

TESIS DOCTORAL

**INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA DE PLANES DE
MOVILIDAD Y TRANSPORTE EN LAS CIUDADES MEDIAS
COLOMBIANAS**

AUTOR

Ing. Diego Alexander Escobar García

DIRECTOR

Dr. Manuel Herce Vallejo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

**DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE Y
DEL TERRITORIO**

PROGRAMA DE DOCTORADO

**“GESTIÓN DEL TERRITORIO E INFRAESTRUCTURAS DEL
TRANSPORTE”**

**Con el apoyo de Programa ALBAN “Programa de Becas de Alto
Nivel de la Unión Europea para América Latina”**

BARCELONA, FEBRERO DE 2.008





***Dedicado a DIOS y
al mayor apoyo de mi vida
“MI FAMILIA”***

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. OBJETO DE LA TESIS, HIPÓTESIS DE PARTIDA, CONTENIDO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN: OBJETO FINAL DE LA TESIS	3
1.2. HIPÓTESIS DE PARTIDA	7
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.4. TAREAS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADAS EN LA TESIS	28
1.5. FUENTES Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	29
2. LA PROBLEMÁTICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE URBANO EN LAS CIUDADES COLOMBIANAS	39
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MOVILIDAD URBANA EN COLOMBIA	41
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE COLECTIVO URBANO	49
2.2.1. Aspectos generales	49
2.2.2. Aspectos Específicos del sistema de transporte colectivo	55
2.2.2.1. Crecimiento demográfico y estructura urbana	55
2.2.2.2. Características de la oferta del servicio de transporte ...	58
2.2.2.3. Respecto a la Infraestructura para prestar el servicio de transporte	72
2.2.2.4. Consecuencias que agravan el deterioro del medio y revierten en el propio sistema de transportes	82
2.2.3. Aspectos Estructurales del sistema de transporte	83
3. EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y SU RELACIÓN CON LOS PLANES Y ESTUDIOS DE TRANSPORTE EN CIUDADES COLOMBIANAS: ÁMBITOS, OBJETIVOS Y MÉTODOS	91
3.1. INICIOS Y EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN URBANA EN COLOMBIA	94
3.2. PLANES Y ESTUDIOS DE TRANSPORTE EN CIUDADES COLOMBIANAS	108
3.2.1. Estudio de Transporte y Desarrollo Urbano para Bogotá. 1.970 ...	110
3.2.2. Principales Planes Maestros de Transporte Urbano	110
3.2.3. Inserción de infraestructuras tipo Metro	110
3.2.4. Sistemas de Transporte Masivo ofrecido con Buses de alta capacidad	118
3.2.5. Sistemas de Transporte Público Colectivo Urbano	129
3.3. RECURSOS HUMANOS DISPONIBLES	130
3.4. MARCO REGULATORIO Y LEGAL DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DE PASAJEROS EN COLOMBIA	134
4. LA METODOLOGÍA DE DEMANDA EN LA PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE Y LA MOVILIDAD URBANA	145
4.1. EL ENFOQUE DE DEMANDA DEL TRANSPORTE URBANO	148
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA Y PASOS QUE SE EMPLEAN EN ESTE MÉTODO	152
4.3. CRITICA A LOS ASPECTOS METODOLÓGICOS	165
4.5. EL MASTER PLAN DE TRANSPORTE URBANO DE BOGOTÁ COMO REFERENTE COLOMBIANO	181

	Pág.
5. METODOLOGÍA E INSTRUMENTAL UTILIZADO EN LOS PLANES DE TRANSPORTE DE CIUDADES MEDIAS COLOMBIANAS	197
5.1. ANÁLISIS DE CASOS: MANIZALES	200
5.1.1. Descripción General	200
5.1.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas	201
5.1.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad	205
5.1.4. Datos de enmarcamiento del problema de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos	206
5.1.5. Metodología aplicada a esos planes	218
5.1.6. Peculiaridades del estudio de reestructuración de rutas realizado por Transmilenio S.A.	236
5.1.7. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones	244
5.2. ANÁLISIS DE CASOS: IBAGUÉ	265
5.2.1. Descripción general	265
5.2.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas	267
5.2.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad	272
5.2.4. Datos de enmarcamiento del problema de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos	273
5.2.5. Metodología aplicada a esos planes	282
5.2.6. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones	311
5.3. ANÁLISIS DE CASOS: POPAYÁN	330
5.3.1. Descripción general	330
5.3.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas	332
5.3.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad	334
5.3.4. Datos de enmarcamiento del problema de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos	334
5.3.5. Metodología aplicada a esos planes	342
5.3.6. Especificidades metodológicas del estudio de reestructuración de rutas del TPCU del 2003	344
5.3.7. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones	349
5.4. ANÁLISIS DE CASOS: ARMENIA	357
5.4.1. Descripción general	357
5.4.2. Crecimiento poblacional. Evolución y perspectivas	359
5.4.3. Planes de transporte urbano elaborados para la ciudad	362
5.4.4. Datos de enmarcamiento de la movilidad urbana y del transporte, extraídos de esos documentos	364
5.4.5. Metodología aplicada a esos planes	371
5.4.6. Correspondencia entre la diagnosis efectuada y el programa de intervenciones	387
6. COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS Y RESULTADOS DE ESOS PLANES DE TRANSPORTE	409
6.1. ZONIFICACIÓN Y RECOGIDA DE INFORMACIÓN	412
6.1.1. Manizales	412
6.1.2. Ibagué	417
6.1.3. Popayán	422

	Pág.
6.1.4. Armenia	426
6.2. COMPARACIÓN DEL APARATO ANALÍTICO UTILIZADO PARA LA ESTIMACIÓN DE MATRICES FUTURAS DE VIAJES, POR MOTIVOS Y MODOS	435
6.3. ANÁLISIS COMPARADO DE LAS VARIABLES DE MOVILIDAD OBSERVADAS	445
6.4. CONSTRUCCIÓN DEL GRAFO PARA LA ASIGNACIÓN DE SOLICITACIONES A LA RED Y CARACTERÍSTICAS REFERENCIADAS..	454
6.5. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE LA DIAGNOSIS ELABORADA EN CADA PLAN Y SUS PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN	458
6.6. GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LAS PROPUESTAS DE CADA PLAN ...	462
6.6.1. Manizales	469
6.6.2. Ibagué	490
6.6.3. Armenia	505
7. ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE OFERTA VIARIA, DESARROLLO URBANO Y MOVILIDAD	519
7.1. CONSTRUCCIÓN DE LA RED VIARIA Y CRECIMIENTO URBANO	522
7.1.1. Manizales	522
7.1.2. Popayán	538
7.2. ALGUNAS CUANTIFICACIONES DEL CRECIMIENTO URBANO Y LA EVOLUCIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA EN MANIZALES	551
7.3. INTENTO DE CORRELACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LA RED VIARIA BÁSICA, EL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA Y LA VARIACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD EN LA CIUDAD DE MANIZALES	567
7.3.1. Índices de Accesibilidad considerados	570
7.3.2. Cálculo de la Accesibilidad y la Isocentralidad para los diferentes años y comparación entre éstos	572
7.3.3. Comparación cuantitativa de las áreas cubiertas por las diferentes curvas de accesibilidad obtenidas para los diferentes años	586
8. LA METODOLOGÍA DE OFERTA EN LOS PLANES DE MOVILIDAD SOSTENIBLE DE CATALUÑA	593
8.1. EL MARCO CONCEPTUAL DE LOS PLANES DE MOVILIDAD URBANA EN LAS CIUDADES EUROPEAS	595
8.1.1. Marco Conceptual de un Plan de Movilidad Sostenible	595
8.1.2. Normativa de regulación de la movilidad sostenible a nivel Europeo	598
8.1.3. Normativa española a nivel Estatal	600
8.1.4. Normativa española a Nivel Autonómico	601
8.1.5. Normativa española a nivel local	609
8.2. INDICADORES DE MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA MOVILIDAD URBANA	610
8.3. BASES DE UN ENFOQUE DE OFERTA EN LA PLANIFICACIÓN DE LA MOVILIDAD	612
8.3.1. Lectura de la red con la Teoría de Grafos	615
8.3.2. Lectura de las redes a través del análisis fractal	618

