla 96 se definen las alternativas integrales para ser analizadas como parte de la evaluación multicriterio.

**TABLA 96.** Alternativas para ser sometidas a evaluación multicriterio.

ALTERNATIVA	VIALIDAD URBANA PROPUESTA	TECNOLOGÍA DE CORREDORES DE T. PÚBLICO Y DEL TREN SUBURBANO	ESTACIONAMIENTOS TARIFICADOS EN ZONAS CONGESTIONADAS	SISTEMAS COORDINADOS DE SEMÁFOROS	VÍAS SEGREGADAS PARA MOTOS	RED DE CICLOVÍAS	CONECTIVIDAD ENTRE AEROPUERTOS	TERMINALES DE PASAJEROS Y CARGA	PROYECTOS VIALES DE CONECTIVIDAD EXTERNA
1	Plan 5* SIN corredor tarifado Autopistas urbanas	Solo Metroplús con combustible limpio Tren Diesel	Solo se aplica a zonas céntricas y de El Poblado	Se aplica parcialmente para el Valle de Aburrá	No se aplica	Se aplica parcialmente	Buses Expresos Túnel Oriente antes del 2020	Relocalización Terminal Sur Puerto Carga Seco en el Norte	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada
2	Plan 6 = Plan 5 CON CORREDOR DEL RÍO TARIFICADO para autos y camiones (motos sin tarifa) Autopistas urbanas	Solo Metroplús con combustible limpio Tren Diesel	Solo se aplica a zonas céntricas y de El Poblado	Se aplica parcialmente para el Valle de Aburrá	No se aplica	Se aplica parcialmente	Buses Expresos Túnel Oriente antes del 2020	Relocalización Terminal Sur Puerto Carga Seco en el Norte	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada
3	Plan 7 SIN corredor tarifado <i>Temporalidad de proyectos viales y de transporte público modificada c/r Plan 5</i> Autopistas urbanas	Solo Metroplús con combustible limpio Tren Diesel	Solo se aplica a zonas céntricas y de El Poblado	Se aplica parcialmente para el Valle de Aburrá	No se aplica	Se aplica parcialmente	Buses Expresos Túnel Oriente antes del 2020	Relocalización Terminal Sur Puerto Carga Seco en el Norte	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada
4	Plan 8 SIN corredor tarifado <i>Temporalidad de proyectos viales y de transporte público modificada c/r Plan 5</i> Autopistas urbanas	Solo Metroplús con combustible limpio Tren Diesel	Solo se aplica a zonas céntricas y de El Poblado	Se aplica parcialmente para el Valle de Aburrá	No se aplica	Se aplica parcialmente	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Puerto Carga Seco en el Norte Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá
5	Plan 8 SIN Tarifación del Corredor Autopistas urbanas	Metroplús con combustible limpio Tranvías Eléctricos Tren Diesel	Se aplica a zonas céntricas, de El Poblado y otros municipios de la ciudad	Se aplican completamente a todo el Valle de Aburrá	Se aplican según las vías identificadas en PMMVA	Se aplica completo	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Terminales de carga Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá Carretera a Tribugá
6	Plan 8 SIN Tarifación del Corredor Autopistas urbanas	Solo Metroplús con Diesel Tren Diesel	Se aplica a zonas céntricas, de El Poblado y otros municipios de la ciudad	Se aplica parcialmente para el Valle de Aburrá	Se aplican según las vías identificadas en PMMVA	Se aplica completo	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Terminales de carga Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá Carretera a Tribugá Carretera a Puerto Berrio

ALTER-NATIVA	VIALIDAD URBANA PROPUESTA	TECNOLOGÍA DE CORREDORES DE T. PÚBLICO Y DEL TREN SUBURBANO	ESTACIONAMIENTOS TARIFICADOS EN ZONAS CONGESTIONADAS	SISTEMAS COORDINADOS DE SEMÁFOROS	VÍAS SEGREGADAS PARA MOTOS	RED DE CICLOVÍAS	CONECTIVIDAD ENTRE AEROPUERTOS	TERMINALES DE PASAJEROS Y CARGA	PROYECTOS VIALES DE CONECTIVIDAD EXTERNA
7	Plan 8 SIN Tarificación del Corredor Autopistas urbanas	Solo Metroplús con combustible limpio Tranvías Eléctricos Tren Diesel	Se aplica a zonas céntricas, de El Poblado y otros municipios de la ciudad	Se aplican completamente a todo el Valle de Aburrá	Se aplican según las vías identificadas en PMMVA	Se aplica completo	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Terminales de carga Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá Carretera a Tribugá Carretera a Puerto Berrio
8	ALT 7 CON TARIFICACIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO Autopistas urbanas	Metroplús con combustible limpio Tranvías Eléctricos Tren Diesel	Se aplica a zonas céntricas, de El Poblado y otros municipios de la ciudad	Se aplican completamente a todo el Valle de Aburrá	Se aplican según las vías identificadas en PMMVA	Se aplica completo	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Terminales de carga Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá Carretera a Tribugá Carretera a Puerto Berrio
9	Plan 8 SIN Tarificación del Corredor Autopistas urbanas	Metroplús con combustible limpio Tranvías Eléctricos Tren Diesel	Se aplica a zonas céntricas, de El Poblado y otros municipios de la ciudad	Se aplican completamente a todo el Valle de Aburrá	Se aplican según las vías identificadas en PMMVA	Se aplica completo	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Terminales de carga Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá Carretera a Tribugá Carretera a Puerto Berrio Autopista Occidental de Colombia
10	ALT 9 CON TARIFICACIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO Autopistas urbanas	Metroplús con combustible limpio Tranvías Eléctricos Tren Diesel	Se aplica a zonas céntricas, de El Poblado y otros municipios de la ciudad	Se aplican completamente a todo el Valle de Aburrá	Se aplican según las vías identificadas en PMMVA	Se aplica completo	Buses Expresos Túnel Oriente después del 2020	Relocalización Terminal Sur Terminales de carga Terminales Satélites Intermunicipales	Carretera Pto. Valdivia – La Pintada Carretera de Occidente a Urabá Carretera a Tribugá Carretera a Puerto Berrio Autopista Occidental de Colombia

Fuente: elaboración propia.

Nota:- Los planes 5, 6, 7 y 8 se simulan con el modelo de transporte de 4 etapas.  
- Habilitar Metroplús con diesel no es una opción recomendada por tratarse de una tecnología más contaminante que el GNV. Por ello se optó por incorporar esta opción en una sola de las alternativas de la evaluación multicriterio.

## 11.4 DEFINICIÓN Y SIMULACIÓN DE PLANES DE PROYECTOS

### 11.4.1 Definición de los planes simulados

#### 11.4.1.1 Plan No. 5 y Plan No. 6

El Plan No. 5 está optimizado y simulado en el capítulo 8 e incluye los proyectos allí reportados, pero no la tarificación del corredor del Río.

El Plan No. 6, también simulado y reportado, presenta sus resultados como parte del capítulo 8 e incluye la totalidad de los proyectos del Plan No. 5 optimizado, con la única diferencia que considera la tarificación del corredor del Río al corte temporal 2020.

#### 11.4.1.2 Plan No. 7

El Plan No. 7 incluyó los cambios que se presentan en el listado siguiente respecto a los Planes No. 5 y No. 6.

**TABLA 97.** Cambios plan 7 respecto a los planes 5 y 6.

NRO.PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	AÑO DE INGRESO	
			Planes 5 y 6	Plan 7
88	TP	Servicio de bus de la Calle 10 – Terminal del Sur- Estación El Poblado - Vizcaya -Transversal Inferior	2015	2020
17	V	Nueva variante a Heliconia por el corredor de Quebrada Doña María	2015	2020
25	V	Intercambio vial de las calles 94 y 95 con la Autopista norte	2015	2020
10A	V	Construcción de una Parte de la Circunvalar Oriental entre el proyecto 66 y la vía Las Palmas, pudiendo continuarse también hasta la Calle 44.	2020	Después del 2020
23	V	Adecuación y construcción de la calle 85 en Itagüí desde la Av. Guayabal hasta la Circunvalar Occidental	2020	Después del 2020
33	V	Construcción de la vía de acceso al túnel de Oriente desde la Intersección de Circunvalar Oriental con la vía las Palmas.	2020	Después del 2020
331	V	Continuación del proyecto 33 hacia el Corredor del Río Medellín (costura)	2020	Después del 2020
37	V	Continuidad de la calle 44 desde El Palo hasta empalmar con el proyecto Vial que desde la vía las Palmas conduce al Túnel de Oriente.	2020	Después del 2020
39	V	Construcción del Túnel de Oriente por el corredor de la Quebrada Santa Elena	2020	Después del 2020
66	V	Terminación de la Doble Calzada del corredor de la quebrada la Ayurá en Envigado hasta la Circunvalar Oriental. e intercambios sobre las Avenidas las Vegas y El poblado	2020	Después del 2020
136	V	Intercambio vial en el cruce de punto de Encuentro de las circunvalares Oriental y Occidental en Ancón Sur	2020	Después del 2020

Fuente:  
elaboración propia.

Dado que el Plan 7 no experimentó grandes cambios en la demanda de viajes por modo y proyectos respecto a los planes 5 y 6, y dado que no resultó rentable económicamente, no se presentan en detalle los resultados de las modelaciones realizadas a este plan.

El Plan 8 incluye el desplazamiento de proyectos por año de corte, para mejorar la rentabilidad económica de los planes 5, 6 y 7 evaluados anteriormente.

Este plan fue definido tomando en cuenta los siguientes criterios:

- ▣ Los niveles de carga vehicular y de pasajeros de transporte público de los distintos proyectos en los planes 5, 6 y 7.
- ▣ El monto de inversión privada de los proyectos con menos cargas.
- ▣ La complementariedad entre los proyectos de transporte público y viales.
- ▣ La conectividad de la malla vial.

Los sistemas de Metroplús representados por los proyectos 30 y 31 fueron desplazados desde el corte 2010 al corte 2015. El proyecto de Metroplús 152 fue desplazado desde el año 2010 al 2020. Y los proyectos de transporte público 86 y 88 fueron desplazados desde el 2015 al 2020.

Los proyectos viales 100 y 101 ingresan ahora al 2015, mientras que los proyectos viales 17 y 25 son modelados al 2020. También se postergaron 10 proyectos viales: 10A, 19, 20, 23, 33, 331, 37, 39, 66, 136.

**TABLA 98.** Definición del plan 8.

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	AÑO DE INGRESO	
			Planes 5 y 6	Plan 8
2A	V	Doble calzada Solla - Barbosa (Bello - Hatillo)	Base	Base
13	V	Ampliación a doble calzada de la Loma de los Balsos entre el corredor del Río Medellín y la Circunvalar Oriental	Base	Base
40	V	Doble calzada de la vía Las Palmas	Base	Base
41	V	Doble calzada al Túnel de Occidente desde la Av. 80 hasta San Cristóbal	Base	Base
42	V	Cambios de sentidos y terminación de ampliación de las laterales a la quebrada La Iguaná en el tramo entre el corredor del Río Medellín hasta la Av. 80	Base	Base
59	V-Corr	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del río entre Calle 19 Sur y la estación Industriales	Base	Base
70	V	Intercambio vial de Acevedo	Base	Base
102	V	Terminación de construcción de Av. 34 entre las calle 12 Sur y la doble calzada de las Palmas	Base	Base
27	TP	Sistema Metroplús Itagüí por el corredor de la Av. Guayabal desde Ditaires hasta la calle 30 (estación industriales)	Base	Base
28	TP	Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado). Desde la Estación Industriales hasta el límite entre Envigado y Sabaneta (calle 50 sur)	Base	Base
29	TP	Sistema Metroplús Av. U. de Medellín - Aranjuez	Base	Base
32	TP	Sistema Metronorte en Bello por Quebrada La García hasta empalmar con estación Bello del Metro	Base	Base
85	TP	Extensión de la línea A del Metro hacia Sabaneta	Base	Base
95	TP	Metrocable San Javier - Pajarito	Base	Base
28A (ó 153)	TP	Variante del Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado) hasta empalmar con Metroplús Aranjuez	2010	2010
30	TP	Sistema Metroplús Cr. 80 desde la estación Acevedo hasta la estación Aguacatala, pasando por la Facultad de Minas	2010	Desplaza do al 2015
31	TP	Sistema Metroplús Av. 34 entre la Estación Aguacatala y Palos Verdes	2010	Desplazado al 2015
44	TP	Continuidad del Sistema de Metroplús de Envigado hasta la calle 77sur y su prolongación hasta encontrarse con el corredor de Itagüí, para formar un anillo sur	2010	2010
151	TP	Servicio de bus de Bello a Centro de Copacabana pasando por estación Niquía	2010	2010
152	TP	Sistema de Metroplús por la calle Colombia desde carrera 80 hasta la Av. Oriental	2010	Desplazado al 2020
86	TP	Metroplús desde la futura estación Sabaneta hasta San Antonio de Prado	2015	Desplazado al 2020
87	TP	Servicio de bus desde Rosellón - Estación Ayurá (en Envigado) - Barrio Calatrava (Itagüí)	2015	2015
88	TP	Servicio de bus de la calle 10 - Terminal del Sur - Estación El Poblado - Vizcaya - Transversal Inferior	2015	Desplazado al 2020



NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	AÑO DE INGRESO	
			Planes 5 y 6	Plan 8
93	TP	Metrocable estación Tricentenario - sector El Picacho	2015	2015
85A	TP	Incorporación nueva estación de Metro en extensión a Sabaneta en calle 67 Sur en la línea A	2010	2010
90	TP	Extensión de la línea B del Metro hacia el Oriente.	2015	2015
77	TP	Tren Suburbano	2020	2020
11	V	Conexión vial en doble Calzada desde la Circunvalar Oriental hasta la Circunvalar Occidental por medio de la calle 77 Sur (Sabaneta - Estrella)	2010	2010
100	V	Continuación de la Transversal intermedia desde la vía Las Palmas hasta empalmar con el par vial de las carreras 36 y 36ª	2010	Desplazado al 2015
101	V	Ampliación y rectificación para la continuidad de la Transversal Intermedia (Av. 34) desde la calle 36 hasta el intercambio vial de Palos Verdes	2010	Desplazado al 2015
17	V	Nueva variante a Heliconia - prolongación doble calzada del corredor de Quebrada Doña María	2015	Desplazado al 2020
25	V	Intercambio vial de las calles 94 y 95 con la Autopista norte (Cr. 64c)	2015	Desplazado al 2020
98	V	Doble calzada de la carrera 65 entre las calles 30 y 50	2020	2020
10A	V	Construcción de una Parte de la Circunvalar Oriental entre el proyecto 66 y la vía Las Palmas, pudiendo continuarse también hasta la Calle 44	2020	Se posterga más allá del 2020
19	V	Construcción de vía subterránea (túnel aeropuerto EOH) para la conexión de la calle 10 con las laterales de la quebrada La Guayabala y prolongación al corredor del Río	2020	Se posterga más allá del 2020
20	V	Continuidad de las laterales de la quebrada La Guayabala y conexión con la Circunvalar Occidental	2020	Se posterga más allá del 2020
23	V	Adecuación y construcción de la calle 85 en Itagüí desde la Av. Guayabal hasta la Circunvalar Occidental	2020	Se posterga más allá del 2020
26	V	Conformación del par vial de las Crs 70, 73 y conexión con la Cr 72A. Construcción de la Cr 75 bordeando el cerro El Volador	2020	2020
33	V	Construcción de la vía de acceso al túnel de Oriente desde la Intersección de Circunvalar Oriental con la vía las Palmas	2020	Se posterga más allá del 2020
331	V	Continuación del proyecto 33 hacia el Corredor del Río por la calle 37 (costura)	2020	Se posterga más allá del 2020
37	V	Continuidad de la calle 44 desde El Palo. Hasta empalmar con el proyecto vial que desde la vía las Palmas conduce al Túnel de Oriente	2020	Se posterga más allá del 2020
39	V	Construcción del Túnel de Oriente por el corredor de la Quebrada Santa Elena	2020	Se posterga más allá del 2020
421	V	Continuación del proyecto 42 hacia el Corredor del Río (costura)	2020	2020

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	AÑO DE INGRESO	
			Planes 5 y 6	Plan 8
66	V	Terminación de la Doble Calzada del corredor de la quebrada la Ayurá en Envigado hasta la Circunvalar Oriental e intercambios sobre las avenidas Las Vegas y El poblado	2020	Se posterga más allá del 2020
136	V	Intercambio vial en el cruce de Punto de Encuentro de las circunvalares Oriental y Occidental en Ancón Sur	2020	Se posterga más allá del 2020
57	V-Corr	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río entre Ancón Sur y la Calle 19 Sur	2010	2010
62	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Variante a Caldas	2010	2010
63	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la calle 77 sur	2010	2010
64	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Avenida Pilsen	2010	2010
73	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Fontidueño		2015
71	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de La García		2010
202	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de Espumas Medellín		2015
65	V-Corr	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la calle 50 sur (Mayorca)	2010	2010
67	V-Corr	Intercambio vial de la Ayurá sobre el Río Medellín en límites de Medellín con Envigado	2010	2010
68	V-Corr	Intercambio vial de la quebrada La Iguaná sobre el Río Medellín	2010	2010
78	V-Corr	Construcción de la VT (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde Espumas Medellín hasta Ancón Sur	2010	2010
204	V-Corr	Adecuación de la VA (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde la Estación Tricentenario hasta Ancón Sur		2010
104	V-Corr	Doble calzada (2 carriles por sentido) de la Variante de Caldas desde el Ancón Sur hasta Primavera por la margen derecha del Río	2010	2010
203	V-Corr	Doble calzada Cr 50 desde Ancón Sur hasta inicio malla urbana de Caldas		Más allá del 2020
581	V-Corr	Ampliación de la VT (3 carriles) en la margen izquierda del río desde Estación Industriales hasta Espumas Medellín	2010	2010
43	V-Corr	Ampliación, rectificación y mejoramiento de las especificaciones geométricas de la vía arterial existente (Acevedo - Machado - Copacabana) desde Moravia hasta Copacabana	2015	2015
60	V-Corr	Construcción de la VT (3 carriles) en la margen derecha del Río desde Moravia hasta el intercambio vial de Copacabana	2015	2015
601	V-Corr	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río desde intercambio vial de Barranquilla hasta el intercambio vial de Copacabana	2015	2015

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	AÑO DE INGRESO	
			Planes 5 y 6	Plan 8
61	V-Corr	Construcción y adecuación de la VT (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde el intercambio de Copacabana hasta Estación Tricentenario	2015	2015
611	V-Corr	Construcción y adecuación de la VA (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde Solla hasta la estación Tricentenario	2015	2015
69	V-Corr	Intercambio vial de Tricentenario sobre el Río Medellín, incluye con exión a CL 92 y CL 93	2015	2015
72	V-Corr	Intercambio vial de Andalucía sobre el Río Medellín	2015	2015
582	V-Corr	Ampliación de la VT (3 carriles) en la margen izquierda del río desde el Puente de la Minorista hasta Estación Industriales y adecuación desde el Tricentenario hasta Puente de la Minorista	2015	2015
200	V-Corr	Construcción de la VT (3 carriles por sentido) en la margen izquierda entre intercambio vial de Copacabana y Barbosa		Más allá del 2020
201	V-Corr	Construcción y adecuación de la VA (2 carriles por sentido) en la margen derecha entre intercambio vial de Copacabana y Barbosa. Construcción túnel Ancón		Más allá del 2020

Fuente:  
elaboración propia.

El plan 8, definido de acuerdo con la tabla anterior, resultó mucho mejor desde el punto de vista de la rentabilidad económica, y es el que se reporta en detalle como parte de los análisis multicriterios que se presentan en los puntos siguientes de este capítulo.

## 11.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PLANES DE PROYECTOS URBANOS

### 11.5.1 Metodología utilizada

La evaluación social de un proyecto busca identificar y medir los beneficios que el proyecto genera a la sociedad como un todo, a diferencia de la evaluación privada que busca estimar los beneficios para el inversionista.

En el caso de planes de proyectos estratégicos se admite la opción de evaluar ya sea por la vía del excedente del consumidor (también conocido como beneficio del usuario)<sup>49</sup>, como también por la vía de ahorro de recursos.

En el caso del excedente consumidor los beneficios sociales se obtienen de considerar los beneficios percibidos por los consumidores y los beneficios obtenidos por los productores, de esta forma se logra contabilizar el impacto global sobre la sociedad.

En el caso de la evaluación por ahorros de recursos, los beneficios se obtienen de la reducción en el tiempo de viaje de los usuarios y la reducción de los costos de operación de los vehículos. Estos últimos costos dependen de la velocidad de circulación del vehículo y las condiciones de regularidad del pavimento conocidos como costos de mantenimiento.

49

Hicks, John. A. Revision of Demand Theory. Oxford University Press, 1956.

Rosen, Sherwin. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. Journal of Political Economy, 1974. vol.82, no. 1. p.34-55.

Williams, H.C.W.L. On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. Environment and Planning, 1977. vol.9. no.3 p. 285-344.

Al momento de la evaluación se debe contar con una situación base, de referencia o de comparación. Ésta considera aquellos proyectos sobre los que existe certeza absoluta sobre su construcción en el período analizado.

La vida útil de los proyectos para efectos de la evaluación será de 20 años, a partir del año 2009, año de la inversión, es decir, se evaluará cada alternativa o plan de proyecto hasta el año 2028.

Luego, la definición del programa de inversión y su compatibilidad con las situaciones bases proyectadas resultan vitales, como también los criterios para cubicar la depreciación de la inversión, que en el caso de los proyectos estructurales como túneles o tren suburbano tendrán un alto valor, dada la escasa depreciación que estos sufren en el tiempo.

La estimación de los beneficios o ahorros de recursos se obtendrán para toda esta vida útil de las corridas del modelo de transporte de cuatro etapas, tanto para la situación base y de proyecto, como para los 3 años de corte del estudio (2010, 2015 y 2020), estimándose los beneficios de los años restantes por interpolación entre cada año de corte y por extrapolación hasta llegar al año 2028.

Por otra parte, dado que para estimar los beneficios en estos años de corte se simula el sistema de transporte para una hora de cada período representativo de las condiciones de operación del sistema, se debe, mediante factores de expansión, llevar las horas modeladas al total anual de horas del año en las cuales se repite la misma condición simulada.

Luego, la valoración social de estos recursos entre situaciones base y de proyecto se estima a partir de las correcciones de precios sociales y que corresponden a valor de la divisa, valor del tiempo y valor de la mano de obra.

Finalmente, con los beneficios y el plan de inversiones realizadas se construye la curva o flujo de caja que permite calcular los indicadores económicos de corto y largo plazo de la alternativa de proyecto.

#### 11.5.1.1 Metodología de obtención de ahorros de tiempo de viaje

**a) Modos de transporte privado:** los beneficios de los usuarios de los modos de transporte privado (auto, taxi y moto) expresados en ahorros de tiempo se obtienen directamente de los resultados de los flujos vehiculares y las velocidades por arco que entrega el modelo de asignación utilizado en EMME/2. Notar que para fines de modelación y evaluación, el taxi es considerado como un modo de transporte privado puesto que no se modela circulando por rutas fijas como los modos de transporte público colectivo. Los vehículos de transporte privado se asignan a la red vial escogiendo ellos las rutas que utilizan.

**b) Modos de transporte público:** los beneficios de los usuarios de los modos de transporte público (Bus, Metro, Metroplús, Metrocable, Tren Suburbano) se obtienen directamente de los resultados de flujos de pasajeros por arco que entrega el modelo de asignación utilizados en EMME/2.

### 11.5.1.2 Metodología de obtención de consumos de combustible

En el caso de los consumos de combustible, es posible utilizar directamente la siguiente expresión, válida para todos los modos:

$$CC_i = FE_i \sum_{j=1}^{NV} \left( VC_j \sum_{k \in NA_j} q_{ijk} [L_k \cdot cm_j(v_{ik})] \right)$$

donde:

- $L_k$  = Longitud del arco k [km];
- $cm_j$  = Consumo unitario en mov de los vehículos tipo j, función de la velocidad, [lt/veh-km]
- $VC_j$  = Precio social del combustible [\$/lt].

### 11.5.1.3 Metodología de obtención de costos operacionales

Los costos de operación de vehículos corresponden a la valoración de los recursos que debe utilizar un vehículo como producto exclusivo de su operación (funcionamiento) sobre la red vial. Los recursos considerados corresponden a lubricantes, repuestos, mano de obra y neumáticos.

El cálculo de consumos se realiza utilizando la adaptación de las funciones HDM III (Highway Design Module III) como funciones exclusivas de la rugosidad y corregidas en función de la velocidad de operación.

La valoración de los consumos se realiza utilizando un factor de precios sociales asociados a la moneda de la fecha determinada, obteniendo así los costos expresados en la moneda de aquella fecha.

### 11.5.2 Definición de parámetros de la evaluación

#### Factores de expansión de demanda:

En el caso de la demanda, basado en los datos proporcionados por la EOD-H 2005 es posible construir la siguiente tabla:

**TABLA 99.** Factores de expansión de demanda por período modelado.

PERÍODO	VIAJES		FACTORES		
	Total Período	Hora-Período	(hr/día)	(día/año)	(hr/año)
Punta Mañana	898.649	508.855	1,77	260	459
Fuera Punta	2.519.901	193.839	13,00	365	4.745
Punta Tarde	859.741	477.075	1,80	260	469
Total	4.278.291		16,57		5.673
* Fuera punta:	52	Semanas	Horas punta:	52	Semanas
	7	días		5	días laborales
	365	días/año		260	días/año

*Nota:* El número viajes en la hora-período fuera de punta se calcula dividiendo el total de viajes en período por 13 horas.

Fuente: elaboración propia.

Dado que se calibró el modelo sólo para los períodos punta mañana y punta tarde, deberán hacerse supuestos para estimar los beneficios del período fuera de punta, considerando que la demanda que se mueve en una hora promedio a nivel de vehículos en las redes baja a menos de un 50%.

Considerando lo anterior, se buscará para el período fuera de punta una estimación de la disminución de los tiempos de viajes utilizando las curvas flujo-demora calibradas de las redes, de manera tal de estimar los ahorros de tiempo y combustibles en este período, los cuales se llevarán finalmente al año con los factores de expansión de ese período de la tabla anterior.

### Precios sociales

Los precios sociales son aquellos que reflejan el verdadero costo de oportunidad de los bienes para la sociedad, o sea que reflejan el verdadero costo para la sociedad de utilizar unidades adicionales factores básicos de producción durante la ejecución y operación de un proyecto de inversión.

Dentro de los precios sociales de los factores básicos de producción tenemos: valor social del tiempo de viaje, mano de obra, precio social de los costos de operación (combustible, lubricantes, neumáticos, entre otros), tasa de costo capital, divisa.

Los precios sociales para utilizar serán obtenidos a partir de los factores llamados relación precio-cuenta (RPC) que convierten los precios de mercado en precios económicos (sin impuestos ni subsidios)<sup>50</sup>.

De esta referencia se desprende que es perfectamente posible utilizar para inversiones en el sector transporte la relación **0,8** entre el precio social y el precio de mercado de un determinado bien.

### Valor social del tiempo de viaje<sup>51</sup>

El valor social del tiempo de viaje de un usuario promedio considera el valor del tiempo de trabajo, que se refiere sólo a viajes realizados como parte de la actividad laboral de las personas, y el valor del tiempo normal, que considera todos los otros propósitos de viaje.

El valor social del tiempo para los distintos usuarios urbanos es obtenido considerando una proporción de la renta horaria de las personas (30% a 50% de la renta horaria)<sup>52</sup>.

En principio se estima que este valor debiera estar en un rango cercano a 1 US\$/hr, para la Región. Para efectos de esta evaluación se usará 1 US\$/hr. Ahora bien, en el caso de los camiones livianos y pesados interurbanos se debe considerar un valor social del tiempo por vehículo, se estima un valor de U\$\$ 4.4/Veh-hr.

### Tasa social de descuento

La tasa social de descuento representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos para financiar sus proyectos.

Estos recursos provienen de las siguientes fuentes: de menor consumo (mayor ahorro), de menor inversión privada y del sector externo. Por lo tanto, depende de la tasa de preferencia intertemporal del consumo, de la rentabilidad marginal del sector privado y de la tasa de interés de los créditos externos.

50 Estudio de Cervini, Héctor. Estimación de precios de cuenta para Colombia. División de Investigación de Política de Desarrollo. BID. Washington D.C. 1990. 15p.

51 Los modelos de demanda sólo entregan valores subjetivos, los que no necesariamente representan a los valores sociales.

52 Urban Economics Transportation Small, 1992

La tasa social de descuento (TSD) a emplear será de 12%, que corresponde a la rentabilidad mínima exigida actualmente para los proyectos en el Valle de Aburrá.

### Precio social del combustible por modo

El precio social del combustible se estima a partir del precio social de los recursos involucrados en las diferentes etapas hasta alcanzar al consumidor final.

Para la estimación de los precios sociales de combustibles por modo se utilizó la información correspondiente a la canasta de energéticos colombianos, esta canasta contiene el valor al 25 de septiembre de 2006 de los hidrocarburos líquidos, hidrocarburos gaseosos y biocombustibles en Bogotá.

Los precios que aparecen en la tabla corresponden a precios de mercado de cada combustible, se asume un factor de 0,8 para convertir estos precios en precios sociales. Finalmente, se asume el siguiente mix de combustibles para cada modo.

- └ Vehículo liviano: 75% de gasolina corriente y 25% gasolina extra
- └ Taxi: 75% de gas natural y 25% gasolina corriente
- └ Moto: 100% Gasolina corriente
- └ Bus: 100% Diesel
- └ Camión: 100% Diesel

Como resultado de lo anterior, se obtiene la siguiente tabla con el precio social del combustible por modo.

**TABLA 100.** Precio social del combustible de modo (\$COL/LT).

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES
Punta Mañana	\$ 1.126	\$ 267	\$ 1.067	\$ 824	\$ 824
Fuera de Punta	\$ 1.126	\$ 267	\$ 1.067	\$ 824	\$ 824
Punta Tarde	\$ 1.126	\$ 267	\$ 1.067	\$ 824	\$ 824

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 101.** Precio social del combustible de modo (\$COL/GL).

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES
Punta Mañana	\$ 4.262	\$ 1.011	\$ 4.039	\$ 3.119	\$ 3.119
Fuera de Punta	\$ 4.262	\$ 1.011	\$ 4.039	\$ 3.119	\$ 3.119
Punta Tarde	\$ 4.262	\$ 1.011	\$ 4.039	\$ 3.119	\$ 3.119

Nota: 1 galón = 3,785 litros  
Fuente:  
elaboración propia.

### Consumos Unitarios

Los consumos unitarios de combustible en movimiento por tipo de vehículo se encuentran en la tabla 102. Los vehículos livianos incluyen automóviles particulares, taxis, motos y camionetas; los buses incluyen buses, taxibuses y camiones livianos.

**TABLA 102.** Consumo de combustible en movimiento.

VELOCIDAD (km/hr)	VEHÍCULOS LIVIANOS (ml/km)	BUSES (ml/km)
10	160,0	443,7
20	105,3	326,8
30	83,7	268,1
40	74,9	242,6
50	72,8	231,9
60	72,8	229,8
70	76,0	233,8
80	81,3	242,2
90	88,2	255,3
100	97,9	274,4

**Fuente:**  
Estimaciones propias  
basadas en Bowyer, Akcelik y  
Biggs (1985)

### Coefficientes de corrección por gradiente

Por otra parte, se ha incorporado el efecto del gradiente en el consumo de combustible en movimiento (cm). Designando por G la pendiente (%), se hace  $cm = cm + K \cdot G$ , donde K es el coeficiente de corrección. Si la gradiente es negativa, la disminución consiguiente de cm tiene como límite inferior  $cm = 1,08$  en el caso de los vehículos livianos y  $cm = 2,22$  en el caso de los buses. Los vehículos livianos incluyen automóviles particulares, taxis, motos y camionetas; los buses incluyen buses, taxibuses y camiones livianos.

### Rugosidad

La rugosidad corresponde a la irregularidad superficial de una capa de rodadura. Es el parámetro de estado más característico de la condición funcional de ésta y el que incide directamente en los costos de operación de los vehículos. Se mide a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Tanto en la situación actual o base como en la de proyecto, se ha utilizado un valor medio de 1.758 BI, equivalente a un IRI de 2.499, para todos los arcos.

### Índice de manutención

El índice de manutención corresponde al factor de corrección de los costos de manutención o mano de obra como una función de la velocidad promedio de operación de los vehículos en la red. Este factor se aplica indistintamente a todos los posibles tipos de vehículos definidos en la modelación.



**TABLA 103.** Índice de manutención.

RANGO DE VELOCIDAD (km/hr)	FACTOR MANUTENCIÓN
Entre 0 y 10	2,500
Entre 10 y 15	1,867
Entre 15 y 20	1,525
Entre 20 y 25	1,320
Entre 25 y 30	1,183
Entre 30 y 35	1,086
Entre 35 y 40	1,013
Entre 40 y 45	0,986
Entre 45 y 65	0,986
Superior a 65	0,986

Fuente:  
Adaptación de las funciones HDM III (Highway Design Module III).

### Precios sociales de recursos

**TABLA 104.** Precios sociales de los recursos.

TIPO DE VEHÍCULO	LUBRICANTES (\$Col/Lt)	REPUESTOS (\$Col/Fr-Hr)	MANO DE OBRA (\$Col/Hr)	NEUMÁTICOS \$Col/Unidad)
Vehículos Livianos	\$ 8.187	\$ 35.634.100	\$ 9.090	\$ 119.058
Taxis Básicos	\$ 8.187	\$ 33.165.900	\$ 9.090	\$ 80.070
Motos	\$ 4.107	\$ 242.102.900	\$ 9.090	\$ 492.909
Buses Urbanos	\$ 4.107	\$ 244.351.800	\$ 9.090	\$ 517.178
Camiones	\$ 4.107	\$ 244.351.800	\$ 9.090	\$ 517.178

Fuente:  
Adaptación de las funciones HDM III (Highway Design Module III).

### 11.5.3 Estimación de consumos de recursos por plan

#### 11.5.3.1 Consumos de tiempo

Los consumos de tiempo se obtienen básicamente de los flujos vehiculares, los pasajeros asignados y las velocidades por arco que entrega el modelo de asignación. La valoración social de este recurso se estima a partir de los precios sociales.

En las tablas presentadas a continuación se entrega el consumo total de tiempo, por corte temporal, para la situación base y los diversos planes modelados.

- El consumo de tiempo, total y a nivel de modos, es menor en las situaciones con proyecto. Esto es lo esperado, puesto que existe una mayor oferta vial (red) en los planes respecto a la situación base. Esta vialidad adicional contribuye a disminuir la congestión, traduciéndose en un aumento de las velocidades y en una disminución de los tiempos de viaje.
- Los consumos de tiempo en el período punta tarde son levemente mayores a los del período de la mañana porque el número de viajes generados y asignados es mayor en la tarde.

- Los consumos de tiempo aumentan en el tiempo debido al incremento en el número de viajes que se traduce en una mayor congestión que, a su vez, resulta en velocidades menores y mayores tiempo de viaje.
- La magnitud en consumo de tiempo de cada uno de los modos está directamente relacionada con la partición modal, es decir con el número de viajes generados por cada uno de los modos.

**TABLA 105.** Consumo total de tiempo por situación y modo 2010.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO	TREN*	TOTAL
Base Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	8.063	3.381	3.895	44.059	4.373	459	16.987	0	81.215
Punta Tarde	8.666	4.318	4.875	43.051	4.414	625	19.580	0	85.529
<b>Total</b>	<b>16.729</b>	<b>7.699</b>	<b>8.770</b>	<b>87.110</b>	<b>8.786</b>	<b>1.085</b>	<b>36.566</b>	<b>0</b>	<b>166.744</b>
Plan 5 Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	7.336	3.046	3.523	41.910	3.738	376	16.120	0	76.048
Punta Tarde	8.250	4.188	4.479	43.389	3.716	493	18.320	0	82.837
<b>Total</b>	<b>15.586</b>	<b>7.234</b>	<b>8.002</b>	<b>85.298</b>	<b>7.454</b>	<b>869</b>	<b>34.440</b>	<b>0</b>	<b>158.884</b>
Plan 6 Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	7.336	3.046	3.523	41.910	3.738	376	16.120	0	76.048
Punta Tarde	8.250	4.188	4.479	43.389	3.716	493	18.320	0	82.837
<b>Total</b>	<b>15.586</b>	<b>7.234</b>	<b>8.002</b>	<b>85.298</b>	<b>7.454</b>	<b>869</b>	<b>34.440</b>	<b>0</b>	<b>158.884</b>
Plan 8 Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	7.407	3.100	3.579	41.829	3.760	377	16.821	0	76.872
Punta Tarde	8.353	4.291	4.578	42.241	3.750	500	19.260	0	82.971
<b>Total</b>	<b>15.759</b>	<b>7.391</b>	<b>8.156</b>	<b>84.070</b>	<b>7.509</b>	<b>877</b>	<b>36.080</b>	<b>0</b>	<b>159.843</b>

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**Nota:** No existe tren en este año para los planes 5, 6 y 8.

**TABLA 106.** Consumo total de tiempo por situación y modo 2015.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO	TREN*	TOTAL
Base Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	13.445	4.883	6.016	50.499	5.865	630	19.200	0	100.537
Punta Tarde	10.716	4.688	5.548	46.676	5.505	784	22.474	0	96.392
<b>Total</b>	<b>24.162</b>	<b>9.571</b>	<b>11.564</b>	<b>97.175</b>	<b>11.370</b>	<b>1.414</b>	<b>41.674</b>	<b>0</b>	<b>196.929</b>
Plan 5 Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	10.938	3.570	4.645	43.199	4.283	450	19.218	0	86.302
Punta Tarde	9.660	4.364	4.706	44.791	4.078	546	22.457	0	90.601
<b>Total</b>	<b>20.597</b>	<b>7.935</b>	<b>9.351</b>	<b>87.990</b>	<b>8.361</b>	<b>995</b>	<b>41.675</b>	<b>0</b>	<b>176.903</b>
Plan 6 Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	10.938	3.570	4.645	43.199	4.283	450	19.218	0	86.302
Punta Tarde	9.660	4.364	4.706	44.791	4.078	546	22.457	0	90.601
<b>Total</b>	<b>20.597</b>	<b>7.935</b>	<b>9.351</b>	<b>87.990</b>	<b>8.361</b>	<b>995</b>	<b>41.675</b>	<b>0</b>	<b>176.903</b>
Plan 8 Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	11.000	3.707	4.747	43.834	4.282	448	19.299	0	87.318
Punta Tarde	9.805	4.507	4.824	45.005	4.067	542	22.633	0	91.383
<b>Total</b>	<b>20.804</b>	<b>8.215</b>	<b>9.571</b>	<b>88.840</b>	<b>8.349</b>	<b>990</b>	<b>41.932</b>	<b>0</b>	<b>178.701</b>

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**Nota:** \* No existe tren en este año para los planes 5, 6 y 8.

**TABLA 107.** Consumo total de tiempo por situación y modo 2020.

(Millones \$ COL)<sup>1</sup>

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO	TREN	TOTAL
Base Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	21.722	7.408	10.550	59.456	7.841	861	21.184	0	129.021
Punta Tarde	12.839	5.456	6.813	51.942	6.903	978	26.533	0	111.463
<b>Total</b>	<b>34.560</b>	<b>12.864</b>	<b>17.363</b>	<b>111.397</b>	<b>14.744</b>	<b>1.839</b>	<b>47.717</b>	<b>0</b>	<b>240.484</b>
Plan 5 Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	15.021	4.515	6.540	42.337	5.011	527	21.583	3.873	99.407
Punta Tarde	11.943	4.707	5.744	46.005	4.723	643	26.902	3.964	104.633
<b>Total</b>	<b>26.964</b>	<b>9.222</b>	<b>12.284</b>	<b>88.342</b>	<b>9.734</b>	<b>1.171</b>	<b>48.485</b>	<b>7.837</b>	<b>204.040</b>
Plan 6 Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	15.161	4.534	6.291	42.654	4.869	515	21.836	3.948	99.807
Punta Tarde	11.752	4.514	5.616	46.415	4.636	628	26.951	3.876	104.389
<b>Total</b>	<b>26.913</b>	<b>9.048</b>	<b>11.907</b>	<b>89.069</b>	<b>9.505</b>	<b>1.143</b>	<b>48.787</b>	<b>7.824</b>	<b>204.196</b>
Plan 8 Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	15.524	4.595	6.635	42.871	5.278	560	21.639	3.855	100.958
Punta Tarde	12.034	4.681	5.708	46.930	4.795	644	26.984	3.957	105.731
<b>Total</b>	<b>27.558</b>	<b>9.276</b>	<b>12.343</b>	<b>89.801</b>	<b>10.073</b>	<b>1.204</b>	<b>48.623</b>	<b>7.812</b>	<b>206.689</b>

Fuente:  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

### 11.5.3.2 Consumos de Combustible

En las tablas presentadas a continuación se entrega el consumo total de combustible, por corte temporal, para la situación base y los diversos planes modelados. Se debe señalar que el modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico.

**TABLA 108.** Consumo total de combustible por situación y modo 2010.

(Millones \$ COL)<sup>1</sup>

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO Y TREN	METROPLÚS	TOTAL
Base Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	83.774	7.419	33.769	33.758	15.799	9.094	0	995	184.608
Punta Tarde	89.684	11.040	43.395	34.519	16.682	7.475	0	1.012	203.807
<b>Total</b>	<b>173.457</b>	<b>18.459</b>	<b>77.164</b>	<b>68.277</b>	<b>32.481</b>	<b>16.569</b>	<b>0</b>	<b>2.007</b>	<b>388.414</b>
Plan 5 Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	82.859	7.624	32.887	28.670	15.546	8.927	0	2.140	178.653
Punta Tarde	89.074	11.737	41.593	29.305	16.682	7.324	0	2.182	197.896
<b>Total</b>	<b>171.932</b>	<b>19.362</b>	<b>74.480</b>	<b>57.975</b>	<b>32.228</b>	<b>16.251</b>	<b>0</b>	<b>4.322</b>	<b>376.549</b>
Plan 6 Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	82.859	7.624	32.887	28.670	15.546	8.927	0	2.140	178.653
Punta Tarde	89.074	11.737	41.593	29.305	16.682	7.324	0	2.182	197.896
<b>Total</b>	<b>171.932</b>	<b>19.362</b>	<b>74.480</b>	<b>57.975</b>	<b>32.228</b>	<b>16.251</b>	<b>0</b>	<b>4.322</b>	<b>376.549</b>
Plan 8 Escenario Tendencial 2010									
Punta Mañana	83.231	7.765	33.006	28.657	15.299	8.906	0	2.003	178.867
Punta Tarde	90.404	12.082	42.715	29.300	16.583	7.245	0	2.042	200.370
<b>Total</b>	<b>173.635</b>	<b>19.847</b>	<b>75.721</b>	<b>57.956</b>	<b>31.883</b>	<b>16.151</b>	<b>0</b>	<b>4.045</b>	<b>379.237</b>

Nota: el modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico. Los consumos de combustible del modo tren están considerados en los costos operacionales reportados en el punto 11.6.3.3.

Fuente:  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 109.** Consumo total de combustible por situación y modo 2015.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO Y TREN	METROPLÚS	TOTAL
Base Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	122.578	9.009	44.819	33.902	18.264	10.418	0	1.004	239.993
Punta Tarde	106.935	11.597	49.070	34.588	19.961	8.998	0	1.015	232.163
<b>Total</b>	<b>229.512</b>	<b>20.606</b>	<b>93.889</b>	<b>68.490</b>	<b>38.225</b>	<b>19.416</b>	<b>0</b>	<b>2.019</b>	<b>472.157</b>
Plan 5 Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	114.604	7.948	43.956	28.735	17.292	10.102	0	2.409	225.047
Punta Tarde	105.963	12.306	46.295	29.355	17.748	7.406	0	2.454	221.528
<b>Total</b>	<b>220.567</b>	<b>20.254</b>	<b>90.252</b>	<b>58.090</b>	<b>35.040</b>	<b>17.508</b>	<b>0</b>	<b>4.863</b>	<b>446.575</b>
Plan 6 Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	114.604	7.948	43.956	28.735	17.292	10.102	0	2.409	225.047
Punta Tarde	105.963	12.306	46.295	29.355	17.748	7.406	0	2.454	221.528
<b>Total</b>	<b>220.567</b>	<b>20.254</b>	<b>90.252</b>	<b>58.090</b>	<b>35.040</b>	<b>17.508</b>	<b>0</b>	<b>4.863</b>	<b>446.575</b>
Plan 8 Escenario Tendencial 2015									
Punta Mañana	113.835	8.107	44.504	28.738	18.298	10.048	0	2.375	225.904
Punta Tarde	106.980	12.786	45.609	29.333	17.787	7.326	0	2.418	222.239
<b>Total</b>	<b>220.815</b>	<b>20.894</b>	<b>90.113</b>	<b>58.071</b>	<b>36.085</b>	<b>17.374</b>	<b>0</b>	<b>4.792</b>	<b>448.144</b>

**Fuente:**

elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**Nota:** El modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico. Los consumos de combustible del modo tren están considerados en los costos operacionales reportados en el punto 11.6.3.3.

**TABLA 110.** Consumo total de combustible por situación y modo 2020.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO Y TREN	METROPLÚS	TOTAL
Base Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	167.267	11.310	61.992	34.024	21.402	11.670	0	1.008	308.673
Punta Tarde	122.220	12.810	58.745	34.658	23.663	10.608	0	1.020	263.723
<b>Total</b>	<b>289.487</b>	<b>24.119</b>	<b>120.737</b>	<b>68.682</b>	<b>45.064</b>	<b>22.278</b>	<b>0</b>	<b>2.028</b>	<b>572.396</b>
Plan 5 Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	152.309	9.691	54.393	28.806	18.533	10.171	0	2.415	276.318
Punta Tarde	126.777	12.153	57.352	29.381	18.502	7.858	0	2.457	254.480
<b>Total</b>	<b>279.086</b>	<b>21.844</b>	<b>111.745</b>	<b>58.187</b>	<b>37.035</b>	<b>18.029</b>	<b>0</b>	<b>4.872</b>	<b>530.798</b>
Plan 6 Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	154.320	9.946	54.335	28.817	18.572	9.546	0	2.416	277.953
Punta Tarde	126.895	11.913	56.373	29.391	17.075	7.229	0	2.458	251.334
<b>Total</b>	<b>281.215</b>	<b>21.859</b>	<b>110.708</b>	<b>58.208</b>	<b>35.647</b>	<b>16.775</b>	<b>0</b>	<b>4.874</b>	<b>529.287</b>
Plan 8 Escenario Tendencial 2020									
Punta Mañana	153.266	9.764	53.854	28.820	19.160	11.063	0	2.417	278.345
Punta Tarde	125.977	11.914	56.687	29.389	21.776	9.055	0	2.458	257.257
<b>Total</b>	<b>279.244</b>	<b>21.678</b>	<b>110.542</b>	<b>58.209</b>	<b>40.936</b>	<b>20.118</b>	<b>0</b>	<b>4.876</b>	<b>535.602</b>

**Fuente:**

elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**Nota:** El modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico. Los consumos de combustible del modo tren están considerados en los costos operacionales reportados en el punto 11.6.3.3.

### 11.5.3.3 Costos operacionales

En la tabla 111 se presentan los costos totales de operación asociados al transporte privado, los buses y los camiones.

Los costos de operación de los vehículos asociados a modos que utilizan la infraestructura o red vial corresponden a la valoración de los recursos utilizados por esos vehículos para su funcionamiento. Los recursos considerados son lubricantes, repuestos, mano de obra y neumáticos, y dependen de la velocidad de operación y del estado de la calzada (rugosidad).

Las velocidades de operación de la situación base son menores a las de los planes y la vialidad es de menor estándar que la modelada en las situaciones con proyecto. Por ello, los costos de operación de la base son mayores que los costos generados por los planes.

Por otra parte, el Plan No. 8 genera costos de operación superiores a los de los planes 5 y 6 porque considera un menor número de mejoras viales, al desplazar proyectos después del año 2020.