	Pág.
8.4. DIVERSAS APROXIMACIONES A LA PLANIFICACIÓN DE UNA MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE	621
8.4.1. La conformación de la oferta viaria como base de especialización del espacio para cada forma de movilidad: el ejemplo del plan director viario de Sabadell	623
8.4.2. La Filosofía de la Pacificación del Tránsito y de la Coexistencia: El ejemplo de Mataró	633
8.4.3. Indicadores Ambientales aplicados a la movilidad: El ejemplo del Prat del Llobregat	646
8.4.4. La Integración de redes en un mismo modelo: El Plan de Movilidad de Figueres	653
9. ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE OFERTA A LA PLANIFICACIÓN DE LA MOVILIDAD EN MANIZALES	667
9.1. ¿HACIA DÓNDE SE DIRIGE MANIZALES?	669
9.2. ¿HACIA DONDE ES POSIBLE EL TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO?	686
9.3. PROPUESTA DE ITINERARIOS PEATONALES	696
9.4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL SECTOR CENTRO.	700
9.5. PROPUESTA DE RED DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO. CÓMO MEJORAR LA COBERTURA ESPACIAL Y LA ACCESIBILIDAD	704
9.6. RED VIARIA BÁSICA PRIVADA PROPUESTA	711
9.7. SOBRE LAS POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PLANIFICACIÓN	715
10. CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE TESIS	717
ANEJO GRÁFICO	747
BIBLIOGRAFÍA	779

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1.1.1.	Ciudades medias colombianas 6
Fig. 1.3.1.	Estructura del modelo de transporte propuesta por Lane en los 70's . 12
Fig. 2.2.1.1.	Círculo vicioso del sistema de transporte público 51
Fig. 2.2.1.2.	Problemática del transporte público urbano de pasajeros 52
Fig. 2.2.2.1.	Variación Oferta demanda de transporte público en Popayán (1998) . 60
Fig. 2.2.2.2.	Estudio de reestructuración de rutas. Estación esmeralda. Entrando por el sur. Municipio de Popayán 61
Fig. 2.2.2.3.	Sobreoferta en el transporte público. Caso de la ciudad de Pereira ... 61
Fig. 2.2.2.4.	Vehículos de transporte público por millón de habitantes 62
Fig. 2.2.2.5.	Kilómetros de ruta de transporte público por millón de habitantes 63
Fig. 2.2.2.6.	Evolución de la Ocupación Vehicular y el tamaño del Parque de Transporte Público Urbano de Pasajeros en servicio (1976 - 2004) en Colombia 64
Fig. 2.2.2.7.	Promedio de Pasajeros transportados por vehículo al día 65
Fig. 2.2.2.8.	Evolución del total de pasajeros movilizados y el tamaño del Parque de Transporte Público Urbano de Pasajeros (1976 - 2004) en Colombia 66
Fig. 2.2.2.9.	Evolución del tamaño y composición del Parque de Transporte Público Urbano de Pasajeros (1976 - 2004) en Colombia 68
Fig. 2.2.2.10.	Distribución porcentual del parque automotor de Transporte Público Urbano de Pasajeros por tipo de vehículo en 23 ciudades. Año 2004. 69
Fig. 2.2.2.11.	Distribución porcentual de los pasajeros transportados por tipo de vehículo en 23 ciudades. Año 2004 69
Fig. 2.2.2.12.	Edad promedio del parque automotor de servicio público urbano 71
Fig. 2.2.2.13.	Cobertura de Rutas de Transporte Público Colectivo Urbano en la ciudad de Manizales (2.001) 76
Fig. 2.2.2.14.	Concentración de Rutas de Transporte Público Colectivo Urbano en la ciudad de Manizales (2.001) 76
Fig. 2.2.2.15.	Cubrimiento espacial y concentración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano en la ciudad de Bogotá antes de Transmilenio (1.997) 77
Fig. 2.2.2.16.	Sistema de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano en la ciudad de Ibagué (2.000) 77
Fig. 2.2.2.17.	Concentración de rutas de Transporte Público Colectivo Urbano en la zona céntrica de la ciudad de Ibagué (2.000) 78
Fig. 2.2.2.18.	Crecimiento de la tarifa en términos porcentuales entre 1.995 y 2.000 en la ciudad de Bogotá 81
Fig. 3.1.1.	Mapa de la ciudad de Medellín, en 1.790 y 1.889 95
Fig. 3.1.2.	Plano de Cartagena. 1.597 95
Fig. 3.1.3.	Tranvía y Ferrocarril en Bogotá XX. Plano de 1.933 98
Fig. 3.1.4.	Propuesta "Medellín Futuro". 1.914 99
Fig. 3.1.5.	Propuesta "Bogotá Futuro" 100
Fig. 3.1.6.	Plan Centro de Bogotá por Karl Brunner 100
Fig. 3.1.7.	Ciudad de Barranquilla y Barrio El Prado. 1.920 101
Fig. 3.1.8.	Proyecto de Ciudad satélite para Bogota 102
Fig. 3.1.9.	Plan de Le Corbusier para Bogotá. 1961 103

	Pág.
Fig. 3.1.10.	Propuestas de Sectorización Zonificación y Plan Vial, en la ciudad de Valledupar, 1.967 104
Fig. 3.1.11.	Aplicación de la propuesta de “Ciudades dentro de la Ciudad” y Alternativas de Rutas para Transporte Masivo para la ciudad de Bogotá. 1.974 106
Fig. 3.2.1.1.	Plan de Estructura para Bogotá. 1.980 109
Fig. 3.2.3.1.	Integración Metro Cable, Metro e intervención urbanística en Medellín. 2006 112
Fig. 3.2.3.2.	Estructura urbana y propuesta de un sistema de transporte masivo tipo Metro para Bogotá. 1.981 113
Fig. 3.2.3.3.	Trazado propuesto para el SITM Metro para Bogotá. 1.998 115
Fig. 3.2.3.4.	Proyecto de SITM (Tren Ligero) para la ciudad de Santiago de Cali .. 117
Fig. 3.2.4.1.	Sistema Transmilenio. Bogotá 119
Fig. 3.2.4.2.	Cobertura del Proyecto Transmilenio en Bogotá. 2.000 120
Fig. 3.2.4.3.	Proyecto de SITM para la ciudad de Santiago de Cali 121
Fig. 3.2.4.4.	Proyecto del Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros para el Área Metropolitana de Centro Occidente (AMCO) 123
Fig. 3.2.4.5.	Proyecto del Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros para el Distrito de Cartagena 124
Fig. 3.2.4.6.	Proyecto del Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros para el Área Metropolitana de Bucaramanga. 2.003 126
Fig. 3.2.4.7.	Corredores de Metroplus considerados en el Valle de Aburrá 127
Fig. 3.2.4.8.	Proyecto propuesto para Barranquilla y su Área metropolitana. 2.004 128
Fig. 3.4.1.	Marco Jurídico Colombiano para el Ordenamiento Territorial 143
Fig. 4.1.1.	La cuantificación del tráfico como herramienta de predicción (Munich, 1.953) 150
Fig. 4.2.1.	Esquema procesal de los “cuatro pasos” de un modelo de demanda . 153
Fig. 4.2.2.	Esquema del procedimiento de aplicación de un modelo de demanda a la planificación del transporte 154
Fig. 4.2.3.	Diversas variables explicativas de la movilidad referenciadas por zonas 155
Fig. 4.2.4.	Expresión gráfica de las matrices O-D como líneas de deseo 156
Fig. 4.2.5.	Ensayos de asignación con diferentes opciones de variables 158
Fig. 4.2.6.	Distribución de la movilidad a lo largo del día 159
Fig. 4.2.7.	Grafo del AMB de Barcelona 160
Fig. 4.2.8.	Determinación de rutas de camino mínimo 161
Fig. 4.2.9.	Curvas para asignación según tiempos de recorrido en rutas alternativas 161
Fig. 4.2.10.	Araña de tráfico del núcleo central de Madrid 162
Fig. 4.2.11.	Estimación de la carga futura de un eje viario por métodos de demanda 163
Fig. 4.2.12.	Carga actual y proyección a quince años del tránsito en Monterrey (Méjico) 164
Fig. 4.3.1.	Correlaciones entre variables básicas de viajes deducidas de diversos planes de Transporte 167
Fig. 4.3.2.	Políticas combinadas para la reducción de la dependencia de la movilidad urbana respecto del vehículo privado 169

	Pág.
Fig. 4.3.3.	Puntas actuales de distribución de tráfico en Barcelona 169
Fig. 4.3.4.	Distribución modal de los viajes motorizados en grandes ciudades ... 170
Fig. 4.3.5.	Estimación de la carga futura de la variante de Tarragona de 1975, con casi vaciado del resto de la trama urbana 171
Fig. 4.3.6.	Carga actual de la red viaria de Tarragona, con equilibrio de rutas 171
Fig. 4.3.7.	Velocidades adecuadas a cada nivel de servicio de funcionamiento de la vía 173
Fig. 4.3.8.	Curvas de densidad-velocidad para estimar la capacidad de una vía . 173
Fig. 4.3.9.	Localización de áreas comerciales en el entorno de las áreas con ganancia de accesibilidad por motivo de construcción de la red viaria básica de Barcelona 92 175
Fig. 4.4.1.	Evolución reciente del uso por modos en las ciudades españolas (el ejemplo del área metropolitana de Sevilla) 177
Fig. 4.4.2.	La lógica organizativa de las redes arteriales viarias urbanas (red arterial de Valencia, 1.976) 178
Fig. 4.4.3.	Autopista Urbana proyectada con la sollicitación en hora pico (Caracas) 179
Fig. 4.4.4.	Congestión de autobuses en la carrera once de Bogotá 180
Fig. 4.5.1.	Superposición de la zonificación adoptada para el estudio y los distritos 182
Fig. 4.5.2.	Clasificación de viajes según propósitos. Bogotá. 1.996 183
Fig. 4.5.3.	Clasificación de viajes por sistemas de transporte. Bogotá 1.996 183
Fig. 4.5.4.	Distribución modal por niveles de ingresos. Bogotá. 1.996 185
Fig. 4.5.5.	Líneas de deseo de la movilidad en vehículo privado, resumidas por distritos. Bogotá. 1.996 185
Fig. 4.5.6.	Esquema procesual del modelo de distribución modal. Bogotá 1.996. 189
Fig. 4.5.7.	Grafo de la red básica de vehículo privado. Bogotá. 1.996 190
Fig. 4.5.8.	Velocidades estimadas en hora punta. Bogotá. 1.996 190
Fig. 4.5.9.	Aforos de la red básica viaria. Bogotá 1.996 191
Fig. 4.5.10.	Matrices del año de observación para diferentes motivos y modos. Bogotá. 1.996 192
Fig. 4.5.11.	Comparación de la matriz estimada de total viajes interzonales para el 2020 con la observada en el año 1995. Bogotá 193
Fig. 4.5.12.	Asignación de tráfico 2.020 a la red existente. Bogotá. 1.996 194
Fig. 4.5.13.	Secciones propuestas para desdoblamiento de autopistas urbanas en doble nivel. Bogotá. 1.996 195
Fig. 5.1.1.1.	Ubicación de la ciudad de Manizales 201
Fig. 5.1.2.1.	Crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Manizales 202
Fig. 5.1.4.1.	Malla Virtual de Santiago de Cali 207
Fig. 5.1.4.2.	Viajes diarios según el propósito, Manizales y Villamaría 213
Fig. 5.1.4.3.	Histograma de los viajes en TPCU observados en el área de estudio, 2005 214
Fig. 5.1.4.4.	Distribución según propósito de los viajes en el área de estudio para las diferentes horas pico, 2005 215
Fig. 5.1.4.5.	Distribución según modo de transporte de los viajes en el área de estudio para las diferentes horas pico, 2005 216
Fig. 5.1.4.6.	Patrones de movilidad peatonal en la zona centro 218
Fig. 5.1.5.1.	Red Vial en el área de estudio, Manizales y Villamaría, 2.005 226

	Pág.
Fig. 5.1.5.2.	Dispersión de resultados de la asignación de tráfico (Modo Privado) en la hora pico de la mañana 06:30 – 07:30, ciudad de Manizales y Villamaría 231
Fig. 5.1.5.3.	Asignación de tráfico para el área de estudio en la hora pico de la mañana 6:30 – 7:30. 2005 232
Fig. 5.1.5.4.	Asignación de tráfico para el área de estudio en la hora pico de la tarde 18:00 – 19:00. 2.005 232
Fig. 5.1.5.5.	Sistema de rutas de TPCU del área de estudio. 2005 233
Fig. 5.1.5.6.	Dispersión de resultados de la asignación de TPCU en la hora pico de la mañana 06:30 – 07:30, ciudad de Manizales y Villamaría 234
Fig. 5.1.5.7.	Asignación de pasajeros en TPCU para el área de estudio en la hora pico de la mañana 6:30 – 7:30. 2005 235
Fig. 5.1.5.8.	Asignación de pasajeros en TPCU para el área de estudio en la hora pico de la tarde 18:00 – 19:00. 2005 235
Fig. 5.1.6.1.	Curva de calibración final escenario base. Hora pico de la mañana .. 239
Fig. 5.1.6.2.	Correlación de abordajes por empresa en hora pico de la mañana ... 239
Fig. 5.1.6.3.	Variación de la carga de pasajeros con variaciones de la distancia ... 241
Fig. 5.1.6.4.	Variación de la carga de pasajeros con variaciones del tiempo de viaje 241
Fig. 5.1.7.1.	Imagen de ausencia de aceras peatonales, sector Centro de Manizales 247
Fig. 5.1.7.2.	Localización de zonas aptas para el desarrollo según estratos económicos 249
Fig. 5.1.7.3.	Proyecto Avenida Sesquicentenario 258
Fig. 5.1.7.4.	Proyecto Variante Sur 259
Fig. 5.1.7.5.	Proyecto Intersección Av. Gilberto Alzate Avendaño con Av. Bernardo Arango 259
Fig. 5.1.7.6.	Intersección Plaza Alfonso López Pumarejo. 260
Fig. 5.1.7.7.	Proyecto Túnel Calle 52 260
Fig. 5.1.7.8.	Detalle del Proyecto Túnel Calle 52 261
Fig. 5.1.7.9.	Proyecto conexión INEM – ICA 261
Fig. 5.1.7.10.	Proyecto Avenida Colón 262
Fig. 5.1.7.11.	Proyecto Avenida del Ferrocarril (Primera fase) 263
Fig. 5.1.7.12.	Proyecto Avenida del Guamo Fase III 264
Fig. 5.1.7.13.	Proyecto Conexión Sancancio Lusitania 264
Fig. 5.2.1.1.	Ubicación de la ciudad de Ibagué 265
Fig. 5.2.2.1.	Variación y proyecciones de la población de Ibagué, según el DANE. 268
Fig. 5.2.2.2.	Crecimiento de la mancha urbana del Municipio de Ibagué 270
Fig. 5.2.2.3.	Zonas que conforman el centro expandido de Ibagué. Año 2000 271
Fig. 5.2.2.4.	División política por comunas del municipio de Ibagué 272
Fig. 5.2.4.1.	Distribución de los viajes realizados por las personas encuestadas en la EDH según el propósito del viaje 274
Fig. 5.2.4.2.	Distribución de los viajes realizados por las personas encuestadas en la EDH según el modo de transporte empleado 274
Fig. 5.2.4.3.	Red Vial simplificada de Ibagué. 2000 278
Fig. 5.2.4.4.	Histograma de los viajes diarios observados en Ibagué según EDH. 2000 279
Fig. 5.2.4.5.	Distribución por propósito de los viajes de Ibagué para las diferentes horas pico. 2000 280