**TABLA 111.** Costos de operación transporte privado, buses y camiones.

(Millones \$ COL)

CORTE TEMPORAL	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base		
2010	43.454	47.448
2015	55.752	53.224
2020	71.774	60.325
Plan 5		
2010	41.804	45.866
2015	52.997	51.889
2020	65.218	60.246
Plan 6		
2010	41.804	45.866
2015	52.997	51.889
2020	64.819	59.342
Plan 8		
2010	42.147	46.661
2015	53.623	52.580
2020	65.747	60.094

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 112.** Costos de operación Metro.

(Millones \$ COL)

CORTE TEMPORAL	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
<b>Base</b>		
2010	10.819	10.819
2015	10.819	10.819
2020	10.819	10.819
<b>Plan 5</b>		
2010	10.819	10.819
2015	11.418	11.418
2020	11.418	11.418
<b>Plan 6</b>		
2010	10.819	10.819
2015	11.418	11.418
2020	11.418	11.418
<b>Plan 8</b>		
2010	10.819	10.819
2015	11.418	11.418
2020	11.418	11.418

**Fuente:**  
elaboración propia a partir  
de resultados de Corridos del  
Modelo de 4 Etapas.

Tal como se reporta más adelante, la inversión inicial del tren suburbano ha sido estimada en 1.751.062 millones de pesos colombianos.

Considerando la relación entre la inversión inicial y los costos operacionales anuales para un tren suburbano presentada, los costos anuales de operación alcanzarán a 17.511 millones de pesos colombianos.

Los ahorros totales de tiempo, o beneficios en el caso de resultar positivos, se calculan a partir de las tablas presentadas, comparando los consumos de tiempo de la base con los de cada uno de los planes. Concretamente, se restan los consumos de tiempo del plan a los consumos de tiempo de la base. Si la diferencia es positiva, se considera que el plan es, en su conjunto, más favorable.

Cabe señalar que los beneficios en tiempo son menores en el período punta tarde, e incluso negativos en el caso de los buses. Esto se explica por el mayor nivel de congestión vehicular y número de pasajeros que existen en este período como resultado de un mayor número de viajes en comparación con la punta mañana. Al respecto es importante destacar que el modo bus modelado incluye los nuevos servicios exclusivos de Metroplús que circulan en una parte importante de su ruta por carriles exclusivos -pero no en toda su ruta en algunos casos- más los buses tradicionales que siguen compartiendo vías con el transporte privado y por lo tanto haciéndose cargo también de la congestión existente.

Por otra parte, el Plan 8 genera menos beneficios que los otros planes porque considera un menor número de proyectos entre los cortes 2010 y 2020, al desplazar proyectos después del año 2020.

**TABLA 113.** Ahorros totales de tiempo por situación y modo 2010.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO	TREN	TOTAL
Plan 5									
Punta Mañana	727	335	372	2.149	634	83	867	0	5.168
Punta Tarde	416	130	396	-337	698	132	1.259	0	2.693
<b>Total</b>	<b>1.143</b>	<b>465</b>	<b>767</b>	<b>1.812</b>	<b>1.332</b>	<b>215</b>	<b>2.126</b>	<b>0</b>	<b>7.860</b>
Plan 6									
Punta Mañana	727	335	372	2.149	634	83	867	0	5.168
Punta Tarde	416	130	396	-337	698	132	1.259	0	2.693
<b>Total</b>	<b>1.143</b>	<b>465</b>	<b>767</b>	<b>1.812</b>	<b>1.332</b>	<b>215</b>	<b>2.126</b>	<b>0</b>	<b>7.860</b>
Plan 8									
Punta Mañana	656	281	316	2.229	613	82	166	0	4.343
Punta Tarde	314	27	297	810	664	126	320	0	2.558
<b>Total</b>	<b>970</b>	<b>308</b>	<b>613</b>	<b>3.040</b>	<b>1.277</b>	<b>208</b>	<b>486</b>	<b>0</b>	<b>6.901</b>

Nota: \* No existe tren en este año para los planes 5, 6 y 8

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 114.** Ahorros totales de tiempo por situación y modo 2015.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO	TREN	TOTAL
Plan 5									
Punta Mañana	2.508	1.312	1.371	7.300	1.582	180	-18	0	14.236
Punta Tarde	1.056	324	842	1.885	1.427	238	17	0	5.790
<b>Total</b>	<b>3.564</b>	<b>1.636</b>	<b>2.213</b>	<b>9.185</b>	<b>3.009</b>	<b>419</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>20.026</b>
Plan 6									
Punta Mañana	2.508	1.312	1.371	7.300	1.582	180	-18	0	14.236
Punta Tarde	1.056	324	842	1.885	1.427	238	17	0	5.790
<b>Total</b>	<b>3.564</b>	<b>1.636</b>	<b>2.213</b>	<b>9.185</b>	<b>3.009</b>	<b>419</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>20.026</b>
Plan 8									
Punta Mañana	2.446	1.176	1.269	6.664	1.583	182	-99	0	13.220
Punta Tarde	912	181	724	1.671	1.438	242	-159	0	5.008
<b>Total</b>	<b>3.357</b>	<b>1.356</b>	<b>1.993</b>	<b>8.335</b>	<b>3.021</b>	<b>424</b>	<b>-259</b>	<b>0</b>	<b>18.228</b>

Nota: \* No existe tren en este año para los planes 5, 6 y 8

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 115.** Ahorros totales de tiempo por situación y modo 2020.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO	TREN	TOTAL
Plan 5									
Punta Mañana	6.700	2.893	4.010	17.119	2.830	333	-399	-3.873	29.614
Punta Tarde	896	748	1.069	5.936	2.180	335	-370	-3.964	6.831
<b>Total</b>	<b>7.596</b>	<b>3.642</b>	<b>5.079</b>	<b>23.055</b>	<b>5.010</b>	<b>668</b>	<b>-769</b>	<b>-7.837</b>	<b>36.445</b>
Plan 6									
Punta Mañana	6.561	2.874	4.259	16.802	2.972	346	-652	-3.948	29.214
Punta Tarde	1.086	942	1.197	5.526	2.267	350	-418	-3.876	7.075
<b>Total</b>	<b>7.647</b>	<b>3.816</b>	<b>5.456</b>	<b>22.328</b>	<b>5.239</b>	<b>696</b>	<b>-1.070</b>	<b>-7.824</b>	<b>36.288</b>
Plan 8									
Punta Mañana	6.197	2.814	3.914	16.584	2.563	301	-455	-3.855	28.063
Punta Tarde	805	775	1.106	5.012	2.109	334	-451	-3.957	5.732
<b>Total</b>	<b>7.002</b>	<b>3.588</b>	<b>5.020</b>	<b>21.597</b>	<b>4.672</b>	<b>635</b>	<b>-906</b>	<b>-7.812</b>	<b>33.796</b>

**Fuente:**

elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

En cuanto al Metro en los años 2015 y 2020, y al tren suburbano en el año 2020, los ahorros negativos de las tablas anteriores están asociados a la implementación de nuevas estaciones en el caso del Metro y un nuevo proyecto en el caso del tren que hace que en total se consuma mayor tiempo en esos modos, al existir mayor cantidad de pasajeros que los usan respecto a los que existían en la situación base. Recordar que el consumo de tiempo de un modo se obtiene de la suma del producto de los viajes de cada pasajero por el tiempo que demora cada uno de sus viajes. Si existe mayor cantidad de viajes en el Metro y el tren, producto de nuevos o un nuevo servicio, existirá más consumo, dado que los tiempos de cada viaje son similares en estos modos que son independientes de la congestión vehicular.

Los ahorros totales de combustible se calculan a partir de las tablas presentadas anteriormente, comparando los consumos de combustible de la base con los de cada uno de los planes. Concretamente, se restan los consumos de combustible del plan a los consumos de combustible de la base. Si la diferencia es positiva, se considera que el plan es, en su conjunto, más favorable.

De las siguientes tablas se desprende que el Plan 8 genera menos ahorros en combustible que los otros planes porque considera un menor número de proyectos entre los cortes 2010 y 2020, al desplazar proyectos después del año 2020.

En cuanto a los taxis, en ambos períodos del año 2010 y en el período punta tarde del año 2015 no se observan beneficios, es decir no habría ahorros de combustibles asociados al modo taxi. Este resultado se debe a que en estos cortes temporales y períodos la partición modal del taxi es mayor en el plan que en la situación base, generando un mayor consumo en combustible en la situación con proyecto al existir mayor cantidad de viajes que ocupan ese modo aumentando la circulación de estos vehículos.



**TABLA 116.** Ahorros totales de combustible por situación y modo 2010.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO Y TREN	METROPLÚS	TOTAL
Plan 5									
Punta Mañana	915	-206	882	5.088	253	167	0	-1.145	5.954
Punta Tarde	610	-697	1.802	5.214	0	152	0	-1.169	5.911
<b>Total</b>	<b>1.525</b>	<b>-903</b>	<b>2.684</b>	<b>10.302</b>	<b>253</b>	<b>319</b>	<b>0</b>	<b>-2.314</b>	<b>11.865</b>
Plan 6									
Punta Mañana	915	-206	882	5.088	253	167	0	-1.145	5.954
Punta Tarde	610	-697	1.802	5.214	0	152	0	-1.169	5.911
<b>Total</b>	<b>1.525</b>	<b>-903</b>	<b>2.684</b>	<b>10.302</b>	<b>253</b>	<b>319</b>	<b>0</b>	<b>-2.314</b>	<b>11.865</b>
Plan 8									
Punta Mañana	543	-346	763	5.101	500	188	0	-1.008	5.741
Punta Tarde	-720	-1.042	680	5.219	99	230	0	-1.030	3.436
<b>Total</b>	<b>-177</b>	<b>-1.388</b>	<b>1.443</b>	<b>10.320</b>	<b>598</b>	<b>418</b>	<b>0</b>	<b>-2.038</b>	<b>9.177</b>

**Nota:** El modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico. Los consumos de combustible del modo tren están considerados en los costos operacionales reportados en el punto 11.6.3.3.

**Fuente:** elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 117.** Ahorros totales de combustible por situación y modo 2015.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO Y TREN	METROPLÚS	TOTAL
Plan 5									
Punta Mañana	7.973	1.061	863	5.167	972	316	0	-1.405	14.947
Punta Tarde	972	-709	2.774	5.233	2.212	1.592	0	-1.439	10.635
<b>Total</b>	<b>8.945</b>	<b>352</b>	<b>3.637</b>	<b>10.400</b>	<b>3.184</b>	<b>1.907</b>	<b>0</b>	<b>-2.844</b>	<b>25.582</b>
Plan 6									
Punta Mañana	7.973	1.061	863	5.167	972	316	0	-1.405	14.947
Punta Tarde	972	-709	2.774	5.233	2.212	1.592	0	-1.439	10.635
<b>Total</b>	<b>8.945</b>	<b>352</b>	<b>3.637</b>	<b>10.400</b>	<b>3.184</b>	<b>1.907</b>	<b>0</b>	<b>-2.844</b>	<b>25.582</b>
Plan 8									
Punta Mañana	8.743	901	316	5.164	-34	370	0	-1.371	14.089
Punta Tarde	-45	-1.189	3.460	5.255	2.174	1.672	0	-1.402	9.924
<b>Total</b>	<b>8.697</b>	<b>-288</b>	<b>3.776</b>	<b>10.419</b>	<b>2.140</b>	<b>2.042</b>	<b>0</b>	<b>-2.773</b>	<b>24.013</b>

**Nota:** El modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico. Los consumos de combustible del modo tren están considerados en los costos operacionales reportados en el punto 11.6.3.3.

**Fuente:** elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 118.** Ahorros totales de combustible por situación y modo 2020.

(Millones \$ COL)

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	METRO Y TREN	METROPLÚS	TOTAL
Plan 5									
Punta Mañana	14.958	1.618	7.599	5.219	2.869	1.499	0	-1.407	32.355
Punta Tarde	-4.557	657	1.393	5.277	5.161	2.750	0	-1.437	9.243
<b>Total</b>	<b>10.401</b>	<b>2.275</b>	<b>8.992</b>	<b>10.495</b>	<b>8.030</b>	<b>4.249</b>	<b>0</b>	<b>-2.844</b>	<b>41.598</b>
Plan 6									
Punta Mañana	12.947	1.364	7.657	5.207	2.829	2.124	0	-1.408	30.720
Punta Tarde	-4.675	896	2.372	5.267	6.588	3.379	0	-1.438	12.389
<b>Total</b>	<b>8.272</b>	<b>2.260</b>	<b>10.029</b>	<b>10.474</b>	<b>9.417</b>	<b>5.503</b>	<b>0</b>	<b>-2.846</b>	<b>43.109</b>
Plan 8									
Punta Mañana	14.001	1.546	8.137	5.205	2.241	607	0	-1.409	30.328
Punta Tarde	-3.757	896	2.058	5.268	1.887	1.553	0	-1.439	6.466
<b>Total</b>	<b>10.243</b>	<b>2.441</b>	<b>10.195</b>	<b>10.473</b>	<b>4.128</b>	<b>2.160</b>	<b>0</b>	<b>-2.848</b>	<b>36.793</b>

**Fuente:** elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**Nota:** El modo Metro no genera consumos en combustible por ser eléctrico. Los consumos de combustible del modo tren están considerados en los costos operacionales reportados en el punto 11.6.3.3.

#### 11.5.3.4 Estimación de beneficios totales anuales

El modelo de cuatro etapas desarrollado para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha sido calibrado para los períodos punta mañana y punta tarde de una época normal (no de verano y considerando actividad escolar).

Los beneficios totales anuales requeridos para calcular los indicadores económicos se deben estimar a partir de los ahorros de estos dos períodos punta, así como de los ahorros del período valle o fuera de punta que considera normalmente también los días de fines de semana, los feriados y la época estival.

Con el fin de poder realizar la evaluación económica, se decidió estimar los beneficios correspondientes al período fuera de punta (1 hora) como una fracción del promedio de los beneficios de los períodos punta mañana y punta tarde (1 hora al promediar). Entonces, para cada uno de los planes simulados se calculan los beneficios totales para relaciones entre la hora fuera de punta y la hora promedio entre los dos períodos punta que van entre 10% y 100%.

Específicamente, los beneficios o ahorros de los períodos punta mañana y punta tarde, calculados a partir de los resultados generados por el modelo de transporte, son primero promediados, obteniendo beneficios promedio correspondientes a 1 hora punta. Luego, se calculan los beneficios correspondientes a 1 hora valle como una fracción de los beneficios promedio de 1 hora punta. Aplicando los factores de expansión se estiman los beneficios totales anuales.

En el siguiente cuadro se presentan los beneficios anuales para una relación entre beneficios horarios valle y beneficios horarios punta de 100%, o sea para beneficios del período fuera de punta iguales a los beneficios de los períodos punta.

Los beneficios asociados al tiempo de viaje representan al 2010 entre el 34% y 38% de los beneficios totales. Esta proporción varía entre 41% y 49% al 2015 y 2020. Por su parte, los beneficios de combustible fluctúan entre un 51% y un 55% del total de los beneficios.

En cuanto a los costos de operación, se debe mencionar que la ausencia de beneficios por este concepto que se observa al año 2020 está básicamente asociada a la habilitación del tren suburbano, proyecto que no existe en la situación base y por ende existe consumo nulo en ella.

**TABLA 119.** Beneficios anuales.

(Millones \$ COL)

CORTE TEMPORAL	TIEMPO DE VIAJE	COMBUSTIBLE	COSTOS OPERACIONALES	TOTAL	CRECIMIENTO ANUAL
<b>Plan 5</b>					
Total Anual 2010	22.283	33.656	9.168	65.107	
Total Anual 2015	56.761	72.542	8.193	137.496	16,1%
Total Anual 2020	103.261	117.877	-2.127	219.012	9,8%
<b>Plan 6</b>					
Total Anual 2010	22.283	33.656	9.168	65.107	
Total Anual 2015	56.761	72.542	8.193	137.496	16,1%
Total Anual 2020	102.821	122.187	1.572	226.580	10,5%
<b>Plan 8</b>					
Total Anual 2010	19.566	26.019	5.938	51.523	
Total Anual 2015	51.663	68.093	4.458	124.214	19,2%
Total Anual 2020	95.749	104.245	-3.189	196.805	9,6%

Nota: Ejemplo cálculo crecimiento anual Plan 5 entre 2010-2015:  $(137.496/65.107)^{1/5}=16,1\%$

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

Dado que la evaluación económica se considera a 20 años (vida útil de los proyectos) y de acuerdo con los resultados de la tabla anterior para la proyección de los beneficios después del 2020, se utiliza un crecimiento conservador de un 5% anual.

#### 11.5.4 Costos de inversión de cada plan

En este punto se presenta la determinación de los costos de los distintos proyectos que conforman los planes de proyectos urbanos modelados que, a su vez, componen cada alternativa a ser llevada a evaluación multicriterio. Como se dijo anteriormente, las alternativas a nivel urbano están compuestas por proyectos de infraestructura y por distintas alternativas de material rodante para prever los servicios de transporte público.

En este punto se presentan dichos costos dado que son los requeridos para efectos de obtener la rentabilidad económica de los planes de proyectos simulados.

El resto de los costos de los proyectos de conectividad externa o interurbanos que componen las alternativas sometidas a la evaluación multicriterio se presentan posteriormente.

#### 11.5.4.1 Definición de costos de infraestructura de proyectos urbanos

Los costos unitarios de infraestructura de los proyectos urbanos, como: construcción de vías, ampliación de vías, construcción de intercambios, implementación de servicios de Metroplús, extensión de las redes de Metro y metrocable, etc. fueron proporcionados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

**TABLA 120.** Costos de infraestructura.

(Millones \$ COL)

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	LONGITUD PROYECTOS (km)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2A	V	Doble calzada Bello – Hatillo -(2 carriles x sentido) - VT	23,7	7.500	177.750
13	V	Ampliación a doble calzada de la Loma de los Balsos entre el sistema vial del Río y la Circunvalar Oriental	3,2	5.027	16.085
40	V	Doble calzada de la vía Las Palmas	13,6	6.000	81.600
41	V	Doble calzada al túnel de occidente desde la Av. 80 hasta San Cristóbal	4,6	7.500	34.500
42	V	Cambios de sentidos y terminación de ampliación de las laterales a la quebrada La Iguaná en el tramo entre el Río Medellín hasta la Av. 80	3,6	250	900
59	V	Construcción de la vía arteria (VA)(3 carriles) en la margen derecha del Río entre la calle 19 sur (Carrefour) y la calle 30	5,2	5.500	28.600
70	V	Intercambio vial de Acevedo (autopista Medellín - Bogotá con vía Machado)	1,0	9.000	9.000
102	V	Terminación del construcción de Av. 34 entre las Cl. 12s y la doble calzada de las Palmas	3,7	6.921	25.608
27	TP	Sistema Metroplús Itagüí por el corredor de la Av. Guayabal desde Ditaires hasta la calle 30 (estación industriales)	16,5	20.972	346.038
28	TP	Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado). Desde la Estación Industriales hasta el límite entre Envigado y Sabaneta	10,3	20.972	216.012
29	TP	Sistema Metroplús Av. U. de Medellín - Aranjuez	13,0	20.972	272.636
32	TP	Sistema Metroplús en Bello por Quebrada La García hasta empalmar con estación Bello del Metro	8,6	20.972	180.359
85	TP	Extensión de la línea A del Metro hacia Sabaneta	2,4	91.667	220.001
95	TP	Metrocable San Javier - Pajarito	2,7	35.840	96.768
28A	TP	Variante del Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado) hasta empalmar con Metroplús calle Colombia (pyto 152)	5,3	20.972	111.152
30	TP	Sistema Metroplús Cr. 80 desde la estación Acevedo hasta la estación Aguacatala, pasando por la Facultad de Minas	20,2	20.972	423.634
31	TP	Sistema Metroplús Av. 34 entre la Estación Aguacatala y Palos Verdes	10,4	20.972	218.109
44	TP	Continuidad del Sistema de Metroplús de Envigado hasta la Cl. 77sur y su prolongación hasta encontrarse con el corredor de Itagüí, para formar un anillo sur.	5,6	20.972	117.443

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	LONGITUD PROYECTOS (km)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
151	TP	Servicio de bus de Bello a Centro de Copacabana pasando por estación Niquía	8,8	0	0
152	TP	Sistema de Metroplús por la calle Colombia desde Carrera 80 hasta carrera 50.	7,5	20.972	157.290
86	TP	Metroplús desde la futura estación Sabaneta hasta San Antonio de Prado	6,1	20.972	127.929
87	TP	Servicio de bus desde Rosellón - Estación Ayurá (en Envigado) - Barrio Calatrava (Itagüí)	9,1	0	0
88	TP	Servicio de bus de la Calle 10 – Terminal del Sur- Estación El Poblado-Vizcaya-Transversal Inferior	5,7	0	0
93	TP	Metrocable estación Tricentenario - sector El Picacho	1,9	35.840	68.096
85A	TP	Incorporación nueva estación de Metro en extensión a Sabaneta en calle 67 Sur en la línea A	2,5	91.667	231.001
90	TP	Extensión de la línea B del Metro hacia el Oriente	2,1	91.667	192.501
77	TP	Tren Suburbano	63,0	25.000	1.575.000
11	V	Conexión vial en doble Calzada desde la Circunvalar Oriental hasta la Circunvalar	3,9	6.500	25.350
100	V	Continuación de la Transversal intermedia desde la vía Las Palmas hasta empalmar con el par vial de las carreras 36 y 36ª	2,8	5.000	14.000
101	V	Ampliación y rectificación para la continuidad de la Transversal Intermedia (Av. 34) desde la calle 36 hasta el intercambio vial de Palos Verdes	4,1	6.500	26.650
17	V	Nueva variante a Heliconia por el corredor de Quebrada Doña María	3,5	6.500	22.750
25	V	Intercambio vial de las calles 94 y 95 con la Autopista norte (Cr. 64c)	1,0	6.500	6.500
98	V	Doble calzada de la carrera 65 entre las calles 30 y 50	2,7	6.500	17.550
10A	V	Construcción de una Parte de la Circunvalar Oriental entre el proyecto 66 y la vía Las Palmas, pudiendo continuarse también hasta la Calle 44.	9,9	2.600	25.740
19	V	Construcción de vía subterránea (túnel aeropuerto EOH) para la conexión de la calle 10 con las laterales de la quebrada La Guayabaza	1,4	7.500	10.500
20	V	Continuidad de las laterales de la quebrada La Guayabala y conexión con la Circunvalar Occidental	1,4	2.500	3.500
23	V	Adecuación y construcción de la calle 85 en Itagüí desde la Av. Guayabal hasta la Circunvalar Occidental	0,7	2.500	1.750
26	V	Conformación del par vial de las Crs. 70. 73 y conexión con la Cr 72A. Construcción de la Cr 75 bordeando el cerro El Volador	6,8	2.500	17.000
33	V	Construcción de la vía de acceso al túnel de Oriente desde la Intersección de Circunvalar Oriental con la vía las Palmas	7,3	6.500	47.450
331	V	Continuación del proyecto 33 hacia el Corredor del Río (costura)	9,3	7.900	73.470

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	LONGITUD PROYECTOS (km)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
37	V	Continuidad de la calle 44 desde El Palo hasta empalmar con el proyecto Vial que desde la vía las Palmas conduce al Túnel de Oriente	5,0	5.250	26.250
39	V	Construcción del Túnel de Oriente por el corredor de la Quebrada Santa Elena	4,8	25.000	120.000
421	V	Continuación del proyecto 42 hacia el Corredor del Río (costura)	1,6	250	400
66	V	Terminación de la Doble Calzada del corredor de la quebrada la Ayurá en Envigado hasta la Circunvalar Oriental. e intercambios sobre las Avenidas las Vegas y El poblado	1,0	55.000	55.000
136	V	Intercambio vial en el cruce de punto de Encuentro de las circunvalares Oriental y Occidental en Ancón Sur	1,0	15.000	15.000
57	V	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río entre la variante de Caldas y La calle 19s (límite Envigado - Medellín)	6,2	5.500	34.100
62	V	Intercambio vial de la Variante a Caldas	1,0	5.000	5.000
63	V	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la calle 77 sur	1,0	25.000	25.000
64	V	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Avenida Pilsen	1,0	25.000	25.000
65	V	Terminación del intercambio vial sobre el Río Medellín de la calle 50 sur (Mayorca)	1,0	7.000	7.000
67	V	Intercambio vial de la Ayurá sobre el Río Medellín en límites de Medellín con Envigado	1,0	35.000	35.000
68	V	Intercambio vial de la quebrada La Iguaná sobre el Río Medellín	1,0	25.000	25.000
78	V	Construcción de 3 carriles de la autopista (VT y VA) en la margen izquierda del Río desde Espumas Medellín hasta Intercambio Variante de Caldas	9,0	7.500	67.500
103	V	Construcción de la variante en doble calzada hacia La Pintada por el sector del Tablazo	10,0	4.520	45.197
104	V	Doble calzada de la variante de Caldas desde el ancón sur hasta Primavera	9,3	7.500	69.750
581	V	Ampliación a 3 carriles de la autopista (VT) en la margen izquierda del Río desde estación Industriales hasta Espumas Medellín	8,1	4.000	32.400
43	V	Ampliación, rectificación y mejoramiento de las especificaciones geométricas de la vía arterial existente desde Moravia hasta Copacabana	12,9	3.500	45.150
60	V	Construcción de la vía travesía (VT)(3 carriles) en la margen derecha del Río desde Moravia hasta el intercambio vial de Copacabana	7,8	5.500	42.900
601	V	Construcción de la vía arteria (VA) (3 carriles) en la margen derecha del Río desde Moravia hasta el intercambio vial de Copacabana	11,0	5.500	60.500
61	V	Construcción y ampliación de la VT(3 carriles) en la margen izquierda del Río desde el intercambio de Copacabana hasta Estación Tricentenario	5,9	6.500	38.350
611	V	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde el intercambio de Copacabana hasta la estación Tricentenario	6,8	5.500	37.400
69	V	Intercambio vial de Tricentenario sobre el Río Medellín, incluye conexión a CL 92 y CL 93	1,0	35.000	35.000

NRO PROYECTO	TIPO PROYECTO	NOMBRE	LONGITUD PROYECTOS (km)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
72	V	Intercambio vial de Andalucía sobre el Río Medellín	1,0	25.000	25.000
582	V	Ampliación a 3 carriles de la autopista (VT) en la margen izquierda del Río desde el puente de la Minorista hasta estación Industriales, y adecuación desde el Tricentenario hasta Puente de la Minorista	7,4	4.000	29.760

Fuente:  
AMVA

#### 11.5.4.2 Definición de costos de material rodante de transporte público

Los costos unitarios del material para ser considerado en la cubicación de los planes de proyectos urbanos se indican a continuación, incluyendo las fuentes de información consultadas. Los valores destacados en gris son los finalmente adoptados para la estimación de los costos de material rodante.

**TABLA 121.** Montos unitarios de material rodante.

TIPO DE MATERIAL RODANTE	COSTO UNITARIO DE MATERIAL RODANTE			
	Rango Mínimo	Rango Máximo	Unidad	Fuente
Bus y Metroplús Diesel	0,07	0,26	Millones US\$	2
Bus y Metroplús GNV	0,08	0,30	Millones US\$	6
Metro	1,20		Millones US\$	5
Metrocable	0,45	0,65	Millones US\$	6
Tranvía o Tren Liviano	1,60	2,70	Millones US\$	4
Tren Suburbano Diesel	2,20	3,70	Millones US\$	1, 3

Fuente:

- 1: Estudio Habilitación Tren de Pasajeros, Ramal Santiago - Melipilla, Sectra, 1996.
- 2: Estudio Actualización Estrasura V Etapa, Orden de Trabajo N°4, CIS, 2005.
- 3: Empresa de Ferrocarriles del Estado, Chile.
- 4: Modernización del Transporte Público, Segunda Etapa, Sectra 1999.
- 5: Modernización del Transporte Público, Segunda Etapa, Sectra 1999 & Empresa Metro S.A., Chile.
- 6: Diversas páginas de internet con información de costos de proyectos de transporte chilenos y españoles.

**TABLA 122.** Especificaciones rangos mínimo y máximo del material rodante.

TECNOLOGÍA MATERIAL RODANTE	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Bus y Metroplús	40 pasajeros	160 pasajeros (articulado)
Tranvía o Tren Liviano	Menos de 25 metros de largo	Más de 36 metros de largo
Tren Suburbano Diesel	Unidad reacondicionada	Unidad nueva

Fuente:  
elaboración propia.

### 11.5.4.3 Costo total de inversión de planes modelados

De acuerdo con los puntos anteriores, en las siguientes tablas se presentan las inversiones totales de cada uno de los planes modelados, desglosados por tipo de proyecto: viales, tren suburbano, bus, Metroplús, Metro y metrocable. También se entrega el desglose de estos montos en inversiones de infraestructura y material rodante.

**TABLA 123.** Inversiones totales infraestructura y material rodante.

(Millones \$ COL)

PLAN	VIALIDAD	CORREDOR DEL RÍO	TREN SUBURBANO	BUS	METROPLÚS	METRO	METROCABLE	TOTAL
Base	374.043	0	0	0	1.102.782	228.004	100.769	<b>1.805.598</b>
Plan 5	508.860	685.007	1.751.062	9.248	1.255.259	439.507	71.097	<b>4.720.039</b>
Plan 6	508.860	685.007	1.751.062	9.248	1.255.259	439.507	71.097	<b>4.720.039</b>
Plan 8	130.200	685.007	1.751.062	9.248	1.255.259	439.507	71.097	<b>4.341.379</b>

Fuente:  
elaboración propia.

Nota: Inversiones de material rodante estimadas para tren suburbano a tecnología diesel y Metroplús a GNV. Las inversiones del Plan 8 consideran Metroplús a GNV.

Del cuadro anterior se desprende que el Plan 8 baja considerablemente la inversión en vialidad urbana respecto a los planes 5 y 6. Esto se debe al desplazamiento que experimentan para años posteriores al año 2020, proyectos de asociados a altas inversiones descritos en la tabla anterior como son: el Túnel de Oriente (Pyto. 37), la construcción de las vías de acceso al mismo túnel (Pyto. 33), la "costura vial" de este proyecto con el corredor del Río (Pyto. 331) y el proyecto de la Circunvalar Oriental (Pyto. 10A), entre otros.

**TABLA 124.** Inversiones de infraestructura.

(Millones \$ COL)

PLAN	VIALIDAD	CORREDOR DEL RÍO	TREN SUBURBANO	BUS	METROPLÚS	METRO	METROCABLE	TOTAL
Base	374.043	0	0	0	1.015.045	220.001	96.768	<b>1.705.857</b>
Plan 5	508.860	685.007	1.575.000	0	1.155.557	423.502	68.096	<b>4.416.022</b>
Plan 6	508.860	685.007	1.575.000	0	1.155.557	423.502	68.096	<b>4.416.022</b>
Plan 8	130.200	685.007	1.575.000	0	1.155.557	423.502	68.096	<b>4.037.362</b>

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 125.** Inversiones de material rodante.

(Millones \$ COL)

PLAN	VIALIDAD	CORREDOR DEL RÍO	TREN SUBURBANO	BUS	METROPLÚS	METRO	METROCABLE	TOTAL
Base	0	0	0	0	87.737	8.003	4.001	<b>99.742</b>
Plan 5	0	0	176.062	9.248	99.702	16.006	3.001	<b>304.017</b>
Plan 6	0	0	176.062	9.248	99.702	16.006	3.001	<b>304.017</b>
Plan 8	0	0	176.062	9.248	99.702	16.006	3.001	<b>304.017</b>

Fuente:  
elaboración propia.

Nota: Inversiones de material rodante estimadas para tren suburbano a tecnología diesel y Metroplús a GNV. Las inversiones del Plan 8 consideran Metroplús a GNV.



**TABLA 126.** Valores residuales de infraestructura.

(Millones \$ COL)

PLAN	VIALIDAD	CORREDOR DEL RÍO	TREN SUBURBANO	BUS	METROPLÚS	METRO	METROCABLE	TOTAL
Base	37.404	0	0	0	101.504	33.000	14.515	<b>186.424</b>
Plan 5	50.886	68.501	236.250	0	115.556	63.525	10.214	<b>544.932</b>
Plan 6	50.886	68.501	236.250	0	115.556	63.525	10.214	<b>544.932</b>
Plan 8	13.020	68.501	236.250	0	115.556	63.525	10.214	<b>507.066</b>

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 127.** Valores residuales de material rodante.

(Millones \$ COL)

PLAN	VIALIDAD	CORREDOR RÍO	TREN SUBURBANO	BUS	METROPLÚS	METRO	METROCABLE	TOTAL
Base	0	0	0	0	0	3.201	1.601	<b>4.802</b>
Plan 5	0	0	35.212	0	0	6.402	1.200	<b>42.815</b>
Plan 6	0	0	35.212	0	0	6.402	1.200	<b>42.815</b>
Plan 8	0	0	35.212	0	0	6.402	1.200	<b>42.815</b>

Fuente:  
elaboración propia.

### 11.5.5 Estimación de indicadores económicos de corto y largo plazo

#### 11.5.5.1 Corto plazo

Los indicadores de rentabilidad no indican el año óptimo de la inversión, criterio también necesario para tomar decisiones de inversión.

Dada esta característica, el momento óptimo de la inversión puede determinarse utilizando los llamados indicadores de corto plazo.

El primero de ellos se denomina Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) y corresponde al valor de la tasa de descuento social que hace cero el valor actualizado neto del primer año.

$$TRI = \left[ \frac{(CO_b - CO_p)_1 + (TVG_b - TVG_p)_1 - CM_1}{I} \right]$$

Donde los costos de operación y los costos de tiempo de viaje, tanto de la situación base de la situación con proyecto, corresponden a los del primer año de operación.

Si la TRI resulta mayor o igual que la tasa de descuento social, entonces es necesario invertir en el año cero de referencia. En caso contrario es necesario postergar la inversión al menos un año o hasta que el indicador supere a la tasa de descuento social.

Un criterio de corto plazo equivalente al anterior es el llamado Valor Actualizado Neto del primer Año (VAN1), que también refleja el costo de postergar el proyecto y que se define como sigue:

$$VAN = \left[ \frac{(CO_b - CO_p)_1 + (TVG_b - TVG_p)_1 - I \times I}{1+i} \right]$$

Donde los costos de operación y los costos de tiempo de viaje corresponden a los del primer año de operación del proyecto.

Si VAN1 resulta positivo, entonces es conveniente invertir en el proyecto en el año cero, de lo contrario, es necesario postergar la inversión hasta que se haga positivo.

#### 11.5.5.2 Largo plazo

Si se define un horizonte de planificación de n años, se puede calcular el Valor Actualizado Neto (VAN) de acuerdo a la siguiente expresión

$$VAN = -I + \sum_{j=1}^n \left[ \frac{(CO_b - CO_p)_j + (TVG_b - TVG_p)_j - CM_j}{(1+i)^j} \right] + \frac{VR}{(1+i)^n}$$

Donde:

- CO<sub>b</sub>**= Costos de operación de los modos de transporte en la situación base valorado a precios sociales.
- CO<sub>p</sub>**= Costos de operación de los modos de transporte en la situación con proyecto valorados a precios sociales.
- TVG<sub>b</sub>**= Tiempo de viaje Generalizado de los usuarios en la situación base.
- TVG<sub>p</sub>**= Tiempo de viaje Generalizado de los usuarios en la situación con proyecto.
- I**= Costos de Inversión del proyecto valorado a precios sociales.
- CM**= Costos de mantenimiento valorados a precios sociales.
- i**= Tasa de descuento social (12%).
- VR**= Valor residual del proyecto al cabo de los n años de operación.

Cuando el VAN de un proyecto es mayor que cero, las inversiones necesarias para materializarlo se justifican desde el punto de vista social. En caso contrario (VAN negativo), el proyecto no es rentable y debe descartarse (o al menos postergarse).

Otro indicador de largo plazo a utilizar para determinar si un proyecto es rentable es la Tasa Interna de Retorno (TIR). Este corresponde al valor de la tasa de descuento social que hace que el VAN del proyecto se anule.

Si el valor resultante es mayor que la tasa de descuento social establecido por la autoridad el proyecto es socialmente rentable. De lo contrario el proyecto no justifica las inversiones requeridas y debería ser rechazado.

Dado dos proyectos alternativos rentables, debería optarse por aquél con mayor TIR.

Si el VAN resulta positivo, como si la TIR es mayor que la tasa de descuento social, un proyecto es rentable y justifica la inversión requerida.

## 11.6 EVALUACIÓN AMBIENTAL

Los proyectos pueden tener beneficios ambientales relacionados con el mejoramiento de la calidad del aire y de la calidad acústica, debido a la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos y de ruido en las nuevas condiciones de los flujos vehiculares. Otros beneficios están asociados a la calidad urbana y el estado de los elementos del patrimonio cultural en el área.

### 11.6.1 Metodología de cálculo

#### 11.6.1.1 Emisiones atmosféricas

La metodología del cálculo de las emisiones atmosféricas está basada en la cuantificación de la variación de las emisiones totales generadas por el tránsito vehicular en el área de estudio, considerando tanto la situación base como cada escenario de proyecto.

El modelo de transporte utilizado entrega los flujos para cada arco del área de estudio, en cada uno de los escenarios analizados; para cada uno de estos escenarios se calcula la emisión de los siguientes contaminantes CO y material particulado (MP).

El análisis se efectúa para los períodos punta y punta tarde. En ambos casos se calcula la tasa de emisión (g/hr) utilizando los factores de emisión provenientes de una serie de estudios realizados por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile, el primero de los cuales se llevó a cabo en el año 1996 auspiciado por CONAMA, Corporación Nacional del Medioambiente de Chile.

En el siguiente cuadro se especifican las formulaciones matemáticas utilizadas para el cálculo de los factores de emisión por tipo de vehículo.

**TABLA 128.** Expresiones para cálculo de factores de emisión.

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	FACTORES DE EMISIÓN	
	CO (g/km)	MP (g/km)
Vehículos particulares no catalíticos	$(0.0203 \cdot V^2) - (2.262 \cdot V) + 77.661$	No aplica
Vehículos de alquiler no catalíticos	$(0.0203 \cdot V^2) - (2.262 \cdot V) + 77.661$	No aplica
Motocicletas de dos tiempos convencionales	$(-0.001V^2) + 0.172V + 18.1$ ( $V < 60$ ) $0.0001V^2 + 0.05V + 21.5$	No aplica
Buses licitados urbanos diesel VTT (vehículo con tecnología tradicional)	$59.003 \cdot V^{(-0.7447)}$	$12.09253 \cdot V^{(-0.7360)}$
Camiones medianos diesel convencional	$37.280 \cdot V^{(-0.6945)}$	$9.6037 \cdot V^{(-0.7259)}$

Nota: V: Velocidad (km/hr) media de operación.

Fuente: elaboración propia.

Las emisiones atmosféricas totales se calculan a partir de la siguiente expresión general:

$$E_{ijk} = Fe_{ik} * FT_j * C_{kj} * L_i$$

$E_{ijk}$  = Emisión total del contaminante i, en el arco j, para la categoría vehicular k, en el período modelado (gr/hr).

$Fe_{ik}$  = Factor de emisión contaminante i para la categoría k (gr/km).

$FT_j$  = Flujo vehicular total en el arco j a la hora evaluada (veh/hr).

$C_{kj}$  = Composición o fracción del flujo total de la categoría k en el arco j (%).

$L_i$  = Largo del arco j (km).

#### 11.6.1.2 Emisiones Acústicas

Las emisiones acústicas asociadas al flujo vehicular en un contexto de red o malla vial se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$(L_{eq})_i = [(L_0)_E]_i + (tráfico)_i$$

donde,  $[(L_0)_E]_i$  corresponde al nivel medio de emisión de referencia para cada categoría vehicular i.

El nivel de ruido se obtiene entonces a partir del nivel medio de referencia corregido por la intensidad de tráfico.

Los valores de  $[(L_0)_E]_i$  para cada categoría vehicular están dados por las siguientes expresiones:

Para automóviles (v es la velocidad media de circulación en km/h):

$$(L_0)_E = 38.1 \log(v) - 2.4 \text{ dB(A)}$$

Para camiones medios (v es la velocidad media de circulación en km/h):

$$(L_0)_E = 33.9 \log(v) - 16.4 \text{ dB(A)}$$

Para camiones pesados (v es la velocidad media de circulación en km/h):

$$(L_0)_E = 24.6 \log(v) - 38.5 \text{ dB(A)}$$

Por otra parte,  $(tráfico)_i$  corresponde a la corrección por intensidad de tráfico:

$$(tráfico)_i = 10 \log(N_i d_0 / v_i) - 25 \text{ dB(A)}$$

Donde,

$N_i$  = intensidad horaria de vehículos de tipo i (vehículos/hora).

$D_0$  = distancia de referencia de 15,2 m.

$V_i$  = velocidad del tipo de vehículo i (km/h).

La corrección por intensidad de tráfico se aplica para tener en cuenta la intensidad total horaria del tipo de vehículo sobre el nivel medio de emisión de referencia.

## 11.6.2 Resultados indicadores ambientales

### 11.6.2.1 Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas de material particulado y de CO son principalmente función de la velocidad de operación de los vehículos, así como de la magnitud y de la composición del flujo vehicular. Por otra parte, el cálculo se realiza a nivel de los arcos de la red, por lo que la extensión de ésta, el nivel de congestión y las alternativas viales también influyen en la cuantificación de las emisiones atmosféricas. Tomando en consideración lo anterior, se puede concluir que los resultados presentados a continuación son coherentes y consistentes.

En los tres cortes temporales modelados se observa una disminución de las emisiones atmosféricas en los planes. El Plan 8, si bien es menos contaminante que la situación base, produce una mayor cantidad de emisiones atmosféricas que los otros planes analizados. Esto se explica por el hecho que el Plan 8 está conformado por un menor número de proyectos viales y por lo tanto ofrece menos alternativas viales, lo cual resulta en una mayor concentración de flujos en los arcos.

**TABLA 129.** Emisiones atmosféricas por situación 2010.

TIPO EMISIÓN	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base - 2010		
CO (g)	12.239.960	13.558.259
MP (g)	109.296	113.596
<b>Total (g)</b>	<b>12.349.256</b>	<b>13.671.855</b>
Plan 5 - 2010		
CO (g)	11.497.045	13.143.583
MP (g)	94.266	97.309
<b>Total (g)</b>	<b>11.591.310</b>	<b>13.240.891</b>
Plan 6 - 2010		
CO (g)	11.497.045	13.143.583
MP (g)	94.266	97.309
<b>Total (g)</b>	<b>11.591.310</b>	<b>13.240.891</b>
Plan 8 - 2010		
CO (g)	12.210.965	14.082.160
MP (g)	93.835	97.002
<b>Total (g)</b>	<b>12.304.801</b>	<b>14.179.162</b>

Fuente:  
elaboración propia a partir de  
resultados de Corridos del Modelo  
de 4 Etapas

**TABLA 130.** Diferencias entre base y plan emisiones atmosféricas 2010.

TIPO EMISIÓN	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base - Plan 5 2010		
CO (g)	742.915	414.676
MP (g)	15.030	16.287
<b>Total (g)</b>	<b>757.945</b>	<b>430.963</b>
Base - Plan 6 2010		
CO (g)	742.915	414.676
MP (g)	15.030	16.287
<b>Total (g)</b>	<b>757.945</b>	<b>430.963</b>
Base - Plan 8 2010		
CO (g)	28.995	-523.901
MP (g)	15.461	16.594
<b>Total (g)</b>	<b>44.456</b>	<b>507.307</b>

**Fuente:**  
elaboración propia a partir  
de resultados de Corridos del  
Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 131.** Emisiones atmosféricas por situación 2015.

TIPO EMISIÓN	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base - 2015		
CO (g)	17.847.914	15.669.886
MP (g)	124.083	123.914
<b>Total (g)</b>	<b>17.971.997</b>	<b>15.793.800</b>
Plan 5 - 2015		
CO (g)	15.440.357	14.902.818
MP (g)	100.346	100.966
<b>Total (g)</b>	<b>15.540.703</b>	<b>15.003.784</b>
Plan 6 - 2015		
CO (g)	15.440.357	14.902.818
MP (g)	100.346	100.966
<b>Total (g)</b>	<b>15.540.703</b>	<b>15.003.784</b>
Plan 8 - 2015		
CO (g)	16.346.073	15.632.284
MP (g)	99.908	100.564
<b>Total (g)</b>	<b>16.445.981</b>	<b>15.732.848</b>

**Fuente:**  
elaboración propia a partir  
de resultados de Corridos del  
Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 132.** Diferencias entre base y plan emisiones atmosféricas 2015.

TIPO EMISIÓN	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base - Plan 5 2015		
CO (g)	2.407.557	767.068
MP (g)	23.737	22.948
<b>Total (g)</b>	<b>2.431.294</b>	<b>790.016</b>
Base - Plan 6 2015		
CO (g)	2.407.557	767.068
MP (g)	23.737	22.948
<b>Total (g)</b>	<b>2.431.294</b>	<b>790.016</b>
Base - Plan 8 2015		
CO (g)	1.501.841	37.602
MP (g)	24.175	23.350
<b>Total (g)</b>	<b>1.526.016</b>	<b>60.952</b>

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridas del Modelo de 4 Etapas

**TABLA 133.** Emisiones atmosféricas por situación 2020.

TIPO EMISIÓN	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base - 2020		
CO (g)	25.867.857	18.404.999
MP (g)	143.827	136.776
<b>Total (g)</b>	<b>26.011.684</b>	<b>18.541.775</b>
Plan 5 - 2020		
CO (g)	20.246.443	17.589.964
MP (g)	108.357	108.000
<b>Total (g)</b>	<b>20.354.800</b>	<b>17.697.964</b>
Plan 6 - 2020		
CO (g)	20.405.980	17.172.691
MP (g)	107.890	107.427
<b>Total (g)</b>	<b>20.513.869</b>	<b>17.280.118</b>
Plan 8 - 2020		
CO (g)	22.942.639	19.320.575
MP (g)	111.079	108.789
<b>Total (g)</b>	<b>23.053.719</b>	<b>19.429.364</b>

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridas del Modelo de 4 Etapas

**TABLA 134.** Diferencias entre base y plan emisiones atmosféricas 2020.

TIPO EMISIÓN	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Base - Plan 5 2020		
CO (g)	5.621.414	815.035
MP (g)	35.470	28.776
<b>Total (g)</b>	<b>5.656.884</b>	<b>843.811</b>
Base - Plan 6 2020		
CO (g)	5.461.877	1.232.308
MP (g)	35.937	29.349
<b>Total (g)</b>	<b>5.497.814</b>	<b>1.261.657</b>
Base - Plan 8 2020		
CO (g)	2.925.218	-915.576
MP (g)	32.748	27.987
<b>Total (g)</b>	<b>2.957.966</b>	<b>-887.589</b>

**Fuente:**

elaboración propia a partir de resultados de Corridas del Modelo de 4 Etapas.

#### 11.6.2.2 Emisiones acústicas

En este punto se presentan las emisiones acústicas por situación, corte temporal y modo. Además, se han calculado las diferencias en emisiones de ruido generadas entre la situación base y cada uno de los planes.

Las emisiones acústicas están directamente relacionadas con las velocidades de operación de los vehículos.

Según la formulación utilizada para la cuantificación de los niveles de ruido, mientras más rápido circulan los vehículos, mayores son los niveles de contaminación acústica. Los resultados obtenidos son consistentes. Todos los planes generan más emisiones acústicas que la base, y los planes 5 y 6 son más contaminantes que el Plan 8.

**TABLA 135.** Emisiones acústicas (DB) por situación corte temporal 2010.

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Base 2010								
Punta Mañana	89	84	85	59	46	51	11	425
Punta Tarde	89	85	85	58	46	52	12	427
Plan 5 2010								
Punta Mañana	89	85	85	58	49	52	12	430
Punta Tarde	89	86	85	58	49	53	14	434
Plan 6 2010								
Punta Mañana	89	85	85	58	49	52	12	430
Punta Tarde	89	86	85	58	49	53	14	434



PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Plan 8 2010								
Punta Mañana	89	85	85	58	48	52	12	429
Punta Tarde	89	86	85	58	48	53	13	432

Fuente:  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas

**TABLA 136.** Diferencias entre base y plan emisiones acústicas (DB) 2010.

PERÍODO	VEHÍCULO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Plan 5 2010								
Punta Mañana	0	1	0	-1	3	1	1	5
Punta Tarde	0	1	0	0	3	1	2	7
Plan 6 2010								
Punta Mañana	0	1	0	-1	3	1	1	5
Punta Tarde	0	1	0	0	3	1	2	7
Plan 8 2010								
Punta Mañana	0	1	0	-1	2	1	1	4
Punta Tarde	0	1	0	0	2	1	1	5

Fuente:  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas

**TABLA 137.** Emisiones acústicas (DB) por situación corte temporal 2015.

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Base 2015								
Punta Mañana	89	84	85	58	45	51	11	423
Punta Tarde	89	85	85	58	46	52	13	428
Plan 5 2015								
Punta Mañana	90	85	86	58	49	53	13	434
Punta Tarde	90	86	86	58	49	54	14	437
Plan 6 2015								
Punta Mañana	90	85	86	58	49	53	13	434
Punta Tarde	90	86	86	58	49	54	14	437
Plan 8 2015								
Punta Mañana	90	85	86	58	49	53	12	433
Punta Tarde	90	86	86	58	49	54	14	437

Fuente:  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas

**TABLA 138.** Diferencias entre base y plan emisiones acústicas (DB) 2015.

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Plan 5 2015								
Punta Mañana	1	1	1	0	4	2	2	11
Punta Tarde	1	1	1	0	3	2	1	9
Plan 6 2015								
Punta Mañana	1	1	1	0	4	2	2	11
Punta Tarde	1	1	1	0	3	2	1	9
Plan 8 2015								
Punta Mañana	1	1	1	0	4	2	1	10
Punta Tarde	1	1	1	0	3	2	1	9

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 139.** Emisiones acústicas (DB) por situación corte temporal 2020.

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Base 2020								
Punta Mañana	88	83	85	57	44	51	11	419
Punta Tarde	89	84	85	58	45	52	13	426
Plan 5 2020								
Punta Mañana	90	85	86	58	48	53	12	432
Punta Tarde	90	86	86	58	49	55	15	439
Plan 6 2020								
Punta Mañana	90	85	86	58	48	53	12	432
Punta Tarde	90	86	86	58	49	54	14	437
Plan 8 2020								
Punta Mañana	90	85	86	58	48	53	12	432
Punta Tarde	90	86	86	58	49	54	15	438

**Fuente:**  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas.

**TABLA 140.** Diferencias entre base y plan emisiones acústicas (DB) 2020.

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Plan 5 2015								
Punta Mañana	2	2	1	1	4	2	1	13
Punta Tarde	1	2	1	0	4	3	2	13

PERÍODO	VEHÍCULO LIVIANO	TAXIS	MOTOS	BUSES	METROPLÚS	CAMIONES LIVIANOS	CAMIONES PESADOS	TOTAL
Plan 6 2015								
Punta Mañana	2	2	1	1	4	2	1	13
Punta Tarde	1	2	1	0	4	2	1	11
Plan 8 2015								
Punta Mañana	2	2	1	1	4	2	1	13
Punta Tarde	1	2	1	0	4	2	2	12

Fuente:  
elaboración propia a partir de resultados de Corridos del Modelo de 4 Etapas

## 11.7. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ALTERNATIVAS MULTICRITERIO

En este punto se presenta el cálculo estimado para los costos de las distintas alternativas para someter a la evaluación multicriterio. Éstas están conformadas por los proyectos urbanos modelados de los planes 5, 6 y 8 anteriores con variantes tecnológicas más los proyectos de conectividad externa y de terminales.

### 11.7.1 Valores unitarios de proyectos interurbanos y de conectividad externa

La tabla 141 presenta los montos unitarios para los distintos tipos de proyectos adoptados para la cubicación de los planes urbanos.

**TABLA 141.** Montos unitarios de infraestructura adoptados.

TIPO DE PROYECTO	COSTO UNITARIO DE INFRAESTRUCTURA	
	Valor	Unidad
Autopista	3.500	Millones US\$ / km
Carretera	1.000	Millones US\$ / km
Vía Interurbana de Doble Calzada	2.250	Millones US\$ / km
Puerto Seco	0,00005	Millones US\$/M2
Terminal Satélite	0,00015	Millones US\$/M2

Fuente:  
elaboración propia considerando proyectos similares realizados.

### 11.7.2 Obtención de costos de infraestructura externa

Las alternativas también están conformadas por conectividad vial con el resto del país. Se proponen las siguientes conexiones externas:

- ▣ Carretera Puerto Valdivia - La Pintada.
- ▣ 3 vías de doble calzada: una conecta con el Golfo de Urabá y Panamá, otra comunica con Quibdó y Tribugá, y la tercera comunica con Puerto Berrío, el nor-oriente del país y Venezuela.
- ▣ Construcción de las siguientes autopistas
  - ▣ Medellín - Bogotá.
  - ▣ Cali - Buenaventura - Armenia.
  - ▣ Armenia - Medellín - Sta. Fe de Antioquia.
  - ▣ Santa Fe de Antioquia - Montería.
  - ▣ Montería - Barranquilla.

**TABLA 142.** Tipo de vía y longitud de conectividad externa.

PUNTOS TERMINALES	TIPO VÍA	LONGITUD * [km]	COSTO UNITARIO MILLONES US\$	TOTAL MILLONES US\$	TOTAL MILLONES \$ COL
Puerto Valdivia - La Pintada	Carretera	250	1.000	250.000	555.750.000
Medellín - Quibdó y Tribugá	Doble Calzada	250	2.250	562.500	1.250.437.500
Medellín - Golfo de Urabá y Panamá	Doble Calzada	350	2.250	787.500	1.750.612.500
Medellín - Puerto Berrío y Venezuela	Doble Calzada	200	2.250	450.000	1.000.350.000
Medellín - Bogotá	Autopista	500	3.500	1.750.000	3.890.250.000
Cali - Buenaventura - Armenia	Autopista	250	3.500	875.000	1.945.125.000
Armenia - Medellín- Sta. Fe de Antioquia	Autopista	250	3.500	875.000	1.945.125.000
Santa Fe de Antioquia - Montería	Autopista	300	3.500	1.050.000	2.334.150.000
Montería - Barranquilla	Autopista	300	3.500	1.050.000	2.334.150.000

Fuente: elaboración propia. Nota: \* Valores aproximados a nivel de perfil de proyecto  
1 US \$ = 2.223 \$ COL

### 11.7.3 Costos de terminales suburbanos pasajeros

- └ Relocalización del Terminal Sur.
- └ Habilitación o Implementación de terminales satélites.

**TABLA 143.** Superficie de terminales suburbanas estudiadas.

OPCIÓN ANALIZADA	SUPERFICIE (M2)	COSTO UNITARIO MILLONES US\$	TOTAL MILLONES US\$	TOTAL MILLONES \$ COL
Estación Terminal Sur	20.000	0,00015	3,0	6.669
Terminal Satélite	5.000	0,00015	0,8	1.667

Fuente: elaboración propia.

### 11.7.4 Costos de conectividad entre aeropuertos

Se proponen tres tipos de conectividad entre los aeropuertos Olaya Herrera y José María Córdova:

- └ Mediante servicios de buses.
- └ Mediante infraestructura vial incluyendo la construcción de un túnel.

La conexión vial mediante un túnel está considerada en los planes de proyectos urbanos. En los planes 5, 6 y 7, este proyecto se implementaría antes del 2020, mientras que en el Plan 8 se materializaría después de este corte temporal. Por lo tanto, los costos de esta conexión vial no se incluyen como parte de los costos de conectividad entre los aeropuertos.

Conforme a la definición de las alternativas, el metrocable se habilitaría después del 2020. Por lo tanto, los costos de esta conexión no se incluyen como parte de los costos de conectividad entre los aeropuertos.

A continuación se presenta el costo de la implementación de un servicio de buses entre los aeropuertos. El valor del rango inferior considera una flota de 20 buses diesel de 12 metros y una frecuencia de operación de 6 [buses/hora]. El valor del rango superior fue estimado a partir de una flota de 20 buses diesel bi-articulados de 24 metros y una frecuencia de operación de 4 [buses/hora]. Para la cubicación de las alternativas se optará por el promedio.

**TABLA 144.** Costo implementación servicio de buses entre aeropuertos.

OPCIÓN	RANGO INFERIOR [Millones US\$]	RANGO SUPERIOR [Millones US\$]
Servicio de buses	5	7

Fuente:  
elaboración propia.

### 11.7.5 Costo total de alternativas multicriterio

La tabla 145 presenta los costos totales para las opciones definidas.

A los costos de los proyectos viales de cada uno de los planes que conforman las alternativas presentados anteriormente, se le deben sumar las inversiones de la base y las del plan de todos los proyectos viales (vialidad y corredor del Río).

A los costos en infraestructura del transporte público, Metro, metrocable y tren suburbano presentados anteriormente, se le deben sumar las inversiones de la base y las del plan.

A los costos en material rodante del transporte público, Metro, metrocable y tren suburbano presentados anteriormente, se le deben sumar las inversiones de la base y las del plan.

**TABLA 145.** Cubicación alternativas evaluación multicriterio (Millones US\$).

ALTERNATIVA MULTICRITERIO	PROYECTOS VIALES DEL PLAN	TRANSPORTE PÚBLICO (BUS Y METROPLÚS)		METRO		METROCABLE		TREN SUBURBANO		CONECTIVIDAD EXTERNA	TERMINALES SUBURBANOS PASAJEROS Y CARGA	CONECTIVIDAD ENTRE AEROPUERTOS
		Infraestructura	Material Rodante	Infraestructura	Material Rodante	Infraestructura	Material Rodante	Infraestructura	Material Rodante			
1	705	976	88	289	11	74	3	709	79	250.000	3,5	6
2	705	976	88	289	11	74	3	709	79	250.000	3,5	6
3	541	976	88	289	11	74	3	709	79	250.000	3,5	6
4	535	976	88	289	11	74	3	709	79	1.037.500	4,3	6
5	535	976	272	289	11	74	3	709	79	1.600.000	4,3	6
6	535	976	77	289	11	74	3	709	79	2.050.000	4,3	6
7	535	976	272	289	11	74	3	709	79	2.050.000	4,3	6
8	535	976	272	289	11	74	3	709	79	2.050.000	4,3	6
9	535	976	272	289	11	74	3	709	79	7.650.000	4,3	6
10	535	976	272	289	11	74	3	709	79	7.650.000	4,3	6

**Fuente:** elaboración propia.  
 Nota: \*Valores aproximados a nivel de perfil de proyecto  
 1 US \$ = 2.223 \$ COL

Si sumamos las columnas con los totales de la tabla anterior se obtienen los siguientes costos totales para las alternativas por someter a la evaluación multicriterio.

**TABLA 146.** Cubicación de alternativas para evaluación multicriterio.

ALTERNATIVA MULTICRITERIO	TOTAL EN MILLONES US\$	TOTAL EN MILLONES \$ COL
1	252.944	562.293.401
2	252.944	562.293.401
3	252.780	561.928.829
4	1.040.274	2.312.529.769
5	1.602.958	3.563.376.301
6	2.052.763	4.563.292.816
7	2.052.958	4.563.726.301
8	2.052.958	4.563.726.301
9	7.652.958	17.012.526.301
10	7.652.958	17.012.526.301

Fuente:  
elaboración propia.

## 11.8 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

A partir de los resultados de la evaluación multicriterio anterior, como parte de este punto se selecciona el conjunto de proyectos que formarán parte en definitiva del Plan de Movilidad para el Valle de Aburrá propuesto. Este proceso de selección involucra primero calificar las distintas alternativas de acuerdo con las variables de decisión definidas en la matriz de prioridades presentada.

Para ello los distintos especialistas del equipo consultor, revisando los resultados de las distintas materias que les competen presentados anteriormente en este capítulo y en el resto del informe, califican por tema las distintas alternativas de acuerdo con la siguiente escala de calificación:

CALIFICACIÓN	GRADO DE CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO
1	Lo peor posible
2	Por debajo de la media
3	Valor medio
4	Por encima de la media
5	Lo mejor posible

Utilizando la tabla anterior, cada criterio en cada alternativa se califica por separado de acuerdo con sus pares y no respecto al resto de los criterios de análisis.

El valor medio de cada criterio se obtiene del promedio de los resultados obtenidos para todas las alternativas o planes analizados respecto a ese criterio.

### 11.8.1 Calificación de políticas de movilidad y transporte

El criterio Políticas de Movilidad y Transporte considera las siguientes variables:

- Racionalización del Transporte Público.
- Desincentivo al Transporte Privado.
- Privilegiar Modos No Motorizados.
- Aumento de Seguridad Vial.

### 11.8.2 Calificación de variables de rentabilidad económica

En el caso de la factibilidad económica, se considera que las alternativas cuya inversión total es inferior al promedio de todas las alternativas son mejores que las alternativas cuya inversión total es superior al promedio.

El financiamiento está relacionado con las fuentes potenciales de ingresos, tanto públicos como privados. La concesión de un proyecto, como el corredor del Río Medellín o las autopistas de conectividad externa, es una modalidad interesante de financiación del PMMVA. La recaudación, por ejemplo por parte de los municipios, también contribuye a financiar el PMMVA, claro que su impacto es menor que el de las concesiones.

En cuanto a la relación entre la inversión pública y privada, se considera inversión pública los ingresos recaudados por concepto de tarificación de estacionamientos, mientras que las concesiones son consideradas inversiones privadas.

### 11.8.3 Calificación de variables de factibilidad normativa e institucional

Para efectos de calificar este criterio, se consideran con nota buena aquellos proyectos que la normativa e institucionalidad existentes en la actualidad en el Valle de Aburrá, permiten su concreción en el corto plazo.

Sin embargo, si bien no existe normativa específica para las concesiones viales de caminos urbanos a privados y de estacionamientos privados en zonas congestionadas se incluye como criterio para calificar, la posibilidad de que la norma sea desarrollada antes del plazo de ejecución de la obra o medida.

En cuanto a la integración institucional, física, operacional y tarifaria de modos de transporte público, existen avances importantes en la creación de institucionalidad y normativa que permiten su implementación masiva.

En relación con la operación de nuevos modos de transporte público, tal como un tranvía eléctrico, sí es factible que las empresas privadas, como aquellas que actualmente operan los servicios de transporte público, puedan operarlas bajo el esquema de concesión estipulado en la Ley 310.

Por otra parte, no existe actualmente la normativa para la generación de vías segregadas para motos, proyectos requeridos para el corto plazo por el impacto que provocan.

Se ha considerado como nota = 3 o valor promedio las siguientes medidas:

- No considera ninguna concesión vial.
- Tarificación de estacionamientos los diversos municipio.
- Considera la integración física y tarifaria de los modos de transporte público existentes con el tren suburbano.



Las otras notas salen si los proyectos que se agregan quedan en las siguientes condiciones:

- ▣ Se resta 2 a la media 3 (queda nota = 1): NO existe normativa y las medidas o proyectos están previstos para el corto plazo.
- ▣ Se resta 1 a la media 3 (queda nota = 2): NO existe normativa y las medidas o proyectos están previstos para el mediano y largo plazo.
- ▣ Se agrega 1 a la media 3 (queda nota = 4): SI existe normativa, aunque los proyectos son para el mediano y largo plazo.
- ▣ Se agrega 2 a la media 3 (queda nota = 5): SI existe normativa que permita la concreción del proyecto en el corto plazo.

#### **11.8.4 Calificación de variables urbano-ambientales**

Las variables de tipo urbano ambiental consideradas en la evaluación multicriterio son las siguientes:

- ▣ Reducción de emisiones vehiculares y GEI.
- ▣ Reducción de ruido.
- ▣ Expropiaciones necesarias.
- ▣ Mejoras tecnológicas.
- ▣ Conservación de paisaje urbano, monumentos nacionales, etc.

La reducción de emisiones atmosféricas y acústicas es estimada a partir de los resultados del modelo de 4 etapas.

#### **11.8.5 Conclusiones y selección de alternativa**

Las calificaciones asignadas a cada una de las alternativas según las variables consideradas en la evaluación multicriterio son multiplicadas por su peso correspondiente (columna nota ponderada). Por ejemplo, a la Alternativa 1 se le asignó una calificación de 3 respecto a la variable Racionalización del Transporte Público. La nota ponderada correspondiente a esta variable es 10,8%. La calificación ponderada se obtiene multiplicando 3 por 0,108 (ó 10,8%), lo que resulta en 0,324.

Este cálculo se efectúa para todas las alternativas y variables.

Luego, para cada una de las alternativas, se suman las calificaciones ponderadas, obteniendo la puntuación media ponderada por alternativa.

Esta puntuación media ponderada permite asociarle una ubicación a cada una de las alternativas. O sea, las alternativas son rankeadas entre ellas, otorgándole el primer lugar a la alternativa cuya puntuación media ponderada sea la más alta.

**TABLA 147.** Matriz de evaluación multicriterio de alternativas - clasificación.

CRITERIO	VARIABLE	NOTA Ponderada	CALIFICACIÓN											
			Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7	Alt 8	Alt 9	Alt 10		
Políticas de Movilidad y Transporte	Racionalización del Transporte Público	10,8%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Desincentivo al Transporte Privado	7,2%	2	4	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
	Privilegiar Modos No Motorizados	7,9%	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
	Aumento de Seguridad Vial	9,7%	2	2	2	2	5	4	4	5	5	5	5	5
Rentabilidad Económica	Rentabilidad de Corto Plazo	4,5%	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Rentabilidad de Largo Plazo	5,2%	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Relación Inversión Pública / Privada	4,3%	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Facilidad Económica	4,8%	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	1	1
	Financiamiento	5,0%	2	4	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4
	Expropiaciones Necesarias	1,1%	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2
Urbano Ambiental	Reducción de Emisiones Vehiculares y GEI	1,1%	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Reducción de Ruido	1,0%	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Mejoras Tecnológicas	1,0%	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
	Conservación de Paisaje Urbano, Monumentos Nacionales, etc.	0,9%	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Facilidad Normativa Institucional	Facilidad Normativa	17,8%	3	2	3	3	2	3	2	1	2	2	1	3
	Facilidad Institucional	17,8%	3	2	3	3	2	3	2	1	2	2	1	3
<b>Puntuación Media Ponderada</b>		<b>100,0%</b>												

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 148.** Matriz evaluación multicriterio alternativas - ponderada.

CRITERIO	VARIABLE	NOTA Ponderada	CALIFICACIÓN PONDERADA															
			Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7	Alt 8	Alt 9	Alt 10						
Políticas de Movilidad y Transporte	Racionalización del Transporte Público	10,8%	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324
	Desincentivo al Transporte Privado	7,2%	0,144	0,288	0,144	0,144	0,144	0,144	0,216	0,216	0,216	0,216	0,360	0,216	0,360	0,216	0,360	0,216
	Privilegiar Modos No Motorizados	7,9%	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237	0,237	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316	0,316
	Aumento de Seguridad Vial	9,7%	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,485	0,485	0,388	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485
Rentabilidad Económica	Rentabilidad de Corto Plazo	4,5%	0,090	0,090	0,135	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
	Rentabilidad de Largo Plazo	5,2%	0,104	0,104	0,156	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
	Relación Inversión Pública / Privada	4,3%	0,129	0,172	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
	Facilidad Económica	4,8%	0,240	0,240	0,240	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144	0,144
	Financiamiento	5,0%	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,150	0,150	0,150	0,150	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
	Expropiaciones Necesarias	1,1%	0,033	0,033	0,033	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Urbano Ambiental	Reducción de Emisiones Vehiculares y GEI	1,1%	0,044	0,044	0,033	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
	Reducción de Ruido	1,0%	0,020	0,020	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	Mejoras Tecnológicas	1,0%	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,040	0,040	0,020	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	Conservación de Paisaje Urbano, Monumentos Nacionales, etc.	0,9%	0,027	0,018	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,018	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Facilidad Normativa Institucional	Facilidad Normativa	17,8%	0,534	0,356	0,534	0,534	0,534	0,534	0,356	0,178	0,356	0,356	0,178	0,356	0,178	0,356	0,178	0,356
	Facilidad Institucional	17,8%	0,534	0,356	0,534	0,534	0,534	0,534	0,356	0,178	0,356	0,356	0,178	0,356	0,178	0,356	0,178	0,356
<b>Puntuación Media Ponderada</b>		<b>100,0%</b>	<b>2,784</b>	<b>2,706</b>	<b>2,880</b>	<b>2,917</b>	<b>3,063</b>	<b>2,542</b>	<b>2,995</b>	<b>2,896</b>	<b>3,368</b>	<b>3,156</b>	<b>3,368</b>	<b>2,896</b>	<b>3,368</b>	<b>3,156</b>	<b>3,368</b>	<b>3,156</b>

Fuente:  
elaboración propia.

Revisando la tabla anterior, se aprecia que existe una baja variabilidad o dispersión en las notas finales que se desprenden para cada alternativa. De acuerdo con esto, es posible clasificar en forma agregada finalmente las alternativas en tres grandes grupos (G1, G2 y G3) para efectos de su priorización final, lo cual se presenta en la tabla siguiente:

**TABLA 149.** Agrupación de alternativas para priorización final.

ALTERNATIVA MULTICRITERIO	PUNTUACIÓN MEDIA PONDERADA	CLASIFICACIÓN	PRIORIZACIÓN RECOMENDADA
1	2,784	G3	Tercer lugar
2	2,706	G3	Tercer lugar
3	2,880	G2	Segundo Lugar
4	2,917	G2	Segundo Lugar
5	3,063	G2	Segundo Lugar
6	2,542	G3	Tercer lugar
7	2,995	G2	Segundo Lugar
8	2,896	G3	Tercer lugar
9	3,368	G1	Primer Lugar
10	3,156	G1	Primer Lugar

**Fuente:** elaboración propia. **Nota:** G1 = entre 2,5 y 2,8; G2 = entre 2,8 y 3,1; G3= entre 3,1 y 3,4

De la tabla anterior aparecen en primer lugar las alternativas 9 y 10, las cuales si bien involucran una mayor inversión que las otras tienen una componente importante de ella que se realizaría mediante el mecanismo de concesiones a privados lo cual facilita su financiamiento.

Entre las alternativas 9 y 10 no existe ninguna diferencia de los proyectos para realizar y solo existe una diferencia menor de puntaje provocada por la implementación del proyecto del corredor del Río, lo cual en la alternativa 10 se propone realizarlo a través de un mecanismo de concesión a privados a nivel urbano. Para estos efectos, debe considerarse la generación de una normativa e institucionalidad que lo permita, por lo cual sale favorecida la alternativa 9.

Considerando esta concesión a privados del corredor del Río, se sugiere empezarla a operar a partir del año 2010 en toda su extensión, esta normativa podría estar generada para ese año, por lo cual solucionaría este problema. De aquí se traduce la baja diferencia en el puntaje alcanzado finalmente entre estas dos alternativas.

Se deja constancia de que las alternativas que aparecen en el segundo grupo o en el segundo de nivel de prioridad son en muchos casos subconjuntos de las alternativas 9 y 10 en términos de que contienen los mismos proyectos para el corto y el mediano plazo. La diferencia fundamental está en que las alternativas 9 y 10 agregan también proyectos que le dan una sustentabilidad para el largo plazo.

Las bajas notas de las alternativas priorizadas en el grupo 3 se deben principalmente a las formas de combustibles y materiales rodantes que contienen para los proyectos de transporte público; en particular, esto se puede apreciar en la alternativa 6 que por el hecho de operar los Metroplús sólo con Diesel la hace menos sustentable que todas las otras alternativas en el largo plazo

En resumen basados en los resultados y análisis anteriores, este consultor recomienda las alternativas 9 y 10 como posibles de aplicar ya que aparecen más sustentables tanto para el corto, mediano y largo plazo para solucionar los problemas de movilidad del Valle de Aburrá.

Ambas alternativas sólo difieren en la forma de financiamiento del proyecto del Corredor del Río, sugiriendo las siguientes iniciativas de proyectos:

- ▣ Plan de proyectos viales y de transporte público urbano No. 8 con cronología de proyectos definida al inicio de este capítulo. Incluye proyecto del corredor del Río operando en toda su extensión a partir del año 2020.
- ▣ Tecnología de corredores de transporte público mediante buses operando con combustibles limpios en el corto plazo y tranvías eléctricos en el mediano y largo plazo.
- ▣ Tren Suburbano operando en el largo plazo mediante automotores del tipo Diesel.
- ▣ Tarificación de zonas congestionadas de zonas céntricas de todos los municipios del Valle de Aburrá.
- ▣ Sistemas coordinados de semáforos que se aplican a todo el Valle de Aburrá.
- ▣ Implementación de vías segregadas para motos en el corto plazo.
- ▣ Ajustar y completar la red de ciclovías existente en el corto plazo.
- ▣ Conectividad entre aeropuertos en el corto y mediano plazo mediante buses expresos de buen estándar, en el largo plazo mediante el Túnel al Oriente.
- ▣ Terminales de pasajeros intermunicipales relocalizando el terminal Sur y la aparición de terminales de tipo satélites y paraderos.
- ▣ Construcción de las terminales de carga.
- ▣ Construcción de las siguientes carreteras de conectividad externa: Puerto Valdivia - La Pintada, Occidente a Urabá, Carretera a Tribugá, Carretera a Puerto Berrío.
- ▣ Construcción de la autopista Occidental de Colombia.



# 12. DISPOSICIÓN PARA PAGAR EN EL CORREDOR DEL RÍO

## 12.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente capítulo es estimar los modelos de disposición para pagar por el uso de vialidad tarifcada que sirvan para la estimación de la demanda del corredor del Río Medellín cuando se opera bajo un régimen de vía concesionada. Para alcanzar este objetivo fue necesario levantar una muestra de usuarios de vehículos livianos y de operadores de vehículos pesados representativos de la demanda potencial del corredor. A esta muestra se aplicó un diseño full factorial<sup>53</sup> que consideró como atributos experimentales el tiempo y el valor del peaje. Los resultados de esta encuesta fueron debidamente revisados y validados a objeto de generar la base de datos que fue utilizada para estimar los modelos de elección discreta, Logit. A partir de estos modelos se obtuvieron los valores del tiempo y disposición para pagar por el uso de una vía tarifcada de alto estándar.

Este capítulo presenta los modelos obtenidos, a partir de los cuales será posible generar predicciones de demanda para el corredor tarifcado. No obstante, también se han entregado las curvas de demanda para distintos niveles de ahorros de tiempo y peaje, lo que permite formarse una idea de la disposición para pagar declarada por los usuarios. Por último, es necesario indicar que si bien el estudio de PD fue realizado en el contexto del Corredor del Río, sus resultados son perfectamente extrapolables a otros corredores que presentan una composición similar de demanda.

## 12.2 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

A partir de la matrices origen destino de viaje por modo, se identificaron aquellos pares origen destino más importantes en cuanto al volumen tanto respecto al total de viajes de la matriz como del origen o del destino en términos de macrozona generadora o atractora de viajes.

Los viajes ortogonales o perpendiculares al eje del corredor, o sea en sentido oriente-poniente y poniente-oriente, no son considerados usuarios potenciales de la concesión. También han sido excluidos los viajes intrazonales, o sea que se realizan al interior de una macrozona, ya que se espera que estos usuarios utilicen la vialidad interna o local sin tener o querer acceder a la vía tarifcada.

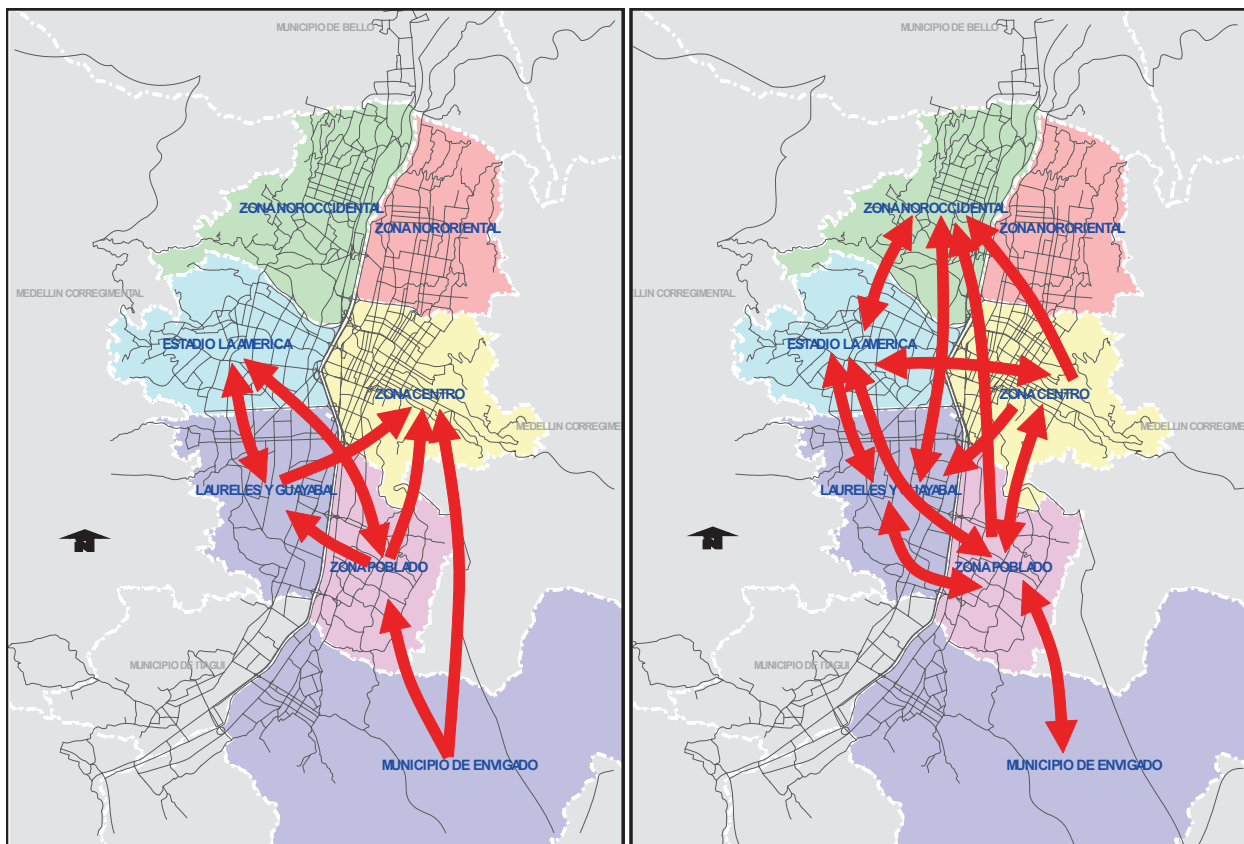
53

Bajo este diseño se consideran todas las interacciones posibles de los atributos, por ejemplo si el diseño considera tres atributos con dos niveles cada uno, el total de interacciones corresponde a  $2^3$  (8).

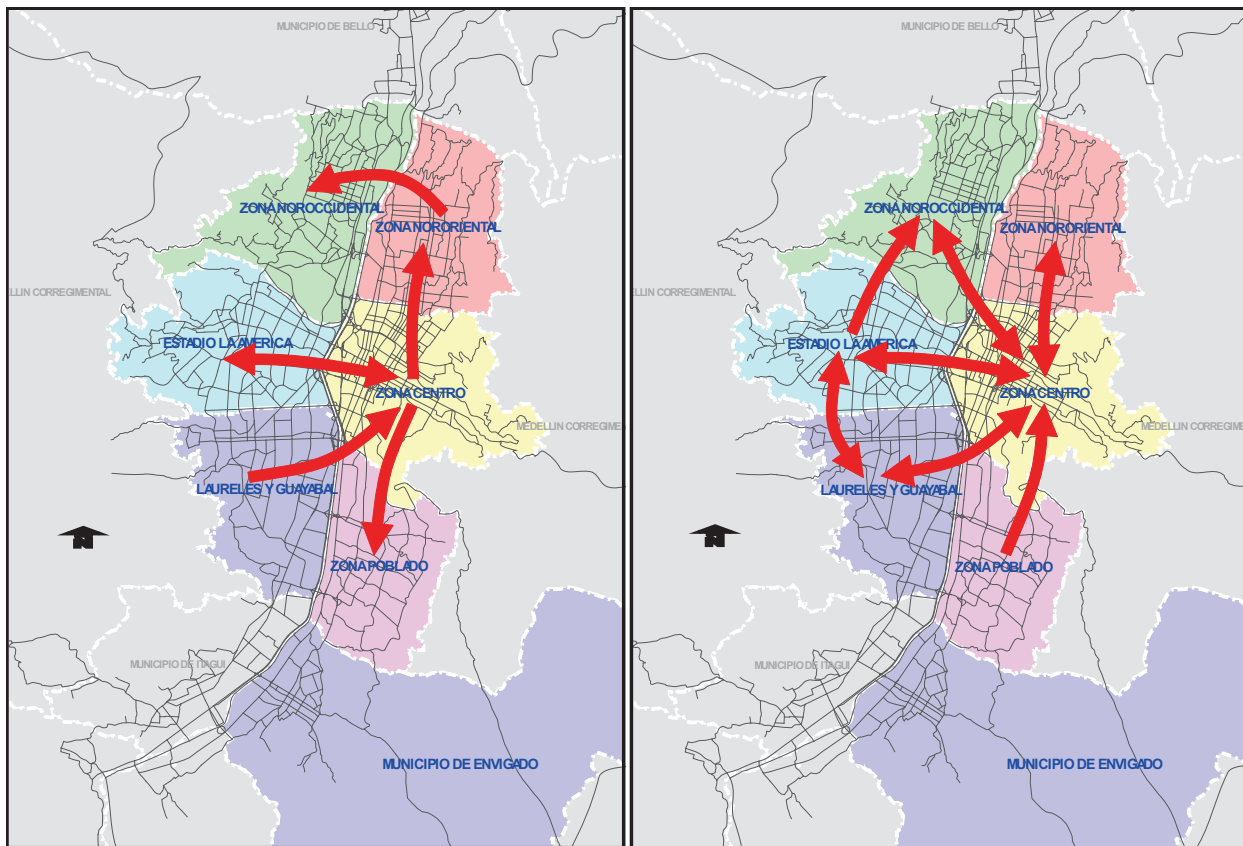
En el caso de los viajes auto conductor efectuados en el período punta mañana, las principales zonas generadoras de viajes de interés para la concesión son Medellín Centro Occidente, Medellín Suroriente, Medellín Suroccidente y Envigado. Las principales macrozonas atractoras de viajes son las mismas que las generadoras, a excepción de Envigado que es reemplazado por Medellín Centro Oriente. En el período fuera de punta, los patrones origen destino más importantes son básicamente los mismos que los identificados en el período punta mañana, salvo por Medellín Noroccidente, que emerge como una importante zona generadora y atractora de viajes.

Tanto en punta mañana como fuera de punta, los usuarios del modo taxi se desplazan principalmente al interior del Municipio de Medellín. En la punta mañana, la mitad de los viajes son en sentido oriente-poniente o poniente-oriente, y por lo tanto, no serían usuarios potenciales de la concesión vial objeto del presente estudio. En el período fuera de punta, sin embargo, los viajes ortogonales al corredor del Río son bastante menos importantes.

**FIGURA 42.** Pares orígenes y destinos de viajes.





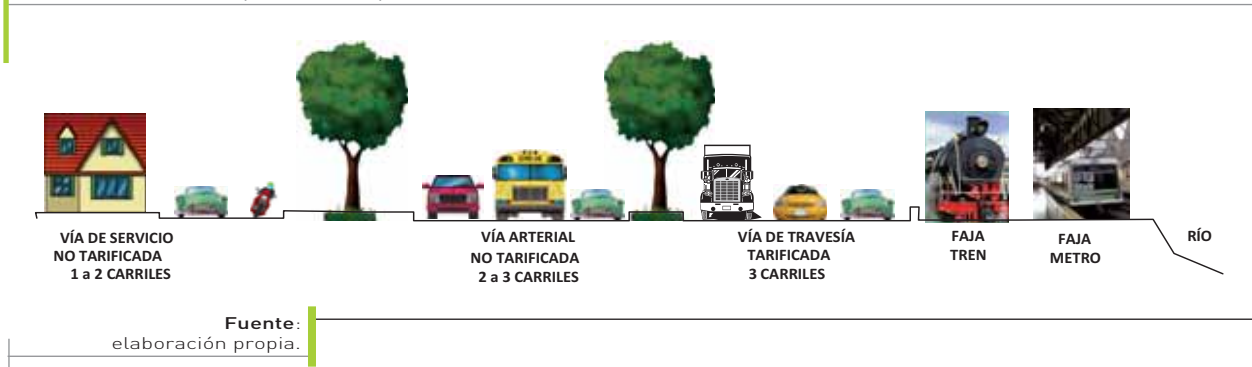


### 12.3 DESCRIPCIÓN DEL CORREDOR

El proyecto de vía concesionada en el corredor del Río Medellín se extendería desde Ancón sur hasta Ancón norte siguiendo el corredor del Río Medellín. La habilitación de una vía tarifada en el corredor del Río cumpliría, a la vez, con objetivos regionales y metropolitanos. Además, respondería a necesidades relativas al mejoramiento tanto de la conectividad en sentido norte sur, como de los niveles de servicio en el área de influencia. Por otra parte, la concesión vial formaría parte de un sistema multimodal conformado también por un tren suburbano y el Metro.

El perfil de la concesión vial considerado en la actualidad consistiría, por sentido, en una vía de servicio (VS) no tarifada de 2 carriles, una vía arterial (VA) no tarifada de 3 carriles y una vía de travesía (VT) tarifada de 3 carriles. En la siguiente figura se muestra el perfil tipo de la concesión vial.

**FIGURA 43.** Esquema del perfil de la concesión vial.



Tal como se ha mencionado, el sistema concesionado estaría conformado por una vía de servicio, una vía arterial y una vía de travesía.

La vía de travesía se caracterizaría por un estándar físico similar a las otras autopistas o carreteras concesionadas del país, o sea carriles anchos, velocidad de diseño de al menos 100 km/h, entradas y salidas localizadas estratégicamente, buena visibilidad, alto nivel de seguridad (por ejemplo, existencia de pistas de detención), señalización horizontal y vertical apropiada, etc. No se descarta la posibilidad de que algunos tramos sean en elevación y otros en túnel, en particular en aquellas secciones donde la faja disponible sea insuficiente. Esta vía debería mejorar la conectividad entre el sur y norte del país, y ofrecer conexiones directas al aeropuerto internacional del departamento de Antioquia, a la costa, y a la carretera hacia la ciudad de Bogotá. Se espera que la vía de travesía sea principalmente utilizada para viajes urbanos de mediana a larga distancias de origen o destino al municipio de Medellín, así como viajes interurbanos de paso por el Valle de Aburrá que no tengan que ingresar al área urbana. En cuanto a los usuarios, esta vía debería ser utilizada por vehículos particulares, taxis, vehículos de carga, y servicios de transporte interurbanos de pasajeros. El acceso de las motos y del transporte público urbano, en particular microbuses, buses y busetas, debería ser prohibido para mantener altos niveles de servicios y seguridad vial.

La vía arterial, no tarifcada, ofrecería menores niveles de servicio que la vía de travesía por tener un mayor número de entradas y salidas, traduciéndose en una mayor fricción vehicular. La vía arterial sería utilizada para viajes de corta a mediana distancias. Los servicios rápidos o expresos de transporte público urbano podrían ser potenciales usuarios de esta vía.

La vía de servicio serviría de conexión con la vialidad local, así como de acceso a desarrollos industriales o comerciales instalados a lo largo de la concesión vial (importantes generadores y atractores de alto tráfico de transporte de carga).

Ahora bien, en la actualidad, a lo largo del corredor existen los siguientes perfiles transversales físico-operacionales:

- Perfil 1: VT, VA y VS
- Perfil 2: VT y VA que actúa como VA y VS
- Perfil 3: VT que actúa como VT, VA y VS

**TABLA 150** . Características de los tres tipos de vías.

CARACTERÍSTICA	VT	VA	VS
Número de carriles por sentido	3 carriles	3 carriles	2 carriles
Velocidad de operación	Hasta 80 km/h	Hasta 60 km/h	Menos de 50 km/h
Señalización	Con un sólo semáforo	Con un sólo semáforo	Con señales Pare y Ceda el Paso
Continuidad	Total	Casi total	Ninguna
Usuarios predominantes	Vehículos livianos Transporte de carga Taxis Transporte interurbano de pasajeros	Vehículos livianos Transporte de carga Taxis Motos Locomoción colectiva	Transporte de carga Taxis
Entradas y salidas	Distanciadas de por lo menos 500 metros	A la altura de la casi totalidad de los puentes y estaciones de Metro	A la altura de la casi totalidad de los puentes y estaciones de Metro
Uso	Vía de travesía Viajes de mediana a larga distancia	Viajes de corta a mediana distancia	Zona de estacionamiento Conexión a vialidad local Entrada y salida de empresas

Fuente:  
AMVA

Las entradas y salidas entre VT y VA están muy distanciadas y mal diseñadas (1 pista, corta distancia, poca visibilidad). Las entradas y salidas de la VA a la VS también están mal diseñadas, siendo la principal causa de congestión y colas. En algunas salidas se forman colas en la VA, y como resultado también en la VT, con retrasos de por lo menos 30 minutos. Existen importantes deficiencias en la gestión del tráfico provocado por el mal diseño geométrico de las vías y principalmente de las salidas y entradas.

En la VT no existen zonas de detención, así que si un vehículo queda en pana o se detiene a dejar/tomar pasajeros se forma una cola. En algunos tramos de la VA existen bahías para la locomoción colectiva, pero en otros no y los buses paran en la pista de circulación, ocasionando congestión.

## 12.4 PROPUESTA DE TRAMIFICACIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO

La subdivisión en tramos el corredor del río toma en consideración los límites zonales existentes y accesos viales importantes que interceptan el eje por donde se implantaría la vía concesionada.

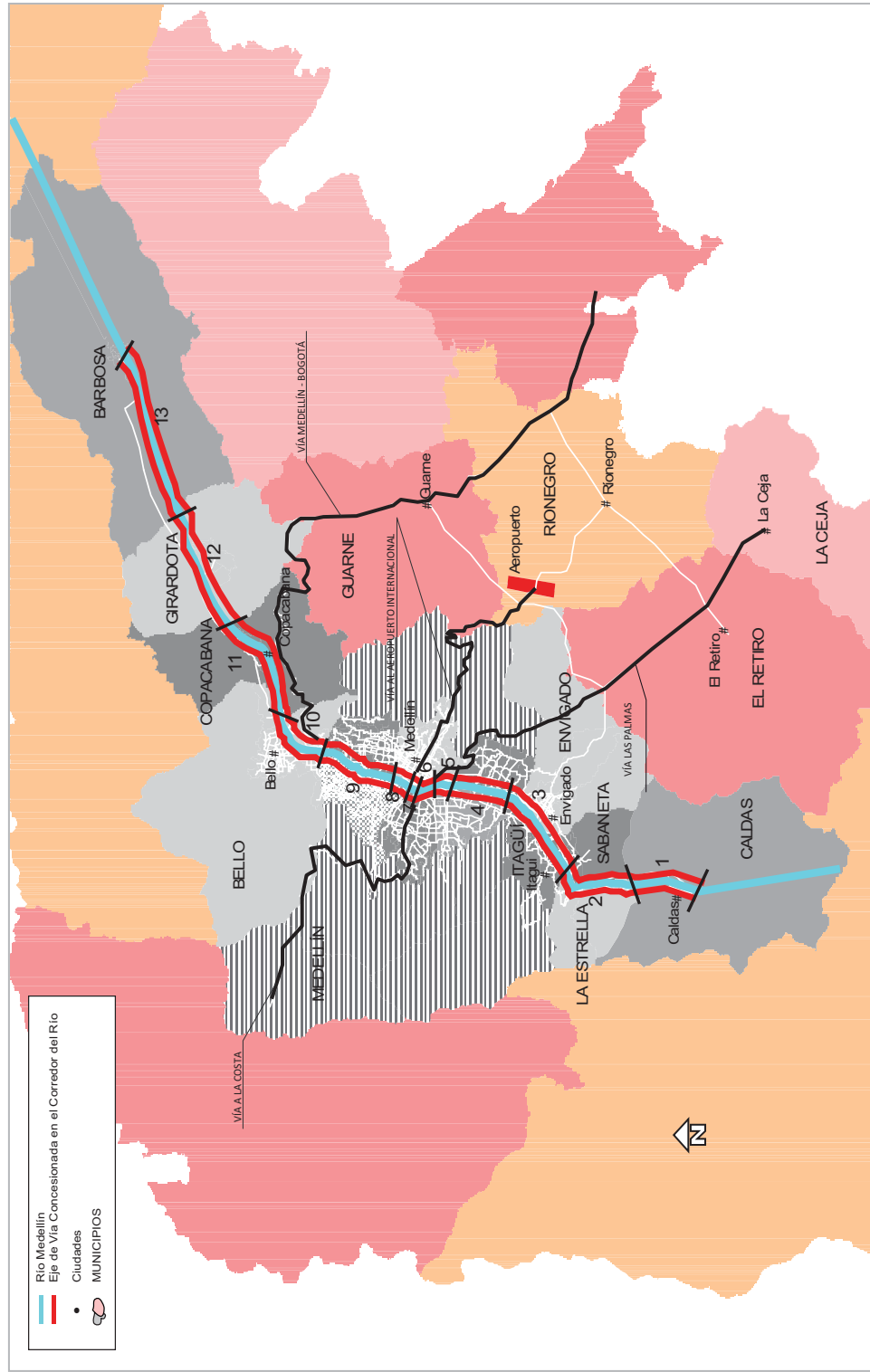
**TABLA 151** . Descripción de tramos de la concesión vial.

TRAMOS	DESDE	HASTA	LONGITUD APROXIMADA (km) VÍA TRAVESÍA	
			MI	MD
1	Inicio de concesión vial	Límite norte Municipio de Caldas		16,86
2	Límite norte municipio de Caldas	Límite norte de Municipios de La Estrella y Sabaneta	0,9	1,05
3	Límite norte de municipios de La Estrella y Sabaneta	Límite norte de Municipios de Itagüí y Envigado	2,45	2,4
4	Límite norte de Municipios de Itagüí y Envigado	Límite norte de Guayabal y El Poblado	1,74	1,68
5	Límite norte de Guayabal y El Poblado	Acceso Vía Las Palmas	2,29	1,98
6	Acceso Vía Las Palmas	Acceso Vía al Aeropuerto Internacional	5,38	4,98
7	Acceso Vía al Aeropuerto Internacional	Acceso Vía a la Costa	1,79	1,3
8	Acceso Vía a la Costa	Límite norte sectores centro de Municipio de Medellín (zonas 4 y 5)	2,83	3,69
9	Límite norte sectores centro de Municipio de Medellín (zonas 4 y 5)	Límite norte Municipio de Medellín	4,41	4,08
10	Límite norte Municipio de Medellín	Límite norte Municipio de Bello	5,04	2,65
11	Límite norte Municipio de Bello	Límite norte Municipio de Copacabana	5,49	1,39
12	Límite norte Municipio de Copacabana	Límite norte Municipio de Girardota	7,59	
13	Límite norte Municipio de Girardota	Fin de concesión vial	10,59	

Fuente: elaboración propia.

Nota: MI: Margen Izquierdo; MD: Margen Derecho.

**FIGURA 44.** Tramos entre puntos relevantes del corredor del Río.



Fuente:  
elaboración propia.

### 12.4.1 Situación actual del corredor del Río

El corredor del Río es el eje fundamental del desarrollo vial de la Región Metropolitana por el cual circulan los usuarios del Valle de Aburrá y aquellos que deben entrar, salir o cruzar el Valle para llegar a otros sitios. Según la visión estratégica del corredor, en el largo plazo éste debiera contener la Autopista del Río, el Metro, el Tren suburbano y de carga, las vías arteriales y las vías locales o de servicio, en el tramo entre ambos ancones. El corredor presenta actualmente serias deficiencias tales como:

- └ Falta de reservas de fajas en algunos sitios para permitir el desarrollo de una infraestructura vial con características adecuadas de acuerdo con las jerarquías requeridas.
- └ Ocupación por construcciones legales e ilegales que actualmente ocupan el espacio para el desarrollo de un corredor vial adecuado.
- └ Las obras en el corredor no se ha realizado de manera uniforme sino que se ha hecho por sectores, sin respetar la planificación del mismo.
- └ Algunas infraestructuras como el Metro no han contemplado el desarrollo de otros proyectos como el tren suburbano y se han desarrollado de manera alternada en los dos costados del corredor, haciendo más difícil y costoso el desarrollo de otros proyectos, principalmente por las exigencias del sistema en cuanto a los radios de curvatura y pendientes.
- └ Algunos intercambios viales construidos antes de la concepción del corredor multimodal deben ser modificados.