	Pág.
Fig. 5.2.4.6. Distribución por modo de transporte de los viajes de Ibagué para las diferentes horas pico. 2000	281
Fig. 5.2.5.1. Relación de Generación y Atracción de viajes por zona en Ibagué	286
Fig. 5.2.5.2. Ejemplo de evaluación de los resultados de los modelos de distribución de viajes para el municipio de Ibagué	292
Fig. 5.2.5.3. Ejemplo de evaluación de los resultados finales de los modelos de distribución de viajes, empleando la matriz de factores k, para Ibagué	294
Fig. 5.2.5.4. Correlación de la asignación de tráfico en la hora pico 06:15 – 07:15.	301
Fig. 5.2.5.5. Correlación de la asignación de tráfico en la hora pico 12:00 – 13:00.	301
Fig. 5.2.5.6. Dispersión de los resultados de velocidad (Km./h) encontrados en la asignación de tráfico de Ibagué en la hora pico 06:15 – 07:15	302
Fig. 5.2.5.7. Dispersión de los resultados de velocidad (Km./h) encontrados en la asignación de tráfico de Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00	302
Fig. 5.2.5.8. Asignación del tráfico (Modo Privado) para Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00	303
Fig. 5.2.5.9. Características de las rutas de Transporte Público Colectivo de Ibagué. 2.000	304
Fig. 5.2.5.10. Dispersión de los resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 06:15 – 07:15	306
Fig. 5.2.5.11. Dispersión de los resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00	307
Fig. 5.2.5.12. Asignación de viajes en el Transporte Público Colectivo de Ibagué en la hora pico 12:00 a 13:00	308
Fig. 5.2.6.1. Participación del Parque automotor de TPCU por empresa	313
Fig. 5.2.6.2. Ocupación vehicular – Consolidado. Después de la reestructuración .	315
Fig. 5.2.6.3. Ruta 1 – Análisis de Ascenso y Descenso de pasajeros, Hora pico A.M.	316
Fig. 5.2.6.4. Ruta 1 – Análisis de Ascenso y Descenso de pasajeros, Hora Valle P.M.	316
Fig. 5.2.6.5. Pronóstico de las líneas de deseo de los viajes diarios en Ibagué en el escenario P.O.T., 2.009	323
Fig. 5.2.6.6. Pronóstico de las líneas de deseo de los viajes diarios en Ibagué en el escenario Alternativo P.O.T., 2.009	325
Fig. 5.3.1.1. Ubicación de la ciudad de Popayán	331
Fig. 5.3.1.2. División por comunas y sus correspondientes áreas del municipio de Popayán	332
Fig. 5.3.4.1. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el propósito, en el municipio de Popayán. 1.984	337
Fig. 5.3.4.2. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el modo de transporte, en el municipio de Popayán. 1.997	338
Fig. 5.3.4.3. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el propósito, en el municipio de Popayán. 1.997	339
Fig. 5.3.4.4. Variación horaria de los viajes de las personas en servicio de TPCU en el municipio de Popayán. 2003	340
Fig. 5.3.4.5. Distribución de los viajes diarios en TPCU según el propósito en el municipio de Popayán. 2003. (de las 6 a las 20 horas)	341
Fig. 5.3.6.1. Relación general entre dos zonas de transporte	346

	Pág.
Fig. 5.3.7.1.	Volumen de pasajeros en TPCU diarios (12 horas), entre 6:00 y 20:00 355
Fig. 5.3.7.2.	Volumen de vehículos de TPCU diarios (12 horas), entre 6:00 y 20:00 355
Fig. 5.4.1.1.	Ubicación de la ciudad de Armenia 358
Fig. 5.4.2.1.	Series y Proyecciones de población en la ciudad de Armenia 360
Fig. 5.4.2.2.	División por comunas de la zona urbana del municipio de Armenia ... 361
Fig. 5.4.4.1.	Distribución Modal de los viajes en la ciudad de Armenia, 2006 367
Fig. 5.4.4.2.	Distribución de los viajes según el propósito en la ciudad de Armenia, 2006 368
Fig. 5.4.4.3.	Fluctuación horaria de los viajes en la ciudad de Armenia, 2006 369
Fig. 5.4.5.1.	Zonas atractoras de viajes en el Municipio de Armenia, 2.006 377
Fig. 5.4.5.2.	Zonas generadoras de viajes en el Municipio de Armenia, 2.006 378
Fig. 5.4.5.3.	Ingreso de datos de cada intersección, 2.006 384
Fig. 5.4.5.4.	Simulación de tráfico en la hora pico de Armenia, 2.006 384
Fig. 5.4.5.5.	Asignación de viajes privados en la zona centro de Armenia, 2.006 .. 387
Fig. 5.4.5.6.	Asignación de viajes privados en el área de estudio. 2.006 388
Fig. 5.4.6.1.	Esquema general del Proyecto 1 401
Fig. 5.4.6.2.	Esquema general de la Alternativa 1 del Proyecto 2 403
Fig. 5.4.6.3.	Esquema general de la Alternativa 2 del Proyecto 2 403
Fig. 5.4.6.4.	Esquema general de la Alternativa 3 del Proyecto 2 404
Fig. 5.4.6.5.	Esquema general del Proyecto 3 405
Fig. 5.4.6.6.	Esquema general del Proyecto 4 407
Fig. 5.4.6.7.	Esquema general del Proyecto 5 407
Fig. 5.4.6.8.	Esquema general del Proyecto 6 408
Fig. 6.1.1.1.	ZAT's del Plan de Movilidad 2005 que limitan con Vías Arterias Principales 414
Fig. 6.1.2.1.	Zonificación del municipio de Ibagué usada en el PPTT 2.000 418
Fig. 6.1.2.2.	Zonificación aplicada en el municipio de Ibagué. 2.000 419
Fig. 6.1.3.1.	Zonificación del área de estudio, municipio de Popayán. 1.984 423
Fig. 6.1.3.2.	Zonificación del área de estudio, municipio de Popayán. 2003 423
Fig. 6.1.4.1.	Zonificación del área de estudio, Armenia, Universidad del Quindío. 2006 430
Fig. 6.1.4.2.	Zonificación del área de estudio, Armenia, Universidad Nacional de Colombia. 2006 432
Fig. 6.3.1.	Comparación del reparto de los viajes totales por motivo del viaje en ciudades medias Colombianas 448
Fig. 6.3.2.	Comparación del reparto de los viajes totales por modo de transporte en ciudades medias Colombianas 448
Fig. 6.3.3.	Regresión Población Urbana Vs. Viajes Totales 449
Fig. 6.3.4.	Regresión Población Urbana Vs. Viajes (Excluyendo viajes a pie) ... 450
Fig. 6.3.5.	Regresión Población Urbana Vs. Movilidad Obligada (Trabajo + Estudio) 451
Fig. 6.3.6.	Regresión Población Urbana Vs. Ratio de Viajes Totales / Hab. / Día. 452
Fig. 6.3.7.	Regresión Logarítmica Población Urbana Vs. Ratio de Viajes Totales / Hab. / Día, eliminando los datos más desviados de la regresión 452
Fig. 6.3.8.	Regresión Población Urbana Vs. Viajes Totales (Excluyendo viajes a pie)/Hab./Día 453

	Pág.
Fig. 6.3.9. Regresión Logarítmica Población Urbana Vs. Viajes Totales (Excluyendo viajes a pie) / Hab. / Día, eliminando los datos más desviados de la regresión	454
Fig. 6.4.1. Red de Transporte Público Colectivo de Ibagué. 2.000	457
Fig. 6.6.1.1. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 1.991	463
Fig. 6.6.1.2. Esquema para un Sistema Integrado de Transporte	465
Fig. 6.6.1.3. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 2.005	466
Fig. 6.6.1.4. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 2.005 y su relación con la generación y atracción de viajes diarios totales en dicho año	467
Fig. 6.6.1.5. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 2.005 y su relación con la generación y atracción de viajes motorizados en la Hora Pico en dicho año.	468
Fig. 6.6.1.6. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y su relación con la generación y atracción de viajes de vehículos particulares en la Hora Pico para el año 2.010	471
Fig. 6.6.1.7. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y su relación con la generación y atracción de viajes de vehículos particulares en la Hora Pico para el año 2.015	471
Fig. 6.6.1.8. Esquema de movilidad propuesto, ciudad descentralizada. 2.005	472
Fig. 6.6.1.9. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 2.005 y su relación con la Generación y Atracción de viajes diarios en TPCU en dicho año	473
Fig. 6.6.1.10. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 2.005 y su relación con la Generación y Atracción de viajes en TPCU en la Hora Pico	473
Fig. 6.6.1.11. Propuesta de cable aéreo con estaciones y sus ZAT's de movilidad aferentes	474
Fig. 6.6.1.12. Rutas 1 a 6, propuestas por Transmilenio S.A.	477
Fig. 6.6.1.13. Rutas 7 a 12, propuestas por Transmilenio S.A.	478
Fig. 6.6.1.14. Rutas 13 a 18, propuestas por Transmilenio S.A.	479
Fig. 6.6.1.15. Rutas 19 a 24, propuestas por Transmilenio S.A.	480
Fig. 6.6.1.16. Rutas 25 a 30, propuestas por Transmilenio S.A.	481
Fig. 6.6.1.17. Rutas 31 a 36, propuestas por Transmilenio S.A.	482
Fig. 6.6.1.18. Rutas 37 y 38, propuestas por Transmilenio S.A.	485
Fig. 6.6.1.19. Ejemplo de paraderos propuestos sobre un tramo de la Av. Santander	492
Fig. 6.6.1.20. Terminales de ruta propuestos y existentes en dos zonas de la ciudad.	486
Fig. 6.6.1.21. Troncales propuestas para el Sistema Integrado de Transporte	488
Fig. 6.6.1.22. Zonas de alimentación propuestas para el Sistema Integrado de Transporte	489
Fig. 6.6.2.1. Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad 2.000	491
Fig. 6.6.2.2. Relación de las Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y la generación y atracción de viajes diarios totales y viajes diarios motorizados	492
Fig. 6.6.2.3. Relación de las Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y la generación y atracción de viajes motorizados en la Hora Pico (PM)	494