En la actualidad el corredor se encuentra conformado por una infraestructura vial discontinua en algunos sectores. A continuación se presenta una descripción del corredor del Río especificado por tramos y las secciones generales de cada tramo.

**TRAMO 1-1 entre Caldas (Primavera) y Ancón Sur.** Se cuenta con dos vías, una variante en la margen derecha del Río que cuenta con una calzada de un carril por cada sentido y que soporta en su mayoría tráfico de paso, y una vía urbana en la margen izquierda de una calzada con un carril por cada sentido, que atiende principalmente flujos de vehículos livianos y transporte público, la cual presenta complicaciones para realizar su ampliación, ya que la vía tiene construcciones asentadas a todo lo largo del corredor y no se cuenta con los retiros suficientes.

**TRAMO 2-2 entre Ancón Sur y Calle 77 Sur.** Este tramo sólo tiene construida una vía de tres carriles en la margen derecha, sobre el trazado de la futura vía de travesía (VT). Se cuenta con la reserva de fajas para la vía arterial (VA) y en algunos sectores se tiene construida la vía de servicio (VS). En la margen izquierda no se cuenta con vías y con la centralidad sur se pretende que la VA y la VT margen izquierda del río sean deprimidas o semideprimidas. En este costado del corredor se encuentra actividades de tipo industrial y algunos parqueaderos de vehículos pesados.

**TRAMO 3-3 entre Calle 77 Sur y sitio de cruce del Metro (nuevo tramo) a la margen derecha del Río.** En la margen derecha se cuenta sólo con una vía de tres carriles, pero se tiene la reserva de faja de 60 m. con respecto a las construcciones. En la margen izquierda no se cuenta con vías actualmente. Por este costado existe invasión de la faja por actividades de tipo industrial, algunos parqueaderos de vehículos pesados y zonas de almacenamiento de contenedores.

**TRAMO 4-4 entre sitio de cruce del Metro (nuevo tramo) a la margen derecha del Río y Espumas de Medellín.**

En la margen derecha del corredor se cuenta con la reserva de faja de 60 m. y en algunos puntos se ha construido la vía de servicio. Se tienen dificultades en algunos puntos como el Centro Comercial Mayorca donde la vía de Servicio se convertirá en la vía de acceso y no se dejaron retiros adicionales para desarrollar el espacio público para el acceso. En la margen Izquierda se encuentra localizado el Metro y existe un punto crítico que es la estación Itagüí, la cual cuenta con 16 m. de sección. Además en este costado se cuenta con un espacio reducido entre la zona de delimitación del Metro y las viviendas que se encuentran asentadas en el sector, lo que implica que sería necesaria la reubicación de estas viviendas para poder desarrollar el corredor del Río en este costado.

**TRAMO 5-5 entre Espumas de Medellín y la estación Ayurá.**

En la margen derecha del Río se cuenta con la reserva de faja de 60 m. y en la actualidad se tiene construida una vía de tres carriles (VT) y la vía de servicio en algunos tramos. En la margen izquierda se encuentra localizado el Metro el cual por los radios de curva que se requieren ocupa los 18 metros que se tiene reservados para su desarrollo. Existe un punto crítico que es la estación Envigado, la cual tiene un ancho de 16 m. y se encuentra desplazada hacia el costado occidental. Además en este sector existe una invasión de la faja de 60 m. en algunos puntos, lo que no permitirá desarrollar la vía de servicio.

**TRAMO 6-6 entre la estación Ayurá y la estación Industriales.**

En la margen derecha del Río se cuenta con la reserva de faja de 60 m. y en la actualidad se tiene construida una vía de tres carriles (VT) y la vía de servicio en algunos tramos, pero sin continuidad. En este tramo se encuentran el Metro y las estaciones Ayurá, Aguacatala, Poblado e Industriales, las cuales tienen una sección de 18.8 m, 16 m, 17 m y 18.8 m respectivamente y el retiro de la estación a la vía es de aproximadamente 5.5 a 6 m. Este costado del Río se encuentra en la actualidad invadido por construcciones de tipo provisional y parqueaderos de los negocios que se encuentran allí. Es un tramo que presenta alta congestión y en la actualidad se encuentra en proceso de construcción la construcción de la vía arterial.

En la margen izquierda se cuenta con la reserva de faja de 60 m. En la actualidad existen dos vías de 2 carriles cada una, las cuales debieran ser desplazadas y rediseñadas para acomodar la Vía de travesía (VT), el tren suburbano y la vía arterial (VA). Se cuenta con vía de servicio (VS) solamente en el tramo entre la estación Industriales y la estación El Poblado.

La estación Industriales se considera un punto crítico que deberá ser debidamente analizado de modo que no se afecte el desarrollo de las secciones planteadas para la vía de travesía, la vía arterial y el Tren Suburbano.

**TRAMO 7-7 entre la estación Industriales y La Macarena.**

En la margen derecha del Río se cuenta con la reserva de faja de 60 m. En la actualidad se tiene construidas dos vías (VT y VA) de tres carriles cada una y vía de servicio. En la margen izquierda se cuenta con la reserva de faja de 60 m. a excepción del sector contiguo al cerro Nutibara. En la actualidad se tiene construidas dos vías de 2 carriles cada una, las cuales debieran ser desplazadas y/o rediseñadas para acomodar la Vía travesía (VT), el tren suburbano y la vía arteria (VA). En algunos tramos existe la vía de servicio. En este costado existe un punto crítico que es el Centro de Espectáculos La Macarena, en el cual las vías cambian su alineamiento debido a la presencia de esta barrera física que es patrimonio

histórico de la ciudad. Ello implica que en el proceso de diseño de la Vía travesía (VT) del Río deberá desarrollarse una solución especial para este punto. Existen diversas posibilidades, una de las cuales es dejar La Macarena entre la vía travesía (VT) y la vía arterial (VA) u otra opción debiera ser parte del estudio de diseño de la Vía travesía (VT).

**TRAMO 8-8 entre La Macarena y la Terminal de Transporte del Norte.** En la margen derecha del Río se cuenta con la reserva de faja de 60 m. En la actualidad se tiene construida en todo el tramo una vía con tres carriles y una segunda vía con tres carriles hasta el Intercambio de Barranquilla. La vía de servicio se encuentra construida en algunos tramos. En la margen izquierda se encuentra la línea técnica del Metro (Vía de enlace) y una vía de carácter arterial con doble calzada una en la dirección sur-norte y la otra norte-sur en el tramo comprendido entre el puente de la avenida Barranquilla y la Terminal de transporte, en el otro tramo, las dos calzadas funcionan en dirección norte-sur. En la mayor parte del tramo se conserva la faja de 60 m., pero en la parte intermedia se tiene una sección menor dado que existen algunas construcciones. Frente a la Terminal del norte se ubica una vía adicional de 3 carriles en el sentido norte-sur y la estación del Metro la cual tiene un ancho de 19.6 m.

**TRAMO 9-9 entre la Terminal de Transporte del Norte y la estación Madera.** Este tramo presenta una problemática compleja dado que existe una gran cantidad de viviendas que fueron construidas de manera ilegal. En la margen derecha del Río la faja de 60 m. se encuentra ocupada por viviendas y algunas industrias menores, por lo cual la recuperación de la faja requiere la reubicación de estas invasiones. En la margen izquierda se encuentra la línea del Metro y las estaciones Tricentenario, Acevedo y Madera, las cuales tiene anchos de 17 m, 18.7 m y 17.3 m respectivamente. Entre la Terminal del Norte y unos metros más allá de la Estación Tricentenario existe una vía de doble calzada, una en la dirección sur-norte y la otra norte-sur. El tramo restante cuenta con una calzada de un carril por cada sentido y la mayor parte de la faja se encuentra invadida por construcciones ilegales.

La estación Madera se considera un punto crítico que deberá ser estudiado de manera especial dado que inmediatamente al norte de esta estación el trazado del Metro se aparta del costado inmediato del Río, pasando la vía existente en el costado izquierdo por encima del Metro mediante un puente, solución que posiblemente debiera ser también adoptada en el diseño de la vía de travesía.

**TRAMO 10-10 entre la estación Madera y la quebrada La García.** En este tramo se encuentra en la margen izquierda una vía con un carril por cada sentido. En la margen derecha no existe vía dentro de la faja de 60 m. la actual vía a Machado tiene distancias variables entre 120 y 650 m. con respecto al Río. Por lo tanto, en este tramo falta casi toda la infraestructura vial propuesta.

**TRAMO 11-11 Entre la quebrada La García y el intercambio vial de Fontidueño.** En la margen derecha se cuenta con la ya mencionada actual vía a Machado que es una vía de bajas especificaciones, con un solo carril por sentido, curvas cerradas, y carriles estrechos, pese a estar clasificada como una vía arterial metropolitana. En la margen izquierda se encuentra una vía de doble sentido, que corresponde al inicio de la doble calzada Bello-Hatillo, la cual tiene una reserva de terreno hacia el costado del Río de sección variable que provee espacio suficiente para desarrollar la vía de travesía (VT).



Desde el intercambio de Fontidueño hasta Barbosa en la actualidad se cuenta con una vía de un carril por cada sentido que está siendo ampliada a una vía de doble calzada. Es importante tener en cuenta que en esta zona del Norte del Valle de Aburrá se deberán desarrollar normas especiales que permitan la reserva de los espacios para el desarrollo del corredor del Río y de toda la infraestructura vial que se requiere dado el alto potencial urbanístico e industrial que tiene el sector.

#### 12.4.2 Puntos críticos del corredor del Río

Existe una serie puntos singulares en los cuales hay limitaciones para localizar la infraestructura de los proyectos, los cuales se presentan a continuación:

- Punto Singular 1: localizado a la altura del Centro Comercial Mayorca. Este presenta dificultades en la sección vial requerida para la habilitación de la autopista, la vía arterial y el tren sub-urbano en la margen derecha del Río, debido a la ocupación de la sección de vía por parte del centro comercial. En el costado izquierdo del corredor del Río se encuentra localizada la estación Itagüí del Metro.
- Punto Singular 2: localizado a la altura de la Empresa Espumas de Medellín. El Metro ocupa la margen izquierda del Río y por este mismo corredor se plantea la continuación de la autopista. Este sector se encuentra ocupado por viviendas bajo la modalidad de invasión, en el sector conocido como La Santa Cruz, el cual requiere ser reubicado para poder localizar la infraestructura vial del corredor.
- Punto Singular 3: localizado a la altura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Fernando. En este sector el Metro cruza de la margen derecha a la margen izquierda, lo que implica una menor sección disponible para la continuidad de la vialidad en la margen izquierda, teniendo en cuenta que por este costado se extenderá la línea del Tren Suburbano.
- Punto Singular 4: localizado a la altura de la estación Industriales (Argos). En este punto se encuentra localizada la estación del Metro en la margen derecha del Río y en la margen izquierda estarán localizadas las estaciones de transferencia del Metroplús. Esto implica que a partir de este punto hasta la estación Envigado deberá desplazarse la vialidad actual para poder generar el espacio requerido para el desarrollo de la línea del tren suburbano.
- Punto Singular 5: localizado a la altura de La Plaza de Toros La Macarena. Existen pocas posibilidades de ampliar el número de carriles para el sistema vial en la margen izquierda de Río, dado que existe una infraestructura que es patrimonio histórico, aquí puede ampliarse la autopista, teniendo en cuenta que existen algunas limitaciones porque en este costado existen las estructuras que soportan la línea técnica del Metro que conecta la línea A con la Línea B Metro. En la margen derecha ya se encuentra establecida la Vía Arterial y la Vía de Travesía con 3 carriles cada una de ellas.
- Punto Singular 6: localizado a la altura de la Central Minorista. En este punto se tiene planeada la construcción de un intercambio vial para interconectar la Autopista del Río con la Autopista de Conexión Norte a la Autopista de Occidente. Además existe la desembocadura de la quebrada La Iguaná al Río Medellín.

- └ Punto Singular 7: localizado a la altura de la Terminal de Transporte. Este punto es considerado debido a que en la margen derecha se encuentra localizada población de invasión la cual requiere ser reubicada.
- └ Punto Singular 8: localizado a la altura de la estación Madera. Existen dificultades de localización de infraestructura en la margen izquierda del Río debido a que en este costado el trazado del Metro se aparta del Río, lo cual requerirá soluciones en desnivel.
- └ Punto Singular 9: localizado a la altura del intercambio vial de Copacabana. Este se considera un punto singular por las condiciones topográficas, la distancia al Río, la vivienda localizada en la margen del Río y la confluencia de los proyectos del tren y la autopista, lo que hace que deba tenerse un tratamiento especial.
- └ Punto singular 10: localizado a la altura del cruce de la vía Medellín-Bogotá. Dificultad el puente de Acevedo.

Todos estos puntos singulares fueron tenidos en cuenta en el momento de decidir la localización de la infraestructura de los proyectos y del tren suburbano, tratando de generar la menor cantidad de cruces sobre el Río y el aprovechamiento de la infraestructura existe.

## 12.5 DISEÑO ESTUDIO DE PREFERENCIAS DECLARADAS

Este estudio tiene por propósito determinar la disposición para pagar por el uso de una vía de alto estándar tarifada. Para ello se ha propuesto la técnica de preferencias declaradas como metodología para estudiar las preferencias y comportamiento de los usuarios.

Como parte del diseño de un estudio de preferencias declaradas deben seguirse los siguientes pasos:

- └ Definición de objetivos.
- └ Identificación mercado objetivo.
- └ Definición niveles de variación de los atributos experimentales.
- └ Diseño presentación de estímulos.
- └ Diseño experimental.
- └ Simulación del experimento.

### 12.5.1 Mercado objetivo

El mercado objetivo corresponde a los usuarios del transporte privado que realizan viajes en el corredor del Río, es decir, hombres y mujeres mayores de 18 años con licencia de conducir y disponibilidad de al menos un vehículo en el hogar. El análisis del mercado también mostró que resulta de interés incluir en este mercado objetivo a los operadores del transporte de carga que operan en el corredor, por lo cual el mercado objetivo se extiende a propietarios de vehículos de transporte de carga y que operan en el corredor, es decir, que realicen al menos un viaje a la semana en el corredor.

### 12.5.2 Diseño de experimentos

Uno de los aspectos que debe ser determinado como parte del diseño de experimento es la forma en que se obtendrían las preferencias de los encuestados. Se reconoce que existen al menos tres procedimientos posibles de aplicar: rating, ranking y elección.

El método de mayor uso, tanto por la simplicidad para el encuestado, como también la menor complejidad de análisis y facilidad de modelamiento es el método de elección. Bajo este procedimiento, el encuestado únicamente debe seleccionar aquella alternativa que escogería o que le reporta la mayor utilidad. Es decir, se trata de un procedimiento muy cercano a las elecciones que se realizan cotidianamente.

Por lo tanto, se plantea que el diseño de experimento para esta aplicación sea del tipo de elección, con lo cual se requiere definir los conjuntos o pares de alternativas que serán presentados a los encuestados para obtener sus preferencias.

Tanto el experimento que será aplicado a usuarios de vehículos livianos como el experimento aplicado a los propietarios de vehículos de cargas considerarán los mismos atributos, cuales son:

- Tiempo de viaje en autopista.
- Tiempo de viaje en vía normal.
- Peaje.

Por otra parte, se destaca que una forma de construir un diseño es considerar las diferencias de los atributos por sobre el valor absoluto o atributo de la alternativa, de esta forma se optimiza el diseño y se aprovecha el hecho de que el modelo Logit trabaja con las diferencias de los atributos de las alternativas. Lo anterior significa que en términos prácticos el diseño está compuesto de dos atributos: diferencia de tiempo y peaje. Nótese que bajo este esquema se podrá estimar un coeficiente único para el tiempo, es decir, se le considera como atributo genérico y no específico de cada alternativa.

Al considerar dos atributos con tres niveles cada uno se obtiene 32 alternativas para el diseño full factorial, por el contrario si se considera el tiempo específico a cada alternativa, se obtendrá 33 alternativas, con lo cual ya no podría aplicarse un diseño full factorial requiriéndose escoger una fracción de él (Kocur et Al., 1982).

Se opta por considerar tres niveles para cada atributo, ya que de esta forma se está privilegiando que el experimento permita capturar valores del tiempo en un amplio espectro.

### 12.5.3 Diseño experimental usuarios vehículos livianos

La siguiente tabla presenta los niveles adoptados en el diseño usuario vehículo liviano.

**TABLA 152.** Niveles variación atributos usuarios vehículos livianos.

	NIVELES		
	0	1	2
<b>Diferencia de Tiempo</b>	5	15	25
<b>Peaje</b>	800	1500	2000

Este diseño define de una manera implícita valores subjetivos del tiempo que se encuentran en el rango de \$32 por minuto a \$400 por minuto, con lo cual se asegura capturar un amplio rango para el valor subjetivo del tiempo. Estos niveles permiten configurar el siguiente set de casos o tratamientos experimentales:

**TABLA 153.** Estímulos experimentales usuarios vehículos livianos.

CASO	AUTOPISTA		RUTA NORMAL		VST (\$/Min.)
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje	
1	5	800	10	0	160
2	5	1500	10	0	300
3	5	2000	10	0	400
4	10	800	25	0	53
5	10	1500	25	0	100
6	10	2000	25	0	133
7	20	800	45	0	32
8	20	1500	45	0	60
9	20	2000	45	0	80

Fuente:  
elaboración propia.

El diseño full factorial define nueve casos de comparación, donde se mantiene el valor de la diferencia de los tiempos de viaje que fueron definidos y se utiliza el valor absoluto del peaje por ser un atributo específico de una alternativa. En la última columna se pueden observar los valores subjetivos del tiempo implícitos en cada caso o tratamiento, observándose que se cuenta con suficiente variabilidad, requisito indispensable para su estimación.

El diseño anterior permitirá estimar la función de utilidad indirecta de los usuarios del transporte privado, la que se postula del siguiente tipo:

$$U_{\text{autopista}} = \theta_p \cdot \text{peaje} + \theta_t \cdot \text{tiempo de viaje autopista}$$

$$U_{\text{via no tarifada}} = \theta_t \cdot \text{tiempo de viaje v a no tarifada}$$

El valor subjetivo del tiempo se puede obtener como la tasa marginal de sustitución entre tiempo y dinero (en este caso el valor del peaje) que mantiene el mismo nivel de utilidad, es decir:

$$VST = \frac{\partial U / \partial t}{\partial U / \partial p}$$

cuando la función de utilidad es lineal se obtiene la siguiente expresión para el valor del tiempo:

$$VST = \frac{\theta_t}{\theta_p}$$

Así también, bajo la estructura de un modelo Logit la probabilidad de que un usuario escoja la autopista o ruta tarifcada se calcula como indica la siguiente expresión:

$$\text{Probabilidad uso de autopista} = \frac{e^{U_{\text{autopista}}}}{e^{U_{\text{autopista}}} + e^{U_{\text{v a no tarifcada}}}}$$

Una prueba que colabora a determinar la bondad del diseño es simularlo bajo distintas condiciones en la varianza de los residuos, inversamente proporcional a Lambda, factor de escala de la utilidad estimada con el modelo Logit. El cuadro siguiente reporta el resultado de este ejercicio, pudiendo indicarse que para Lambda = 1 se recuperan exactamente los coeficientes que dieron origen a las elecciones simuladas. También se observa que para un Lambda extremadamente bajo, es decir, cuando la componente estocástica llega a ser una fracción importante de la función de utilidad indirecta, se pierde bastante la capacidad de recuperar los coeficientes que dieron origen a las elecciones simuladas. Esto último puede ser el caso cuando estamos frente a un error de especificación de la función de utilidad indirecta, principalmente por un problema de variables omitidas. Para incrementos de Lambda el modelo se comporta bastante bien, incluso para un valor de 1.5.

#### 12.5.4 Diseño experimental operadores vehículos pesados

Los niveles de los atributos son modificados por cuanto se espera que los ahorros de tiempo de los vehículos pesados sean mayores que aquellos observados en los vehículos livianos, como también por el hecho de que la disposición a pagar también puede ser distinta. Por último, si bien no se encuentra explícito en el diseño experimental también es posible esperar un mayor desagrado por el uso de vías con interferencia vehicular, múltiples paradas, cruces a nivel, que aquel esperado para el usuario de vehículo liviano.

**TABLA 154.** Niveles de variación atributos experimento de vehículos pesados.

	NIVELES		
	0	1	2
Diferencia de Tiempo	10	20	35
Peaje	2000	3000	4000

Fuente:  
elaboración propia.

La tabla siguiente reporta los casos o tratamientos experimentales que se obtienen de un diseño full factorial con dos atributos de tres niveles cada uno, es decir un diseño 32 que origina los nueve casos que se presenta en el cuadro siguiente.

**TABLA 155 .** Estímulos experimentales operadores vehículos pesados.

CASO	AUTOPISTA		RUTA B		VST
	Tiempo	Peaje	Tiempo	Peaje	
1	10	2000	20	0	200
2	10	3000	20	0	300
3	10	4000	20	0	400
4	15	2000	35	0	100
5	15	3000	35	0	150
6	15	4000	35	0	200
7	25	2000	60	0	57
8	25	3000	60	0	86
9	25	4000	60	0	114

Fuente:  
elaboración propia.

Se destaca que este diseño presenta un número importante de casos en los cuales el valor subjetivo del tiempo es superior o igual a \$200, dando origen a valores de peajes superiores a los considerados para el experimento a usuarios de vehículos livianos. Se considera que este rango de variación del VST permitirá capturar la disposición para pagar por el uso de la vía tarifcada.

También se destaca que esta capacidad de recuperar los parámetros se mantienen para un amplio rango de variación de lambda y con ello de variación de la componente estocástica. Se considera que obtener un valor razonable en el rango +/-20% lambda es una muestra de la bondad del diseño.

### 12.5.5 Levantamiento de la información

#### 12.5.5.1 Encuestas a usuarios de vehículos livianos

Originalmente, se había previsto levantar encuestas a usuarios de vehículos livianos o particulares en hogares y en locación, pero por la dificultad de encuestar en Colombia y en particular en la ciudad de Medellín a personas pertenecientes a la población objetivo, o sea de estratos medio y alto (estratos 4, 5 y 6), se optó por realizar las encuestas de preferencias declaradas a usuarios de vehículos livianos o particulares en locación, o sea en lugares públicos o de acceso al público situados dentro del área de influencia directa del Corredor del Río y en barrios de estratos medio y alto, como en Centros Comerciales.

#### 12.5.5.2 Encuestas a Operadores de Vehículos Pesados

En cuanto a las encuestas a propietarios o conductores de vehículos pesados o de carga, se optó por las siguientes locaciones:

- Plaza Minorista José María Villa.
- Central Mayorista de Antioquia.
- Plaza de Ferias (feria ganadera).

## 12.6 RESULTADOS ESTUDIO DE DISPOSICIÓN PARA PAGAR

### 12.6.1 Encuesta vehículos livianos

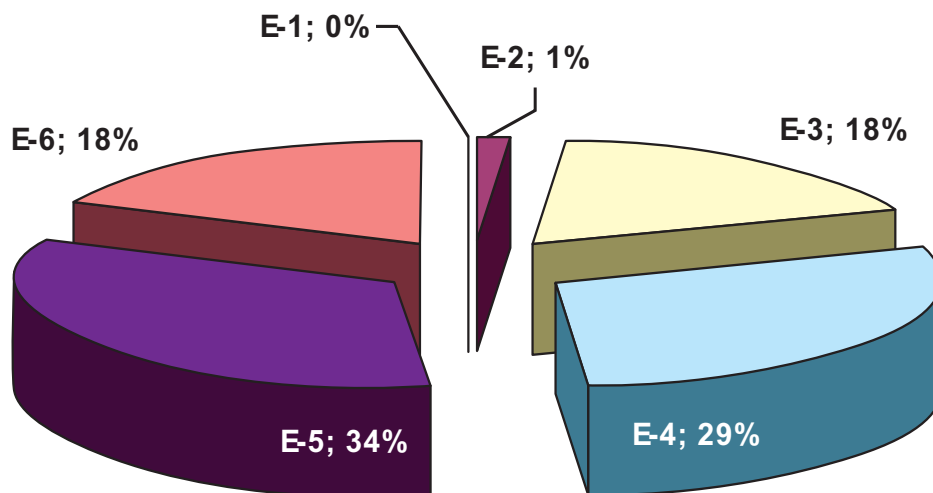
Se realizaron 857 encuestas, de las cuales 671 encuestas no presentan inconsistencias.

**TABLA 156.** Distribución según ocupación del encuestado.

OCUPACIÓN	TOTAL	%
Trabaja fuera de casa	425	63%
Trabaja en casa	7	1%
Estudiante	128	19%
Estudia y Trabaja	98	15%
Jubilado	7	1%
Desempleado	1	0%
Otra	5	1%
<b>Total</b>	<b>671</b>	<b>100%</b>

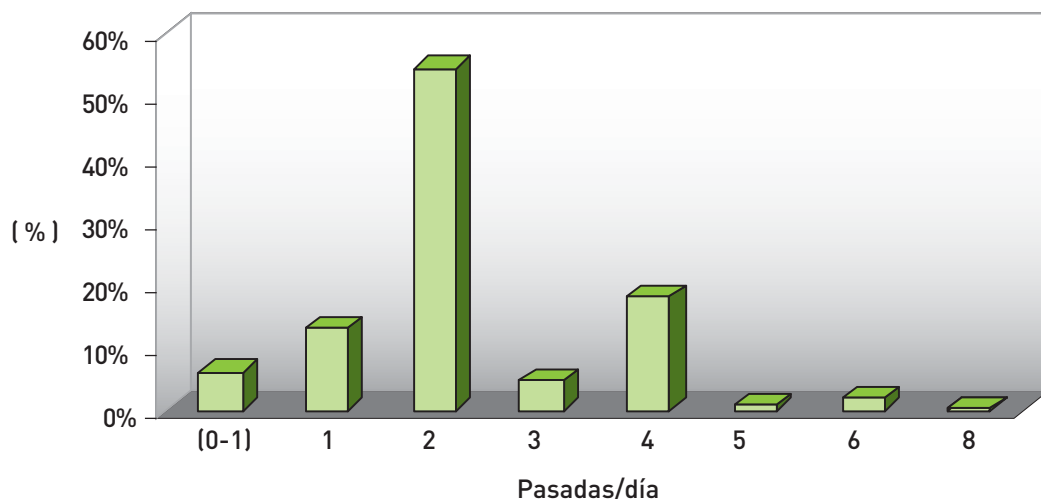
Fuente:  
elaboración propia.

**FIGURA 45.** Composición de la muestra según estrato.



Fuente:  
elaboración propia.

**FIGURA 46.** Pasadas al día por el corredor.



Fuente:  
elaboración propia.

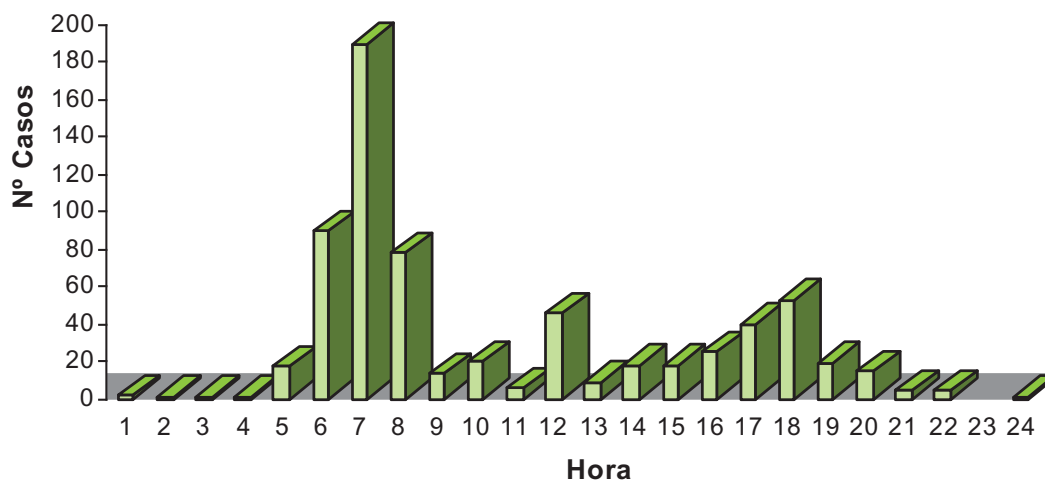
**TABLA 157.** Distribución viaje más importante en el corredor.

PROPÓSITO VIAJE MÁS IMPORTANTE	TOTAL	%
Trabajo	454	68%
Estudio	123	18%
Compras	11	2%
Salud	3	0%
Recreación	38	6%
Trámites	24	4%
Otros	18	3%
<b>Total</b>	<b>671</b>	<b>100%</b>

Fuente:  
elaboración propia.

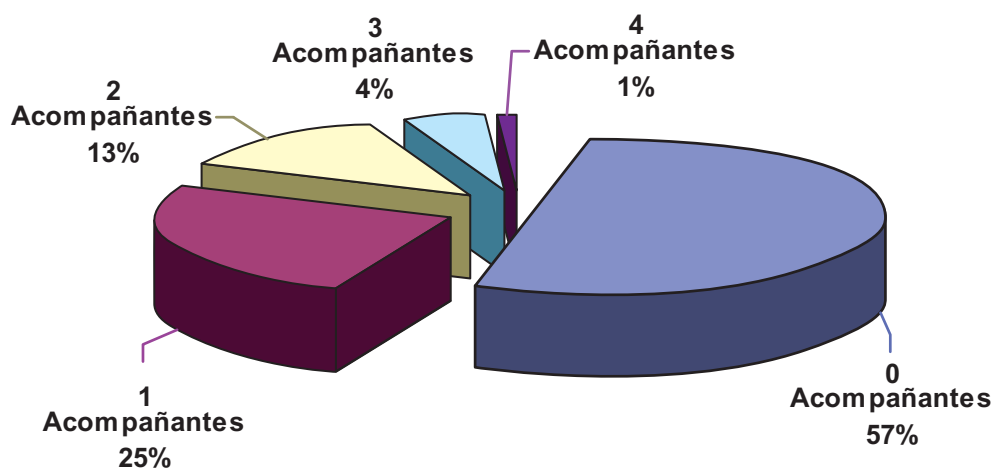


**FIGURA 47.** Distribución horaria viaje más importante.



Fuente:  
elaboración propia.

**FIGURA 48.** Distribución número de acompañantes viaje más importante.



Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 158.** Distribución quien costea el viaje según propósito del viaje.

PAGO	TRABAJO	ESTUDIO	COMPRAS	SALUD	RECREACIÓN	TRÁMITES	OTRO	TOTAL
Blanco	1							1
El conductor	405	65	9	1	29	20	16	545
La empresa	20	2				1		23
Entre varios	28	56	2	2	9	3	2	102
<b>Total</b>	<b>454</b>	<b>123</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>671</b>

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 159.** Disposición para pagar por el uso de la autopista.

AHORRO	800	1500	2000
5	51%	30%	23%
15	69%	53%	37%
25	76%	70%	62%

Fuente:  
elaboración propia.

#### **Estimación de modelos de preferencias declaradas: usuarios de vehículos livianos**

A partir de la base de datos de preferencias declaradas, descrita en la sección anterior, se estimaron modelos de elección discreta logit.

Se consideró una variable género que toma el valor 1 para femenino y 0 para masculino, especificada en la alternativa autopista. De esta forma, un valor positivo revela que las usuarias estarían dispuestas a pagar un poco más que los usuarios por el uso de la autopista. De manera equivalente se consideró una constante para la autopista que captura beneficios adicionales que el ahorro de tiempo, mayor seguridad, comodidad de conducción, etc. De esta forma su valor positivo revela un piso de disposición a pagar que no depende del ahorro de tiempo obtenido.

Prácticamente todos los modelos estimaron los parámetros significativamente, sin embargo, al considerar simultáneamente género y constante autopista, la significancia estadística de género es menor. Es interesante destacar que se obtiene una estimación significativa para el coeficiente de peaje en segmentos de ingresos medios y bajos.

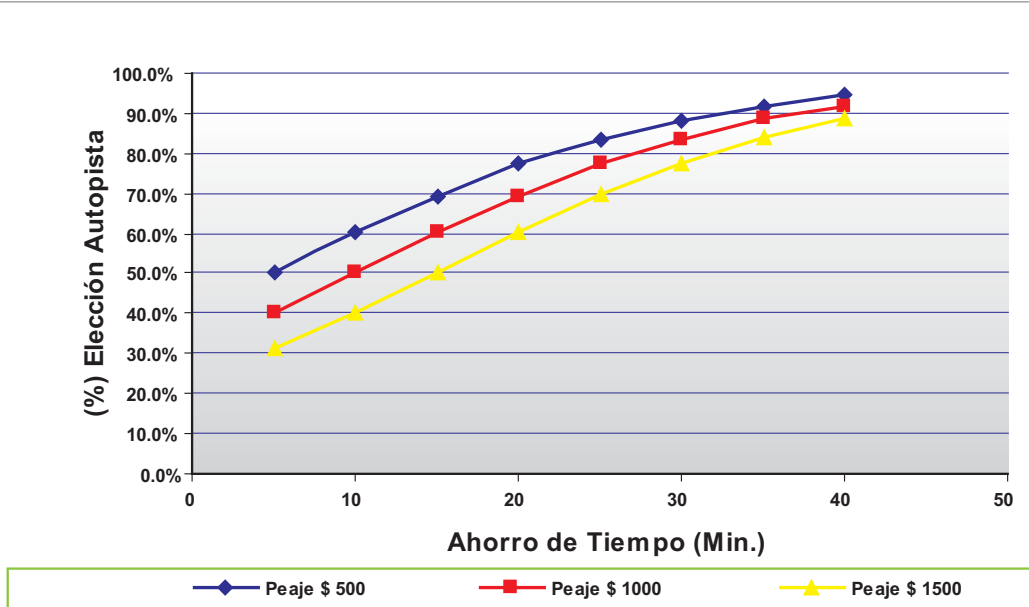
Se evaluaron 5 modelos, el modelo más sencillo, es decir, el modelo 1 que considera sólo tiempo y costo como variables explicativas, estima el valor del tiempo en \$102/minutos. Cuando se incluye la variable género en el modelo 2, esta estimación se reduce a \$98/minutos. Obteniéndose además que las usuarias están dispuestas a pagar por lo menos \$140, independiente del ahorro de tiempo.

En el caso del modelo 3, se aprecia que el valor del tiempo varía entre \$87/minutos y \$113/minutos, para los usuarios de ingreso medio bajo y usuarios de ingreso alto (estratos 5 y 6). De igual forma, se observa que la disposición a pagar de las usuarias varía entre \$108 y \$141, independiente de la magnitud del ahorro de tiempo.

El modelo 4 entrega una estimación no significativa de la variable género al incorporar una constante para la autopista, por lo que el modelo 5 presenta dichos resultados eliminando la variable género. En primer lugar se destaca que el valor del tiempo varía entre \$73/minutos y \$92/minutos para los usuarios de ingreso medio bajo e ingreso alto. En este caso el valor de la constante, que explica la mayor comodidad o confort que produce viajar por la autopista, revela un valor que varía entre \$280 y \$353 entre usuarios de ingresos medio bajo y usuarios de ingreso alto.

Para visualizar la curva de demanda o disposición para pagar por el uso de la vía tarifcada, se ha graficado el porcentaje de elección por la autopista predicho por el modelo para tres niveles de peaje. Este resultado para el modelo 1 se presenta en el gráfico siguiente:

**FIGURA 49.** Curva de disposición para pagar modelo 1.

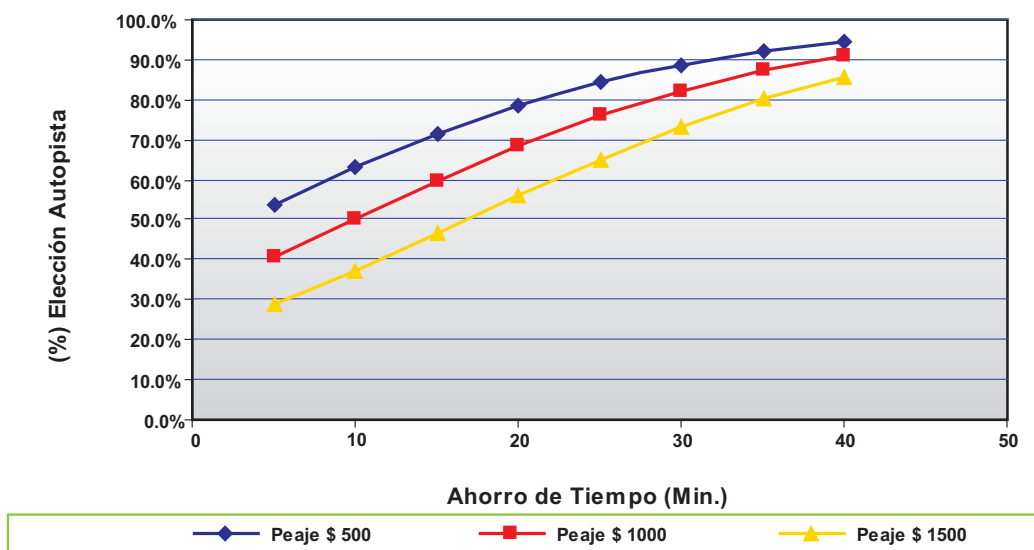


Fuente:  
elaboración propia.

Se observa que para ahorros de tiempo de 5 minutos la demanda es menor a 50%, para los montos de peaje de \$1500 y \$1000 es igual a este guarismo para un peaje de \$500. Esta demanda varía de manera importante con el nivel de ahorro esperado, de hecho para un ahorro de 10 minutos la captura aumenta en un 20%. Llegando sobre el 90% para un ahorro de 40 minutos. Es interesante notar que a mayor ahorro de tiempo disminuye la brecha de la predicción entre los tres niveles de peajes.

En la figura 50 se presenta la captura de demanda predicha por el modelo 5 (es decir, el porcentaje de usuarios que escogería la autopista), segmentando en ingreso medio bajo e ingreso alto. En primer lugar se destaca que la proyección para el segmento medio bajo resulta similar a la proyección global entregada por el modelo 1, aún más, se puede indicar que la predicción del modelo 5 para peaje bajo es ligeramente superior a la proyección global entregada por el modelo 1. En segundo lugar, se puede indicar que las curvas se comportan de manera bastante similar al modelo 1 cuando se aumenta el ahorro de tiempo.

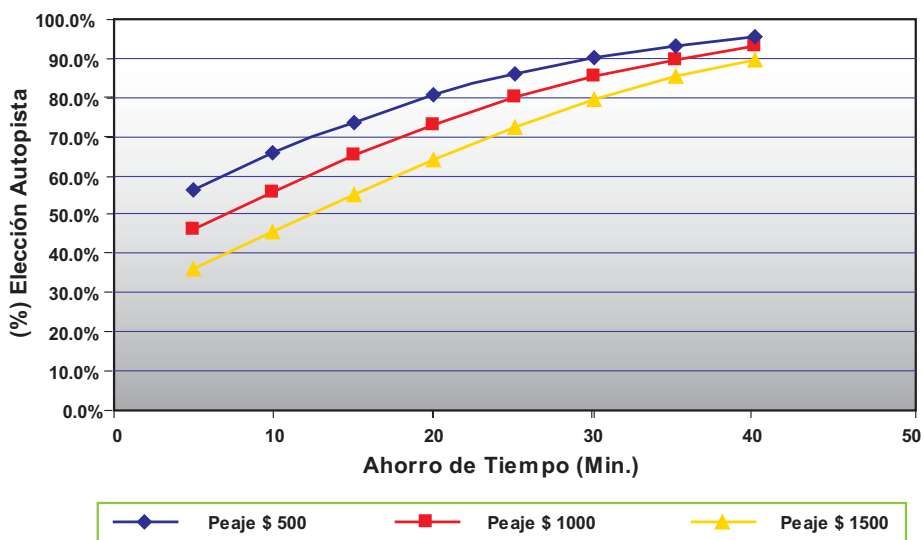
**FIGURA 50.** Curva de disposición para pagar modelo 5 segmento medio bajo.



Fuente:  
elaboración propia.

En el caso de la curva de segmento alto, se observa que la predicción para la demanda de la autopista es mayor que la predicción anterior y también que aquella arrojada por el modelo 1. Esta diferencia es mayor a niveles menores de ahorros de tiempo, revelando el rol que juega la constante en el modelo.

**FIGURA 51.** Curva de disposición para pagar modelo 5 segmento alto.

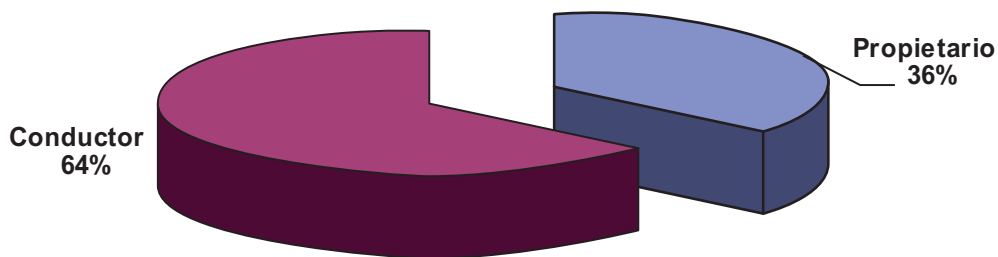


Fuente:  
elaboración propia.

### 12.6.2 Encuesta vehículos pesados

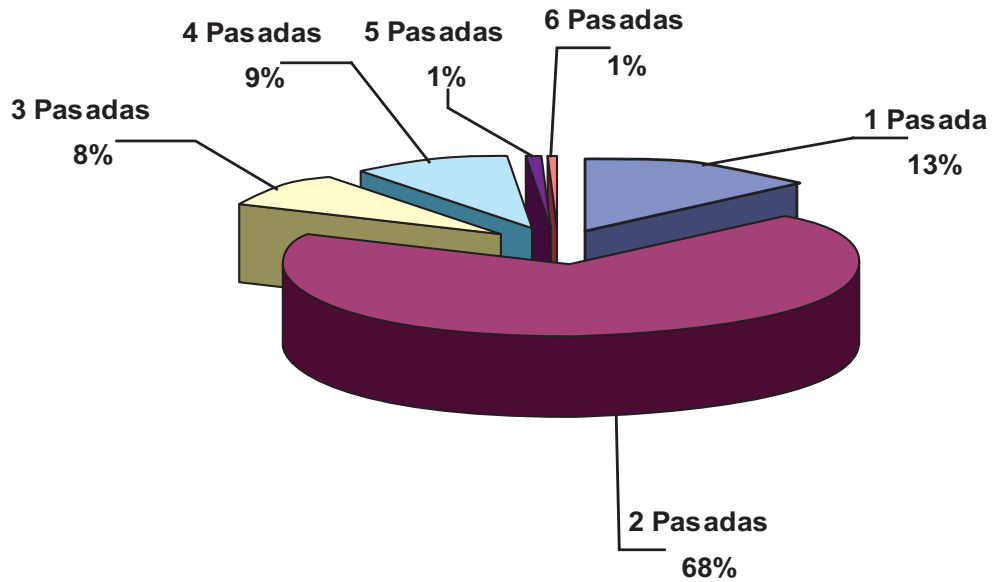
Se realizaron 144 encuestas, de las cuales 123 encuestas no presentan inconsistencias.

**FIGURA 52.** Distribución según propiedad del vehículo.



Fuente:  
elaboración propia.

**FIGURA 53.** Distribución según número de pasadas.



Fuente:  
elaboración propia.

Es interesante analizar la longitud del tramo demandado por los vehículos pesados (camiones), para ello, los viajes fueron clasificados según el uso del corredor en:

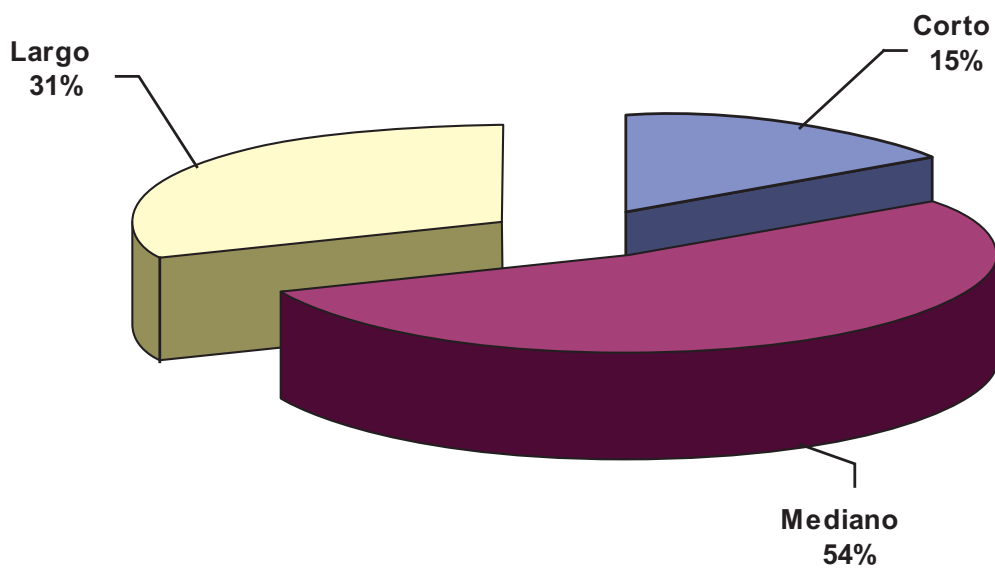
Corto: menos del 50% del largo total del corredor (es decir, entre Niquía al norte y Sabaneta al sur).

Mediano: entre 50% y 75 % del largo total del corredor.

Largo: más del 75% del largo total del corredor.

La figura 54 presenta la distribución de la muestra en los tramos anteriores, observándose que en general (85%) se trata de viajes que demandan más del 50% del corredor actual.

**FIGURA 54.** Clasificación encuestado según longitud del tramo usado.



Fuente:  
elaboración propia.

La tabla 160 permite mostrar que existe una alta participación de vehículos de carga con origen fuera del Valle de Aburrá y destino en éste. De igual forma, los vehículos que se movilizan al interior de Medellín corresponden a una parte menor de toda la muestra.

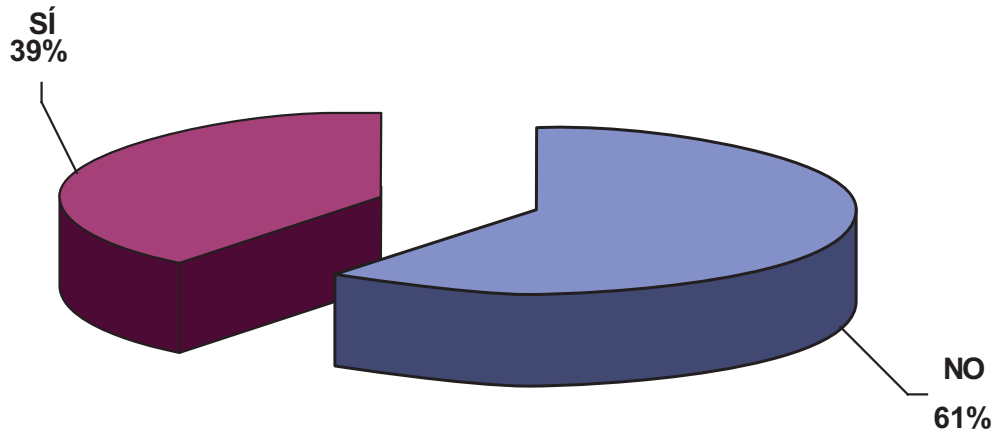
**TABLA 160.** Distribución origen destino de los viajes vehículos pesados.

	DENTRO DE MEDELLÍN	FUERA DE MEDELLÍN	TOTAL
Dentro de Medellín	25	19	44
Fuera de Medellín	99	1	100
<b>Total</b>	<b>124</b>	<b>20</b>	<b>144</b>

Fuente:  
elaboración propia.

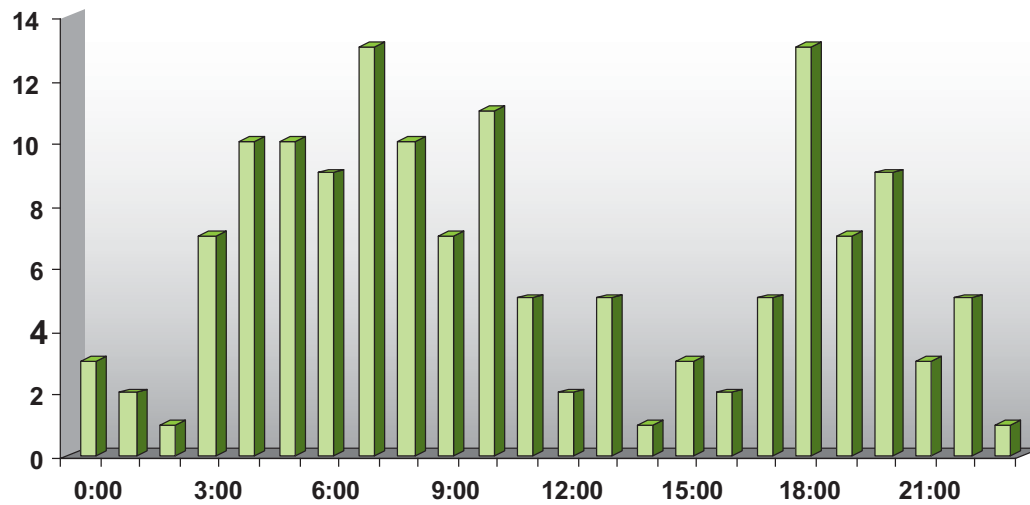
Al analizar si se les exige una hora de llegada a destino, se observa que un 39% de los encuestados declara que Sí. Respuesta que contribuye a explicar la disposición para pagar por ahorro de tiempo.

FIGURA 55. Tiene horario de llegada.



Fuente:  
elaboración propia.

FIGURA 56. Distribución horaria viaje más importante .

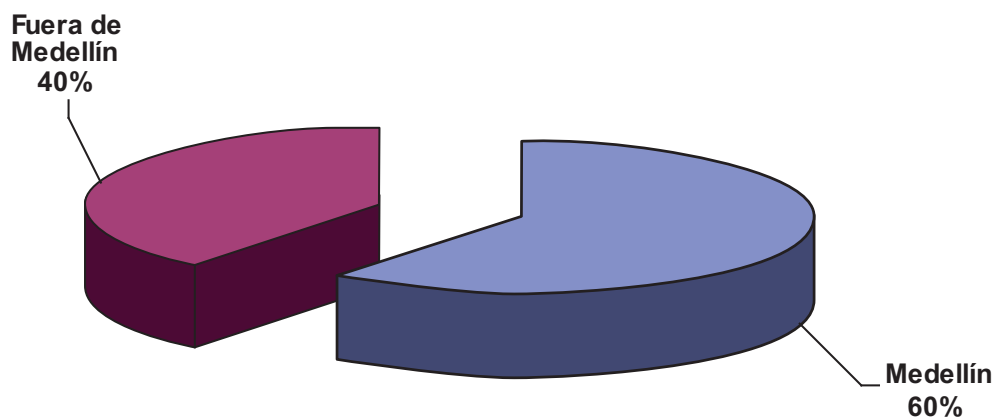


Fuente:  
elaboración propia.

Es interesante destacar que la muestra está compuesta por un porcentaje importante (40%) de operadores provenientes de fuera de Medellín.



**FIGURA 57.** Nacionalidad del vehículo.



Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 161.** Disposición para pagar.

AHORRO	PEAJE		
	2000	3000	4000
10	65%	52%	45%
20	75%	63%	52%
35	83%	79%	65%

Fuente:  
elaboración propia.

**Estimación de modelos de preferencias declaradas: operadores de vehículos pesados**

Se estimaron modelos de elección discreta Logit con el software Limdep, probándose distintas especificaciones de la función de utilidad indirecta que eran permitidas por el diseño experimental, y también por las variables disponibles.

Se realizaron tres modelos alternativos, que consideran como variables explicativas:

Tiempo	Corresponde al tiempo de viaje en cada alternativa (Autopista/ruta normal).
Peaje	Corresponde al valor del peaje por usar la autopista.
Cte Autopista	Constante específica de la autopista.
Cossem	Valor del peaje, que se activa como variable dumy cuando el conductor es empleado y no propietario del vehículo.

Es decir, se asume una función de utilidad indirecta del siguiente tipo:

$$U_{\text{autopista}} = \theta_p \cdot \text{peaje} + \delta_{\text{cos em}} \theta_{\text{cos em}} \cdot \text{peaje} + \theta_t \cdot \text{tiempo de viaje en autopista} + \theta_{\text{cte autopista}}$$

$$U_{\text{v a no tarifcada}} = \theta_t \cdot \text{tiempo de viaje en v a no tarifcada}$$

Se define el valor subjetivo del tiempo y de la constante de la siguiente forma:

**VST** Valor subjetivo del tiempo, calculado como la tasa de sustitución entre tiempo y peaje. En el caso de conductor empleado adopta la siguiente forma:

$$VST = \frac{\theta_t}{\theta_p + \theta_{\text{cos em}}}$$

En el caso de conductor empresario se calcula como:

$$VST = \frac{\theta_t}{\theta_p}$$

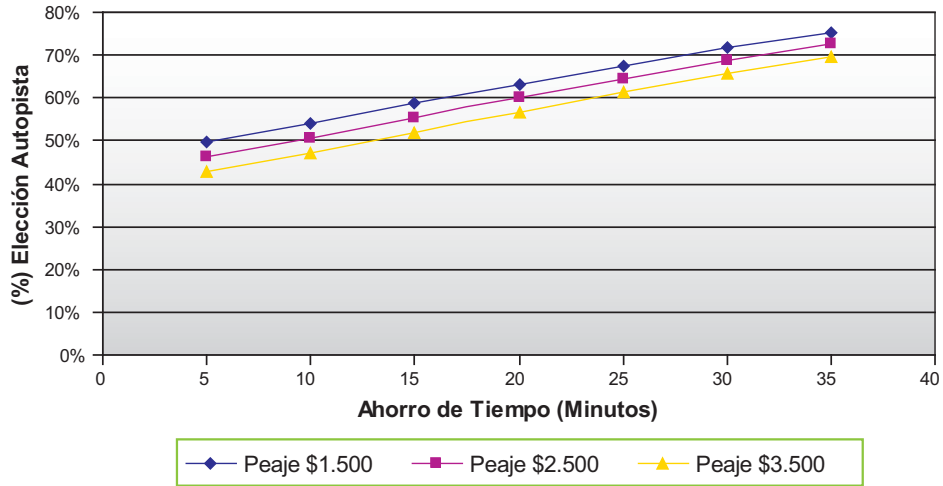
**VS-Cte** Valor subjetivo de la constante. Su valor corresponde al monto del peaje que habría que cobrar para que ambas alternativas a idénticos tiempos reporten igual utilidad. Refleja la valoración por el mayor estándar de la autopista, es decir, cruces desnivelados, perfecta señalización, etc.

$$VS - Cte = \frac{\theta_{\text{cte autopista}}}{\theta_p}$$

En primer lugar se destaca que prácticamente en todos los casos los coeficientes estimados resultaron significativos y con los signos adecuados. Por otro lado, el valor del tiempo obtenido del modelo sin constante es superior al que se estimó para los vehículos livianos. Sin embargo, llama la atención que al incorporar una constante específica para la autopista el valor del tiempo estimado disminuye fuertemente. Esto revela que existe un porcentaje importante de demanda que está dispuesta a pagar por el uso de la autopista independiente del ahorro de tiempo ofrecido. No es de extrañar este hecho en los operadores de vehículos pesados, ya que las deficientes condiciones de circulación afectan de manera importante sus costos de operación, por lo que su disposición para pagar no solo depende del ahorro del tiempo, sino también de las mejores condiciones de circulación. El modelo 3 quiso recoger la diferencia entre la disposición a pagar por los propietarios y empleados, sin embargo, la escasa significancia estadística del parámetro *cos em* indicaría que a partir de esta muestra no es posible inferir que existe diferencia en la disposición para pagar.

A modo ilustrativo, la figura 58 (modelo 1) muestra el porcentaje de operadores que estaría dispuesto a pagar por el uso de la autopista para distintos niveles de ahorros de tiempo y montos de peaje. Se observa que no existe una diferencia apreciable en la captura predicha para los tres niveles de peajes estudiados.

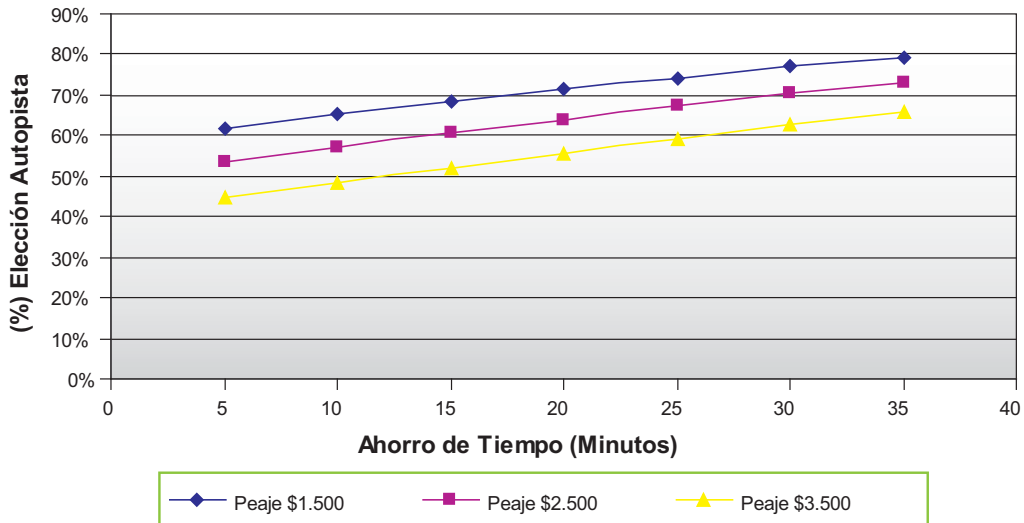
**FIGURA 58.** Curva de disposición para pagar vehículos pesados, modelo 1.



Fuente:  
elaboración propia.

Sin embargo, al analizar las predicciones que se derivan para el modelo 2, sí se observan diferencias más significativas en la demanda predicha para la autopista, como también se destaca que la predicción del modelo 2 es mayor a la obtenida por el modelo 1, con excepción de aquella observada para ahorro de tiempos significativos.

**FIGURA 59.** Curva de disposición para pagar vehículos pesados, modelo 2.



Fuente:  
elaboración propia.

## 12.7 CONCLUSIONES ESTUDIO DE DISPOSICIÓN PARA PAGAR

### 12.7.1 Usuarios vehículos livianos

El análisis de la consistencia de la muestra al experimento de preferencias declaradas arrojó que el procedimiento de encuestar en locación fue el adecuado, entregando mejores resultados que las encuestas realizadas en carretera.

En cuanto a la disposición para pagar, se evidencia que, dado un peaje, a mayor ahorro de tiempo, mayor captura o elección por la ruta tarifada. Asimismo, para un ahorro de tiempo dado, se observa una captura creciente con el monto del peaje. Resultado que demuestra a nivel agregado la consistencia de las respuestas de los encuestados al experimento de preferencias declaradas. Aún más, dicha consistencia fue estudiada caso a caso, demostrándose que en alto porcentaje la respuesta al experimento eran consistentes.

**TABLA 162.** Principales resultados encuestas usuarios vehículos livianos.

ÍTEM	NÚMERO DE ENCUESTAS	COMENTARIO
Total de encuestas levantadas	1,664	100%
Encuestas completas	857	52% del total levantado
Encuestas consistentes	671	78% de las completas Muestra definitiva
Hombres	424	63% de muestra definitiva
Individuos que trabajan fuera de la casa	425	63% de muestra definitiva
Estudiantes	128	19% de muestra definitiva
Individuos pertenecientes al estrato 5	221	34% de muestra definitiva
Individuos pertenecientes al estrato 6	123	18% de muestra definitiva
Individuos que pasan 2 veces al día por el corredor	365	54% de muestra definitiva
Individuos que pasan más de 2 veces al día por el corredor	176	26% de muestra definitiva
Propósito del viaje más importante: Trabajo	454	68% de muestra definitiva
Propósito del viaje más importante: Estudio	123	18% de muestra definitiva
Viaje más importante realizado sin acompañante	379	57% de muestra definitiva
Viaje costeadado por conductor	545	81% de muestra definitiva

Fuente:  
elaboración propia.

En cuanto a los modelos de preferencias declaradas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- └─ Prácticamente todos los modelos estimaron los parámetros significativamente.
- └─ El modelo 1 basado en tiempo y costo estima un valor del tiempo de \$102/minutos.
- └─ El modelo 2 basado en tiempo, costo y género estima un valor del tiempo de \$98/minutos. Las usuarias tienen una mayor disposición a pagar.

- El modelo 3 basado en tiempo, costo, género y estrato estima un valor del tiempo que varía entre \$87/minutos (estratos 1 a 4) y \$133/minutos (estratos 5 y 6). Las usuarias tienen una mayor disposición para pagar.
- El modelo 5 basado en tiempo, costo, estrato y constante de la autopista estima un valor de tiempo que fluctúa entre \$73/minutos (estratos 1 a 4) y \$92/minutos (estratos 5 y 6).

### 12.7.2 Operadores vehículos pesados

La estrategia de muestreo adoptada, o sea encuestar a operadores de vehículos pesados en locaciones ad hoc, explican el hecho que la gran mayoría de los encuestados pasaron el filtro.

**TABLA 163.** Principales resultados encuestas operadores vehículos pesados.

ÍTEM	NÚMERO DE ENCUESTAS	COMENTARIO
Total de encuestas levantadas	181	100%
Encuestas completas	144	80% del total levantado Muestra definitiva para análisis de base de datos
Muestra definitiva para análisis de PD que considera encuestas con 2 ó menos inconsistencias	123	85% de las completas
Propietarios del vehículo	52	36%
Individuos que pasan 2 veces al día por el corredor	99	68%
Tramo en el corredor de mediana longitud	76	54%
Tramo en el corredor de mediana y larga longitud (más del 50% del corredor actual)	120	83%
Viajes fuera de Medellín (origen) - dentro de Medellín (destino)	99	69%
Viajes dentro de Medellín (origen) - dentro de Medellín (destino)	25	17%
Horario de llegada a destino	56	40%
Principal tipo de carga transportada: Agrícola	113	78%

Fuente:  
elaboración propia.

En cuanto a los modelos de preferencias declaradas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Prácticamente en todos los casos los coeficientes estimados resultaron significativos y con los signos adecuados.
- El valor del tiempo obtenido del modelo sin constante que considera la autopista es superior al estimado para los vehículos livianos.
- El valor del tiempo disminuye considerablemente al incorporar en el modelo una constante específica para la autopista, lo cual revela que una proporción importante de los usuarios potenciales están dispuestos a pagar por el uso de la autopista independiente del ahorro de tiempo.
- Los niveles de captura varían entre 45% y 80% según el modelo de preferencias declaradas, detectando diferencias poco marcadas para los niveles de peajes estudiados.

## 12.8 MODELACIÓN TARIFICACIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO MEDELLÍN

Si bien la vía travesía del Corredor del Río Medellín provee mejor vialidad para el transporte privado, también al estar esta vía tarifada restringe su uso aumentando la demanda de vías o modos alternativos, lo cual debiera incidir a la larga en un aumento o manutención al menos de la demanda del transporte público para los usuarios no dispuestos a pagar la tarifa concesionada o no dispuestos a soportar la congestión de la vialidad alternativa. Para esto es conveniente proveer servicios alternativos adecuados de transporte público que serían los servicios de Metro, Tren Suburbano y Metroplús definidos, o sea un Sistema Integrado de Transporte.

La metodología utilizada para desarrollar el estudio de demanda del corredor del Río incluyó las siguientes etapas, las cuales se describen en detalle más adelante:

- 1. Tramificación del corredor.
- 2. Localización preliminar de las plazas de peaje.
- 3. Calibración de los valores de las tarifas por modo.
- 4. Calibración de los valores subjetivos del tiempo por usuario.
- 5. Optimización de la ubicación de los pódicos.
- 6. Estimación de los flujos de la concesión.
- 7. Estimación de los ingresos de la concesión.

### 12.8.1 Tramificación del corredor del Río

Considera las secciones viales propuestas, los límites zonales existentes, los accesos viales importantes que interceptan el eje por donde se implantaría la vía concesionada, así como el flujo vehicular privado y el flujo de camiones asignados al año 2020 en el período punta mañana sobre el corredor del Río entregados por el modelo de 4 etapas.

Cabe mencionar que el acceso de las motos y del transporte público urbano debería ser prohibido para mantener altos niveles de servicios y seguridad vial. Además, según la normatividad actual a las motos no se les puede cobrar. En el caso de los taxis, son los conductores (propietarios o arrendatarios) los que deberían pagar por el uso de la autopista. Este costo adicional le sería indirectamente traspasado al usuario a través de un incremento en la tarifa. En cuanto a los camiones, se debería establecerse una política para que atravesen todo el corredor obligatoriamente por la vía tarifada, otorgándole así mayor capacidad a la vía arteria.

**TABLA 164.** Tramos concesionados.

TRAMO	ENTRE	LONGITUD APROXIMADA (Km) VÍA TRAVESÍA	
		MI	MD
1	Entre Ancón Sur y la Calle 77 Sur	0,90	1,05
2	Entre la Calle 77 Sur y la estación de Metro Ayurá	6,48	6,06
3	Entre la estación de Metro Ayurá y la estación de Metro Industriales	5,38	4,98
4	Entre estación de Metro Industriales y la Terminal de Transporte del Norte	3,09	4,99
5	Entre Terminal de Transporte del Norte y el intercambio vial de Fontidueño	14,94	8,12

Fuente: elaboración propia. Nota: MI: Margen Izquierdo; MD: Margen Derecho.



## 12.9 UBICACIÓN DE LOS PEAJES, TARIFAS Y VALORES DEL TIEMPO

La ubicación óptima de los pódicos los valores de las tarifas por modo y los valores subjetivos del tiempo por usuario fueron calibrados a partir del modelo de redes del Modelo de Cuatro Etapas y del estudio de Disposición para Pagar realizado como parte de los trabajos adicionales de este estudio.

Así, la ubicación definitiva corresponde a aquella que permite maximizar los ingresos y alcanzar los niveles de captura identificados por el estudio de Disposición para Pagar realizado.

En cuanto a la tarifa por kilómetro, se obtuvo mediante corridas del modelo de asignación un valor de \$COL 60/Km para los vehículos privados (autos y taxis). Para los camiones livianos se estableció una tarifa 2,0 veces mayor a la de los vehículos particulares, o sea de \$COL 120/Km, mientras que para los camiones pesados se utilizó una tarifa 2,5 veces mayor a la del automóvil, o sea de \$COL 150/km.

La tabla 156 presenta los valores de los peajes. Primero, es importante aclarar que la tarifa por tramo se calcula a partir de la distancia entre 2 pódicos vecinos (que se localizan en 2 tramos diferentes), y no a partir de la longitud total de un tramo en particular. Por otra parte, si un viaje utiliza dos o más tramos, el valor del viaje corresponderá a la suma de todos los tramos utilizados.

**TABLA 165.** Tarifas (\$ Col del 2006) por plaza de peaje y modo.

MARGEN	SENTIDO	TRAMO <sup>1</sup>	NODO INICIO	NODO FIN	LONGITUD (Km)	AUTO Y TAXI	CAMIÓN LIVIANO	CAMIÓN PESADO
Izquierdo	Norte - Sur	5	7979	7978	3,335	\$ 200	\$ 400	\$ 500
Izquierdo	<b>Norte – Sur</b>	4	7266	7267	12,398	\$ 744	\$ 1.488	\$ 1.860
Izquierdo	Norte – Sur	3	7280	8006	7,271	\$ 436	\$ 872	\$ 1.090
Izquierdo	Norte – Sur	2	8009	8010	1,765	\$ 106	\$ 212	\$ 265
Izquierdo	Norte – Sur	1	8012	7947	5,221	\$ 313	\$ 626	\$ 783
Derecho	Sur - Norte	1	7958	7959	10,191	\$ 611	\$ 1.222	\$ 1.528
Derecho	Sur – Norte	2	7967	7968	5,676	\$ 341	\$ 682	\$ 853
Derecho	Sur – Norte	3	7970	7971	3,260	\$ 196	\$ 392	\$ 490
Derecho	Sur - Norte	4	7180	7178	4,423	\$ 265	\$ 530	\$ 663
Izquierdo <sup>2</sup>	Sur – Norte	5	7748	7978	11,779	\$ 707	\$ 1.414	\$ 1.768

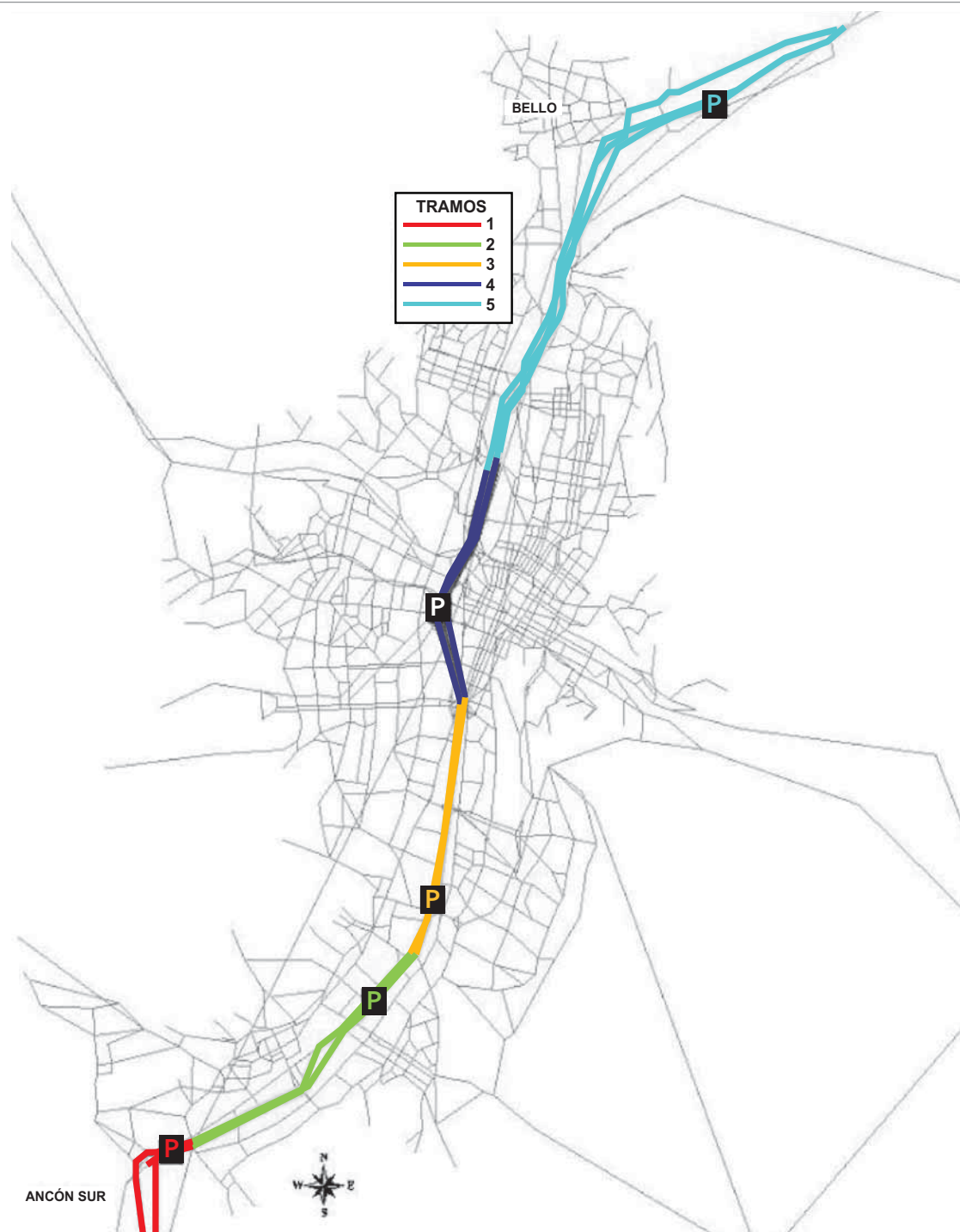
Fuente: elaboración propia.

Nota: 1. La información se entrega en el sentido del flujo vehicular.

2. En el tramo 5, ambos sentidos del corredor se ubican en el margen izquierdo del Río Medellín, según el plano en planta



FIGURA 61. Ubicación plazas de peaje.



Fuente:  
elaboración propia.

En el cuadro siguiente se presentan los valores subjetivos del tiempo utilizados. Estos valores se obtuvieron del estudio de Disposición para Pagar. Según las conclusiones de dicho estudio, el valor del tiempo estimado varía, según el modelo analizado, entre \$COL 73/minuto y \$COL 133/minuto. Estos valores sirvieron de punto de partida para el análisis de tarificación del corredor del Río. Tuvieron que ser modificados de manera de alcanzar niveles de captura óptimos.

En el caso del período punta mañana, los valores subjetivos del tiempo son muy similares a los estimados por el estudio de Disposición a Pagar. En cuanto al período punta tarde, se observa una menor disposición para pagar por parte de los usuarios. Este comportamiento se traduce en la modelación de valores subjetivos del tiempo mayores en este período respecto a los modelados en la punta mañana.

Cabe señalar que la diferenciación por usuario correspondiente a la combinación entre modo y rango de ingreso, se establece únicamente para fines de modelación. La estructura tarifaria finalmente adoptada, y presentada anteriormente, no hace diferencias a este nivel.

**TABLA 166.** Valores subjetivos del tiempo del auto utilizados (\$ Col / min).

RANGO INGRESO	PUNTA MAÑANA	PUNTA TARDE
Bajo	160	260
Medio	180	280
Alto	200	300

Fuente: elaboración propia.

Nota: No aplica.

### 12.9.1 Propuesta de tecnología para utilizar

Con el fin de no interrumpir el flujo vehicular en el corredor del Río, y en particular en la vía de travesía, se propone la implementación de un sistema de pago electrónico de peaje o telepeaje sin el uso de dinero en efectivo y sin la necesidad de detención del vehículo. Se trataría de un sistema de flujo libre y de autopistas (no canalizado) con el uso de dispositivos electrónicos llamados tags o transponders.

El sistema se basa en el uso de la identificación vehicular por medio de la radio frecuencia. Para ello se utilizan dispositivos electrónicos en los vehículos, los cuales son de tecnología similar a las tarjetas inteligentes de proximidad, sólo que en este caso la distancia de lectura del tag con el lector puede ser varios metros.

Los principales beneficios de este tipo de tecnología son:

- No se generan colas de espera por el pago del peaje.
- Aumenta la seguridad y comodidad del viajero al no utilizar dinero en efectivo.
- Aumenta la seguridad y disminuyen los fraudes para el operador de la carretera.
- Aumenta la flexibilidad para definir tarifas: variantes en el tiempo, o dependiendo de condiciones o estados de operación del sistema.
- Disminuyen los costos por administración y gestión del dinero.

## 12.10 INGRESOS DE LA CONCESIÓN DEL CORREDOR DEL RÍO

### 12.10.1 Estimación de flujos

Mediante el modelo de cuatro etapas, se estiman los flujos vehiculares que utilizarían la vía de travesía al nivel de cada una de las plazas de peaje. También se identifican los flujos que circularían por la vía arterial. La demanda potencial se estima a partir de una corrida sin peaje o peaje nulo. El potencial de evasión, o sea la utilización de vías alternativas al corredor del Río, se identifica comparando la demanda potencial con la demanda asignada al tarifificar la vía de travesía.

Por otra parte, el nivel de captura (Cap) de la autopista (VT) por modo corresponde a la proporción del flujo vehicular (auto y taxi) que utiliza la vía de travesía en la situación con peaje sobre el flujo vehicular (auto y taxi) que utiliza la misma vía en la situación sin peaje.

### 12.10.2 Estimación de ingresos

En las tablas siguientes se indica el ingreso por plaza de peaje y modo para los dos períodos modelados: punta mañana y punta tarde. Estos ingresos fueron estimados a partir del vector tarifario y de los flujos que utilizarían la vía de travesía del corredor del Río.

Cabe señalar que las corridas del Plan 5 al año 2020 fueron realizadas con tarifas en pesos del 2006 y no consideran ningún incremento por alza del costo de la vida o del Índice de Precio al Consumidor. Eventualmente, las tarifas podrían ser ajustadas anualmente aplicando, por ejemplo, una tasa de 3,5% anual.

**TABLA 167.** Ingreso (\$ Col 2006) por plaza de peaje - punta mañana 2020.

SENTIDO	TRAMO	AUTO	TAXI	CAMIÓN LIVIANO	CAMIÓN PESADO	TOTAL	TOTAL (%)
Norte - Sur	5	\$ 116.389	\$ 55.860	\$ 72.000	\$ 67.260	\$ 311.509	7%
Norte - Sur	4	\$ 52.410	\$ 74.044	\$ 136.375	\$ 258.038	\$ 520.868	12%
Norte - Sur	3	\$ 213.360	\$ 170.854	\$ 119.813	\$ 131.825	\$ 635.851	15%
Norte - Sur	2	\$ 51.872	\$ 41.538	\$ 29.129	\$ 32.049	\$ 154.588	4%
Norte - Sur	1	\$ 102.619	\$ 97.219	\$ 90.050	\$ 94.636	\$ 384.524	9%
Sur - Norte	1	\$ 111.236	\$ 19.895	\$ 94.033	\$ 0	\$ 225.164	5%
Sur - Norte	2	\$ 161.955	\$ 65.010	\$ 100.718	\$ 0	\$ 327.682	8%
Sur - Norte	3	\$ 384.732	\$ 85.124	\$ 47.228	\$ 0	\$ 517.085	12%
Sur - Norte	4	\$ 283.497	\$ 52.897	\$ 66.372	\$ 0	\$ 402.766	9%
Sur - Norte	5	\$ 144.135	\$ 96.501	\$ 594.658	\$ 0	\$ 835.294	19 %
<b>Total</b>		<b>\$ 1,622,206</b>	<b>\$ 758.943</b>	<b>\$ 1.350.375</b>	<b>\$ 583.807</b>	<b>\$ 4.315.331</b>	<b>100%</b>
<b>Total (%)</b>		<b>38%</b>	<b>18%</b>	<b>31%</b>	<b>14%</b>	<b>100%</b>	

Nota: La información se entrega en el sentido del flujo vehicular.

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia que los autos y taxis contribuyen con el 56% de los ingresos en la punta mañana. Además, se observa que en el caso de los peajes en sentido norte - sur, los tramos 3 y 4 contribuyen con el 27% de los ingresos totales de la punta mañana. En el caso de las plazas en sentido sur - norte, las recaudaciones más

importantes se realizan en los plazas de peaje de los tramos 3, 4 y 5, totalizando un 40% de los ingresos totales de la concesión. Los ingresos nulos de los camiones pesados en sentido sur - norte se deben estrictamente a que, según los resultados arrojados por el modelo de 4 etapas, este tipo de usuario prefiere la vía alternativa gratuita (en este sentido y período).

**TABLA 168.** Ingreso (\$ Col 2006) por plaza de peaje - punta tarde 2020.

SENTIDO	TRAMO	AUTO	TAXI	CAMIÓN LIVIANO	CAMIÓN PESADO	TOTAL	TOTAL (%)
Norte - Sur	5	\$ 53.081	\$ 91.652	\$ 56.604	\$ 0	\$ 201.338	4%
Norte - Sur	4	\$ 0	\$ 0	\$ 577.642	\$ 343.189	\$ 920.830	20%
Norte - Sur	3	\$ 116.016	\$ 47.140	\$ 221.741	\$ 249.501	\$ 634.397	14%
Norte - Sur	2	\$ 28.206	\$ 11.461	\$ 53.909	\$ 60.659	\$ 154.234	3%
Norte - Sur	1	\$ 70.891	\$ 32.665	\$ 159.186	\$ 179.114	\$ 441.855	10%
Sur - Norte	1	\$ 125.659	\$ 27.877	\$ 120.477	\$ 37.561	\$ 311.574	7%
Sur - Norte	2	\$ 42.829	\$ 27.497	\$ 57.813	\$ 18.346	\$ 146.485	3%
Sur - Norte	3	\$ 231.127	\$ 86.358	\$ 30.047	\$ 10.545	\$ 358.077	8%
Sur - Norte	4	\$ 393.027	\$ 119.950	\$ 27.899	\$ 14.257	\$ 555.133	12%
Sur - Norte	5	\$ 93.919	\$ 82.491	\$ 285.755	\$ 412.623	\$ 874.788	19%
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1,154,755</b>	<b>\$ 527.090</b>	<b>\$ 1.591.073</b>	<b>\$ 1.325.794</b>	<b>\$ 4.598.712</b>	<b>100%</b>
<b>Total (%)</b>		25%	11%	35%	29%	<b>100%</b>	

Fuente: elaboración propia.

Nota: La información se entrega en el sentido del flujo vehicular.

En el período punta tarde, el 25% de la recaudación total es atribuible a los autos, mientras que los taxis contribuyen con un 11% de los ingresos totales. Además, se observa que las plazas de peaje en sentido norte - sur de los tramos 1, 3 y 4 contribuyen con el 44% de los ingresos totales de la punta mañana. En el caso de los pódicos en sentido sur - norte, las recaudaciones más importantes se realizan en los plazas de peaje de los tramos 4 y 5.

Para calcular los ingresos anuales totales se utilizaron los siguientes factores de expansión.

Los ingresos correspondientes al período valle o fuera de punta deben ser estimados, puesto que no se tienen flujos vehiculares modelados para este período. Para estos fines se ha establecido una relación entre los ingresos recaudados en la hora punta mañana y los que serían recaudados en la hora fuera de punta. Por ejemplo, si dicha relación fuera de un 10 por ciento (ingresos de la hora fuera de punta sobre ingresos la hora punta mañana), los ingresos anuales totales considerando los factores de expansión de la concesión serían \$US 2.880.908 (unos 6.180 millones de pesos colombianos). Esta tabla entrega recaudaciones para un conjunto de relaciones entre una hora de los períodos punta versus una hora del fuera de punta.

La experiencia chilena en materia de concesiones viales urbanas indica que los ingresos anuales recaudados en el período total valle o fuera de punta equivalen a unas 5 veces los recaudados anualmente en punta mañana.

**TABLA 169.** Factores de expansión.

PERÍODO	HORAS/AÑO
Punta Mañana	459
Punta Tarde	469
Fuera Punta	4.732
Total Año	5.660

Fuente:  
elaboración propia.

**TABLA 170.** Variación ingresos anuales según ingresos fuera de punta 2020.

RELACIÓN INGRESOS LA HORA FP/PM	RELACIÓN INGRESOS Anuales FP/PM	\$ COLOMBIANOS DEL 2006	\$US
10%	1,0	\$ 6.179.547.052	\$ 2.880.908
20%	2,1	\$ 8.221.561.541	\$ 3.832.896
30%	3,1	\$ 10.263.576.030	\$ 4.784.884
40%	4,1	\$ 12.305.590.519	\$ 5.736.872
50%	5,2	\$ 14.347.605.008	\$ 6.688.860
60%	6,2	\$ 16.389.619.497	\$ 7.640.848
70%	7,2	\$ 18.431.633.986	\$ 8.592.836
80%	8,2	\$ 20.473.648.476	\$ 9.544.824
90%	9,3	\$ 22.515.662.965	\$ 10.496.813
100%	10,3	\$ 24.557.677.454	\$ 11.448.801

Nota: se utiliza un tasa de cambio de \$2.145 pesos colombianos por 1 \$US

Fuente:  
elaboración propia.

Ahora bien, el costo total de inversión de los proyectos viales del Corredor del Río alcanza la suma de \$ COL 434.390 millones de pesos (en pesos del año 2006) según datos recolectados como parte de este mismo estudio y presentados en el Cap. 11 del Plan Maestro de Movilidad.

Los ingresos recaudados por la posible tarifación del corredor del Río deberían, en principio, ser utilizados para la terminación de la VT, la terminación de la VA y la construcción de todos los intercambios.



# 13. MODELO DE GESTIÓN Y MARCO NORMATIVO

El componente de gestión incorpora la dimensión operacional al Plan a partir del establecimiento de estrategias e instrumentos que permitan su puesta en marcha e implementación espacial e institucional para facilitar su viabilidad y sostenibilidad. La viabilidad y sostenibilidad del Plan se considera adecuada en la medida en que permita:

- ▮ Que se consolide una plataforma institucional metropolitana con esquemas de cooperación y articulación inter territorial.
- ▮ Que se aporte al modelo de ordenamiento territorial Metropolitano, especialmente en la articulación de modos de transporte, el equilibrio territorial, la generación de espacio público y la racionalización en el uso y gestión del suelo.
- ▮ Que se generen alianzas entre actores, operadores y usuarios para una gestión compartida del transporte y la movilidad con criterios de sostenibilidad, eficiencia, seguridad y convivencia.
- ▮ Que se determinen políticas e instrumentos de concurrencia, planeación y manejo de recursos que permitan la racionalidad y sostenibilidad financiera del Plan.

## 13.1 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO Y ESTRUCTURA CONCEPTUAL

### 13.1.1 Del plan a la gestión y de la obra pública al gran proyecto urbano - GPU

La gestión se puede definir como “la coordinación de recursos humanos y no humanos, para la obtención de los objetivos de una organización o un proyecto”<sup>54</sup>. Esta definición, se aplica a las entidades territoriales cuando la ciudad y la región se visualizan como una organización y un sistema, visión que conlleva la adopción de prácticas de carácter multidisciplinar, que se asimilan al concepto de “Gestión Urbana”, que se define como: “El desarrollo coordinado y la ejecución de estrategias abarcativas con la participación y el compromiso de todos los actores urbanos relevantes, para identificar, crear y explotar los potenciales para el desarrollo sostenible de la ciudad<sup>55</sup> (o la región).

La gestión responde a las demandas generadas por los procesos de descentralización y privatización de servicios públicos que obligaron a los municipios a asumir la provisión de servicios urbanos, mediante marcos normativos, competencias y recursos. En la gestión urbana se transfiere a los particulares, sector productivo y comunidades organizadas, funciones y competencias en la ejecución de proyectos urbanos. Igualmente el plan

54

Ducan, W. Jack, Management, ideas and actions. Oxford University Press, 1999.

55

Bramezza, I. The competitiveness of the European city and the role of urban management in improving the city's performance. Erasmus Univesiteit, Róterdam. 1996.

estratégico es una herramienta de planeación mixta, con fuerte participación empresarial que se inspira en criterios de competitividad y cooperación pública y privada que se traducen en operaciones o megaproyectos de alto impacto.

Los planes estratégicos se complementan con la figura de Gran Proyecto Urbano, una intervención de carácter público o privado, que por su tamaño o impacto, afecta una parte considerable de la ciudad, o inclusive la ciudad y la región como un todo. El concepto de GPU es fundamental en el modelo de gestión propuesto para el Plan Maestro de Movilidad, porque reconoce que las obras de infraestructura y los sistemas de movilidad tienen la potencia de transformar el espacio y la economía regional si se conciben y gestionan como una estrategia integral de desarrollo y competitividad.

En esta perspectiva, se propone que el Plan Maestro mantenga elementos de Planeación, pero vinculadas en términos estratégicos y de gestión al de Gran Proyecto Urbano, entre otras razones porque incluye la relación entre actores de diferente naturaleza y el desarrollo de capacidades organizativas.

Los Grandes Proyectos Urbanos se han clasificado históricamente de acuerdo con sus características. Según se describe en el siguiente esquema, se pueda apreciar que el Planteamiento del Plan Maestro de Movilidad apunta a los denominados GPU de tercera generación<sup>56</sup>.

**TABLA 171.** Tipologías de grandes proyectos urbanos<sup>57</sup>.

CLASE		CARACTERÍSTICAS
I	PRIMERA GENERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de infraestructuras o servicios urbanos, recuperando o ampliando el concepto de “Obra Pública”.</li> <li>▪ Basados en el intervencionismo público e intervención directa del gobierno municipal y local.</li> <li>▪ Concebidos como motores de transformación urbana y recuperación del medio ambiente y brindan atención prioritaria al espacio público.</li> </ul>
II	SEGUNDA GENERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tienen objetivos diversificados (conformar centralidades, mejoramiento de zonas pobres, etc.).</li> <li>▪ Rompen límites geográficos urbanos, llegando a las periferias</li> <li>▪ Introducen criterios de rentabilidad económica, incorporando al sector privado en la gestión.</li> </ul>
III	TERCERA GENERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concebidos como motores del desarrollo del espacio metropolitano.</li> <li>▪ Contribuyen a la transformación de la periferia interna creando nuevas centralidades.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 13.1.2 Enfoque

El componente de gestión se concibe como un conjunto de estrategias, instrumentos y procesos tendientes a viabilizar y hacer operativo el proyecto. La gestión se asume como la dimensión operacional del plan, que interviene en aquellos aspectos que se deben implementar como requisito para los propósitos y objetivos, lo que demanda que las formulaciones deben ser factibles y aceptables en: el territorio, la población y la institucionalidad.

<sup>56</sup> Ibid., Iracheta, I., 2002, s.d.

<sup>57</sup> Con base en tipologías propuestas por José María Ezquiaga,



- └ El **territorio**, comprende en este caso el contexto espacial, físico geográfico en el cual los proyectos del plan maestro pretenden insertarse y por tanto reestablecer relaciones entre la movilidad con los demás atributos (vivienda, espacio público, equipamientos, suelo y servicios públicos<sup>58</sup>.
- └ La **población**, se refiere al componente social en una definición amplia que incluye moradores, agentes y actores, que considera tanto las necesidades como los intereses y los recursos; y el manejo de los conflictos que se derivan de actuaciones públicas y privadas de alto impacto.
- └ La **institucionalidad**, entendida más allá de las entidades de administración pública. La institucionalidad se considera como el aparato formal de administración, control y gobierno del territorio y el trámite para proveer servicios y atender necesidades colectivas.

58

El concepto de atributo se refiere a aquellos componentes que le dan cualidad al espacio urbano construido, de acuerdo al planteamiento de "complejidad restringida" propuesto por el documento "Ciudades y ciudadanía: la política urbana del salto social". Ministerio de Desarrollo Económico. 1995.

La visión amplia de gestión puede englobar la gestión territorial metropolitana y el componente operacional en un esquema integral, que resuelva las diferentes escalas y estrategias de gestión. En términos genéricos, los componentes básicos del modelo son:

**TABLA 172.** Contenidos de un modelo de gestión de proyectos.

COMPONENTE	OBJETIVO	RESULTADOS
GESTIÓN NORMATIVA	Incorporar el plan en un marco de política pública y formalizar los acuerdos y normas que regulan las intervenciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma</li> <li>• Actos administrativos</li> </ul>
GESTIÓN INMOBILIARIA	Generar, producir, acopiar, sanear e incorporar suelo y edificaciones idóneas para el desarrollo de los proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo disponible y saneado</li> <li>• Obras complementarias</li> </ul>
GESTIÓN SOCIAL	Promover la apropiación social, sostenibilidad y manejo de impactos en el territorio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acuerdos entre actores</li> <li>• Planes de gestión social y sostenibilidad</li> </ul>
GESTIÓN INSTITUCIONAL	Estructurar una plataforma organizativa que articule actores, competencias y recursos, formalizando los roles, responsabilidades, las reglas y los acuerdos de la operación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquemas de administración y operación</li> <li>• Figuras organizativas</li> </ul>
GESTIÓN TÉCNICA	Producir la infraestructura en forma eficiente y sostenible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de ejecución</li> <li>• Especificaciones de diseño y mantenimiento</li> <li>• Licencias</li> <li>• Contratos</li> <li>• Modelo financiero y presupuestal</li> </ul>

Fuente:  
elaboración propia.

Tomado de: Carmona, Marisa. (Compiladora). Globalización y grandes proyectos urbanos. La respuesta de 25 ciudades. Buenos Aires: Ediciones Infinito, 2005.

59

El reto más importante del Plan Maestro es la conformación de una plataforma que permita la operación conjunta de múltiples actores, entidades e intereses en forma coordinada. El Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana opera en escenarios donde deben concurrir varias entidades territoriales y deben cooperar actores públicos con actores privados. En estos términos la conformación de una instancia político administrativa fuerte y confiable; y la capacidad de establecer acuerdos público - privados equitativos y sostenibles son los requisitos más importantes para el modelo. Esta condición es definida como "CAPACIDAD ORGANIZATIVA DE PROYECTOS. Para este problema, la experiencia holandesa recomienda el siguiente esquema lógico<sup>59</sup>:

**TABLA 173.** Criterios para generar capacidad organizativa de los proyectos.

DEFINICIÓN	ELEMENTO	SUGERENCIAS
La habilidad de involucrar	Liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se pierde o no es evidente asegurarse de que existe un líder dominante</li> </ul>
Todos los actores envueltos	Redes estratégicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crear, usar orientar las redes.</li> <li>Cuando la implementación se acerque, salvaguardar el compromiso de la red en una estructura más formal</li> </ul>
Y con su apoyo	Apoyo político y social	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicar el problema a la sociedad y los políticos. Si no hay apoyo social, los políticos deben conseguirlo.</li> </ul>
Para generar nuevas ideas y desarrollar e implementar una política	Visión y estrategia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si no existe: desarrollar una visión y estrategia y simultáneamente, salvaguardar la integralidad y los ajustes correlacionados de los proyectos y sus elementos.</li> </ul>
Diseñados para responder a los desarrollos fundamentales	Incentivo de los problemas económico-espaciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicar el problema a todos los actores relevantes</li> </ul>
Y crear las condiciones	Coherencia de los elementos, momentum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorizar los cambios en los elementos y organizar para el cambio.</li> </ul>
Para el desarrollo sustentable	En el área metropolitana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemas y soluciones no se detienen en los bordes de la ciudad</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 13.1.3 Conceptualización del modelo de gestión

El Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá se entiende como un instrumento de planeación a largo plazo que articula:

- Acciones político administrativas y recursos de diferentes instancias y entidades territoriales.
- Sistemas de movilidad y transporte dispersos pero interdependientes.

Enmarcado en definiciones de política pública y dimensiones de desarrollo con las siguientes condiciones:

- Fortalecer la plataforma competitiva y productiva del Área Metropolitana y la Región.

- Cumplir requerimientos de sostenibilidad financiera y ambiental.
- Aportar al modelo de ordenamiento y equilibrio territorial.

Condicionado por:

- Las capacidades institucionales y la cooperación e integración entre múltiples actores, cada uno con lógicas, recursos e intereses propios.
- El manejo de impactos y conflictos propios de su implementación y el cambio de modelos de manejo y administración del transporte y el uso del suelo.
- La viabilidad financiera, normativa e institucional que permita su ejecución en términos de eficiencia e impacto.
- La incorporación a los sistemas de movilidad convencional, de principios rectores en materia de cultura ciudadana, espacio público, adopción de modos no motorizados de transporte, descentralización, participación social y privada.

El modelo de gestión incorpora estrategias e instrumentos de diferente naturaleza, que su operación y desarrollo se efectúa en diferentes momentos y por múltiples operadores. El componente normativo del Plan especialmente define y aporta a la plataforma institucional y ambiental, que valora y pondera los impactos para manejar o mitigar.