	Pág.
Fig. 6.6.2.4. Relación de las Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y la generación y atracción de viajes en la Hora Pico (PM), proyección al año 2.003	496
Fig. 6.6.2.5. Relación de las Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y la generación y atracción de viajes en la Hora Pico (PM), proyección al año 2.006	497
Fig. 6.6.2.6. Relación de las Propuestas de intervención sobre la red vial de la ciudad y la generación y atracción de viajes en la Hora Pico (PM), proyección al año 2.009	498
Fig. 6.6.2.7. Número de vehículos por ZAT, proyección al año 2.009	500
Fig. 6.6.2.8. Densidad de población (Hab./Ha) para el años 2.000 y la proyectada para el año 2.009, respectivamente	500
Fig. 6.6.2.9. Paraderos propuestos sobre el andén Corredor Av. Jordán. 2.000 ...	501
Fig. 6.6.2.10. Esquema del sistema de rutas de servicio público colectivo, Ibagué. 2.003	504
Fig. 6.6.3.1. Proyectos de Infraestructura vial propuestos en la zona urbana del municipio	510
Fig. 6.6.3.2. Relación entre la generación y atracción de viajes diarios en todos los modos de transporte y los Proyectos de Infraestructura vial propuestos en la zona urbana del municipio	520
Fig. 6.6.3.3. Relación entre la generación y atracción de viajes motorizados diarios y los Proyectos de Infraestructura vial propuestos en la zona urbana del municipio	522
Fig. 6.6.3.4. Relación entre la generación de viajes motorizados en la hora pico y los Proyectos de Infraestructura vial propuestos en la zona urbana del municipio	516
Fig. 6.6.3.5. Relación entre la atracción de viajes motorizados en la hora pico y los Proyectos de Infraestructura vial propuestos en la zona urbana del municipio	517
Fig. 7.1.1.1. Vistas Panorámicas de la ciudad de Manizales	522
Fig. 7.1.1.2. Primer Plano urbano de Manizales	524
Fig. 7.1.1.3. Primer Período de crecimiento (1.848 – 1.900) y principales caminos.	525
Fig. 7.1.1.4. Segundo Período de crecimiento (1.900 – 1.930) y principales caminos	526
Fig. 7.1.1.5. Tercer Período de crecimiento (1.930 – 1.950) y principales caminos.	528
Fig. 7.1.1.6. Cuarto Período de crecimiento (1.950 – 1.960) y principales vías	531
Fig. 7.1.1.7. Quinto Período de crecimiento (1.960 – 1.970) y principales vías	532
Fig. 7.1.1.8. Quinto Período de crecimiento (1.970 – 1.980) y principales vías	534
Fig. 7.1.1.9. Sexto Período de crecimiento (1.980 – 1.993) y principales vías	535
Fig. 7.1.1.10. Séptimo Período de crecimiento (1.993 – 2.006) y principales vías ...	536
Fig. 7.1.1.11. Crecimiento de la Mancha Urbana y Vías Principales. Municipio de Manizales (Caldas – Colombia)	539
Fig. 7.1.2.1. Primer Período de crecimiento (1.537 – 1.810) y principales caminos.	541
Fig. 7.1.2.2. Segundo Período de crecimiento (1.810 – 1.906) y principales caminos	542
Fig. 7.1.2.3. Tercer Período de crecimiento (1.906 – 1.948) y principales caminos.	543
Fig. 7.1.2.4. Cuarto Período de crecimiento (1.948 – 1.957) y principales vías	544
Fig. 7.1.2.5. Quinto Período de crecimiento (1.957 – 1.975) y principales vías	545
Fig. 7.1.2.6. Sexto Período de crecimiento (1.975 – 1.983) y principales vías	546

	Pág.
Fig. 7.1.2.7.	Séptimo Período de crecimiento (1.983 – 1.985) y principales vías ... 547
Fig. 7.1.2.8.	Octavo Período de crecimiento (1.985 – 2.006) y principales vías 548
Fig. 7.1.2.9.	Crecimiento de la Mancha Urbana y Vías Principales. Municipio de Popayán 549
Fig. 7.3.3.1.	Relación entre porcentaje de Área Acumulada y tiempo cubierto por las curvas de accesibilidad 588
Fig. 8.3.1.	Aplicación de indicadores de accesibilidad al estudio de redes viarias 613
Fig. 8.3.2.	Imágenes de la Ronda de Barcelona 614
Fig. 8.3.1.1.	Grafo de la red viaria del Área metropolitana de Barcelona 616
Fig. 8.3.1.2.	Curvas isocronas de una red continua o discontinua 617
Fig. 8.3.1.3.	Gradiente de cobertura de una red de transporte colectivo 618
Fig. 8.3.2.1.	Formas fractales en la naturaleza 619
Fig. 8.3.2.2.	Relación logarítmica según estadios de desarrollo de una figura fractal 619
Fig. 8.3.2.3.	Utilización del análisis fractal para un proyecto viario 620
Fig. 8.3.2.4.	Utilización del análisis fractal en la planificación de la red de transporte colectivo de infraestructura fija de l'Ile de France 621
Fig. 8.4.1.	Arañas de tráfico anterior y prevista por la construcción de las Rondas 622
Fig. 8.4.1.1.	Municipio de Sabadell y Plan General de Ordenación Urbana 623
Fig. 8.4.1.2.	Listado de Propuestas de Intervención del Plan Director Viari de Sabadell 624
Fig. 8.4.1.3.	Ejemplo de alguna propuesta de intervención sobre el espacio viario. 625
Fig. 8.4.1.4.	Cobertura de la red actual y propuesta de autobuses urbanos 626
Fig. 8.4.1.5.	Curvas isócronas del análisis topológico de la red viaria. Accesibilidad desde accesos a la ciudad, centralidades (accesibilidad combinada) de la red interna 627
Fig. 8.4.1.6.	Áreas de equipamientos e itinerarios peatonales 628
Fig. 8.4.1.7.	Expresión de la movilidad en el Municipio de Sabadell 629
Fig. 8.4.1.8.	Araña resultante del modelo de demanda y araña a conseguir con modificaciones de capacidad y velocidad en cada arco 631
Fig. 8.4.1.9.	Tratamiento de la circulación de penetración al centro 632
Fig. 8.4.2.1.	Indicadores de red viaria básica, local y vecinal, actual y propuesta .. 636
Fig. 8.4.2.2.	Áreas Ambientales delimitadas por la red viaria básica. Mataró 638
Fig. 8.4.2.3.	Área Ambiental Plaza de Cuba. Mataró 639
Fig. 8.4.2.4.	Red Cívica propuesta Mataró 641
Fig. 8.4.2.5.	Transformación de calles en el área ambiental Escorxador – Ronda Cervantes 642
Fig. 8.4.2.6.	Circulación general en la ciudad. Plaza de Granollers 643
Fig. 8.4.2.7.	Red viaria básica del sector centro de Mataró y propuestas de intervención 644
Fig. 8.4.2.8.	Fotografías Sector centro de Mataró 645
Fig. 8.4.3.1.	Compacidad Corregida y sistemas de espacios públicos y de movilidad. Antes y Después. Prat del Llobregat 649
Fig. 8.4.3.2.	Distribución de calles con dos aceras con a menor a 2,5 m. Antes y Después. Prat del Llobregat 649
Fig. 8.4.3.3.	Complejidad y calles peatonales. Antes y Después. Prat del Llobregat 651

	Pág.
Fig. 8.4.3.4. Población nacida en el Prat y población nacida en otros sitios (2.001). Prat de Llobregat	653
Fig. 8.4.4.1. Movilidad en la ciudad de Figueres	655
Fig. 8.4.4.2. Generación y Atracción de viajes en la ciudad de Figueres	656
Fig. 8.4.4.3. Líneas de transporte colectivo y cobertura ofrecida	658
Fig. 8.4.4.4. Ampliaciones de cobertura con cambios de frecuencias y paradas ...	658
Fig. 8.4.4.5. Inventario de red peatonal y ancho de aceras	659
Fig. 8.4.4.6. Propuesta de Ronda exterior para el Plan Director Territorial	662
Fig. 8.4.4.7. Plan Viario Básico y asignaciones vehiculares antes y después de completar la ronda exterior	663
Fig. 8.4.4.8. Red peatonal propuesta, detalle del sector centro. Figueres	664
Fig. 9.2.1. Variación de la utilidad y la cobertura del TPCU en función de la frecuencia	686
Fig. 9.2.2. Relación entre Capacidad de cada transporte y la distancia entre estaciones	687
Fig. 9.4.1. Estrategias de direccionamiento	701

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1.1.	Movilidad en ciudades medias Colombianas 43
Tabla 2.1.2.	Evolución de la distribución modal en las principales ciudades Colombianas 44
Tabla 2.1.3.	Evolución de la Población y del Grado de Motorización en Colombia 46
Tabla 2.1.4.	Clasificación del parque Automotor registrado en Colombia para el año 2.007 46
Tabla 2.1.5.	Uso del vehículo privado según nivel de estudios en España 49
Tabla 2.2.2.1.	Total de habitantes en algunos departamentos de Colombia y en sus capitales municipales 56
Tabla 2.2.2.2.	Porcentaje de Ocupación Vehicular del transporte público en Bogotá (1999) 58
Tabla 2.2.2.3.	Porcentaje de Ocupación Vehicular del transporte público en Manizales (2005) 59
Tabla 2.2.2.4.	Porcentajes de Ocupación Vehicular del transporte público en Ibagué (2000) 59
Tabla 2.2.2.5.	Evolución de la Inversión total en el sector Transporte. (Millones de Dólares 2.003) 73
Tabla 2.2.2.6.	Plan de Inversiones para el período 2.004 – 2.010. (Cifras en Millones de Dólares) 73
Tabla 3.3.1.	Programas educativos a nivel de postgrado en Colombia 133
Tabla 4.5.1.	Porcentajes de viajes según motivos y modos, excluyendo viajes a pie y en bicicleta. Bogotá. 1996 184
Tabla 4.5.2.	Parámetros ajustados de los factores de peso de las variables en los modelos de atracción y generación de viajes. Bogotá 1.996 186
Tabla 4.5.3.	Parámetros de ajuste de la distribución modal y Parámetros del Modelo Intrazonal, respectivamente. Bogotá 1.996 188
Tabla 4.5.4.	Ajuste factorial de la distribución modal. Bogotá. 1.996 188
Tabla 4.5.5.	Escenarios de población futura. Bogotá. 1996 191
Tabla 4.5.6.	Parque móvil de vehículos privados (carros) Bogotá 1.995 193
Tabla 5.1.1.1.	Información General de la ciudad de Manizales 201
Tabla 5.1.2.1.	Crecimiento Poblacional Histórico de la ciudad de Manizales 200
Tabla 5.1.2.2.	Zonas aptas para el desarrollo urbano, por comuna en Manizales ... 203
Tabla 5.1.2.3.	Expectativas de Crecimiento poblacional en la ciudad de Manizales 204
Tabla 5.1.4.1.	Vectores de atracción y generación de viajes en el estudio del 2001 208
Tabla 5.1.4.2.	Información por comunas, ciudad de Manizales 210
Tabla 5.1.4.3.	Índices de Viajes según características socioeconómicas de la población, ciudad de Manizales y Villamaría 212
Tabla 5.1.4.4.	Importancia relativa de Villamaría con relación a Manizales 212
Tabla 5.1.4.5.	Resumen general de viajes realizados según la encuesta de Hogares 212
Tabla 5.1.4.6.	Porcentaje de Viajes diarios según el propósito, Manizales y Villamaría 213
Tabla 5.1.4.7.	Viajes en las horas pico en Transporte público, ciudad de Manizales y Villamaría 214
Tabla 5.1.4.8.	Participación porcentual de los propósitos de viaje en las horas pico, 2005 215

	Pág.
Tabla 5.1.4.9.	Participación porcentual de los modos de transporte en las horas pico, 2005 215
Tabla 5.1.4.10.	Distribución de Viajes diarios según el modo de transporte 217
Tabla 5.1.4.11.	Distribución de las distancias y tiempos de viaje recorridos en modo de transporte a pie en el área de estudio 217
Tabla 5.1.5.1.	Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por propósito, ciudad de Manizales y Villamaría 221
Tabla 5.1.5.2.	Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por modo de transporte 222
Tabla 5.1.5.3.	Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por propósito, ciudad de Manizales y Villamaría 222
Tabla 5.1.5.4.	Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por modo de transporte, ciudad de Manizales y Villamaría 223
Tabla 5.1.5.5.	Expresiones matemáticas de las funciones de impedancia en el modelo de gravedad para la distribución de viajes 224
Tabla 5.1.5.6.	Calibración de la funciones de impedancia para las matrices de viajes diarios, Manizales, 2.005 228
Tabla 5.1.5.7.	Viajes en Modo TPCU en las Hora Pico, ciudad de Manizales y Villamaría 234
Tabla 5.1.6.1.	Abordajes por empresa en hora pico de la mañana 239
Tabla 5.1.6.2.	Ajuste de parámetros para la modelación 243
Tabla 5.1.7.1.	Proyección de ocupación de las zonas aptas para el desarrollo por estrato socioeconómico 249
Tabla 5.1.7.2.	Distribución de la nueva población por estrato socioeconómico 250
Tabla 5.1.7.3.	Resumen de los resultados de la aplicación del modelo de distribución de viajes escenario 2010 (5 años) y escenario 2015 (10 años) 251
Tabla 5.2.2.1.	Estimaciones anuales de población de Ibagué (1995 – 2010) 267
Tabla 5.2.2.2.	Población total censada en hogares particulares y lugares especiales de alojamiento, por sexo, según municipios y áreas. 2005 267
Tabla 5.2.2.3.	Resultados de Población en Ibagué obtenidos a partir de la encuestas de hogares de junio de 2000 269
Tabla 5.2.2.4.	Comparativa de Población según EDH 2000 y DANE 269
Tabla 5.2.4.1.	Resumen de la información de residentes en la EDH de Ibagué 274
Tabla 5.2.4.2.	Resumen de la información relacionada con los vehículos de transporte privado disponibles en los hogares encuestados en Ibagué 274
Tabla 5.2.4.3.	Resultado global de movilización en Ibagué, según la EDH 275
Tabla 5.2.4.4.	Volúmenes vehiculares en cordón externo. Ejemplo de volúmenes aforados en una estación y sentido durante las 14 horas en Ibagué. 276
Tabla 5.2.4.5.	Resultados globales de la encuestas del cordón externo realizada en Ibagué 277
Tabla 5.2.4.6.	Viajes que se efectúan en las horas de máxima demanda en Ibagué, 2000 279
Tabla 5.2.4.7.	Participación de los motivos de viaje de Ibagué en las diferentes horas pico, 2000 280
Tabla 5.2.4.8.	Participación de los modos de transporte en Ibagué para las diferentes horas pico, 2000 281