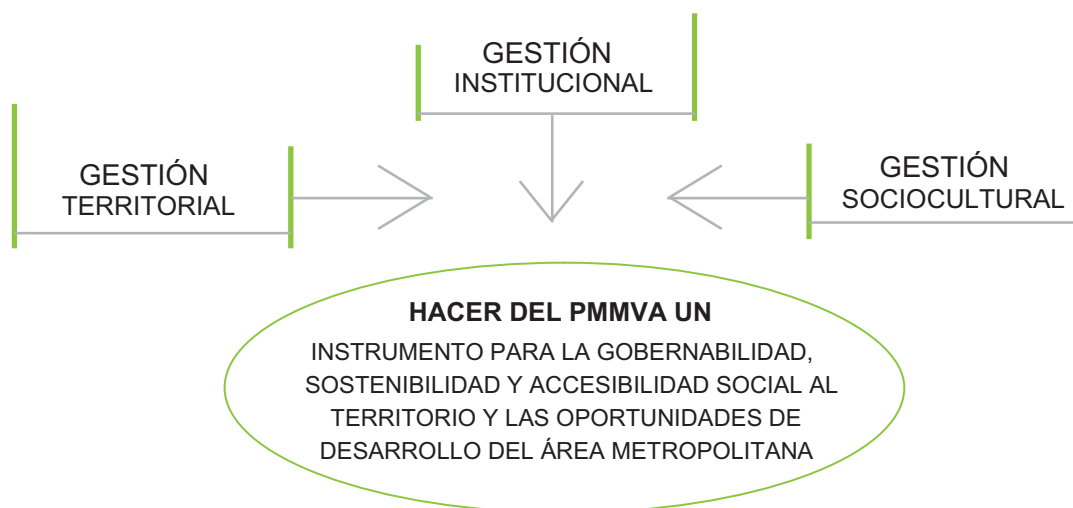
El modelo de gestión se concibe como un instrumento operacional que permite al Plan Maestro dimensionar y poner en marcha procesos tendientes a su viabilización y desarrollo. El modelo de gestión conlleva actuaciones públicas y privadas, adecuaciones en las prácticas y protocolos de las entidades, la articulación de estrategias y ofertas institucionales existentes en todo el territorio y el aprovechamiento de instrumentos legales y financieros previstos por varios marcos normativos e institucionales.

El tipo de gestión que demanda el Plan Maestro de Movilidad está asociado a las definiciones y metas propias de la formulación y a las condiciones particulares del contexto del Área Metropolitana, condiciones físico - geográficas (dimensión espacial); condiciones administrativas y organizativas (dimensión institucional) y condiciones de la población y actores sociales (dimensión sociocultural). La comprensión, aprovechamiento e integración de estas variables constituyen factores de éxito del modelo.

El Plan Maestro no opera solo, sino que se concibe como una herramienta macro de planeación que se inserta dentro de un proyecto compartido de espacio metropolitano construido mediante consensos y esfuerzos que han requerido continuidad y pragmatismo. Estos criterios demandan un enfoque con las siguientes características:

- Institucionalmente eficiente.
- Ambientalmente responsable.
- Socialmente compartido.
- Territorialmente equilibrado.
- Económicamente racional.

**TABLA 174.** Estructura conceptual del modelo de gestión.



**Fuente:**  
elaboración propia.

#### 13.1.4 Visión sistémica del transporte

El transporte se considera uno de los atributos del territorio y por tanto su gestión se enmarca en una visión integral que supere el carácter sectorial, para lo cual su inserción a políticas y acciones de naturaleza integral es una condición de viabilidad, estableciendo políticas coordinadas y no en conflicto permanente para lo cual se proponen sistemas que apunten a la sostenibilidad en los siguientes aspectos<sup>60</sup>:

- Eficiencia económica.
- Protección del medio ambiente.
- Seguridad.
- Ciudades habitables.
- Equidad e integración social e intergeneracional.
- Contribución al desarrollo económico.

### 13.2 MARCO DE REFERENCIA, NORMATIVO E INSTITUCIONAL

#### 13.2.1 Instancias e instrumentos de planeación metropolitana

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una instancia administrativa con reconocimiento y capacidades desarrolladas desde la figura de Área Metropolitana creada por la ley 128 de 1994 y que ha podido consolidar en forma integrada entre municipios con tamaño y recursos heterogéneos, iniciativas y planes conjuntos, en los cuales se debe inscribir el Plan Maestro de Movilidad.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una entidad administrativa formada por los municipios de Sabaneta, Caldas, Itagüí, La Estrella, Bello, Copacabana, Girardota, Medellín y Barbosa, con personería jurídica, autonomía administrativa, patrimonio propio y régimen especial.

<sup>60</sup> Monzón, Andrés y López-Lambas, María Eugenia. Gestión del transporte urbano. (Capítulo 7: La Gobernabilidad de las Aglomeraciones Metropolitanas de América Latina y Caribe). Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, 2003.

Actualmente el Área Metropolitana del Valle de Aburrá es autoridad de transporte público de pasajeros Metropolitana y por delegación del Ministerio de Transporte mediante Resolución 5256 de de 2003, y resolución 2179 de 2006 es Autoridad de Transporte Masivo en su jurisdicción y el Municipio de Envigado<sup>61</sup>.

61

Aunque el municipio de Envigado no hace parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, está conurbado con Medellín, y funcionalmente hace parte de la Región.

Este marco institucional de soporte conforma la principal plataforma administrativa del Plan, que se complementa con las escalas nacional y municipal; cada una con diferentes instancias y actores. Especialmente el Ministerio del Transporte y el Departamento Nacional de Planeación en el ámbito nacional, las oficinas de planeación y de tránsito y transporte de cada municipio, cada una con tamaños y capacidades institucionales diferentes.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá se reconoce como la instancia de Planeación y Gestión que tiene las capacidades, la intencionalidad y las competencias para liderar el Plan. Los programas y proyectos actualmente en curso y su eventual incidencia para el Plan Maestro de Movilidad, se mencionan a continuación:

**TABLA 175.** Oferta de programas institucionales existentes.

PROCESO	PROYECTOS
DE PLANEACIÓN	Mejoramiento de la Movilidad del Valle de Aburrá
	Ordenamiento Integral y Articulado de la Región Metropolitana
	Promoción del Desarrollo Metropolitano
	Construcción de Instrumentos de Planificación para la conservación recuperación y de los Ecosistemas
	Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá
DESARROLLO SOCIAL	Aseguramiento de la Calidad de la Alimentación en el Valle de Aburrá
	Proyecto de Convivencia y Seguridad Ciudadana en el Valle de Aburrá
	Transformación cultural del Habitante Metropolitano
	Implementación de Estrategias de Desarrollo Económico Metropolitano
	Mejoramiento de las Condiciones para la Educación en el Valle de Aburrá
GESTIÓN AMBIENTAL	Recurso Aire
	Optimización de la Oferta y Calidad del Recurso Hídrico
	Protección, recuperación y rehabilitación de la flora, fauna y ecosistemas Naturales
	Implementación de mejores prácticas ambientales
GESTIÓN FÍSICA	Gestión y ejecución de equipamientos y espacios públicos metropolitanos y municipales
	Mejoramiento de las condiciones de accesibilidad y movilidad en el Valle de Aburrá

PROCESO	PROYECTOS
GESTIÓN INSTITUCIONAL	Apoyo al fortalecimiento a la gestión de la información en el AMVA y la gestión de los municipios
	Diseño e implementación del sistema metropolitano de atención y prevención de desastres
	Construcción de herramientas para la planificación territorial, el desarrollo social, la gestión
	Fortalecimiento de las relaciones interinstitucionales
	Mejoramiento y control de la gestión institucional y de los municipios
	<b>Autoridad del transporte</b>
	Control y vigilancia de los recursos naturales
<b>Grado Importancia para el Plan Maestro</b>	Alta Incidencia
	Alta complementariedad

Fuente:  
www.metropol.gov.co

### 13.2.2 Desarrollo legal y reglamentación de funciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

II) Las facultades y competencias de las áreas metropolitanas están desarrolladas legal y reglamentariamente. Para el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se han expedido diferentes actos administrativos de orden nacional y metropolitano.

El artículo 7 de la Ley 128 de 1994, dispone que “la dirección y administración de l Área Metropolitana estará a cargo de una Junta Metropolitana un Alcalde Metropolitano, un Gerente y las unidades técnicas que según sus estatutos fueron indispensables para el cumplimiento de sus funciones”.

En cuanto a las funciones, el artículo 4 de la ley señala expresas disposiciones así: “Son funciones de las Áreas Metropolitanas, entre otras las siguientes:

1. Programar y coordinar el desarrollo armónico e integrado del territorio colocado bajo su jurisdicción.
2. Racionalizar la prestación de los servicios públicos a cargo de los municipios que la integran, y si es el caso, prestar en común alguno de ellos.
3. Ejecutar obras de interés metropolitano”.

III) El artículo 14 dispone como atribuciones básicas de la Junta Metropolitana entre otros los siguientes asuntos:

- A. Planeación.
- B. Obras públicas y vivienda.
- C. Recursos naturales y manejo y conservación del ambiente.
- D. Prestación de servicios públicos.
- E. Valorización.

Las disposiciones de la Junta Metropolitana conforme al artículo 26 de la Ley Orgánica de áreas metropolitanas se denominan Acuerdos Metropolitanos y son de SUPERIOR JERARQUÍA RESPECTO DE LOS ACTOS ADMINISTRATIVOS MUNICIPALES en asuntos atribuidos al Área.

- III) En aplicación a las facultades para creación de áreas metropolitanas y cumplidas las condiciones establecidas en la Ley y la Constitución, se creó el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Posteriormente y mediante Acuerdo N. 01 de 1995 de la Junta Metropolitana del Valle de Aburrá, se expidieron los estatutos de dicha área subrogado por el acuerdo 04 de 2007 integrada por los municipios de Medellín, Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Girardota, Itagüí, La Estrella y Sabaneta.
- IV) Las funciones tanto del área como de la propia junta directiva deben orientarse en forma consecuente con los principios que rigen la planeación contenidas en la Ley Orgánica de Planeación, Ley 152 de 1994 y los parámetros del Plan Nacional de Desarrollo, Ley 812 de 2003.
- V) Bajo los criterios de planeación y en ejercicio de funciones se deben tener en cuenta los parámetros que el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006 establece de la transferencia a las ciudades del servicio de transporte público urbano en cuanto a su administración y regularización, así, Artículos 8 y 3: “Impulso a la infraestructura estratégica en transporte (..) Con el propósito de mejorar el servicio público urbano el Gobierno Nacional transferirá a las ciudades las facultades para administrarlo y regularlo, y promoverá la conformación de empresas de transporte eficiente”.
- VI) El Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) ha trazado directrices específicas para el transporte del Valle de Aburrá las cuales desde luego deben ser incorporadas en el Plan de Movilidad como guía de estudio y de formulación, es así como los documentos del Consejo número 3307 de 2004 y 3452 de 2006 se refieren a un “sistema integrado de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros del Valle de Aburrá”, como respuesta a unos antecedentes de análisis de las condiciones en la prestación del servicio en el Valle de Aburrá. Y dispone una serie de acciones complementarias a la construcción y adecuación de la infraestructura para la movilidad como las siguientes:

“Diseñar el Plan de Movilidad del Área Metropolitana para identificar los programas y las acciones necesarias que permitan: (i) articular las redes de la circulación no motorizada al sistema (ii) priorizar la construcción de un subsistema peatonal complementario al SITM.

Armonizar el SITM al modelo de ordenamiento desarrollado en el POT.

Adelantar la formulación y adopción del Macroproyecto del SITM, teniendo en cuenta:

- (I) La articulación del SITM con los sistemas estructurantes del modelo de ordenamiento territorial (ambiental, movilidad, espacio público, equipamientos).

(II) Desarrollar las normas de las actividades, densidad, tratamientos y aprovechamientos que permitan la localización de usos mixtos, especialmente alrededor de las estaciones y terminales del sistema.

(III) Identificar proyectos inmobiliarios asociados al sistema.

(IV) Desarrollar esquemas de recuperación de plusvalía y/o valorización predial como consecuencia del desarrollo del SITM y los cambios normativos”.

De igual forma, han de tenerse en cuenta las definiciones del Gobierno nacional sobre política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros, contenido en documento CONPES 3167, por el cual se somete a consideración del Consejo Nacional de Política económica y social (CONPES) la política del Gobierno nacional orientada a mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros mediante la aplicación de herramientas técnicas y financieras innovadoras, con el propósito de fortalecer los procesos de descentralización, aumento de productividad, ordenamiento y consolidación de las ciudades, dentro de un marco de disciplina fiscal.

Los documentos tanto de política general de mejoramiento del transporte, el análisis y contenido del CONPES sobre sistema integrado de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros del Valle de Aburrá, constituyen herramientas jurídicas que de su utilización, además de la concertación entre las diferentes autoridades administrativas territoriales integrantes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, depende la creación de un sistema único capaz de atender el carácter de servicio público esencial y las aspiraciones de los usuarios dentro de las características modernas.

**VII)** El Plan Integral de Desarrollo Metropolitano fue adoptado mediante Acuerdo Metropolitano número 18 de 2001 (Proyecto Metròpoli 2002-2020), los componentes de ordenamiento territorial de los planes integrales de desarrollo metropolitano, en cuanto se refieren a los hechos metropolitanos así como a normas generales que establezcan los objetivos y criterios definidos por las áreas metropolitanas en asuntos de ordenamiento del territorio municipal son normas de superior jerarquía que las municipales (ver literal 4 del artículo 10 de la Ley 388 de 1997).

De la misma forma, el literal A del artículo 14 de la Ley 128 de 1994, señala como función de las áreas metropolitana adoptar el Plan Integral de Desarrollo Metropolitano, el cual prevalecerá sobre aquella que adopte los municipios integrantes del área, y dispone aspectos puntuales sobre los cuales prevalecerá la determinación metropolitana como, en la adopción del plan vial y los planes maestros de servicios y obras de carácter municipal (numeral 3 del mismo literal A, artículo 14 de la Ley 128 de 1994).

El Plan integral de transporte masivo propuesto en el Plan Integral de Desarrollo debe ser coherente con éste, para la cofinanciación de la nación a proyectos de transporte masivo al tenor de la Ley 310 de 1996. Razones todas que concluyen que el Plan Integral de Desarrollo es un proyecto esencial de referencia sobre el cual debe girar el Plan Maestro de Movilidad, sus planes y proyectos son fundamentales, desde luego sin perjuicio de los resultados propios de los estudios específicos de la movilidad y su formulación.



### 13.2.3 Facultades del Área Metropolitana para adoptar el Plan Maestro de Movilidad

- I. Las áreas metropolitanas tienen el carácter de entes administrativos autónomos cuyas funciones están predeterminadas en la misma norma citada que en su texto dispone que: “son entidades administrativas encargadas de programar y coordinar el desarrollo armónico e integrado del territorio colocado bajo su autoridad; racionalizar la prestación de los servicios públicos a cargo de quienes la integran y, si es el caso prestar en común algunos de ellos; y ejecutar obras de interés metropolitano”.
- II. En relación con la competencia que la Constitución y la Ley le otorga a las áreas metropolitanas, la Ley 128 de 1994 limita esta competencia a la regulación de los llamados HECHOS METROPOLITANOS, y define como tales aquellos que a juicio de la Junta Metropolitana afecten simultáneamente y esencialmente a por lo menos dos de los municipios que la integren. Artículo 6 Ley 128 de 1994. Con este propósito se expidió el acuerdo metropolitano 019 de 2003 donde se declara al transporte automotor terrestre en sus distintas modalidades como Hecho Metropolitano.
- III. La norma constitucional hasta aquí señala diferentes aspectos a tener en cuenta para fijar la competencia del Área Metropolitana para expedir un Plan Maestro: primero, un Área Metropolitana legalmente constituida, la cual tiene funciones atinentes a los contenidos y características de un plan para la movilidad de un Área Metropolitana, tales como “programar y coordinar el desarrollo económico e integrado del territorio de su jurisdicción; racionalizar la prestación del servicio público (en este caso el de transporte como parte de la movilidad); ejecutar obras de interés metropolitano y si fuere el caso, en común prestar algunos servicios”.
- IV. Se debe tener en cuenta el territorio del área de influencia dispuesto en el artículo 1 de la Ley 310 de 1996 que dispone que para un sistema de transporte masivo de pasajeros el área de influencia son las áreas urbanas, suburbanas y por los municipios que el sistema sirve de interconexión directa o indirecta, así lo definió la Resolución 4801 de 2003 incluida en los considerandos tanto en la Resolución 5256 de 2003 como en la 2179 de 2006 sobre autoridad de transporte masivo en el sistema Metroplús y Metro en el Valle de Aburrá y frente al transporte público colectivo, individual y mixto según lo establecido en los decretos 170, 172 y 175 de 2001.
- V. El área metropolitana está facultada para programar y coordinar el desarrollo armónico e integrado de su territorio, racionalizar la prestación de servicios públicos a cargo de quienes la integran, ejecutar obras de interés metropolitano y prestar servicios públicos de carácter metropolitano, si a ello hubiere lugar. Bajo estas previsiones se puede predicar que el Plan Maestro de Movilidad es de competencia del Área Metropolitana del Valle de Aburrá como instrumento esencial para el desarrollo integrado de los municipios del Área, que específicamente tiende a programar racionalmente la prestación del servicio público de transporte en sus diferentes modalidades y a planear el uso y desarrollo del sistema vial metropolitano, así como la construcción de obras necesarias para la movilidad en su jurisdicción.

#### 13.2.4 Normas de transporte

El marco normativo en cuanto a transporte se refiere es de sustancial atención debido a la incidencia de este en el Plan de Movilidad.

Las normas de transporte que se resumen a continuación fueron objeto de análisis bajo el título general de "Normas que regulan el transporte público urbano":

- └ Constitución Política, artículos 1, 2, 24, 344 y 365.
- └ Ley 86 de 1989, "Por la cual se dictan normas sobre sistemas de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros y se proveen recursos para su financiamiento".
- └ Ley 105 de 1993, "Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones".
- └ Ley 310 de 1996, "Por medio de la cual se modifica la Ley 86 de 1989".
- └ Ley 336 de 1996, "Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte".
- └ Ley 769 de 2002, "Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones".
- └ Ley 1083 de 2006, "Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones".
- └ Decreto 1916 de 1994, "Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 105 de 1993".
- └ Decreto 2660 de 1998, "Por el cual se establecen los criterios para la fijación de tarifas del servicio de transporte público municipal, distrital y/o metropolitano de pasajeros y/o mixto".
- └ Decreto 3109 de 1997, "Por el cual se reglamenta la habilitación, la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la nación".
- └ Decreto 170 de 2001, "Por el cual se reglamenta el servicio de transporte público automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros".
- └ Decreto 171 de 2001, "Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera".
- └ Decreto 172 de 2001. "Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor individual de pasajeros en vehículos taxi".
- └ Decreto 173 de 2001, "Por el cual se reglamenta el servicio de transporte público automotor de carga".
- └ Decreto 174 de 2001, "Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor especial".
- └ Decreto 175 de 2001, "Por el cual se reglamenta el servicio público de Transporte automotor mixto.
- └ Decreto 3366 de 2003: "Por el cual se establece el régimen de sanciones por infracciones a las normas de transporte público y entes autónomos y se determinan los procedimientos.

#### 13.2.5 El Área Metropolitana del Valle de Aburrá como espacio de gobierno y gestión

Si bien el área metropolitana es una instancia administrativa, su razón de ser y su manejo trasciende las definiciones y alcances que le confieren la legislación vigente; y en este sentido, un instrumento como el plan de movilidad debe concebirse en una visión más amplia de las competencias funcionales e inscribirse en la definición del ámbito de gobierno y gestión que significa un proyecto que se debe operar desde la dimensión metropolitana y las dificultades y necesidades que conlleva esta figura.

La figura del área metropolitana surge como reconocimiento de procesos de conurbación que hace que el manejo de ciertos asuntos o problemas públicos desborde el límite de la jurisdicción administrativa de una entidad territorial; en este caso el municipio y que generan problemas de coordinación, de superposición de competencias y de pérdida de ventajas comparativas de la aglomeración urbana<sup>62</sup>.

Los temas más importantes que han sido manejados exitosamente en el ámbito de la metropolización son:

- Planeación Estratégica.
- Transporte.
- Medio Ambiente.
- Desarrollo Económico.

### 13.3 FORMULACIÓN GENERAL

#### 13.3.1 Lineamientos desde la formulación del Plan

El modelo de gestión que debe ser adoptado para la correcta implementación del Plan Maestro de Movilidad tiene como soportes principales los objetivos estratégicos y operacionales del proyecto, el reconocimiento y aprovechamiento de las particularidades del territorio y los recursos e instrumentos que ofrecen los marcos normativos e institucionales existentes.

El modelo se construye a partir de la visión prospectiva y las metas estratégicas del proyecto, que le confieren los niveles de especificidad y la precisión de los instrumentos para aplicar. Las características de cada uno de estos factores permiten un análisis y valoración estratégica de las potencialidades y dificultades para abordar.

62

Rodríguez, Alfredo y Oviedo, Enrique. Gestión urbana y gobierno de áreas metropolitanas. Cuaderno N° 34, serie "Medio Ambiente y Desarrollo". Santiago de Chile: CEPAL – División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2001

**TABLA 176.** Objetivos del plan maestro de movilidad.

Nº	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIAS	INSTRUMENTOS
1	Apoyar y sostener el desarrollo económico mediante la integración regional y el posicionamiento del Valle de Aburrá en el contexto nacional e internacional.	Gestión Asociada con Entidades territoriales y Nivel Central	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convenios inter administrativos</li> <li>▪ Gerencias de proyectos</li> <li>▪ Concesiones</li> </ul>
2	Apoyar y sostener el desarrollo social y humano y la integración social para contribuir a la calidad de vida y a la salud de la población.	Articulación Infraestructura de Movilidad al Ordenamiento del Territorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instrumentos de Gestión Urbanística</li> </ul>
3	Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea de bajo costo, eficiente, utilice racionalmente los recursos; sea equitativo y sostenible ambientalmente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inter modalidad</li> <li>▪ Gestión integral</li> <li>▪ Incentivo al transporte público</li> <li>▪ Desincentivo al transporte privado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Integración física y tarifaria</li> <li>▪ Proyectos viales</li> <li>▪ Tarifación vial</li> <li>▪ Proyectos de Transporte Público</li> <li>▪ Proyectos de Movilidad no Motorizada</li> <li>▪ Programas de Seguridad Vial</li> </ul>
4	Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea rápido, confiable, de calidad y seguro.		

Nº	DESCRIPCIÓN	ESTRATEGIAS	INSTRUMENTOS
1	Apoyar y sostener el desarrollo económico mediante la integración regional y el posicionamiento del Valle de Aburrá en el contexto nacional e internacional.	Gestión Asociada con Entidades territoriales y Nivel Central	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convenios inter administrativos</li> <li>▪ Gerencias de proyectos</li> <li>▪ Concesiones</li> </ul>
2	Apoyar y sostener el desarrollo social y humano y la integración social para contribuir a la calidad de vida y a la salud de la población.	Articulación Infraestructura de Movilidad al Ordenamiento del Territorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instrumentos de Gestión Urbanística</li> </ul>
3	Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea de bajo costo, eficiente, utilice racionalmente los recursos; sea equitativo y sostenible ambientalmente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inter modalidad</li> <li>▪ Gestión integral</li> <li>▪ Incentivo al transporte público</li> <li>▪ Desincentivo al transporte privado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Integración física y tarifaria</li> <li>▪ Proyectos viales</li> <li>▪ Tarifación vial</li> <li>▪ Proyectos de Transporte Público</li> <li>▪ Proyectos de Movilidad no Motorizada</li> <li>▪ Programas de Seguridad Vial</li> </ul>
4	Propender para que el sistema de transporte del Valle de Aburrá sea rápido, confiable, de calidad y seguro.		

Fuente:  
elaboración propia.

### 13.3.2 Objetivos

#### 13.3.2.1 Objetivo Principal

Estructurar acciones, procesos e instrumentos operacionales para asegurar la viabilidad, integralidad y legitimidad del Plan Maestro de Movilidad del Valle de Aburrá en sus etapas de implementación, operación y seguimiento.

#### 13.3.2.2 Objetivos Particulares

- ▣ Establecer acciones institucionales para instrumentar y fortalecer las capacidades del Área Metropolitana del Valle de Aburrá para implementar, administrar y operar los programas y proyectos del Plan Maestro de Movilidad.
- ▣ Diseñar y desarrollar estrategias de adecuación del espacio público, autorregulación y campañas de cultura ciudadana que incentiven la adopción de prácticas de movilidad multimodal, seguras y en convivencia.
- ▣ Definir lineamientos técnicos, normativos y metodológicos para articular física y administrativamente las diferentes infraestructuras y servicios de movilidad y transporte para su funcionamiento como un sistema integrado y continuo.
- ▣ Facilitar la integración de los proyectos del plan maestro de movilidad a operaciones y actuaciones urbanas que permitan la consolidación de un modelo territorial equilibrado y el desarrollo de proyectos inmobiliarios y de obras públicas que generen esquemas de asociación y reparto de cargas y beneficios.
- ▣ Consolidar instancias de coordinación y cooperación interinstitucional, intersectorial e inter territorial que permitan abordar intervenciones y proyectos complejos cuyo impacto y ejecución demandan la concurrencia, subsidiariedad y complementariedad de competencias y recursos.

- Conformar espacios de deliberación, consulta y concertación entre actores y operadores privados y sociales que se requieran para el montaje y desarrollo de proyectos estratégicos.
- Identificar y poner en marcha mecanismos para el manejo de conflictos y de impactos socioeconómicos derivados de la implementación y ejecución de programas y obras del Plan Maestro de Movilidad.
- Diseñar esquemas operacionales para el desarrollo de mecanismos de ejecución de infraestructura con participación mixta y mecanismos de financiación y ejecución con participación de sector privado y comunitario.

### 13.3.3 Componentes

El modelo apela a dimensiones y modalidades de gestión. Las dimensiones se refieren especialmente al tipo de contexto donde se interviene y los atributos que hacen parte de ese contexto. Las modalidades implican los instrumentos e insumos que demanda la implementación de los proyectos. El marco lógico del modelo se representa en el siguiente esquema:

**TABLA 177.** Objetivos del plan maestro de movilidad.

DIMENSIONES	MANDATO	MEDIANTE
ESPACIAL	ASEGURAR LA VIABILIDAD E INTEGRALIDAD DEL PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD	Integración de modos, estándares y operaciones urbanas y de infraestructura
INSTITUCIONAL		Adecuación institucional y acuerdos público - privados
SOCIAL		Estructuración y desarrollo de programas de Cultura Ciudadana y Manejo de Conflictos

Fuente:  
elaboración propia.

Las dimensiones se definen mediante la caracterización de cada contexto y las estrategias para su intervención y manejo. Las características de cada dimensión y los criterios para la gestión en cada una de estas son:

#### 13.3.3.1 Componente físico

Comprende el territorio y los atributos que le dan capacidad de soporte. Su manejo se realiza mediante acciones públicas y privadas fundamentadas en los instrumentos de gestión urbana en el marco de los Planes de Ordenamiento Territorial. Los atributos principales son:

- └ Suelo.
- └ Norma.
- └ Instrumentos de Gestión.
- └ Obras Públicas.
- └ Lineamientos y estándares de diseño urbano y enlace entre componentes.
- └ Mecanismos de sostenibilidad, administración y mantenimiento y aprovechamiento económico.

### 13.3.3.2 Componente institucional

Comprende las formas organizacionales, reglas y procedimientos para la gerencia y operatividad del modelo. Implica la definición de roles e instancias; la asignación de recursos y responsabilidades y mecanismos de coordinación, consulta y seguimiento. Los principales componentes son:

- └ Entidad rectora.
- └ Plan de acción y seguimiento.
- └ Contratos y convenios.
- └ Gerencias de proyectos.
- └ Sistema de información y de indicadores.
- └ Instancias de coordinación y consulta.
- └ Plataforma normativa.
- └ Modelo financiero.
- └ Portafolio de servicios y ofertas institucionales de soporte.
- └ Plan de promoción y mercadeo.

### 13.3.3.3 Componente sociocultural

Comprende acciones diferenciadas para intervenir en los hábitos y dinámicas socioeconómicas para hacerlas propicias hacia los planteamientos e intervenciones del plan, especialmente en la incorporación del peatón como sujeto activo y preferente de la movilidad urbana además del manejo y acceso al territorio como un derecho colectivo que debe ser tutelado en los planes y proyectos públicos. Por lo menos, la dimensión sociocultural involucra la adopción de comportamientos colectivos hacia una regulación y consumo de la movilidad como una actividad que debe ser segura y sostenible por parte de los ciudadanos y usuarios de los diferentes modos de transporte.

Igualmente, la gestión social involucra estrategias de visibilidad y transparencia para permitir el control social, la participación y la legitimidad de las diferentes actuaciones. Los principales instrumentos son:

- └ Caracterización de actores, comportamientos y puntos críticos.
- └ Diseño y fortalecimiento de campañas de seguridad vial con énfasis en peatones, ciclistas y motociclistas.
- └ Campañas para promoción del uso y cuidado de la infraestructura y facilidades de transporte y espacio público.
- └ Instalación de veedurías ciudadanas para la ejecución de obras.
- └ Mesas de concertación con grupos sociales afectados o adversos a proyectos específicos del plan.
- └ Programa de divulgación y promoción social del plan.
- └ Mecanismos de compensación y acompañamiento social en obras.
- └ Jornadas de rendición de cuentas.

### 13.3.4 Políticas, Estrategias y Metas

La política de articulación e interinstitucional e ínter territorial busca consolidar marcos de cooperación y gestión compartida entre los diferentes actores públicos que tienen interés, competencia y responsabilidad en el desarrollo de programas y proyectos de movilidad para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

En el marco de esta política, los municipios, el Área Metropolitana, el Departamento y la Nación encontrarán los niveles de concurrencia y subsidiaridad para que las diferentes actuaciones en materia de planeación, regulación, administración, construcción, mantenimiento y operación de sistemas de infraestructura y transporte vial, fluvial, férreo y aéreo aporten a la consolidación del modelo de integración y competitividad del Plan Maestro de Movilidad, dentro de la órbita que le compete a cada entidad territorial.

#### En el ámbito municipal

Cada municipio integrará a sus planes de desarrollo municipal y planes de ordenamiento territorial las definiciones en materia de programas y proyectos establecidos en el presente Plan, conservando la autonomía municipal. En los procesos de revisión de los POT y en la formulación de los planes de desarrollo de los respectivos gobiernos municipales, se tomará el Plan Maestro como un documento técnico de soporte en la elaboración de los planes, precisando las actuaciones que se desarrollarán en coordinación con el Área Metropolitana, con participación de la Nación y el Departamento y en asociación con otros municipios.

Las oficinas o secretarías de planeación municipal serán las entidades de enlace frente a las instancias de coordinación ínter territorial, para lo cual establecerán un protocolo donde se determinen conjuntamente con las secretarías u oficinas de tránsito, planeación y de obras municipales, los mecanismos para la consolidación de información, proyecciones de ejecución de proyectos y un sistema de seguimiento municipal del Plan.

#### En el ámbito metropolitano

El Área Metropolitana es la entidad coordinadora de la ejecución del Plan, para lo cual conformará los ajustes institucionales necesarios para la adecuada coordinación interna y externa del Plan. Las funciones principales a cargo del Área Metropolitana son:

- Autoridad de Transporte Metropolitano y Masivo.
- Unidad Coordinadora del Plan Maestro de Movilidad.
- Coordinación Intersectorial.
- Promoción de la Inversión .

### 13.4 ESTRATEGIA INSTITUCIONAL

El Área Metropolitana es la figura administrativa existente con mayor capacidad institucional, legal y técnica para soportar la gestión necesaria para la implementación y ejecución del Plan Maestro de Movilidad, dado que cuenta con los instrumentos normativos ya enunciados, así como con la legitimidad social y capacidades técnicas. No obstante, es necesario desarrollar procesos de adecuación de la institucionalidad y arreglos con diferentes actores y agentes para viabilizar los programas y proyectos.

El manejo del Plan Maestro implica superar la visión sectorial del transporte, como tradicionalmente se maneja desde la lógica de administración pública. El Plan Maestro es una herramienta de desarrollo que puede generar integración espacial, competitividad territorial y productividad urbana. Entonces el gerenciamiento del Plan Maestro implica poder actuar en las decisiones e instancias que tocan temas de desarrollo económico, acuerdos público - privados y ordenamiento urbano, por tanto, la ejecución del mismo tiene un componente técnico y uno estratégico que implica la participación en la construcción de agendas públicas nacionales y del sector privado; la participación como socio o concesionario en megaproyectos con agentes internacionales o entidades territoriales como departamentos. Las funciones y roles esperados son:

ROL	JUSTIFICACIÓN	FUNCIONES
COMO AUTORIDAD DE TRANSPORTE MASIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▬ Algunos componentes del sistema deben ser regulados y operados a escala Metropolitana.</li> <li>▬ Existen mandatos de gestión y competencias establecidos en normas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▬ Administración general del sistema de transporte masivo y corredores.</li> <li>▬ Vigilancia y control a empresas.</li> <li>▬ Estructuración financiera de inversiones y proyectos.</li> <li>▬ Definición de planes de ejecución y priorización de proyectos y recursos.</li> <li>▬ Otorgamiento de licencias y concesiones para operación del sistema y elementos complementarios</li> </ul>
COMO PROMOTOR DE GRANDES PROYECTOS - GPU	<ul style="list-style-type: none"> <li>▬ Se requiere liderazgo en la estructuración y desarrollo de proyectos estratégicos de alto impacto territorial regional y metropolitano.</li> <li>▬ El Área Metropolitana tiene la capacidad y competencia para implementar y aplicar instrumentos de gestión territorial y urbana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▬ Coordinación y concertación con agentes institucionales y territoriales públicos y privados.</li> <li>▬ Establecimiento de gerencias de proyecto.</li> </ul>

### 13.5 AUTORIDAD DE TRANSPORTE

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es autoridad de transporte en los términos y eventos determinados tanto en normas generales como específicas. De tiempo atrás se ha venido articulando un sistema integrado de transporte masivo, junto al colectivo, con un elemento estructurante e integrador como es el sistema Metro, razón por la cual el Ministerio de Transporte ha realizado designaciones al Área Metropolitana del Valle de Aburrá como Autoridad de Transporte.

El Plan Integral de Desarrollo ha previsto para el Área Metropolitana un sistema integrado de transporte y por Acuerdo Metropolitano número 019 de 2002 se declaró EL TRANSPORTE AUTOMOTOR TERRESTRE, BAJO DISTINTAS MODALIDADES COMO HECHO METROPOLITANO, agrega el Acuerdo: "PARA EFECTO DE DETERMINAR EL ÁMBITO DE INTERVENCIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA EN DICHA ACTIVIDAD". La declaratoria de Hecho Metropolitano confiere al Área Metropolitana la facultad de asumir con fuerza de norma de superior jerarquía aquellos temas relacionados con el transporte automotor y al tenor del mismo Acuerdo determina el ámbito de intervención y de inversión.



Las normas que le otorgan condición de autoridad de transporte al Área Metropolitana deberán ser herramienta y fuente jurídica para el Plan Maestro de Movilidad, para ello, es necesario relacionarlas frente al alcance específico de cada una de ellas:

Como Área Metropolitana debe ocuparse del Plan Maestro de Movilidad bajo los argumentos vistos en razón a la Constitución, a la ley y a los propios acuerdos metropolitanos.

Estamos frente a un Hecho Metropolitano, el del transporte, declarado por Acuerdo Metropolitano N. 019 de 2002, que confirma la naturaleza de la intervención del Área Metropolitana en el transporte y como tal, dentro del Plan Maestro de Movilidad.

El Decreto Reglamentario 170 de 2001 dispone como autoridad de transporte colectivo en la jurisdicción del Área Metropolitana la autoridad de transporte metropolitano o los alcaldes respectivos en forma conjunta, coordinada y concertada.

Sin perjuicio de la coordinación y concertación ya existe un punto inicial de concertación y determinación sobre este particular, y es el de haber reconocido como **Hecho Metropolitano el transporte terrestre bajo sus distintas modalidades. Al lado de la aprobación como autoridad de transporte masivo del Área Metropolitana por parte del Ministerio de Transporte**, se ha ido consolidando una autoridad de transporte integrada, en cabeza del Área Metropolitana. Igual situación se puede predicar en referencia al transporte automotor individual de pasajeros en taxi y mixto, de conformidad con los Decretos Reglamentarios 172 y 175 de 2001.

El numeral 10 del artículo 24 del Acuerdo Metropolitano 04 de 2007 “Por el cual se modifican y adicionan los estatutos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá”, faculta al alcalde metropolitano para “de conformidad con la ley podrá, organizar, controlar y vigilar la actividad de transporte público en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá siempre y cuando tal actividad afecte dos o más municipios”.

En cuanto al transporte masivo, por Resolución 5256 del 18 de julio de 2003 se aprobó al Área Metropolitana del Valle de Aburrá como Autoridad de Transporte para la administración de los corredores del sistema integrado de transporte masivo de mediana capacidad -Metroplús- en el Valle de Aburrá.

Esta administración de los corredores de Metroplús está estrechamente relacionada con lo dispuesto en el numeral 5 del artículo 2 de la Ley 310 de 1996, es decir como requisito para participar en la cofinanciación del sistema por parte de la nación y sus entidades descentralizadas, tal como se puede observar en el primer Considerando de la citada resolución, en el que el tema o el alcance de la “ADMINISTRACIÓN” se refiere al sistema del servicio público de transporte masivo de mediana capacidad, es decir que se refiere a una administración general del sistema.

La Resolución 2179 del 26 de mayo de 2006 aprobó como Autoridad de Transporte para el sistema de transporte masivo: Metro y Metrocable en el Valle de Aburrá al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, ratificó la vigencia de la Resolución 5256 de 2003 relacionada con el Metroplús.

El alcance de la aprobación como autoridad de transporte en los casos indicados con anterioridad, así como las asignaciones hechas en los decretos reglamentarios y como regulación del Hecho Metropolitano del transporte bajo distintas modalidades se debe entender a la luz del artículo 8 de la Ley 336 de 1996, Estatuto General del Transporte como la encargada de la ORGANIZACIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL, de la actividad transportadora dentro de su jurisdicción ejerciendo dichas funciones con base en los criterios de COLABORACIÓN Y ARMONÍA.

Estas aprobaciones incluyen los municipios integrantes del Área Metropolitana como aquellos del área de influencia, específicamente el municipio de Envigado, en aplicación de la Resolución 4801 de 2003 para el caso de Metroplús. Con igual referencia en los considerandos de la norma que aprobó la autoridad de Transporte para el transporte Metro y Metrocable, esta área de influencia tiene su fuente legal en el artículo 1 de la Ley 310 de 1996 que dispone "El área de influencia de un Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros, estará comprendida por las áreas urbanas, suburbanas y por los municipios a los cuales el sistema sirve de interconexión directa o indirecta." Las anteriores condiciones de autoridad de transporte son marco jurídico para el Plan de Movilidad y su expresión se debe reflejar en las funciones que le sean encomendadas.

### 13.6 ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN ESPACIAL

La integración de sistemas de transporte es una necesidad reconocida y aceptada que se convierte en factor crítico de éxito o fracaso de las formulaciones del Plan Maestro. Esta situación no es propia del Plan, pero su consideración y análisis debe comprender las condiciones que propician o dificultan la eventual integración de los diferentes sistemas, tanto físicamente, como operacionalmente.

Para la integración de los diferentes sistemas de transporte se deben considerar los siguientes criterios:

#### 13.6.1 Estructuración administrativa y de competencias

El conjunto de competencias que deben coordinarse abarcan:

- └ Infraestructuras.
- └ Gestión.
- └ Coordinación entre diferentes medios.

La integración consta de los niveles<sup>63</sup>:

└ **ADMINISTRATIVO.** Lo ideal en términos administrativos es la filosofía de la autoridad única de transporte, encargada de la coordinación y toma de decisiones, situación ideal que no se presenta en todos los contextos. Si no existe una autoridad coordinadora pueden establecerse convenios entre administraciones y entidades.

└ **TARIFARIO.** Debe establecerse un sistema tarifario común y de ser posible con billetes combinados entre los distintos servicios y modos, aunque correspondan a operadores diferentes, para lo cual la autoridad única puede establecer mecanismos de compensación e integración.

<sup>63</sup> Comisión Europea, 1995.  
Citado por Monzón, Andrés.

— **Físico.** La integración física de aproximarse al ideal de una movilidad sin rupturas (seamless mobility); mediante el **trasbordo** (menor distancia y sin cambios de nivel) y la **disminución de tiempos de espera** (coordinación de horarios y aumento de frecuencias). Esta integración se da mediante las siguientes alternativas:

- Localización unida de paradas de diversas líneas de servicios con rutas coincidentes y coordinación de horarios.
- Considerar las estaciones de buses como puntos de concentración y trasbordo entre líneas.
- Estaciones intermodales cuando el intercambio se produce entre varios medios de transporte.

### 13.6.2 Coordinación de actuaciones en transporte y usos del suelo

Sobre la interrelación entre el uso del suelo y planeación del transporte, el documento del BID propone dos razones fundamentales para la integración de estas dos actuaciones:

La conveniencia de la combinación de actividades en el territorio que genera competitividad para el uso del transporte público respecto al transporte privado y el mayor aprovechamiento de infraestructuras como los estacionamientos.

Los sistemas de transporte influyen poderosamente en las actividades en zonas urbanas a la vez que ejercen un efecto estructural en el desarrollo espacial; para lo cual las opciones son la intervención directa de la administración sobre los desarrollos inmobiliarios o la desregulación sobre el suelo, para lo cual se recomienda considerar la propuesta del MIT<sup>64</sup> sobre la creación de una Agencia que concentre las inversiones en infraestructura en determinados lugares de la periferia urbana, impulsando desarrollos de alta densidad; para agilizar el proceso de planeamiento y que los promotores financien parte de los costos de la infraestructura, depositando cantidades pagadas en un fondo de "rotación" para financiar desarrollos en otras zonas<sup>65</sup>.

### 13.6.3 Optimización modal y promoción de viajes a pie y en bicicleta

La distribución modal de los medios de transporte incluyendo sistemas no motorizados se considera como una estrategia de sostenibilidad ambiental, social y económica. Según estudios de ciudades europeas, el desplazamiento a pie o en bicicleta puede atraer entre el 5% y 20% de los viajes cortos en automóvil<sup>66</sup>; situación que se puede potenciar en economías donde la tasa de motorización aún es baja y ciudades densas, como lo propone el modelo de ordenamiento del Valle de Aburrá. Las principales medidas para fomentar estos modos de movilidad son:

- Medidas de preferencia de estas infraestructuras en la red vial.
- Normativa vial que privilegia a los usuarios de modos de transporte no motorizados.
- Sistemas de atención y prevención de la seguridad de los usuarios.

### 13.6.4 Formulación de paquetes integrados de medidas de transporte

El criterio de paquete de políticas aplica en el sentido de que los proyectos aislados o sectoriales pierden capacidad de impacto y por tanto se deben agrupar en intervenciones integradas, las cuales incluyen además medidas de compensación para sectores espaciales o grupos de población que reciben impactos negativos por las intervenciones. En este sentido conviene aparejar las obras de infraestructura a operaciones urbanísticas

64

Conferencia del profesor Ralf Gakenheimer, del Instituto Tecnológico de Massachusetts para el Banco Interamericano de Desarrollo en el año 2003, citado por Monzón, Andrés.

65

Esta figura es asimilable a lo dispuesto en instrumentos de la legislación urbanística, especialmente mediante planes parciales, fondos de compensación y aplicación de plusvalías; aunque las expectativas de su aplicabilidad se reducen a componentes de la malla vial secundaria y local solamente.

66

Stangeby, 1997. Citado por Monzón, Andrés.

asociadas en materia de generación de espacio público o desarrollos inmobiliarios complementarios o la estructuración de proyectos que integren modos de transporte diferentes articulados en una misma operación.

### 13.7 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN

Existe un amplio conjunto de mecanismos e instrumentos de gestión, que eventualmente pueden ser aprovechados y adoptados para su implementación en el contexto del Plan Maestro de Movilidad. Este conjunto de instrumentos incluye acciones de gestión urbana, de gestión social, de gestión institucional y de gestión financiera entre otros.

#### 13.7.1 Instrumentos de gestión territorial y urbanística

Comprende un conjunto de mecanismos y herramientas creados por la legislación reciente y que posibilita la ejecución de acciones integrales en términos de la legitimidad y viabilidad que inspira la prevalencia del interés general, la función social y ecológica de la propiedad y la redistribución de cargas y beneficios por el desarrollo de obras y normas públicas. Incluye instrumentos de planeamiento, de gestión de financiación que pueden y deben ser implementados en forma cuidadosa, de acuerdo con los objetivos y necesidades del proyecto. Las condiciones más relevantes de estos instrumentos son:

Documentos de instrumentos del POT. Agosto de 2003. Disponible. <http://www.minambiente.gov.co>

67

**TABLA 178.** Instrumentos de gestión y financiación urbanística<sup>67</sup>.

TIPO DE INSTRUMENTO	PROPÓSITO	MECANISMOS	INSTRUMENTOS
<b>DE PLANIFICACIÓN</b>	Desarrollar los postulados de los POT en sectores específicos que requieren un proceso adicional de planificación	Lineamientos de Ordenamiento Área Metropolitana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes Parciales</li> <li>• Actuaciones Urbanas Integrales o Macroproyectos Urbanos</li> <li>• Decretos Reglamentarios</li> </ul>
<b>DE GESTIÓN DEL SUELO</b>	Permiten la obtención del suelo necesario para llevar a cabo actuaciones urbanísticas	Mecanismos para garantizar el reparto equitativo de cargas y beneficios derivados de ordenamiento urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades de Actuación Urbanística UAU</li> <li>• Compensaciones</li> <li>• Transferencia de Derechos</li> </ul>
		Mecanismos para definir la morfología urbana y estructura predial y generar formas asociativas entre los propietarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reajuste de Suelos</li> <li>• Integración Inmobiliaria</li> <li>• Cooperación entre Partícipes</li> </ul>
		Mecanismos para facilitar la adquisición de inmuebles y predios para el desarrollo de operaciones urbanísticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enajenación voluntaria</li> <li>• Enajenación forzosa</li> <li>• Expropiación por vía administrativa</li> <li>• Expropiación por vía judicial</li> <li>• Derecho de preferencia</li> </ul>
		Mecanismos para dinamizar el desarrollo de sectores inactivos de las áreas urbanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declaratoria de Desarrollo Prioritario</li> <li>• Derecho de Preferencia</li> </ul>

TIPO DE INSTRUMENTO	PROPÓSITO	MECANISMOS	INSTRUMENTOS
DE FINANCIACIÓN	Completar la generación de los recursos necesarios para la ejecución de los proyectos	Mecanismos de financiación urbana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en Plusvalías</li> <li>• Valorización por beneficio local y general</li> <li>• Pagarés y bonos de reforma urbana</li> </ul>

Fuente:  
elaboración propia.

### 13.7.2 Instrumentos de Gestión Sociocultural

La gestión social y cultural en proyectos se puede definir como “El conjunto de actividades de comunicación, mitigación de impactos, control social y pedagogía desarrollados antes, durante y después de la ejecución del proyecto con el objeto de disminuir los conflictos e impactos causados por el mismo y facilitar su operación, apropiación social y mantenimiento”<sup>68</sup>. Esto se da de manera simultánea con el diseño y construcción.

Diferentes experiencias en materia de proyectos de espacio público e infraestructura vial han evidenciado que el uso y apropiación de los mismos se asocia a los niveles de aceptación y participación social sobre los beneficios del proyecto, la transparencia en las decisiones técnicas y administrativas y la legitimidad de los intereses y beneficios que se generan en los diferentes grupos de usuarios.

Los principales mecanismos y sus alcances tienen que ver con las etapas de ejecución de la infraestructura y el tipo de objetivo.

68

Miranda Ruiz, Leonel. Módulo de gestión social de obras. Escuela Colombiana de Ingeniería.

**TABLA 179.** Instrumentos de gestión social y cultural.

MECANISMO	OBJETIVOS	INSTRUMENTOS
CULTURA CIUDADANA	Promover cambios de usos colectivos y apropiación social de la infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campañas de seguridad convivencia en espacios públicos para movilidad</li> <li>• Programas para incentivos de modos alternativos de transporte</li> <li>• Acciones para sostenibilidad y cuidado de la infraestructura</li> </ul>
MANEJO DE IMPACTOS	Reducir las afectaciones en grupos sociales y económicos por actuaciones públicas y privadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de acompañamiento social durante la ejecución de las obras</li> <li>• Oportunidades laborales y productivas por nuevas infraestructuras</li> <li>• Compensaciones y medidas de apoyo a la formalización y cambio de actividad de transportadores</li> </ul>

MECANISMO		OBJETIVOS	INSTRUMENTOS
PACTOS ACUERDOS	Y	Propiciar esquemas de cooperación y gestión asociada con actores privados y comunitarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesas de concertación social</li> <li>Juntas de vigilancia para los proyectos</li> </ul>
VISIBILIDAD TRANSPARENCIA	Y	Aumentar la legitimidad y control social sobre el Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendición de Cuentas</li> </ul>

Fuente:  
elaboración propia.