	Pág.
Tabla 5.2.4.9. Participación del transporte público y privado en los viajes de Ibagué para las diferentes horas pico, 2.000	282
Tabla 5.2.5.1. Caracterización de los hogares encuestados en Ibagué según el estrato socioeconómico, 2.000	283
Tabla 5.2.5.2. Caracterización de los hogares encuestados en Ibagué según el número de personas residentes, 2.000	283
Tabla 5.2.5.3. Caracterización de los hogares encuestados en Ibagué según el número de vehículos disponibles, 2.000	283
Tabla 5.2.5.4. Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por propósito	285
Tabla 5.2.5.5. Correlación a nivel zonal de los viajes diarios por modo de transporte	285
Tabla 5.2.5.6. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por propósito	286
Tabla 5.2.5.7. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por modo de transporte	286
Tabla 5.2.5.8. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por propósito	286
Tabla 5.2.5.9. Correlación a nivel zonal de los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por modo de transporte	287
Tabla 5.2.5.10. Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por propósito	287
Tabla 5.2.5.11. Modelos lineales múltiples para los viajes diarios por modo de transporte	288
Tabla 5.2.5.12. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por propósito	288
Tabla 5.2.5.13. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 06:15 – 07:15 por modo de transporte	288
Tabla 5.2.5.14. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por propósito	289
Tabla 5.2.5.15. Modelos lineales múltiples para los viajes de la hora pico 12:00 – 13:00 por modo de transporte	289
Tabla 5.2.5.16. Valores promedio de las matrices de factores k para cada matriz de viajes diarios	293
Tabla 5.2.5.17. Correlación existente entre las matrices de viajes diarios observados y las matrices modeladas, empleando la función potencial y las matrices de factores k, para Ibagué	294
Tabla 5.2.5.18. Correlación existente entre las matrices de viajes observados en la hora pico 06:15 – 07:15 y las matrices modeladas, empleando la función potencial y las matrices de factores k, para Ibagué	295
Tabla 5.2.5.19. Correlación existente entre las matrices de viajes observados en la hora pico 12:00 – 13:00 y las matrices modeladas, empleando la función potencial y las matrices de factores k, para Ibagué	295
Tabla 5.2.5.20. Valores de Viajes, Índices y Vehículos encontrados para las horas pico en Ibagué	298
Tabla 5.2.5.21. Valores específicos del parámetro α para la ciudad de Ibagué	298
Tabla 5.2.5.22. Resultados de la asignación de tráfico en la hora pico 06:15 – 07:15	299
Tabla 5.2.5.23. Resultados de la asignación de tráfico en la hora pico 12:00 – 13:00	300

	Pág.
Tabla 5.2.5.24. Resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 06:15 – 07:15	306
Tabla 5.2.5.25. Resultados de la asignación de pasajeros de transporte público en Ibagué en la hora pico 12:00 – 13:00	307
Tabla 5.2.5.26. Valores de tiempo (pesos de 1997 por minuto)	309
Tabla 5.2.5.27. Valores del tiempo (pesos de 2000 por hora)	309
Tabla 5.2.5.28. Valores del tiempo (pesos colombianos de 2000 por minuto)	310
Tabla 5.2.6.1. Empresas de la Unión Temporal. Vehículos autorizados en la reestructuración	312
Tabla 5.2.6.2. Vehículos Totales de empresas fuera de la Unión Temporal	312
Tabla 5.2.6.3. Parque Automotor por empresa en operación. 2.004	313
Tabla 5.2.6.4. Promedio diario de vehículos en servicio por empresa	314
Tabla 5.2.6.5. Índices de Ocupación e IPK por empresa	314
Tabla 5.2.6.6. Resultados de los modelos de generación y atracción aplicados en el escenario tendencial para los años 2.003, 2.006 y 2.009	319
Tabla 5.2.6.7. Variación en la generación y atracción de viajes por zonas para los años 2.003, 2.006 y 2.009, de acuerdo con el escenario tendencial..	320
Tabla 5.2.6.8. Resultados de los modelos de generación y atracción aplicados en el escenario P.O.T. para los años 2.003, 2.006 y 2.009	321
Tabla 5.2.6.9. Viajes generados y atraídos al centro expandido de Ibagué, 2.000 ..	322
Tabla 5.2.6.10. Pronóstico de viajes en el escenario tendencial para el 2.009	322
Tabla 5.2.6.11. Pronóstico de viajes generados y atraídos al centro expandido de Ibagué, en el escenario P.O.T. para el 2.009	322
Tabla 5.2.6.12. Resultados de los modelos de generación y atracción aplicados en el escenario alternativo P.O.T. para los años 2.003, 2.006 y 2.009 ..	324
Tabla 5.2.6.13. Variación en la generación y atracción de viajes por zonas para los años 2003, 2006 y 2009, de acuerdo con el escenario alternativo P.O.T.	324
Tabla 5.2.6.14. Proyectos de Infraestructura vial propuestos	327
Tabla 5.2.6.15. Compromisos establecidos en el P.O.T del municipio de Ibagué	330
Tabla 5.3.1.1. División por comunas y sus correspondientes áreas del municipio de Popayán	332
Tabla 5.3.2.1. Áreas de expansión en el Municipio de Popayán	333
Tabla 5.3.4.1. Distribución de los viajes diarios de las personas según el modo de transporte y las características de localización en el municipio de Popayán. 1.984	335
Tabla 5.3.4.2. Distribución de los viajes diarios en los vehículos según el modo de transporte y las características de localización en el municipio de Popayán. 1.984	336
Tabla 5.3.4.3. Distribución de los viajes de las personas en la hora pico según el modo de transporte y el propósito, en el Municipio de Popayán. 1.984	337
Tabla 5.3.4.4. Variación horaria de los viajes diarios de las personas según el tipo de vehículo de TPCU en el municipio de Popayán. 2.003	340
Tabla 5.3.6.1. Resultados de Alternativas analizadas para el servicio de TPCU en el municipio de Popayán. 2.003	349
Tabla 5.4.2.1. Áreas de expansión en el municipio de Armenia, años 1.995 y 2.005	362
Tabla 5.4.4.1. Relación de población y predios urbanos encuestados, año 1995 ..	364

	Pág.
Tabla 5.4.4.2.	Comparación entre total de viviendas registradas y encuestas realizadas en los planes viales, años 1995 y 2006 365
Tabla 5.4.4.3.	Distribución Modal de los viajes en la ciudad de Armenia, 2006 366
Tabla 5.4.4.4.	Distribución de los viajes según el propósito en la ciudad de Armenia, 2006 368
Tabla 5.4.4.5.	Fluctuación horaria de los viajes en la ciudad de Armenia, 2006 369
Tabla 5.4.4.6.	Factores de expansión aplicados en la ciudad de Armenia, 2006 ... 370
Tabla 5.4.5.1.	Producción y Atracción de viajes por zonas en la ciudad de Armenia, 2006 375
Tabla 5.4.5.2.	Parámetros operativos de la modelación en Armenia, 2.006 385
Tabla 5.4.6.1.	Comparación del Parque Automotor de TPCU en la ciudad de Armenia 388
Tabla 5.4.6.2.	Comparación de la Distribución de rutas de TPCU y su longitud en la ciudad de Armenia 389
Tabla 5.4.6.3.	Despachos diarios por empresa en la ciudad de Armenia, 2006 389
Tabla 5.4.6.4.	Comparación de la Movilización diaria de pasajeros por empresa en la ciudad de Armenia 390
Tabla 5.4.6.5.	IPK por empresa en la ciudad de Armenia 392
Tabla 5.4.6.6.	Armenia. Transporte público urbano de pasajeros, por trimestres, según tipo de servicios. Primer trimestre 2004 - segundo trimestre 2005 393
Tabla 5.4.6.7.	Resumen de la categorización de la red vial en la ciudad de Armenia 394
Tabla 5.4.6.8.	Resumen del estado de la red vial en la ciudad de Armenia, 1.995 .. 395
Tabla 5.4.6.9.	Resumen del estado de la red vial en la ciudad de Armenia, 2006 .. 396
Tabla 5.4.6.10.	Proyectos propuestos por el Plan Vial en la ciudad de Armenia, 1.995 399
Tabla 6.1.4.1.	Zonificación del Municipio de Armenia, año 1995 427
Tabla 6.1.4.2.	Número total de registros prediales en la zona de estudio del plan vial, 2.006 429
Tabla 6.2.1.	Síntesis de los métodos utilizados en los planes analizados 436
Tabla 6.2.2.	Rediseño Final de las rutas del sistema de TPCU en Ibagué 444
Tabla 6.3.1.	Estructura de la Movilidad en ciudades medias Colombianas 446
Tabla 6.5.1.	Comparación de la red vial básica en la ciudad de Armenia, 1.995 y 2.006 468
Tabla 6.6.1.1.	Distancia promedio entre paraderos en los principales corredores vehiculares 484
Tabla 6.6.1.2.	Cargas máximas de pasajeros en la Hora Pico A.M. en los principales corredores vehiculares de la ciudad de Manizales 487
Tabla 6.6.2.1.	Comparación de indicadores de los usuarios de transporte público colectivo para la Optimización total del sistema periodo (12:30 – 14:30) 505
Tabla 6.6.3.1.	Proyectos propuestos por el Plan Vial en la ciudad de Armenia, 1.995 507
Tabla 7.2.1.	Resumen de las variables analizadas con los respectivos datos faltantes de las series históricas 553
Tabla 7.2.2.	Variables de movilidad obtenidas para los diferentes años de análisis 554
Tabla 7.2.3.	Indicadores de movilidad obtenidos para los años de análisis 555