### 13.7.3 Instrumentos de Gestión Institucional

Por el carácter del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y las condiciones de los proyectos de alto impacto, la administración y operación del Plan Maestro de Movilidad demanda esfuerzos institucionales públicos y privados que generen capacidades operacionales y acuerdos con operadores y contratistas de diferente naturaleza. Con base en los avances y recursos institucionales existentes, se hace necesario dimensionar e introducir mecanismos de adecuación institucional en por lo menos tres aspectos:

- 1) Fortalecer las capacidades de administración, gestión y regulación del Plan Maestro de Movilidad y el Sistema Integrado de Transporte.
- 2) Conformar un Plan Operacional que oriente las actuaciones y permita su seguimiento y control.
- 3) Conformar instancias formales donde concurren y se coordinan acciones interinstitucionales de carácter supraterritorial e intersectorial.
- 4) Definir mecanismos de gestión mixta entre actores públicos y privados.

Los principales instrumentos para el desarrollo de estas acciones son:

**TABLA 180.** Instrumentos gestión institucional y organizacional.

MECANISMO	DESCRIPCIÓN
ESQUEMA DE GESTIÓN METROPOLITANO	Mantiene la figura establecida para la elaboración del Plan Maestro de Movilidad, con actores y roles.
CONVENIOS INTERINSTITUCIONALES	Figura contractual que formaliza los acuerdos institucionales y establece reglas de operación, coordinación y distribución de recursos y responsabilidades.
ENTIDADES GESTORAS	Figuras organizativas de carácter mixto con encargos y recursos específicos según componente de proyecto.
MACROPROYECTOS Y ACTUACIONES URBANAS INTEGRALES	Operaciones de gran escala e indiscutible impacto en la estructura y la organización espacial urbana, el crecimiento general de la ciudad o la región, la calidad de vida de la población. Deben integrar al menos un componente de gestión del suelo con dos componentes de acción sectorial y prever la actuación conjunta y concertada del sector público con el sector privado.

MECANISMO	DESCRIPCIÓN
CONCESIONES	Figura mediante la cual se vincula capital y gestión privada a la provisión y administración de la infraestructura delegada a operadores privados
CONTRATOS DE FIDUCIA MERCANTIL	Mecanismo organizacional y operativo para una operación urbana que asegura los recursos y la participación de gestores públicos y privados mediante esquemas que aseguren la sostenibilidad y flujos que demandan la operación.

Fuente:  
elaboración propia.

### 13.7.4 Lineamientos para la gestión financiera del Plan

Los servicios de transporte que en sus inicios se ligaban a la iniciativa privada fueron cayendo en buena parte en el sector público, como consecuencia de los problemas financieros de muchos operadores, al aumentar los costos de operación. Esta situación, ha supuesto en muchos casos un ahorro de costos y una discutida capacidad para adaptarse a las variaciones y exigencias de la demanda. El resultado es, en cierto modo, una vuelta a los orígenes, devolviendo a la iniciativa privada un papel dinamizador del sector, mediante la introducción de la competencia en la adjudicación y operación de servicios de transporte. Términos como desregulación, liberalización y privatización, son elementos comunes de las declaraciones de los responsables del transporte en la mayoría de las administraciones<sup>69</sup>.

#### 13.7.4.1 Interés general y participación privada

Este principio supone la armonización entre la administración responsable y la eficiencia de la gestión económica y la no contradicción entre servicio público y operador privado. La acción pública asegurará que los servicios se presten de forma adecuada (regularidad, tarifas, frecuencias, etc.) y con calidad suficiente (higiene, seguridad).

El documento del Banco Interamericano de Desarrollo – BID advierte que los esquemas dependen de cada contexto socioeconómico y que no se debe descartar la participación pública en asociaciones público privadas ya que la participación pública puede reducir el riesgo financiero y el desarrollo de proyectos de alta rentabilidad social y económica que no serían viables sin su participación.

El mismo estudio distingue dos grandes componentes: Infraestructura y Servicios.

- La infraestructura es el componente fijo del sistema y es responsabilidad de las administraciones aunque por la insuficiencia de recursos se tiende a acudir a la participación privada para su financiación, especialmente mediante la concesión, que permite traspasar los costos a los usuarios durante la vida útil de los proyectos.

69

Monzón, Andrés, op cit. op cit.

- Los servicios incluyen los elementos necesarios para ofertar el servicio y uso de la infraestructura, generalmente mediante tarifas cuando la demanda es suficiente, lo cual permite igualmente que los costos sean asumidos por los usuarios.

Las administraciones deben mantener las funciones de vigilancia y de regulación, especialmente para garantizar la calidad, controlar las tarifas y asegurar las reglas del mercado.

En este modelo, el cobro de tarifas y derechos a los usuarios es la fuente preferente de financiación y en caso de ser insuficientes recurrir a impuestos y contribuciones locales; para el manejo de subsidios para sectores de población con criterios de equidad, recomienda transferencias directas a los sectores más pobres mediante figuras como bonos o subsidios parciales a segmentos más amplios de población.

#### 13.7.4.2 Liberalización y competencia controlada

El concepto de "competencia controlada" se identifica como el eje de las intervenciones del sector público europeo en materia de adjudicación de contratos de servicio público en transporte por ferrocarril, carretera y vía navegable<sup>70</sup> y se estima que puede hacer compatibles dos principios que pueden ser antagónicos como son la libre competencia y la exclusividad, consistente en que los operadores pueden beneficiarse temporalmente de derechos de exclusividad, teniendo lugar la competencia solo en momentos determinados como cuando se decide la renovación de los derechos o la entrada de un nuevo operador; este criterio implica una estricta definición de parámetros de calidad y por tanto, la necesidad del establecimiento de sistemas de medición y seguimiento mediante indicadores, que a manera de referencia mencionan los trabajos de la UITP a nivel mundial y de la conferencia europea de ministros europeos (CEMT).

#### 13.7.4.3 La prestación directa/indirecta de los servicios

El sentido de servicio público de transporte se fundamenta en principios constitucionales y legales que se soportan entre otros aspectos en derechos como la libre circulación y por tanto esta definición conlleva una titularidad pública del servicio. A partir de este principio se deben desarrollar los esquemas e instrumentos en los cuales se puede determinar si la administración opera directamente o delega la prestación de los servicios. La prestación directa implica empresas públicas comerciales con capital de la administración.

La gestión indirecta permite un mayor conjunto de posibilidades que generalmente utilizan la figura de concesión mediante concursos que se formalizan a través de contratos que establecen condiciones como frecuencias, plazos, tarifas e itinerarios. La renovación de los contratos permite mantener la competencia y evitar monopolización del servicio además de la implementación de mecanismos de incentivo o sanción para mantener la calidad del servicio.

### 13.8 MODELO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICO FINANCIERA

Este modelo se basa en la estimación de los costos de las obras incluidas en el plan 8 y que son parte constitutiva para el logro de los objetivos del Plan Maestro de Movilidad. Su viabilidad financiera se determinará por las proyecciones de los ingresos de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá y sus municipios, así como de las políticas establecidas en los diferentes mecanismos institucionales de regulación y desarrollo de la Nación.

<sup>70</sup> Unión Europea, 2002. Citado por Monzón, Andrés.



Para este modelo se determinará la forma en que cada uno de los proyectos podría tener una posibilidad de desarrollo y en forma general cómo podría desarrollarse un plan de financiamiento. Estos mecanismos no serán los únicos posibles, pero sí los más acertados para el estado actual de las condiciones económicas del país y la zona. Se deberá entender de este modelo una guía pero no una restricción.

### 13.8.1 Modelo de financiación

La presente sección refleja los criterios definidos en las directrices metropolitanas de ordenamiento territorial y de los criterios básicos de las finanzas públicas y los planes de inversiones de los diferentes actores involucrados con el componente financiero del Plan Maestro de Movilidad.

Las condiciones normativas correspondientes a grupos de intervenciones, así como las demás condiciones económicas derivadas de la entrada en vigor del modelo quedan incorporadas en este documento.

El modelo tiene por objeto:

1. Establecer un sistema de distribución de fondos públicos e inversión de fondos privados, basados en criterios objetivos, transparentes y equitativos.
2. Regular la distribución de fondos a través de variables de capacidad, actividad, calidad y objetivos de mejora de la movilidad del territorio objeto.

Se trata de un modelo en el que se plantea una jerarquización para la asignación de recursos públicos en función de la disponibilidad en los recursos propios de las jurisdicciones involucradas, de las garantías de participación de socios nacionales o internacionales y por los beneficios que la intervención genera.

El modelo facilita la gestión financiera y presupuestaria de las intervenciones, ya que permite establecer las provisiones correspondientes a las subvenciones públicas de ejercicios futuros, realizar la programación de actividades de acuerdo con sus objetivos y llevar a cabo la adecuada planificación estratégica.

Es necesario tener en cuenta que el análisis de las intervenciones necesarias para el desarrollo de los objetivos del Plan Maestro de Movilidad evidenció la necesidad de realizar un conjunto de proyectos de infraestructura y servicios de transporte que optimizarán las acciones encaminadas a mejorar las condiciones de movilidad del territorio definido para este plan.

Estos proyectos se pueden clasificar y financiar de la siguiente manera:

1. Proyectos de impacto nacional y regional. Son proyectos de gran impacto, de soporte a la interacción económica regional que se basa en las relaciones económicas de alto impacto y que soportan tanto dinámicas de integración nacional como regional. Son proyectos de **condición estructurante global**.
2. Proyectos de impacto Metropolitano. Son proyectos de impacto medio y que fundamentan la productividad del Valle de Aburrá en sus componentes específicos, es decir, en aspectos muy concretos de su desarrollo. Tienen lógicas de desarrollo local y no presentan impactos a nivel extendido. Cuentan con una **condición estructurante general**.

3. Proyectos de impacto municipal. Son proyectos que aportan a la lógica de movilidad de procesos específicos. Generan impactos grandes en materia de movilidad específica. Se plantea como una **condición estructurante específica**.

Proyectos de impacto nacional y regional se pueden financiar por la Nación, Departamento o el Área según el proyecto. Proyectos de impacto Metropolitano se pueden financiar por el Área o los municipios. Proyectos de impacto municipal se pueden financiar por el Área y/o los municipios. En contados proyectos metropolitanos y municipales participa la nación y el Departamento. La cooperación internacional y los recursos privados podría aplicarse para cualquier proyecto.

La evaluación económica del Plan Maestro de Movilidad lo presenta en una situación bastante factible en general, en relación con los proyectos vinculados a él según los criterios económicos establecidos en la evaluación multicriterio. Sin embargo después de los ajustes ha sido seleccionado un total de 54 proyectos, que se evaluaron y determinaron como viables en el período 2007-2020. En esta sección se realizan otras evaluaciones desde el punto de vista financiero sobre este grupo de proyectos:

- Desde el punto de vista del marco de inversión en el sector público.
- Desde el punto de vista de las posibles utilidades y/o gastos en los proyectos provistos de ingresos. Esto se refiere a los proyectos que sean sensibles de ser concesionables o llevados al libre mercado.

Las ejecuciones del plan deberán hacerse como programa de inversiones y no como proyectos individuales debido a que los planes de financiación no serían rentables como programas desarticulados financieramente. Sin embargo este modelo presenta las condiciones en las cuales cada proyecto podría ser financiado si fuera ejecutado de forma individual.

Por esto se propone que las inversiones se hagan como desarrollo de planes operativos de desarrollo en movilidad en función de los períodos de ejecución y que en términos generales los sistemas de financiación de los proyectos estén sujetos a las mismas condiciones en los tres períodos mencionados anteriormente. De la misma manera se presenta la clasificación de los criterios de financiación en función de los períodos y de dos tipos de criterios de selección que dan sentido a la naturaleza del proyecto:

### 13.8.2 Marco de inversión

La mayoría de los proyectos propuestos en el Plan Maestro de Movilidad, pueden ser financiados mediante inversiones públicas o mixtas, con excepción de algunos proyectos de tipo privado entregados por concesión o a operadores privados a través de libre mercado.

#### 13.8.2.1 Proyectos modelados

De acuerdo con el Plan, se necesita un total de \$ 6.56 billones constantes de 2007 (\$6.562.737.000.000) como inversión directa para la ejecución de todos los proyectos propuestos. Para el logro de los proyectos en ejecución son necesarios recursos que ascienden a \$2 billones. Para el plan de corto plazo se estima necesario un total de \$932.355 millones (hasta 2010); \$1.4 billones para el plan de mediano plazo (hasta 2015) y \$2.23 billones para el plan de largo plazo (hasta 2020). Se supondrá un proceso de ejecución por períodos, de tal forma que las ejecuciones de cada período solo iniciarán al terminar las del anterior.

El promedio de \$504.826 millones anuales durante el período del plan es un valor que se encuentra dentro de las posibilidades de los municipios del Área, los recursos del Área y los demás agentes involucrados, que se evidencia por la información obtenida del estudio de los presupuestos detallados de los planes de desarrollo de los municipios del Área en su páginas web y los soportes físicos obtenidos en este trabajo, y los informes de ejecución de cada uno de ellos. Claro está que solo se podrá hacer viable el proyecto si existe un apoyo considerable por aportes de los gobiernos nacional y departamental y un complemento a través de deuda.

En promedio, los recursos destinados a proyectos relacionados con el plan, es decir proyectos adscritos a programas de movilidad e infraestructura vial, suman aproximadamente 76 mil millones de pesos en el período de gobierno en el caso de Medellín como lo presentan tanto sus informes de ejecución y su plan de desarrollo 2004-2007. Aproximadamente 16.000 millones el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha destinado a este tipo de proyectos según el informe de gestión 2006 publicado en la red<sup>71</sup>, y aproximadamente 5.000 millones en el caso de los demás municipios según los presupuestos de sus planes de desarrollo y sus informes de ejecución publicados en la red. El valor aproximado de los recursos, destinados a proyectos relacionados con la movilidad en los municipios del área y el área misma, es 100 mil millones de pesos en el período de cada gobierno municipal, para un total aproximado de 25 mil millones de pesos al año.

El promedio anual total del plan cambia al fraccionarlo en las cuatro etapas definidas para desarrollar las actividades:

<b>Valor del desarrollo inmediato:</b>	\$ 2 billones
<b>Promedio anual en el corto plazo:</b>	\$ 310.785 millones
<b>Promedio anual en el mediano plazo:</b>	\$ 278.465 millones
<b>Promedio anual en el largo plazo:</b>	\$ 446.751 millones

71

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Hacia un nuevo modelo de desarrollo metropolitano: Balance de gestión 2006. Febrero 2007. Disponible en Internet en: [www.metro.pol.gov.co/compartidos/docs/balancedegestion2006.pdf](http://www.metro.pol.gov.co/compartidos/docs/balancedegestion2006.pdf)

La asignación de recursos estaría dispuesta de la siguiente manera:

**TABLA 181.** Aporte recursos por agente en el escenario.

SUJETO DEL APORTE	VALOR*	PORCENTAJE
Aportes a través de Metro	\$ 109.769	5,5%
Aportes a través de recursos propios de los municipios**	\$ 536.978	26,8%
Aportes a través del Área Metropolitana	\$ 55.530	2,8%
Aportes a través del Departamento	\$ 92.840	4,6%
Aportes a través de la Nación	\$ 831.545	41,5%
Aportes a través de préstamo	\$ 0	0%
Aportes a través de inversión de privados	\$ 377.638	18,8%

Fuente: elaboración propia.

Nota: Millones de pesos constantes de 2007

\*\* Municipios que son beneficiados directamente con el proyecto

**TABLA 182.** Aporte recursos por agente desde 2008 hasta 2010.

SUJETO DEL APORTE	VALOR*	PORCENTAJE
Aportes a través de Metro	\$ 62.713	6,7%
Aportes a través de recursos propios de los municipios**	\$ 95.817	10,3%
Aportes a través del Área Metropolitana	\$ 54.518	5,8%
Aportes a través del Departamento	\$ 66.731	7,2%
Aportes a través de la Nación	\$ 44.357	4,8%
Aportes a través de préstamo	\$ 301.990	32,4%
Aportes a través de inversión de privados	\$ 306.228	32,8%

Fuente: elaboración propia. Nota: \* Millones de pesos constantes de 2007  
 \*\* Municipios que son beneficiados directamente con el proyecto

**TABLA 183.** Aporte recursos por agente desde 2011 hasta 2015.

SUJETO DEL APORTE	VALOR*	PORCENTAJE
Aportes a través de Metro	\$ 24.204	1,7%
Aportes a través de recursos propios de los municipios**	\$ 164.190	11,8%
Aportes a través del Área Metropolitana	\$ 48.988	3,5%
Aportes a través del Departamento	\$ 49.093	3,5%
Aportes a través de la Nación	\$ 499.314	35,9%
Aportes a través de préstamo	\$ 374.793	26,9%
Aportes a través de inversión de privados	\$ 231.745	16,6%

Fuente: elaboración propia. Nota: \* Millones de pesos constantes de 2007  
 \*\* Municipios que son beneficiados directamente con el proyecto

**TABLA 184.** Aporte recursos por agente desde 2016 hasta 2020.

SUJETO DEL APORTE	VALOR*	PORCENTAJE
Aportes a través de Metro	\$ 32.530	1,5%
Aportes a través de recursos propios de los municipios**	\$ 129.013	5,8%
Aportes a través del Área Metropolitana	\$ 64.253	2,9%
Aportes a través del Departamento	\$ 275.792	12,3%
Aportes a través de la Nación	\$ 485.593	21,7%
Aportes a través de préstamo	\$ 868.719	38,9%
Aportes a través de inversión de privados	\$ 377.854	16,9%

Fuente: elaboración propia. Nota: \*Millones de pesos constantes de 2007  
 \*\* Municipios que son beneficiados directamente con el proyecto

**TABLA 185.** Aporte recursos por agente total del proyecto.

SUJETO DEL APORTE	VALOR*	PORCENTAJE
Aportes a través de recursos del Metro	\$ 229.217	3,5%
Aportes a través de recursos propios de los municipios***	\$ 925.998	14,1%
Aportes a través del Área Metropolitana	\$ 223.289	3,4%
Aportes a través del Departamento	\$ 484.456	7,4%
Aportes a través de la Nación	\$ 1.86**	28,4%
Aportes a través de préstamo	\$ 1.54**	23,5%
Aportes a través de inversión de privados	\$ 1.294**	19,7%

Nota: \* Millones de pesos constantes de 2007  
 \*\* Billones de pesos constantes de 2007  
 \*\*\* Municipios que son beneficiados directamente con el proyecto

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 186.** Participación agentes financiación de los proyectos.

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
13	Inmediato	Ampliación a doble calzada de la Loma de los Balsos entre el sistema vial del Río y la Circunvalar Oriental	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
27	Inmediato	Sistema Metroplús Itagüí por el corredor de la Av. Guayabal desde Ditaires hasta la calle 30 (estación industriales)	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%
28	Inmediato	Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado). Desde la Estación Industriales hasta el límite entre Envigado y Sabaneta	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%
29	Inmediato	Sistema Metroplús Av. U. de Medellín - Aranjuez	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
32	Inmediato	Sistema Metroplús en Bello por Quebrada La García hasta empalmar con estación Bello del metro	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%
40	Inmediato	Doble calzada de la vía Las Palmas	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%
41	Inmediato	Doble calzada al túnel de occidente desde la Av. 80 hasta San Cristóbal	0,0%	26,9%	19,4%	53,8%	0,0%	0,0%	0,0%
42	Inmediato	Cambios de sentidos y terminación de ampliación de las laterales a la quebrada La Iguaná en el tramo entre el Río Medellín hasta la Av. 80	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
59	Inmediato	Construcción de la vía arteria (VA)(3 carriles) en la margen derecha del río	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
70	Inmediato	Intercambio vial de Acevedo (autopista Medellín - Bogotá con vía Machado)	0,0%	0,0%	22,2%	0,0%	77,8%	0,0%	0,0%
85	Inmediato	Extensión de la línea A del Metro hacia Sabaneta	29,6%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	69,8%
95	Inmediato	Metrocable San Javier - Pajarito	27,2%	72,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
102	Inmediato	Terminación del construcción de Av. 34 entre las Cl. 12s y la doble calzada de las Palmas	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2A	Inmediato	Doble calzada Bello - Hatillo-(2 carriles x sentido)-VT	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
<b>Subtotal Base</b>			<b>5,5%</b>	<b>26,8%</b>	<b>2,8%</b>	<b>4,6%</b>	<b>41,5%</b>	<b>0,0%</b>	<b>18,8%</b>

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
44	2010	Continuidad del Sistema de Metroplús de Envigado hasta la Cl. 77sur y su prolongación hasta encontrarse con el corredor de Itagüí, para formar un anillo sur.	0,0%	5,0%	25,0%	0,0%	0,0%	61,7%	8,3%
151	2010	Solo material rodante del servicio de bus de Bello a Centro de Copacabana pasando por estación Niquía	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
11	2010	Conexión vial en doble Calzada desde la Circunvalar Oriental hasta la Circunvalar Occidental por medio de la Cl 77s (Sabaneta-Estrella)	0,0%	20,0%	35,0%	15,0%	0,0%	30,0%	0,0%
57	2010	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río entre la variante de Caldas y La calle 19s (límite Envigado-Medellín)	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
62	2010	Intercambio vial de la Variante a Caldas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
63	2010	Intercambio vial sobre el río Medellín de la	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%
64	2010	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Avenida Pilsen	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
65	2010	Terminación del intercambio vial sobre el río Medellín de la calle 50 sur (Mayorca)	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
67	2010	Intercambio vial de la Ayurá sobre el Río Medellín en límites de Medellín con Envigado	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
68	2010	Intercambio vial de la quebrada La Iguaná sobre el Río Medellín	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
78	2010	Construcción de 3 carriles de la autopista (VT) en la margen izquierda del Río desde Espumas Medellín hasta Intercambio Variante de Caldas	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	20,0%
103	2010	Construcción de la variante en doble calzada hacia La Pintada por el sector del Tablazo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
104	2010	Doble calzada de la variante de Caldas desde el Ancón sur hasta Primavera	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
581	2010	Ampliación a 3 carriles de la autopista (VT) en la margen izquierda del Río desde estación Industriales hasta Espumas Medellín	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
28A	2010	Variante del Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado) hasta empalmar con metroplus calle Colombia (pyto 152)	0,0%	6,0%	0,0%	0,0%	30,8%	25,0%	38,3%



NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
85A	2010	Incorporación nueva estación de metro en extensión a Sabaneta en calle 67 Sur en	25,0%	5,0%	2,0%	25,0%	0,0%	0,0%	43,0%
<b>Subtotal 2010</b>			<b>6,7%</b>	<b>10,3%</b>	<b>5,8%</b>	<b>7,2%</b>	<b>4,8%</b>	<b>32,4%</b>	<b>32,8%</b>
30	2015	Sistema Metroplús Cr. 80 desde la estación Acevedo hasta la estación Aguacatala, pasando por la Facultad de Minas	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	20,0%
31	2015	Sistema Metroplús Av. 34 entre la Estación Aguacatala y Palos Verdes	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	65,0%	0,0%	30,0%
43	2015	Ampliación, rectificación y mejoramiento de las especificaciones geométricas de la vía arterial existente desde Moravia hasta Copacabana	0,0%	20,0%	10,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
60	2015	Construcción de la vía travesía (VT)(3 carriles) en la margen derecha del río desde Moravia hasta el intercambio vial de Copacabana	0,0%	20,0%	10,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
61	2015	Construcción y ampliación de la VT(3 carriles) en la margen izquierda del Río desde el intercambio de Copacabana hasta estación Tricentenario	0,0%	10,0%	30,0%	0,0%	0,0%	60,0%	0,0%
69	2015	Intercambio vial de Tricentenario sobre el río Medellín, incluye conexión a CL 92 y CL 93	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
72	2015	Intercambio vial de Andalucía sobre el Río Medellín	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
87	2015	Solo material rodante del servicio de bus desde Rosellón-estación Ayurá (en Envigado) - Barrio Calatrava (Itagüí)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
90	2015	Extensión de la línea B del Metro hacia el Oriente.	10,0%	2,0%	0,0%	18,0%	0,0%	50,0%	20,0%
93	2015	Metrocable estación Tricentenario - sector El Picacho	4,2%	10,8%	0,0%	15,0%	0,0%	50,0%	20,0%
100	2015	Continuación de la Transversal intermedia desde la vía Las Palmas hasta empalmar con el par vial de las carreras 36 y 36ª	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
101	2015	Ampliación y rectificación para la continuidad de la Transversal Intermedia (Av. 34) desde la calle 36 hasta el intercambio vial de Palos Verdes	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
582	2015	Ampliación a 3 carriles de la autopista (VT) en la margen izquierda del río desde el puente de la Minorista hasta estación Industriales, y adecuación desde el Tricentenario hasta Puente de la Minorista	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
601	2015	Construcción de la vía arteria (VA) (3 carriles) en la margen derecha del Río desde Moravia hasta el intercambio vial de Copacabana	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%
611	2015	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde el intercambio de Copacabana hasta la estación Tricentenario	0,0%	30,0%	30,0%	0,0%	0,0%	40,0%	0,0%
<b>Subtotal 2015</b>			<b>1,7%</b>	<b>11,8%</b>	<b>3,5%</b>	<b>3,5%</b>	<b>35,9%</b>	<b>26,9%</b>	<b>16,6%</b>
17	2020	Nueva variante a Heliconia por el corredor de Quebrada Doña María	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
25	2020	Intercambio vial de las calles 94 y 95 con la Autopista norte (Cr. 64c)	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
26	2020	Conformación del par vial de las Crs. 70. 73 y conexión con la Cr 72A. Construcción de la Cr 75 bordeando el cerro El Volador.	0,0%	16,0%	10,0%	0,0%	0,0%	59,0%	15,0%
77	2020	Tren Suburbano	0,0%	4,0%	3,0%	15,0%	15,0%	45,0%	18,0%
86	2020	Metroplus desde la futura estación Sabaneta hasta San Antonio de Prado	10,0%	15,0%	5,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%
88	2020	Solo material rodante del servicio de bus de la Calle 10 – Terminal del Sur - Estación El Poblado-Vizcaya-Transversal Inferior	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

NRO. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	PORCENTAJE POR MUNICIPIOS	PORCENTAJE POR ÁREA	PORCENTAJE POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POR NACIÓN	PORCENTAJE POR CRÉDITO	PORCENTAJE POR PRIVADOS
98	2020	Doble calzada de la carrera 65 entre las calles 30 y 50	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%
152	2020	Sistema de Metroplús por la calle Colombia desde Carrera 80 hasta carrera 50.	10,0%	10,0%	0,0%	0,0%	60,0%	10,0%	10,0%
421	2020	Continuación del proyecto 42 hacia el Corredor del Río (costura)	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Subtotal 2020</b>			<b>1,5%</b>	<b>5,8%</b>	<b>2,9%</b>	<b>12,3%</b>	<b>21,7%</b>	<b>38,9%</b>	<b>16,9%</b>
<b>Total</b>			<b>3,5%</b>	<b>14,1%</b>	<b>3,4%</b>	<b>7,4%</b>	<b>28,4%</b>	<b>23,5%</b>	<b>19,7%</b>

Fuente:  
elaboración propia.

La estrategia se plantea en términos de recursos como se presenta a continuación, en valores expresados en millones de pesos de 2007 (1.000.000 se leerá como un billón de pesos).

**TABLA 187.** Valor participación agentes financiación de los proyectos.

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
13	Inmediato	Ampliación a doble calzada de la Loma de los Balsos entre el sistema vial del Río y la Circunvalar Oriental	\$ 0	\$ 16.889	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
27	Inmediato	Sistema Metroplús Itagüí por el corredor de la Av. Guayabal desde Ditaires hasta la calle 30 (estación industriales)	\$ 0	\$ 118.214	\$ 0	\$ 0	\$ 275.834	\$ 0	\$ 0

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
28	Inmediato	Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado). Desde la estación Industriales hasta el límite entre Envigado y Sabaneta	\$ 0	\$ 73.906	\$ 0	\$ 0	\$ 172.448	\$ 0	\$ 0
29	Inmediato	Sistema Metroplús Av. U. de Medellín - Aranjuez	\$ 0	\$ 93.418	\$ 0	\$ 0	\$ 217.975	\$ 0	\$ 0
32	Inmediato	Sistema Metroplús en Bello por Quebrada La García hasta empalmar con estación Bello del metro	\$ 0	\$ 61.838	\$ 0	\$ 0	\$ 144.289	\$ 0	\$ 0
40	Inmediato	Doble calzada de la vía Las Palmas	\$ 0	\$ 42.840	\$ 0	\$ 42.840	\$ 0	\$ 0	\$ 0
41	Inmediato	Doble calzada al Túnel de Occidente desde la Av. 80 hasta San Cristóbal	\$ 0	\$ 25.000	\$ 18.000	\$ 50.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0
42	Inmediato	Cambios de sentidos y terminación de ampliación de las laterales a la quebrada La Iguaná en el tramo entre el río Medellín hasta la Av. 80	\$ 0	\$ 945	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
59	Inmediato	Construcción de la vía arteria (VA)(3 carriles) en la margen derecha del río entre la calle 19 sur (Carrefour) y la calle 30	\$ 0	\$ 0	\$ 30.030	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
70	Inmediato	Intercambio vial de Acevedo (autopista Medellín - Bogotá con vía Machado)	\$ 0	\$ 0	\$ 6.000	\$ 0	\$ 21.000	\$ 0	\$ 0
85	Inmediato	Extensión de la línea A del Metro hacia Sabaneta	\$ 81.000	\$ 0	\$ 1.500	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 191.000

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
95	Inmediato	Metrocable San Javier - Pajarito	\$ 28.769	\$ 77.039	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
102	Inmediato	Terminación del construcción de Av. 34 entre las Cl. 12s y la doble calzada de las Palmas	\$ 0	\$ 26.888	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
2A	Inmediato	Doble calzada Bello - Hatillo-(2 carriles x sentido)-VT	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 186.638
<b>Subtotal inmediato</b>			<b>\$ 109.769</b>	<b>\$ 536.978</b>	<b>\$ 55.530</b>	<b>\$ 92.840</b>	<b>\$ 831.545</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 377.638</b>
44	2010	Continuidad del Sistema de Metroplús de Envigado hasta la Cl. 77sur y su prolongación hasta encontrarse con el corredor de Itagüí, para formar un anillo sur.	\$ 0	\$ 6.724	\$ 33.620	\$ 0	\$ 0	\$ 82.975	\$ 11.162
151	2010	Solo material rodante del servicio de bus de Bello a Centro de Copacabana pasando por estación Niquía	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3.641
11	2010	Conexión vial en doble Calzada desde la Circunvalar Oriental hasta la Circunvalar Occidental por medio de la Cl	\$ 0	\$ 5.324	\$ 9.316	\$ 3.993	\$ 0	\$ 7.985	\$ 0
57	2010	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen derecha del Río entre la variante de Caldas y La calle 19s (límite Envigado-Medellín)	\$ 0	\$ 10.742	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 25.064	\$ 0
62	2010	Intercambio vial de la Variante a Caldas	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.250	\$ 0	\$ 0
63	2010	Intercambio vial sobre el río Medellín de la calle 77 sur	\$ 0	\$ 6.563	\$ 6.563	\$ 0	\$ 0	\$ 13.125	\$ 0
64	2010	Intercambio vial sobre el Río Medellín de la Avenida Pilsen	\$ 0	\$ 7.875	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 18.375	\$ 0

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
65	2010	Terminación del intercambio vial sobre el río Medellín de la calle 50 sur (Mayorca)	\$ 0	\$ 2.205	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.145	\$ 0
67	2010	Intercambio vial de la Ayurá sobre el Río Medellín en límites de Medellín con Envigado	\$ 0	\$ 11.025	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 25.725	\$ 0
68	2010	Intercambio vial de la quebrada La Iguaná sobre el Río Medellín	\$ 0	\$ 7.875	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 18.375	\$ 0
78	2010	Construcción de 3 carriles de la autopista(VT) en la margen izquierda del Río desde Espumas Medellín hasta Intercambio Variante de Caldas	\$ 0	\$ 7.088	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 49.613	\$ 14.175
103	2010	Construcción de la variante en doble calzada hacia La Pintada por el sector del Tablazo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 47.457
104	2010	Doble calzada de la variante de Caldas desde el ancón sur hasta Primavera	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 73.238
581	2010	Ampliación a 3 carriles de la autopista(VT) en la margen izquierda del río desde estación Industriales hasta Espumas Medellín	\$ 0	\$ 10.206	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 23.814	\$ 0
28A	2010	Variante del Sistema Metroplús Envigado (Av. El Poblado) hasta empalmar con metroplus calle Colombia (pyto 152)	\$ 0	\$ 7.631	\$ 0	\$ 0	\$ 39.107	\$ 31.794	\$ 48.646

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
85A	2010	Incorporación nueva estación de metro en extensión a Sabaneta en calle 67 Sur en la línea A	\$ 62.713	\$ 12.562	\$ 5.019	\$ 62.738	\$ 0	\$ 0	\$ 107.910
<b>Subtotal 2010</b>			<b>\$ 62.713</b>	<b>\$ 95.817</b>	<b>\$ 54.518</b>	<b>\$ 66.731</b>	<b>\$ 44.357</b>	<b>\$ 301.990</b>	<b>\$ 306.228</b>
30	2015	Sistema Metroplús Cr. 80 desde la estación Acevedo hasta la estación Aguacatala, pasando por la Facultad de Minas	\$ 0	\$ 48.250	\$ 0	\$ 0	\$ 337.753	\$ 0	\$ 96.501
31	2015	Sistema Metroplús Av. 34 entre la Estación Aguacatala y Palos Verdes	\$ 0	\$ 12.428	\$ 0	\$ 0	\$ 161.561	\$ 0	\$ 74.567
43	2015	Ampliación, rectificación y mejoramiento de las especificaciones geométricas de la vía arterial existente desde Moravia hasta Copacabana	\$ 0	\$ 9.481	\$ 4.741	\$ 0	\$ 0	\$ 33.186	\$ 0
60	2015	Construcción de la vía travesía (VT)(3 carriles) en la margen derecha del río desde Moravia hasta el intercambio vial de Copacabana	\$ 0	\$ 9.008	\$ 4.505	\$ 0	\$ 0	\$ 31.532	\$ 0
61	2015	Construcción y ampliación de la VT(3 carriles) en la margen izquierda del río desde el intercambio de Copacabana	\$ 0	\$ 4.027	\$ 12.080	\$ 0	\$ 0	\$ 24.161	\$ 0
69	2015	Intercambio vial de Tricentenario sobre el río Medellín, incluye conexión a CL 92 y CL 93	\$ 0	\$ 11.024	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 25.726	\$ 0
72	2015	Intercambio vial de Andalucía sobre el río Medellín	\$ 0	\$ 7.875	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 18.375	\$ 0



Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
87	2015	Solo material rodante del servicio de bus desde Rosellón-Estación Ayurá (en Envigado) - Barrio Calatrava (Itagüí)	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3.641
90	2015	Extensión de la línea B del Metro hacia el Oriente.	\$ 21.053	\$ 4.211	\$ 0	\$ 37.895	\$ 0	\$ 105.264	\$ 42.106
93	2015	Metrocable estación Tricentenario - sector El Picacho	\$ 3.151	\$ 8.047	\$ 0	\$ 11.198	\$ 0	\$ 37.326	\$ 14.930
100	2015	Continuación de la Transversal intermedia desde la vía Las Palmas hasta empalmar con el par vial de las carreras 36 y 36ª	\$ 0	\$ 4.410	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 10.290	\$ 0
101	2015	Ampliación y rectificación para la continuidad de la Transversal Intermedia (Av. 34) desde la calle 36 hasta el intercambio vial de Palos Verdes	\$ 0	\$ 8.394	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 19.588	\$ 0
582	2015	Ampliación a 3 carriles de la autopista(VT) en la margen izquierda del Río desde el puente de la Minorista hasta estación Industriales, y adecuación desde el Tricentenario hasta Puente de la Minorista	\$ 0	\$ 9.374	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 21.874	\$ 0
601	2015	Construcción de la vía arteria (VA) (3 carriles) en la margen derecha del Río desde Moravia hasta el	\$ 0	\$ 15.881	\$ 15.881	\$ 0	\$ 0	\$ 31.763	\$ 0

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
611	2015	Construcción de la VA (3 carriles) en la margen izquierda del Río desde el intercambio de Copacabana hasta la estación Tricentenario	\$ 0	\$ 11.781	\$ 11.781	\$ 0	\$ 0	\$ 15.708	\$ 0
<b>Subtotal 2015</b>			<b>\$ 24.204</b>	<b>\$ 164.190</b>	<b>\$ 48.988</b>	<b>\$ 49.093</b>	<b>\$ 499.314</b>	<b>\$ 374.793</b>	<b>\$ 231.745</b>
17	2020	Nueva variante a Heliconia por el corredor de Quebrada Doña María	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 23.888
25	2020	Intercambio vial de las calles 94 y 95 con la Autopista norte (Cr. 64c)	\$ 0	\$ 6.825	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
26	2020	Conformación del par vial de las Crs. 70, 73 y conexión con la Cr 72A. Construcción de la Cr 75 bordeando el cerro El Volador.	\$ 0	\$ 2.856	\$ 1.785	\$ 0	\$ 0	\$ 10.532	\$ 2.678
77	2020	Tren Suburbano	\$ 0	\$ 73.545	\$ 55.158	\$ 275.792	\$ 275.792	\$ 827.377	\$ 330.951
86	2020	Metroplus desde la futura estación Sabaneta hasta San Antonio de Prado	\$ 14.619	\$ 21.929	\$ 7.310	\$ 0	\$ 102.333	\$ 0	\$ 0
88	2020	Solo material rodante del servicio de bus de la Calle 10 – Terminal del Sur - Estación El Poblado-Vizcaya-Transversal Inferior	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2.428
98	2020	Doble calzada de la carrera 65 entre las calles 30 y 50	\$ 0	\$ 5.528	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 12.900	\$ 0
152	2020	Sistema de Metroplús por la calle Colombia desde Carrera 80 hasta carrera 50.	\$ 17.911	\$ 17.911	\$ 0	\$ 0	\$ 107.468	\$ 17.911	\$ 17.911

Nro. PROYECTO	AÑO A EJECUTARSE	NOMBRE	METRO	TOTAL POR MUNICIPIOS	TOTAL POR ÁREA	TOTAL POR DEPARTAMENTO	TOTAL POR NACIÓN	TOTAL POR CRÉDITO	TOTAL POR PRIVADOS
421	2020	Continuación del proyecto 42 hacia el Corredor del Río (costura)	\$ 0	\$ 420	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>Subtotal 2020</b>			<b>\$ 32.530</b>	<b>\$ 129.013</b>	<b>\$ 64.253</b>	<b>\$ 275.792</b>	<b>\$ 485.593</b>	<b>\$ 868.719</b>	<b>\$ 377.854</b>
<b>Total</b>			<b>\$ 229.217</b>	<b>\$ 925.998</b>	<b>\$ 223.289</b>	<b>\$ 484.456</b>	<b>\$ 1.860.809</b>	<b>\$ 1.545.502</b>	<b>\$ 1.293.465</b>
<b>Total</b>			<b>\$ 6.562.737</b>						

Nota: Millones de pesos constantes de 2007

Fuente:  
elaboración propia.

### 13.8.2.2 Proyectos no modelados

Uno de los objetivos del presente Plan Maestro es anticiparse a los impactos que tendrán las tendencias actuales relacionadas con el aumento explosivo del parque vehicular, proponiendo medidas que permitan aminorar los efectos de este crecimiento así como esbozar alternativas para el financiamiento de las estrategias planteadas como estructurales para un proceso de consolidación de la movilidad del área.

Además de la financiación de los proyectos concretos en relación con aspectos muy específicos del plan, se presenta a continuación un modelo general de financiación de los proyectos que a pesar de no ser costeados financieramente deben contar con un mecanismo base de financiación para lograr su desarrollo. De igual manera se deberá contemplar la opción de que a los proyectos que requieran la concesión como mecanismo de ejecución, puedan incluir dentro de los compromisos del adjudicatario el pago de la obras realizadas por los organismos públicos para recuperar inversiones realizadas previamente.

Vale la pena aclarar que los recursos que se presentan pueden ser combinados con los instrumentos de gestión financiera del suelo como recuperación de plusvalías en todos sus mecanismos.

Se presenta entonces para cada una de las estrategias las posibilidades que en materia financiera pueden lograr acceder a recursos a través de herramientas de gestión urbana y territorial.

### 13.8.2.3 Proyectos de tecnología de corredores de transporte público y del tren suburbano

Los proyectos de tecnología son parte constitutiva de la operación de los proyectos concretos del Plan Maestro de Movilidad. Si bien pueden ser una actividad complementaria a la operación, ésta deberá contemplar como propia la lógica de hacer una tecnología viable financieramente. La financiación de este proyecto estratégico está considerada en los costos totales de las alternativas llevadas a evaluación multicriterio correspondientes y se logrará su objetivo en el mismo sentido que se logre su desarrollo como proyecto concreto.

De igual manera, si así se determina, el BID tiene un programa de crédito para estimular el transporte colectivo con el objeto de proporcionar mejores y mayores facilidades a los usuarios, racionalizar los servicios, favorecer el ahorro de combustibles y minimizar la contaminación

#### **13.8.2.4 Proyecto de estacionamientos tarifados en zonas congestionadas**

Este proyecto estratégico se logrará financiar a través de la tarifa pagada por los privados en su uso de estacionamientos. Con un proceso de gestión de uso de los predios, los costos de adecuación de estacionamientos serán pagados por los privados que quieran competir en el mercado en las zonas delimitadas por el plan.

Las tarifas, compuestas por el pago del servicio y un tributo que desestime el uso del automóvil, serán calculadas de tal forma que se garantice que sean mayores al costo económico de uso de transporte público. Para esto se podrá utilizar el impuesto de industria y comercio para bonificar con porcentajes de hasta el 30% a empresas que utilicen planes de transporte colectivo para sus empleados y la gestión asociada con los privados de la zona para la creación de rutas circulares privadas para la movilización de los usuarios de las zonas céntricas hacia los estacionamientos en los límites definidos por el plan.

#### **13.8.2.5 Medidas para enfrentar el crecimiento vehicular**

Esta estrategia necesita gestión para el logro de los recursos destinados a la divulgación de las normas que soporten dichas medidas. Los recursos necesarios para el desarrollo de esta estrategia estarán incluidos en los presupuestos de comunicación de las diferentes áreas involucradas. Dentro de los presupuestos de las secretarías de movilidad, tránsito y/o transporte, se incluirán los recursos necesarios para la señalización que hubiere lugar en la restricción de la velocidad de circulación.

Préstamos del BID son recomendables bajo el principio de "(...)organizar, racionalizar y/o perfeccionar servicios de transporte para el desplazamiento de pasajeros y de carga entre los diferentes asentamientos humanos, centros de producción y centros de consumo(...)"<sup>72</sup>

#### **13.8.2.6 Proyectos de sistemas coordinados de semáforos**

Esta estrategia se basa en la realización de estudios (conjunto a otras estrategias para generar economías a escala), reformas tecnológicas y reestructuración de sistema de acción de semaforización por parte de las Secretaría de Transportes y Tránsito, Metroplús S.A., la Secretaría Obras Públicas y la Empresa de Desarrollo Urbano (EDU) en Medellín, así como las Secretarías de Movilidad, Tránsito y/o Transporte y Obras Públicas en los demás municipios en los que tuviera lugar la estrategia.

#### **13.8.2.7 Proyecto de gestión de los servicios de taxis**

Para el logro de esta estrategia es necesaria la incorporación de estudios (conjunto a otras estrategias para generar economías de escala), y los recursos necesarios para los mecanismos de divulgación de las normativas emitidas por gobiernos municipales. De la misma manera, se deberá financiar la estrategia con recursos propios de las oficinas de comunicación de las diferentes alcaldías involucradas en el presente Plan Maestro de Movilidad.

72  
Consultado en 2006 en el sitio web:  
[http://www.iadb.org/extr/pic/VII/op\\_731.cfm?language=Spanish&Id=G&PAM=%E2%8C%A9=S](http://www.iadb.org/extr/pic/VII/op_731.cfm?language=Spanish&Id=G&PAM=%E2%8C%A9=S)

Los recursos de las alternativas relacionadas con el parque de taxis serán financiados en su totalidad por los propietarios y/o asociaciones de taxis. Como apoyo a este proceso se plantea la alternativa de crear el Fondo de Mejora del Sistema Público de Transporte, el cual cofinanciaría las mejoras tecnológicas del material rodante. La profesionalización de los conductores deberá ser financiada por los privados y si existiese el fondo, a través de sus recursos. El fondo podría financiarse por las secretarías de Tránsito y Transporte de los municipios del Área, los privados, Metro, y las empresas que entren en el negocio de Metroplús (si fueran diferentes a Metro).

#### 13.8.2.8 Proyectos de vías segregadas para motos

Para el logro de esta estrategia es necesaria la incorporación de estudios (conjunto a otras estrategias para generar economías de escala), y los recursos necesarios para los mecanismos de divulgación de las normativas emitidas por gobiernos municipales. De la misma manera, se deberá financiar la estrategia con recursos propios de las oficinas de comunicación de las diferentes alcaldías involucradas en el presente Plan Maestro de Movilidad.

El costo de la delimitación vial para la segregación en vías con capacidad vial suficiente, deberá estar integrado a los planes de sostenibilidad de la malla vial del Área y de los proyectos de mantenimiento de las Secretarías de Obras y de Tránsito y Transporte.

Algunas de las ampliaciones de las vías que no cuentan con capacidad vial suficiente se logran con los proyectos concretos del Plan Maestro de Movilidad. Aquellas vías que no lo estén se financiarán con recursos propios de los municipios afectados. Este es un plan local que deberá financiarse con recursos propios de los municipios que incorporen la estrategia.

#### 13.8.2.9 Proyectos de red de ciclovías

Las ciclovías deberán financiarse con recursos del municipio en sus planes de obras. La Empresa de Desarrollo Urbano podrá integrar a sus planes de desarrollo la financiación de parte de la ejecución de la estrategia. Se deberá hacer la debida incorporación de las ciclovías a los proyectos concretos del Plan Maestro. Los demás proyectos podrán ser financiados a través de préstamos del BID o de su colaboración para la gestión de los recursos con base en el principio de "(...)mantener, rehabilitar y ampliar la infraestructura existente para utilizar, en la mejor forma posible, los modos de transporte que más favorezcan el proceso de desarrollo económico de los países miembros del Banco, así como nuevos proyectos de transporte necesarios para el proceso de desarrollo socioeconómico(...)"<sup>73</sup> "

#### 13.8.2.10 Proyectos de conectividad entre aeropuertos

Las inversiones necesarias y la gestión del sistema formado por ambos aeropuertos podría ser materia de una concesión al sector privado mediante licitación pública, en la cual la inversión sería recuperada por el concesionario a través de la cesión por parte del Estado de una fracción de los ingresos percibidos por cobros y servicios a las aeronaves y pasajeros.

Si fuera necesario el crédito, como podría suponerse, el BID apoya proyectos encaminados al fortalecimiento institucional y a la "(...)racionalización, mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción o ampliación de los aeropuertos existentes y de sus sistemas de aeronavegación y de seguridad(...)"<sup>74</sup> "

73

74 Ibid.

Ibid.

#### 13.8.2.11 Proyectos de racionalización del transporte de carga

Serán proyectos financiados por instancias mixtas. Los agentes involucrados deberán ser el AMVA, el ATC, Municipio de Medellín, Defencarga, la Dirección de Planeación Departamental de Antioquia e inversionistas privados. Los equipamientos se deberán financiar adicionalmente con recursos de organizaciones multilaterales de crédito, la banca privada y empresas comercializadoras de bienes y servicios interesadas en invertir. El BID es un aliado estratégico ya que puede actuar como catalizador para el acceso a otras fuentes.

De igual manera, el mismo BID financia carreteras, estaciones intermedias y terminales de pasajeros y carga y equipos complementarios de la infraestructura física<sup>75</sup>.