	Pág.
Tabla 7.2.4.	Variables de Movilidad entre los años 1.960 y 1.980. Manizales 556
Tabla 7.2.5.	Variables de Movilidad entre los años 1.980 y 2.006. Manizales 562
Tabla 7.2.6.	Comparación de incrementos de las variables entre los dos periodos de tiempo estudiados 566
Tabla 7.3.1.	Velocidades de operación según la categoría de la vía para los diferentes años estudiados 570
Tabla 7.3.3.1.	Distribución de las áreas cubiertas por las isocronas de accesibilidad para cada año de estudio 586
Tabla 7.3.3.2.	Distribución de las áreas cubiertas por las isocronas de diferencias de accesibilidad para cada período de estudio 590
Tabla 8.2.1.	Indicadores de seguimiento detallados 611
Tabla 8.4.2.1.	Capacidad Ambiental de la red viaria 640
Tabla 9.1.1.	Categorización y longitud de la Red Viaria Básica, Manizales 670
Tabla 9.1.2.	Velocidades de Operación asumidas para los cálculos de accesibilidad 672
Tabla 9.2.1.	Niveles de Cobertura espacial considerados 688
Tabla 9.5.1.	Relación entre las redes de vehículo privado y las de TPCU actual y propuesta 705
Tabla 9.6.1.	Grados de Coexistencia de las redes de TPCU y de Vehículo Privado 715

LISTA DE PLANOS

	Pág.
Plano 7.1. Crecimiento de la mancha urbana y de la Red Viaria Básica en el período 1.960 a 1.980 – Manizales	557
Plano 7.2. Crecimiento de la mancha urbana y de la Red Viaria Básica en el período 1.980 a 2.006 – Manizales	561
Plano 7.3. Grafo Virtual de la Red Viaria Básica años 1.960, 1.980 y 2.006 – Manizales	569
Plano 7.4. Curvas Isocronas de Accesibilidad en minutos. Red Viaria Básica año 1.960 – Manizales	573
Plano 7.5. Curvas de Isocentralidad de la Red Viaria Básica año 1.960 – Manizales	574
Plano 7.6. Curvas Isocronas de Accesibilidad en minutos. Red Viaria Básica año 1.980 – Manizales	576
Plano 7.7. Curvas de Isocentralidad de la Red Viaria Básica año 1.980 – Manizales	577
Plano 7.8. Incremento de Accesibilidad en minutos entre Red Viaria Básica, años 1.960 – 1.980 – Manizales	580
Plano 7.9. Curvas Isocronas de Accesibilidad en minutos. Red Viaria Básica año 2.006 – Manizales	581
Plano 7.10. Curvas de Isocentralidad de la Red Viaria Básica año 2.006 – Manizales	582
Plano 7.11. Incremento de Accesibilidad en minutos entre Red Viaria Básica, años 1.980 – 2.006 – Manizales	585
Plano 7.12. Relación entre los tiempos de Accesibilidad y el crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Manizales	589
Plano 7.13. Cambio de los tiempos de Accesibilidad entre ambos períodos y su relación con el crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Manizales	591
Plano 9.1. Jerarquización de la Red Viaria Básica para los años 2.007, 2.010 y 2.015. Vehículo Privado y Transporte Público Colectivo Urbano en la ciudad de Manizales	671
Plano 9.2. Curvas Isocronas de Accesibilidad de la Red Viaria Básica, para el año 2.007, en la ciudad de Manizales	674
Plano 9.3. Curvas Isocronas de Accesibilidad de la Red Viaria Básica, para el año 2.010, en la ciudad de Manizales	675
Plano 9.4. % de Incremento de Accesibilidad de la Red Viaria Básica, respecto al conjunto de nodos entre los años 2.007 y 2.010, en la ciudad de Manizales	676
Plano 9.5. Curvas Isocronas de Accesibilidad de la Red Viaria Básica, para el año 2.015, en la ciudad de Manizales	678
Plano 9.6. % de Incremento de Accesibilidad de la Red Viaria Básica, respecto al conjunto de nodos entre los años 2.007 y 2.015, en la ciudad de Manizales	679
Plano 9.7. Curvas Isocronas de Accesibilidad de la Red de Transporte Público Colectivo Urbano, para el año 2.007, en la ciudad de Manizales	681
Plano 9.8. Relación entre los tiempos de movilidad en TPCU y en Vehículo Privado, para el año 2.007, en la ciudad de Manizales	683

	Pág.
Plano 9.9. Niveles de Cobertura Espacial de la red de Transporte Público Colectivo Urbano, para el año 2.007, en la ciudad de Manizales	689
Plano 9.10. Cobertura Espacial sencilla, doble y triple de la red de Transporte Público Colectivo Urbano, para el año 2.007, en la ciudad de Manizales	691
Plano 9.11. Relación de Áreas de Trabajo y Estudio con la Cobertura Espacial doble y Triple de la red de Transporte Público Colectivo urbano, para el año 2.007, en la ciudad de Manizales	694
Plano 9.12. Propuesta de Itinerarios Peatonales, áreas de intervención, en la ciudad de Manizales	697
Plano 9.13. Detalle del Sector Centro, Red Peatonal, Red de TPCU, y Red Privada, propuesta en la ciudad de Manizales	702
Plano 9.14. Corredores de Transporte Público Colectivo Urbano, Propuestos y su Jerarquización, en la ciudad de Manizales	706
Plano 9.15. Niveles de Cobertura Espacial de la red de Transporte Público Colectivo Urbano propuesta en la ciudad de Manizales	710
Plano 9.16. Jerarquización de la red Viaria Básica Propuesta para la ciudad de Manizales	712
Plano 9.17. Grados de Coexistencia entre la Red de Vehículo Privado y la Red de TPCU, en la Red Viaria Básica Propuesta para la ciudad de Manizales.	714

AGRADECIMIENTOS

Primero deseo agradecer a DIOS por haberme dado la oportunidad de vivir este proceso educativo y profesional, el cual gracias a él, está siendo culminado felizmente.

Agradezco sinceramente a todas las personas e instituciones, que han hecho posible el desarrollo del trabajo realizado, especialmente:

Al Dr. MANUEL HERCE VALLEJO, quien con su orientación, tutoría y su profesional disposición para guiar la investigación, fue pieza clave para el desarrollo general de la temática abordada.

Al Ing. FRANCISCO JAVIER GARCÍA OROZCO, le doy mis mas sinceros agradecimientos por su apoyo tanto académico como anímico a lo largo de este período. Su siempre puntual y efectivo aporte con mucha de la información que acá se estudia.

Agradezco a mi familia: Inés, Rubén, Marcela, Juan David, Juan Pablo, Juan Esteban, Ana María y Gabriëlle, por su soporte incondicional y amor, sin ellos hubiese sido imposible llegar al objetivo propuesto.

Gracias a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA por el apoyo dado mediante la Comisión de Estudios, así como al PROGRAMA ALBAN de la Unión Europea, en el cual encontré el apoyo económico firme para poder llevar a cabo con éxito el objetivo de terminar el proceso de educación/formación.

Finalmente, quiero agradecer a Mayte Moreno por su siempre oportuna gestión y colaboración con las labores administrativas del Departamento de Infraestructuras del transporte y del Territorio en la UPC, así como a todas aquellas personas que de una forma u otra presenciaron y aportaron su grano de arena en este camino.