#### 13.8.2.12 Proyectos de terminales de transporte público intermunicipales

Un proyecto de terminales de transporte público intermunicipal de pasajeros podrá financiarse a través del BID que tiene como política "(...)apoyar el financiamiento de estaciones intermedias y terminales de pasajeros y carga y equipos complementarios de la infraestructura física, de cualquiera de los distintos sistemas viales que integran las redes nacionales e internacionales de América Latina(...)"<sup>76</sup> .

En el mismo sentido, la concesión por licitación pública es una alternativa en la cual la inversión sería recuperada por el concesionario a través de la cesión por parte del Estado de una fracción de los ingresos percibidos por cobros y servicios a las empresas de transporte. La estrategia mixta es una opción si la inversión se convierte en costos hundidos de la construcción y operación de terminales, de tal forma que la concesión se haga para la administración de los terminales.

#### 13.8.2.13 Proyectos de conectividad portuaria

El BID es alternativa para proyectos de este tipo ya que "(...)podrá financiar proyectos de infraestructura del transporte por agua, ya sean éstos marítimos, lacustres o fluviales(...)" en lo relacionado con "(...)racionalización, mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción o ampliación de sistemas portuarios y de la infraestructura marítima, fluvial y lacustre existente, inclusive instalaciones para servicio y mantenimiento de las naves(...)" y la "(...)construcción de nuevos puertos y de nueva infraestructura marítima, fluvial y lacustre(...)"<sup>77</sup> .

De igual forma, será necesario desarrollar uniones estratégicas entre el sector privado y la Nación en las cuales el aporte de los primeros está relacionado directamente con lo que la Nación aporte en contraprestaciones entregadas en acciones y con apoyo de financiación privada local o internacional.

#### 13.8.2.14 Conectividad ferroviaria

<sup>75</sup> Ibid. Para garantizar la financiación de la red ferroviaria se necesitará desarrollar una estructura administrativa que potencie la generación de un polo de desarrollo que <sup>76</sup> Ibid. solvente la acción complementaria de empresas privadas internacionales de explotación <sup>77</sup> Ibid. de bienes y servicios y la inclusión de políticas nacionales de incentivo al uso de este instrumento como alternativa de transporte. El aporte conjunto de la empresa privada y la nación será fundamental con el apoyo de organismos multilaterales de crédito como BID, que puede ser catalizador para la obtención de recursos internacionales de otras fuentes.

En el mismo sentido, el BID podrá ser financiador de proyectos ferroviarios en el sentido que apoya "(...)el fortalecimiento de la capacidad institucional de las empresas ferroviarias, a través de mejoras de sus sistemas gerenciales, administrativos y técnicos(...)" para lograr acceso a proyectos involucrados a "(...)la racionalización, mantenimiento, rehabilitación, remodelación y/o ampliación de los sistemas actualmente en operación(...)".

En el mismo sentido, el BID podrá apoyar a los proyectos de "(...)construcción de nuevas vías férreas(...)" que podría soportar el escenario internacional que se propone inicialmente en este numeral<sup>78</sup>.

### 13.8.2.15 Proyectos de transporte por ductos

Las alternativas contempladas en proyectos de América Latina se basan en los fideicomisos entre empresas privadas, mixtas y públicas con participación de entes multilaterales como el BID y el Banco Japonés de Cooperación Internacional.

Los créditos necesarios para el apoyo de esta estrategia podrán ser otorgados por el BID que financia "(...)la construcción, rehabilitación, mantenimiento y ampliación de ductos, incluyendo la compra e instalación de los tubos y equipos necesarios(...)"<sup>79</sup>.

Podrá soportarse el financiamiento de estos proyectos a través de modelos<sup>80</sup> de Project Financing<sup>81</sup>. Este modelo se aplica donde la financiación no es dependiente del aporte crediticio, sino del flujo de caja esperado y de la sostenibilidad del mismo proyecto.

### 13.8.2.16 Proyectos viales de conectividad externa

78

79 Ibid.

80 Ibid.

Molina Arenaza, Hércules y Del Carpio Gallegos, Javier. Financiamiento de inversiones mediante el "project finance" (Investment financing through the "project finance"). UNMSN. Lima. 2004. Disponible en internet en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932004000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932004000200012&script=sci_arttext)

81

Sistema de financiamiento que permite que un determinado proyecto de inversión dadas sus posibilidades de generar flujos de caja razonablemente predecibles y sostenibles, junto a la calidad de sus propios activos; puede ser financiado individualmente, utilizando para ello fondos específicamente conseguidos para el proyecto, sin recurso pleno a los socios promotores y empleando el mayor apalancamiento posible. Tomado de Perez Llanes, Roberto. La decisión de financiación del Proyecto Gas de Camisea. UASB. Bolivia. 2004

**TABLA 188.** Mecanismos financiación proyectos viales conectividad externa.

PUNTOS TERMINALES	TIPO VÍA	TOTAL MILLONES \$ COL	MECANISMO DE FINANCIACIÓN
Puerto Valdivia La Pintada	Carretera	555.750.000	Financiamiento de la Nación, las gobernaciones y las empresas privadas
Medellín - Quibdó y Tribugá	Doble Calzada	1.250.437.500	Financiamiento de la Nación, las gobernaciones y las empresas privadas
Medellín - Golfo de Urabá y Panamá	Doble Calzada	1.750.612.500	Financiamiento nacional colombiano y panameño cuando diera lugar.
Medellín - Puerto Berrío y Venezuela	Doble Calzada	1.000.350.000	Financiamiento de la Nación, Venezuela (cuando diera lugar) y fideicomiso de operación, las gobernaciones y las empresas privadas aportarán en complementos muy específicos de todo el proyecto.
Medellín - Bogotá	Autopista	3.890.250.000	Financiamiento de la nación y concesión
Cali - Buenaventura - Armenia	Autopista	1.945.125.000	Financiamiento de la Nación y concesión
Armenia - Medellín - Sta. Fe de Antioquia	Autopista	1.945.125.000	Financiamiento de la Nación, las gobernaciones y las empresas privadas - concesión
Santa Fe de Antioquia - Montería	Autopista	2.334.150.000	Financiamiento de la Nación, las gobernaciones y las empresas privadas - concesión
Montería - Barranquilla	Autopista	2.334.150.000	Financiamiento de la Nación, las gobernaciones y las empresas privadas - concesión

Fuente: elaboración propia.

### 13.8.2.17 Deuda

La deuda se deberá comportar como se presenta a continuación para los proyectos que se financian hasta en 70% (los demás necesitarán incluir préstamos de la banca privado en las condiciones del mercado local o multilateral como parte de programas de desarrollo local). Sin embargo el BID puede financiar hasta 90% estos proyectos y más si el promedio del programa general no supera el 60%:

- **Interés:** 2% E.A.<sup>82</sup> (la tasa no podrá ser mayor a 3%)
- **Período de reintegro:** 30 años
- **Período de gracia:** 10 años
- **Tipo de préstamo 1:** Préstamos para Programas de Obras Múltiples son aquellos destinados a financiar un conjunto de obras de naturaleza semejante, físicamente independientes entre sí y cuya viabilidad no depende de la ejecución de un determinado número de ellas.
- **Tipo de préstamo 2:** Préstamos por Etapas (“Time Slice Operations”) son préstamos de inversión en el cual el programa de inversiones del sector o subsector es ajustado de tiempo en tiempo dentro de los criterios y objetivos globales acordados con el Banco para el futuro proyecto.<sup>83</sup>

Los intereses podrán ser también financiados si el proceso de ejecución del proyecto así lo determine. El Banco podrá financiar tales gastos durante el período de construcción, cuando sea solicitado así por el prestatario. Tal financiamiento puede ser otorgado hasta el término del período de ejecución del proyecto financiado por el Banco o hasta el último desembolso, lo que suceda primero<sup>84</sup>.

<p>82</p> <p>Criterios establecidos previendo las lógicas de préstamos otorgados por el BID entre 1990 y 2007 en monedas locales, yenes y dólares. Tasa promedio basada en préstamos BID en yenes y/o dólares.</p> <p>83</p> <p>Consultado en 2006 en el sitio web: <a href="http://www.iadb.org/exr/pic/VII/OP_306.cfm?language=Spanish">http://www.iadb.org/exr/pic/VII/OP_306.cfm?language=Spanish</a></p> <p>84</p> <p>Consultado en 2006 en el sitio web: <a href="http://www.iadb.org/exr/pic/VII/OP_308.cfm?language=Spanish">http://www.iadb.org/exr/pic/VII/OP_308.cfm?language=Spanish</a></p>	<p>Esto plantea la necesidad de pagar anualmente los siguientes valores que incluye capital y servicio a la deuda partiendo desde el 2018:</p> <table border="0" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 30%;">2018 – 2019:</td><td style="width: 30%;">\$ 31.947 millones anuales</td><td style="width: 40%;"></td></tr><tr><td>2020 – 2024:</td><td>\$ 51.963 millones anuales</td><td></td></tr><tr><td>2025 – 2047:</td><td>\$ 98.294 millones anuales</td><td></td></tr><tr><td>2048 – 2049:</td><td>\$ 66.321 millones anuales</td><td></td></tr><tr><td>2051 – 2055:</td><td>\$ 46.332 millones anuales</td><td></td></tr></table> <p>Los recursos para el pago de este préstamo serán cubiertos como se presenta a continuación, cargando de deuda a cada agente involucrado según su porcentaje de participación en el proyecto.</p>	2018 – 2019:	\$ 31.947 millones anuales		2020 – 2024:	\$ 51.963 millones anuales		2025 – 2047:	\$ 98.294 millones anuales		2048 – 2049:	\$ 66.321 millones anuales		2051 – 2055:	\$ 46.332 millones anuales	
2018 – 2019:	\$ 31.947 millones anuales															
2020 – 2024:	\$ 51.963 millones anuales															
2025 – 2047:	\$ 98.294 millones anuales															
2048 – 2049:	\$ 66.321 millones anuales															
2051 – 2055:	\$ 46.332 millones anuales															



**TABLA 189.** Valores participación agentes en pago deuda en cada escenario.

ESCENARIO	METRO			MUNICIPIOS*			ÁREA			DEPTO.			NACIÓN			PRIV.		
	Cuota	Capital	Int.	Cuota	Capital	Int.	Cuota	Capital	Int.	Cuota	Capital	Int.	Cuota	Capital	Int.	Cuota	Capital	Int.
Base	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
2010	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 6.244	\$ 3.139	\$ 3.105	\$ 2.589	\$ 1.294	\$ 1.294	\$ 68	\$ 34	\$ 34	\$ 695	\$ 435	\$ 261	\$ 22.377	\$ 1.562	\$ 1.345
2015	\$ 1.291	\$ 807	\$ 484	\$ 9.655	\$ 6.034	\$ 3.621	\$ 3.383	\$ 2.114	\$ 1.269	\$ 2.618	\$ 1.636	\$ 982	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3.042	\$ 1.901	\$ 1.141
2020	\$ 106	\$ 66	\$ 40	\$ 4.223	\$ 2.639	\$ 1.583	\$ 2.544	\$ 1.590	\$ 954	\$ 12.035	\$ 7.522	\$ 4.513	\$ 12.671	\$ 7.920	\$ 4.752	\$ 14.753	\$ 9.221	\$ 5.532

Nota: Millones de pesos constantes de 2007.  
Pagos anuales por agente por cada proyecto.  
Se supone préstamo al inicio de cada período.  
\*Municipios incluidos en cada conjunto de proyectos.

Fuente:  
elaboración propia.

Para el financiamiento de proyectos del sector público a través del BID, el Gobierno -como lo llama el BID- de un país incluye a sus estructuras gubernamentales a nivel central, de Estado, provincia y municipio, y también organizaciones de gobierno descentralizadas, como bancos estatales, corporaciones de desarrollo, empresas del sector público y universidades.<sup>85</sup>

De la misma manera, el sector privado se puede incorporar al proyecto en la deuda debido a que el BID puede otorgar préstamos a empresas privadas, cualquiera sea su forma de constitución, cuando éstas tengan capacidad legal para suscribir contratos de préstamo con el Banco. Dentro de las posibles empresas del sector privado elegibles para ser prestatarias del Banco, se encuentran las sociedades anónimas, otras sociedades mercantiles, cooperativas, fundaciones, etc.<sup>86</sup>

Según el BID, la elegibilidad del privado y el público para hacer parte del negocio compartiendo los costos del préstamo, el privado deberá cumplir con las condiciones para ser prestatario así<sup>87</sup>:

### Aspectos Jurídicos

1. Los países miembros, que se obligan bajo su responsabilidad general, así como las subdivisiones políticas, tales como estados, provincias, municipalidades, etc., que requieren de garantía del país miembro antes de que la propuesta de préstamos se someta a consideración del Directorio Ejecutivo, deben demostrar que cumplen con los siguientes requisitos:

Facultad para contratar créditos en el exterior. Específicamente, que el Poder Ejecutivo del país miembro o las autoridades pertinentes de los otros organismos cuenten con la autorización necesaria para negociar el préstamo.

Inexistencia de impedimentos para someterse al procedimiento de arbitraje establecido en los contratos de préstamos.

Facultad para contraer y cumplir las obligaciones financieras que emanen de los contratos de préstamo, especialmente las de recibir, mantener y administrar fondos en moneda extranjera, disponer pagos, efectuar el servicio del préstamo que incluye intereses y comisiones, en moneda extranjera.

85

Consultado en 2006 en el sitio web:  
[http://www.iadb.org/projects/f\\_eligibility.cfm?language=Spanish&PARID=5](http://www.iadb.org/projects/f_eligibility.cfm?language=Spanish&PARID=5)

86

Consultado en 2006 en el sitio web:  
en [http://www.iadb.org/extr/pic/VII/OP\\_301.cfm?language=Spanish](http://www.iadb.org/extr/pic/VII/OP_301.cfm?language=Spanish)

87

Consultado en 2006 en el sitio web:  
[http://www.iadb.org/extr/pic/VII/OP\\_301.cfm?language=Spanish](http://www.iadb.org/extr/pic/VII/OP_301.cfm?language=Spanish)

Facultad para asumir las obligaciones de hacer que estipulen los contratos de préstamo del Banco.

Capacidad legal para llevar a cabo las modificaciones de organización y estructura que podrían requerirse para el proyecto o programa.

Capacidad legal para establecer tarifas en relación con servicios públicos. Si se tratase de subdivisiones políticas o de organismos descentralizados que no tengan la capacidad legal para establecer las tarifas respectivas, debe requerirse la garantía del país miembro, para el efecto, como obligación directa del mismo.

**2.** En adición a los requisitos mencionados en el párrafo anterior, las subdivisiones políticas y las entidades estatales descentralizadas de derecho público, deben demostrar que cumplen con los siguientes requisitos:

Personalidad jurídica; y Patrimonio propio.

**3.** Las entidades del sector privado constituidas de conformidad con normas de derecho privado deben demostrar que cumplen con los siguientes requisitos:

Haber sido legalmente constituidas, con las formalidades legales pertinentes y hallarse debidamente registradas.

Personalidad jurídica.

Patrimonio propio.

Domicilio en el país miembro respectivo.

Facultad para contratar préstamos en el exterior.

Facultad para someterse al procedimiento de arbitraje del Banco. Deben demostrar también que las sentencias o laudos dictados como consecuencia de lo anterior, son ejecutables en el país del domicilio de la entidad.

Demostrar que el capital social y la administración de la empresa cumplen con las disposiciones de la legislación nacional y/o de los convenios internacionales vigentes para dicho país en cuanto a calificarla como entidad nacional.

Facultad para contraer y cumplir las condiciones financieras requeridas en los contratos de préstamo del Banco, incluyendo las relativas a recibir, mantener y administrar fondos en moneda extranjera, disponer pagos y realizar el servicio del préstamo que incluye intereses y comisiones, en moneda extranjera.

Capacidad para cumplir las obligaciones de hacer que estipulan los contratos de préstamo del Banco.

Demostración de que el gobierno del país miembro respectivo no objeta al financiamiento.

**4.** Las entidades internacionales deben reunir los siguientes requisitos:

Personalidad jurídica internacional.

Patrimonio propio.

Domicilio en un país miembro.

Facultad para contraer préstamos internacionales.

Capacidad para contraer obligaciones de hacer de conformidad con los textos de los contratos de préstamos del Banco.

Facultad para contraer y cumplir las condiciones financieras requeridas por los contratos de préstamo del Banco, incluyendo las relativas a recibir, mantener y administrar moneda extranjera, disponer pagos y efectuar el servicio del préstamo que incluye intereses y comisiones, en divisas.

Facultad para establecer procedimientos de adquisiciones compatibles con las normas Banco.

Facultad para someterse al procedimiento de arbitraje establecido en los contratos préstamo del Banco.

Capacidad legal para llevar a cabo las modificaciones de organización y estructura que podrían requerirse para el proyecto o programa.

### Aspectos Institucionales

---

La organización general, tanto del prestatario como del ejecutor, debe ser apropiada con los fines que se persigan.

### Aspectos Financieros

---

Con excepción de los países miembros y de los Bancos Centrales, todo potencial prestatario debe demostrar que:

1. Cuenta con un patrimonio y una situación financiera adecuados, conclusión que debe ser respaldada por el análisis financiero.
2. Cuenta con contrapartida local adecuada para ejecutar el proyecto o programa en cuestión, en los montos y oportunidades previstos.
3. Tiene la capacidad de pago indispensable para atender puntualmente el servicio de las deudas contraídas, especialmente la relacionada con el eventual préstamo del BID. El análisis financiero debe corroborar este supuesto

Para el logro de este préstamo es necesario cumplir con las directrices de preparación, evaluación y aprobación de los proyectos que define el BID, así<sup>88</sup>:

### Orientaciones Básicas

---

Los **PROYECTOS** financiados por el Banco **DEBEN**:

Contribuir eficazmente al desarrollo económico y social de los países miembros regionales.

Ajustarse a los principios establecidos en el Convenio Constitutivo relativos al uso de los recursos del Banco.

Presentar solidez técnica, económica y ambiental; seguridad financiera y desenvolverse en un adecuado marco jurídico e institucional.

Contribuir al mantenimiento de la reputación del Banco como organismo financiero en los mercados internacionales.

88

Consultado en 2006 en el sitio web:  
[http://www.iadb.org/exr/pic/VII/OP\\_302.cfm?language=Spanish](http://www.iadb.org/exr/pic/VII/OP_302.cfm?language=Spanish)

**OBJETIVOS DEL PROYECTO.** Las metas del proyecto deben estar claramente establecidas, realísticamente alcanzables y, consistentes con las prioridades del país y estrategias de desarrollo definidas en el proceso de programación de las operaciones.

**CICLO DEL PROYECTO.** Desde que se origina la idea de un proyecto y a través de sus diferentes etapas (identificación, preparación, análisis negociación, aprobación y ejecución), el Banco examina la necesidad del proyecto y su factibilidad, a través de análisis y evaluaciones de tipo técnico, socio-económica, financiera, jurídica y ambiental del proyecto; analiza la capacidad institucional del prestatario y/o ejecutor para alcanzar las metas deseadas; establece las acciones necesarias y define las medidas de política requeridas para el procesamiento de la operación; busca el acuerdo final del proyecto con el país; lo somete a la aprobación de las autoridades del Banco; vigila la ejecución del proyecto y administra la respectiva operación.

Las garantías solicitadas al prestatario el BID las centra en una fianza solidaria de terceros por cada préstamo que otorga. Pero por ser prestatario gubernamental el BID no exige fianza a terceros. Sin embargo como hacen parte de los proyectos jurisdicciones subnacionales y privados, el BID establece los siguientes criterios como exigibles<sup>89</sup>:

**PRÉSTAMOS A GOBIERNOS SUBNACIONALES.** El Banco exige la fianza solidaria del país miembro. No obstante, la política puede adaptarse a regímenes descentralizados cuyas entidades subnacionales sean organismos solventes y financieramente autónomos. En tales casos, no es necesario exigir la garantía soberana respecto del aporte local de contrapartida cuando el análisis financiero demuestre que el prestatario subnacional tiene capacidad para efectuar dicho aporte en su debida oportunidad. De modo similar, no se exige extender la garantía soberana a aquellos requisitos de desempeño u obligaciones contractuales para la ejecución del proyecto que correspondan al mandato legal del prestatario subnacional. Las demás obligaciones contractuales del país, en su condición de garante, deben figurar en el contrato de garantía.

En el caso de préstamos a entidades descentralizadas, adscritas o vinculadas a entidades subnacionales. Teniendo en cuenta la competencia asignada por la ley a unas y a otras, se exigirá una garantía completa, otorgada así: (a) por el país miembro, en relación con el pago al Banco del préstamo y de los intereses y demás cargos financieros: (b) por la entidad subnacional, en relación con los demás aspectos, incluidas aquellas obligaciones contractuales cuyo cumplimiento depende de ésta.

**PRÉSTAMOS AL SECTOR PRIVADO.** Conforme a lo estipulado en el mandato del Octavo Aumento General de los Recursos, y en acuerdos posteriores de los países miembros, el Banco puede otorgar créditos directos al sector privado sin garantía gubernamental, siempre con la anuencia del gobierno del país. Esta modalidad en ningún momento deberá exceder el porcentaje de los préstamos pendientes de reembolso, sin contar los préstamos de emergencia, que establezcan las políticas del Banco para operaciones del sector privado.

89

Consultado en 2006 en el sitio web:  
[http://www.iadb.org/ext/pic/VII/OP\\_303.cfm?language=Spanish](http://www.iadb.org/ext/pic/VII/OP_303.cfm?language=Spanish)

### 13.8.3 Definición de la política de inversiones del Plan Maestro de Movilidad

#### 13.8.3.1 Recursos Disponibles

Además de los costos de inversión directa mencionados anteriormente, es necesario gastar cierta parte del costo de mantenimiento/ operación tanto en la infraestructura existente como en la infraestructura por desarrollar y en el pago del servicios de la deuda por el crédito que es necesario para alcanzar los objetivos. Sería conveniente que los recursos por ingresos disponibles descritos a continuación, se destinaran, tanto ahora como en el futuro próximo, a la inversión de la infraestructura de transporte.

- ┌ Plan de Inversión y Desarrollo Nacional. En su política de consolidación de Planes Masivos de transporte Masivo de las Ciudades existe un rubro específico que deberá ser incluido como parte del proceso de financiación.
- ┌ Sobretasa a la gasolina o impuesto a su consumo para los proyectos vinculantes al metro. Como parte de la lógica de financiamiento de los proyectos relacionados con el Metro, se podrán destinar recursos de la sobre tasa a la gasolina para alcanzar los pagos de los proyectos que no se logren cubrir con el sistema general de participaciones. Estos recursos deberán relacionarse con los procesos de sostenibilidad de las obras realizadas y como parte del pago del servicio de la deuda.
- ┌ Valorización y plusvalía para los componentes complementarios de las obras en materia de estructura física. Los proyectos que cuentan con planes de intervención que permitan cambios de uso del suelo y de uso de predios que permitan obtener aprovechamiento de plusvalía. Las obras de alto impacto podrán ser financiadas a través de valorización.
- ┌ Títulos Representativos de Derechos Adicionales de Construcción y Desarrollo: Instrumento alternativo para hacer efectiva la participación municipal en la plusvalía generada. Las administraciones previa aprobación de los concejos pueden emitir y colocar en el mercado los títulos valores equivalentes a estos derechos.
- ┌ Pagarés de Reforma Urbana: son títulos valores que pueden circular con el fin de financiar la adquisición de inmuebles que se requieran para ejecutar actuaciones urbanísticas de utilidad pública o interés social.
- ┌ Bonos de Reforma Urbana: Títulos valores que pueden circular con el fin de financiar la ejecución de las obras del plan, de las que trata el artículo 104 de la ley 9/89.

De igual manera, deberán tenerse en cuenta que para lograr hacer efectivo el plan se deberán desarrollar los siguientes procesos de gestión del suelo en el marco de las estrategias planteadas:

#### Reservas y Afectaciones:

- ┌ Reservas viales: son las áreas que en un futuro son necesarias para la construcción de obras viales, de redes de servicios públicos o equipamientos colectivos.
- ┌ Afectaciones viales: son imposiciones de restricción sobre los terrenos y/o inmuebles que se encuentren en áreas de construcción por obras públicas o protección ambiental. En estas zonas no se permite expedir licencias de construcción y son negociadas y adquiridas por la entidad que realiza la afectación

#### Adquisición de Inmuebles:

- ┌ Adquisición de inmuebles por parte del Estado (Enajenación voluntaria y Expropiación Judicial): se realiza en el cumplimiento de los objetivos de los planes de ordenamiento territorial y en coordinación con los planes y proyectos de estos mismos. Su procedimiento se establece en el Capítulo VII de la Ley 388/97.

- Anuncio del proyecto: se realizan con prioridad cuando hay proyectos urbanísticos o planes de ejecución de obras de infraestructuras. Se deberán garantizar precios accesibles al proyecto a través de la exigencia de que se hagan los descuentos de los avalúos comerciales para fijar los precios de los inmuebles para el momento de su adquisición.
- Enajenación forzosa en pública subasta: si existe incumplimiento de la función social de la propiedad.
- Expropiación Administrativa: cuando existen motivos de utilidad pública o de interés social o cuando se incumpla la función social de la propiedad; se expropian los derechos de propiedad y los demás derechos reales sobre un terreno o inmueble. Su procedimiento se establece en el Capítulo VIII de la Ley 388/97.
- Sistema General de Participaciones en sus capítulos habilitados para proyectos de infraestructura vial. Se propone utilizar el 35% de los recursos de destinación libre (10%) del SGP.
- Algunos recursos de gestión de desarrollo del suelo como los mecanismos establecidos por la Ley.

**TABLA 190.** Proyección del sistema general de participaciones por municipios.

RECURSOS MUNICIPALES POR SISTEMA DE PARTICIPACIONES - LIBRE INVERSIÓN										
MUNICIPIOS DEL ÁREA										
Año	MEDELLIN	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGUI	SABANETA	LA ESTRELLA
2008	17.418.350	671.244	3.883.314	1.367.394	845.882	2.042.923	668.427	3.036.288	894.544	1.377.067
2009	16.840.377	685.449	3.884.602	1.463.701	825.785	2.079.855	695.275	3.111.986	870.493	1.516.138
2010	16.262.404	699.654	3.885.889	1.560.009	805.689	2.116.786	722.122	3.187.684	846.442	1.655.210
2011	15.684.432	713.859	3.887.177	1.656.317	785.592	2.153.717	748.970	3.263.381	822.391	1.794.281
2012	15.106.459	728.065	3.888.464	1.752.624	765.496	2.190.648	775.818	3.339.079	798.339	1.933.353
2013	14.528.486	742.270	3.889.752	1.848.932	745.399	2.227.579	802.665	3.414.776	774.288	2.072.424
2014	13.950.513	756.475	3.891.040	1.945.239	725.303	2.264.510	829.513	3.490.474	750.237	2.211.496
2015	13.372.540	770.680	3.892.327	2.041.547	705.206	2.301.442	856.361	3.566.171	726.186	2.350.567
2016	12.794.568	784.886	3.893.615	2.137.855	685.109	2.338.373	883.208	3.641.869	702.134	2.489.639
2017	12.216.595	799.091	3.894.902	2.234.162	665.013	2.375.304	910.056	3.717.567	678.083	2.628.710
2018	11.638.622	813.296	3.896.190	2.330.470	644.916	2.412.235	936.903	3.793.264	654.032	2.767.782
2019	11.060.649	827.501	3.897.478	2.426.777	624.820	2.449.166	963.751	3.868.962	629.981	2.906.853
2020	10.482.676	841.707	3.898.765	2.523.085	604.723	2.486.097	990.599	3.944.659	605.929	3.045.925

RECURSOS DESTINADOS AL PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD											
MUNICIPIOS DEL ÁREA											
Año	MEDELLIN	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGUI	SABANETA	LA ESTRELLA	
2008	6.096.422	234.935	1.359.160	478.588	296.059	715.023	233.949	1.062.701	313.091	481.973	
2009	5.894.132	239.907	1.359.611	512.295	289.025	727.949	243.346	1.089.195	304.673	530.648	
2010	5.691.842	244.879	1.360.061	546.003	281.991	740.875	252.743	1.115.689	296.255	579.323	
2011	5.489.551	249.851	1.360.512	579.711	274.957	753.801	262.139	1.142.183	287.837	627.998	
2012	5.287.261	254.823	1.360.963	613.418	267.923	766.727	271.536	1.168.678	279.419	676.673	
2013	5.084.970	259.794	1.361.413	647.126	260.890	779.653	280.933	1.195.172	271.001	725.348	
2014	4.882.680	264.766	1.361.864	680.834	253.856	792.579	290.329	1.221.666	262.583	774.023	
2015	4.680.389	269.738	1.362.315	714.541	246.822	805.505	299.726	1.248.160	254.165	822.699	
2016	4.478.099	274.710	1.362.765	748.249	239.788	818.430	309.123	1.274.654	245.747	871.374	
2017	4.275.808	279.682	1.363.216	781.957	232.754	831.356	318.520	1.301.148	237.329	920.049	
2018	4.073.518	284.654	1.363.667	815.664	225.721	844.282	327.916	1.327.642	228.911	968.724	
2019	3.871.227	289.625	1.364.117	849.372	218.687	857.208	337.313	1.354.137	220.493	1.017.399	
2020	3.668.937	294.597	1.364.568	883.080	211.653	870.134	346.710	1.380.631	212.075	1.066.074	
<b>Total</b>	<b>63.474.835</b>	<b>3.441.962</b>	<b>17.704.230</b>	<b>8.850.839</b>	<b>3.300.126</b>	<b>10.303.522</b>	<b>3.774.283</b>	<b>15.881.656</b>	<b>3.413.578</b>	<b>10.062.305</b>	<b>140.207.338</b>

Fuente:  
elaboración propia.

Nota: \* Proyección estimada de los recursos destinados a municipios del AMVA según la inversión libre del Sistema Nacional de Participaciones Ley 715 de 2001  
\* Proyección estimada sobre el 35% los recursos destinados a municipios del AMVA según la inversión libre del Sistema Nacional de Participaciones Ley 715 de 2001  
Miles de pesos constantes 2007

De igual manera se espera que los diferentes proyectos de desarrollo urbano en las zonas afectadas financien parte de las obras establecidas en el presente plan. Para esto se presenta como necesaria la aplicación del presente régimen de gestión.

A continuación se presenta el resumen de formas de financiación por proyecto y municipio adscrito<sup>90</sup>.

90

Como lo establece el Artículo 76 de la ley 715 de 2001: "(...)Competencias del municipio en otros sectores. Además de las establecidas en la Constitución y en otras disposiciones, corresponde a los Municipios, directa o indirectamente, con recursos propios, del Sistema General de Participaciones u otros recursos, promover, financiar o cofinanciar proyectos de interés municipal y en especial ejercer las siguientes competencias(...)" "(...)76.4. En materia de transporte (...) construir y conservar la infraestructura municipal de transporte, las vías urbanas, suburbanas, veredales y aquellas que sean propiedad del municipio (...) planear e identificar prioridades de infraestructura de transporte en su jurisdicción y desarrollar alternativas viables".

**TABLA 191.** Mecanismos financiación - modelaje por SGP.

PROYECTO	VALOR TOTAL DE RECURSOS POR SGP EN LA ETAPA POR CADA MUNICIPIO AFECTADO										TOTAL SGP
	MEDELLIN	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGUI	SABANETA	LA ESTRELLA	
13	\$ 82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 82
27	\$ 1.915	-	-	-	-	-	-	\$ 531	-	-	\$ 2.447
28	\$ 1.197	-	-	-	-	\$ 358	-	-	-	-	\$ 1.555
29	\$ 1.514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1.514
32	-	-	\$ 680	-	-	-	-	-	-	-	\$ 680
40	\$ 416	-	-	-	-	\$ 358	-	-	-	-	\$ 774
41	\$ 176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 176
42	\$ 151	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 151
59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	\$ 514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 514
102	\$ 131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 131
2A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Etapa base</b>	<b>\$ 6.096</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 680</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 715</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 531</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 8.022</b>
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
151	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
57	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0
62	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0
63	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0
64	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0
65	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0
67	-	-	-	-	-	0	-	0	-	-	0
68	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
78	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
581	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
28A	\$ 4.890	-	-	-	-	\$ 1.469	-	-	-	-	\$ 6.359
85A	\$ 8.912	-	-	-	-	-	-	\$ 2.736	\$ 914	-	\$ 12.562
<b>Etapa 2010</b>	<b>\$ 13.802</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 1.469</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 2.736</b>	<b>\$ 914</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 18.921</b>

PROYECTO	VALOR TOTAL DE RECURSOS POR SGP EN LA ETAPA POR CADA MUNICIPIO AFECTADO										TOTAL SGP
	MEDELLIN	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGUI	SABANETA	LA ESTRELLA	
30	\$ 8.834	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 8.834
31	\$ 4.551	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 4.551
43	\$ 868	-	\$ 1.370	-	\$ 263	-	-	-	-	-	\$ 2.501
60	\$ 825	-	\$ 1.302	-	\$ 249	-	-	-	-	-	\$ 2.376
61	\$ 737	-	\$ 1.164	-	\$ 223	-	-	-	-	-	\$ 2.124
69	\$ 673	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 673
72	\$ 481	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 481
87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	\$ 3.854	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 3.854
93	\$ 1.367	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1.367
100	\$ 269	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 269
101	\$ 512	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 512
582	\$ 572	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 572
601	\$ 1.163	-	\$ 1.836	-	\$ 352	-	-	-	-	-	\$ 3.351
611	\$ 719	-	\$ 1.135	-	\$ 218	-	-	-	-	-	\$ 2.071
<b>Etapa 2015</b>	<b>\$ 25.425</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 6.807</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 1.304</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 33.536</b>
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	\$ 63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 63
26	\$ 165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 165
77	\$ 16.965	\$ 1.423	\$ 6.818	\$ 4.078	\$ 1.129	\$ 4.221	\$ 1.640	\$ 6.149	\$ 1.060	\$ 4.487	\$ 47.970
86	\$ 1.349	-	-	-	-	-	-	\$ 489	\$ 84	\$ 357	\$ 2.279
88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
98	\$ 170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 170
152	\$ 1.653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1.653
421	\$ 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 4
<b>Etapa 2020</b>	<b>\$ 20.368</b>	<b>\$ 1.423</b>	<b>\$ 6.818</b>	<b>\$ 4.078</b>	<b>\$ 1.129</b>	<b>\$ 4.221</b>	<b>\$ 1.640</b>	<b>\$ 6.638</b>	<b>\$ 1.145</b>	<b>\$ 4.844</b>	<b>\$ 52.303</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 65.691</b>	<b>\$ 1.423</b>	<b>\$ 14.305</b>	<b>\$ 4.078</b>	<b>\$ 2.433</b>	<b>\$ 6.405</b>	<b>\$ 1.640</b>	<b>\$ 9.905</b>	<b>\$ 2.058</b>	<b>\$ 4.844</b>	<b>\$ 112.783</b>

Fuente: elaboración propia. Nota: Millones de pesos constantes de 2007V

TABLA 192. Mecanismos financiación - modelaje por recursos propios.

PROYECTO	VALOR TOTAL DE RECURSOS PROPIOS EN LA ETAPA POR CADA MUNICIPIO AFECTADO										TOTAL RECURSOS PROPIOS DE LOS MUNICIPIOS	VALOR POR PLUSVALIA Y/O VALORIZACION
	MEDELLIN	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGUI	SABANETA	LA ESTRELLA		
13	16.807	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 16.807	
27	90.626	-	-	-	-	-	-	25.142	-	-	\$ 115.768	
28	55.716	-	-	-	-	16.635	-	-	-	-	\$ 72.351	
29	91.904	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 91.904	
32	-	-	61.159	-	-	-	-	-	-	-	\$ 61.159	
40	22.635	-	-	-	-	19.431	-	-	-	-	\$ 42.066	
41	24.824	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 24.824	
42	794	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 794	
59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
95	76.524	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 76.524	
102	26.758	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 26.758	
2A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Etapa base</b>	<b>\$ 406.589</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 61.159</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 36.066</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 25.142</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 528.955</b>	<b>\$ 0</b>
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
151	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	1.775	1.775	1.775	\$ 5.324	
57	-	-	-	-	-	-	-	7.519	-	-	\$ 7.519	\$ 3.222
62	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	\$ 0	
63	-	-	-	-	-	-	-	6.563	-	-	\$ 6.563	
64	-	-	-	-	-	-	-	7.875	-	-	\$ 7.875	
65	-	-	-	-	-	-	-	2.205	-	-	\$ 2.205	
67	-	-	-	-	-	8.268	-	5.513	-	-	\$ 11.025	
68	7.875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.875	
78	2.481	-	-	-	-	-	-	2.481	-	-	\$ 4.961	\$ 2.126
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
581	7.144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.144	\$ 3.062
28A	978	-	-	-	-	294	-	-	-	-	\$ 1.272	
85A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Etapa 2010</b>	<b>\$ 18.478</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 8.561</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 33.929</b>	<b>\$ 1.775</b>	<b>\$ 1.775</b>	<b>\$ 61.762</b>	<b>\$ 8.411</b>



PROYECTO	VALOR TOTAL DE RECURSOS PROPIOS EN LA ETAPA POR CADA MUNICIPIO AFECTADO										TOTAL RECURSOS PROPIOS DE LOS MUNICIPIOS	VALOR POR PLUSVALÍA Y/O VALORIZACIÓN
	MEDELLIN	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGUI	SABANETA	LA ESTRELLA		
30	24.941	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 24.941	\$ 14.475
31	4.149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 4.149	\$ 3.728
43	2.423	-	3.824	-	733	-	-	-	-	-	\$ 6.980	
60	2.302	-	3.634	-	696	-	-	-	-	-	\$ 6.632	
61	660	-	1.042	-	200	-	-	-	-	-	\$ 1.903	
69	10.352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 10.352	
72	7.394	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.394	
87												
90	356	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 356	
93	6.680	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 6.680	
100	4.141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 4.141	
101	7.882	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 7.882	
582	5.990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 5.990	\$ 2.812
601	2.695	-	4.255	-	815	-	-	-	-	-	\$ 7.766	\$ 4.764
611	2.143	-	3.384	-	648	-	-	-	-	-	\$ 6.175	\$ 3.534
<b>Etapa 2015</b>	<b>\$ 82.107</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 16.139</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 3.093</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 101.339</b>	<b>\$ 29.314</b>
17												
25	6.762	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 6.762	
26	692	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 692	\$ 1.999
77	1.242	104	499	298	83	309	120	450	78	328	\$ 3.511	\$ 22.063
86	7.737	-	-	-	-	-	-	2.804	484	2.046	\$ 13.071	\$ 6.579
88												
98	5.358	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 5.358	
152	16.259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 16.259	
421	290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 290	\$ 126
<b>Etapa 2020</b>	<b>\$ 38.339</b>	<b>\$ 104</b>	<b>\$ 499</b>	<b>\$ 298</b>	<b>\$ 83</b>	<b>\$ 309</b>	<b>\$ 120</b>	<b>\$ 3.254</b>	<b>\$ 561</b>	<b>\$ 2.375</b>	<b>\$ 45.943</b>	<b>\$ 30.767</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 545.513</b>	<b>\$ 104</b>	<b>\$ 77.797</b>	<b>\$ 298</b>	<b>\$ 3.175</b>	<b>\$ 44.937</b>	<b>\$ 120</b>	<b>\$ 62.325</b>	<b>\$ 2.336</b>	<b>\$ 4.149</b>	<b>\$ 737.999</b>	<b>\$ 68.492</b>

Nota: Millones de pesos constantes de 2007

Fuente: elaboración propia.

TABLA 193. Mecanismos financiación - modelaje por otros mecanismos.

PROYECTO	CONCESIÓN O LIBRE A PRIVADOS POR MERCADO	MECANISMOS DE GESTIÓN O ASOCIACIÓN
13		
27		
28		
29		
32		
40		
41		
42		
59		
70		
85		\$ 191.000
95		
102		
2A	\$ 186.638	
<b>Etapa base</b>	<b>\$ 186.638</b>	<b>\$ 191.000</b>
44	\$ 11.167	
151	\$ 3.641	
11		
57		
62		

PROYECTO	CONCESIÓN O LIBRE A PRIVADOS POR MERCADO	MECANISMOS DE GESTIÓN O ASOCIACIÓN
63		
64		
65		
67		
68		
78		
103	\$ 47.457	
104	\$ 73.238	
581		
28A	\$ 10.469	\$ 38.177
85A	\$ 8.403	\$ 99.507
<b>Etapa 2010</b>	<b>\$ 154.374</b>	<b>\$ 137.684</b>
30	\$ 37.687	\$ 58.813
31	\$ 19.542	\$ 55.025
43		
60		
61		
69		
72		
87	\$ 3.641	
90	\$ 8.403	\$ 33.703
93	\$ 3.151	\$ 11.779
100		
101		
582		
601		
611		
<b>Etapa 2015</b>	<b>\$ 72.424</b>	<b>\$ 159.321</b>
17	\$ 23.888	
25		
26		\$ 2.678
77	\$ 184.865	\$ 146.086
86	\$ 11.864	
88	\$ 2.428	
98		
152	\$ 13.958	\$ 3.953
421		
<b>Etapa 2020</b>	<b>\$ 237.002</b>	<b>\$ 152.717</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 650.438</b>	<b>\$ 640.721</b>

Fuente: elaboración propia. Nota: Millones de pesos constantes de 2007V

# 14. FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO

Los factores críticos de éxito son aquellos sin los cuales el Plan Maestro de Movilidad para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá vería comprometido su éxito. Fueron seleccionados como aquellos fenómenos con un mayor impacto a nivel de los objetivos definidos, y son los siguientes:

- Programa de factibilidad normativa e institucional (modelo de gestión).
- Gestión financiera y presupuestaria (modelo de financiación).
- Implementación secuencial de los proyectos urbanos (respetar cronograma definido por plan).
- Consideración de la complementariedad entre los proyectos.
- Integración institucional, física, tarifaria y operacional de todos los servicios de transporte público.
- Modernización del transporte público colectivo de buses, con énfasis en la estructura empresarial.
- Impulso al desarrollo del transporte público masivo y de buses rápidos.
- Desarrollo de instancias de coordinación y concertación de las entidades públicas y privadas del Valle de Aburrá, involucradas con el tema de la movilidad.
- Fortalecimiento de la planificación y de los sistemas de información sobre movilidad.
- Mejoramiento de la eficiencia y gestión de las empresas de transporte, en todos los modos de transporte.



## 15. BIBLIOGRAFÍA

- ▮ Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Directrices de Ordenamiento Territorial Metropolitano. 2006.
- ▮ Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Hacia un nuevo modelo de desarrollo metropolitano: Balance de gestión 2006. Febrero 2007. Disponible en internet en: [www.metropol.gov.co/compartidos/docs/balancedegestion2006.pdf](http://www.metropol.gov.co/compartidos/docs/balancedegestion2006.pdf)
- ▮ Betancur, María Soledad; Urán Arenas, Omar Alonso y Stienen, Ángela. Cadenas productivas y redes de acción colectiva en Medellín y el Valle de Aburrá. En: Economía, Sociedad y Territorio. Julio-Diciembre, 2001. vol.3, no.10.
- ▮ Bramezza, I. The competitiveness of the European city and the role of urban management in improving the city's performance. Erasmus Univesiteit, Róterdam. 1996.
- ▮ Carmona, Marisa. (Compiladora). Globalización y grandes proyectos urbanos. La respuesta de 25 ciudades. Buenos Aires: Ediciones Infinito, 2005.
- ▮ Cervini, Héctor. Estimación de precios de cuenta para Colombia. División de Investigación de Política de Desarrollo. BID. Washington D.C. 1990.
- ▮ DANE. Informe de Coyuntura Económica Regional – Departamento de Antioquia. Segundo Semestre de 2004. Publicado en Marzo de 2005.
- ▮ Diagnóstico del Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005-2020. Área Metropolitana, Julio de 2005.
- ▮ Díaz, Helena. Una movilidad hipertrófica e insostenible. En: El Ecologista. 2004, no 41. pp.22-23.
- ▮ Directrices de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (s.d.).
- ▮ Documentos CONPES 3260, 3307, 3349.
- ▮ Documentos de instrumentos del POT. Agosto 2003. Disponible en internet en: <http://www.minambiente.gov.co/portal/default.aspx>

- └─ Ducan, W. Jack. Management, ideas and actions. Oxford University Press, 1999.
- └─ Estudio de preinversión construcción conexión vial Valdivia Corral, Provincia de Valdivia, CITRA Ltda. Consultores en Ingeniería de Transporte. Chile (s.d.).
- └─ Fondo de Prevención y Seguridad Vial. (s.d.).
- └─ Hicks, John. A Revision of Demand Theory. Oxford University Press, 1956.
- └─ Legislación de transportes y tránsito, 2006 (s.d.).
- └─ Lineamientos generales producidos dentro del Taller de Ordenamiento Territorial Metropolitano (s.d.).
- └─ Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Licitación de servicios de taxis de Santiago. Subsecretaría de Transportes, 2006. (s.d.).
- └─ Ministerio del Medio Ambiente. Decreto 948 de 1995.
- └─ Miranda Ruiz, Leonel. Módulo de gestión social de obras. Escuela Colombiana de Ingeniería. (s.d.).
- └─ Molina Arenaza, Hércules y Del Carpio Gallegos, Javier. Financiamiento de inversiones mediante el "project finance" (Investment financing through the "project finance"). UNMSN. Lima. 2004. Disponible en internet en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932004000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932004000200012&script=sci_arttext)
- └─ Molina Giraldo, Humberto. Estudio de población y demanda de agua – proyecciones de población de Bogotá, D.C. 1995-2020. Elaborado para las Empresas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2002.
- └─ Monzón, Andrés y López-Lambas, María Eugenia. Gestión del transporte urbano. (Capítulo 7: La Gobernabilidad de las Aglomeraciones Metropolitanas de América Latina y Caribe). Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, 2003.
- └─ Nerín de la Puerta, Cristina. Urbanismo e Ingeniería Ambiental. (s.d.).
- └─ Orientaciones Metropolitanas de Ordenamiento Territorial, 1998. (s.d.).
- └─ Ortuzar Salas, et al. Modelling Transport. 1996. (s.d.).
- └─ Paegelow, Martin, et al. Modelización prospectiva del paisaje mediante sistemas de información geográfica. (s.d.).
- └─ Plan de Desarrollo Departamental: "Antioquia un hogar para la vida" (s.d.).
- └─ Plan Estratégico Ambiental Metropolitano (PEAM) (s.d.).
- └─ Plan Estratégico para Antioquia: PLANEA (s.d.).

- Plan Estratégico para Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (s.d.).
- Plan Integral de Desarrollo Metropolitano “Proyecto Metròpoli 2002-2020” (s.d.).
- Plan Nacional de Desarrollo: “Hacia un Estado Comunitario” (s.d.).
- Plan Vial Metropolitano, 1986 (s.d.).
- Plan Visión Colombia Segundo Centenario 2019. Departamento Nacional de Planeación (s.d.).
- Planes de Desarrollo Municipales de los diez municipios de la Región (s.d.).
- Planes de Ordenamiento Territorial de los 10 municipios y su compatibilidad con los demás planes (s.d.).
- Rodríguez, Alfredo y Oviedo, Enrique. Gestión urbana y gobierno de áreas metropolitanas. Cuaderno N° 34, serie “Medio Ambiente y Desarrollo”. Santiago de Chile: CEPAL – División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2001.
- Rosen, Sherwin. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 1974. vol.82, no. 1. p.34-55
- Schifter, Isaac y López Salinas, Esteban. Usos y abusos de las gasolineras. Fondo de Cultura Económica (s.f.).
- Secretaría de Educación Pública y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. 1998. Consultado en 2006. Disponible en internet en: [www.omega.ilce.edu.mx](http://www.omega.ilce.edu.mx)
- Universidad Nacional, sede Medellín. Encuesta origen-destino de viajes a hogares 2005 (EODH- 2005).
- Urban Economics Transportation Small, 1992-2007. (s.d.).
- Vásquez Sánchez, Édison y García Rendón, Jhon Jairo. Calidad ambiental y su relación con el crecimiento económico en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En: *Revista Ecos de Economía*. Universidad Eafit. Marzo, 2003. No. 16.
- Williams, H.C.W.L. On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning*. 1977. vol.9. no.3 p. 285-344.

