



Cátedra de Investigación sobre Movilidad Sostenible



## MEMORIA DE ACTIVIDADES

### AÑO 2008



## 1. CONSTITUCIÓN Y COMITÉ DE SEGUIMIENTO

En Octubre de 2004 se firmó el convenio para la creación de la “CÁTEDRA DE INVESTIGACIÓN SOBRE MOVILIDAD SOSTENIBLE” (CIMS), entre el Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CRTM) y el Centro de Investigación del Transporte TRANSyT, de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los responsables de esta Cátedra y los miembros del Comité Supervisor designados por parte de cada una de las entidades son los siguientes:

|                           |                                        |                            |
|---------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| <i>Responsables:</i>      | CRTM – Carlos Cristóbal Pinto          |                            |
|                           | TRANSyT-UPM – Andrés Monzón de Cáceres |                            |
| <i>Comité Supervisor:</i> | TRANSyT -                              | María Eugenia López Lambas |
|                           |                                        | Rocío Cascajo Jiménez      |
|                           | CRTM -                                 | Domingo Martín             |
|                           |                                        | Berta Nieto Corella        |

Actúa como coordinadora y secretaria de este Comité, María Eugenia López Lambas, designada al efecto en la primera reunión que tuvo lugar.

---



## 2. OBJETIVOS Y REUNIONES

La cláusula segunda del convenio de creación de la CIMS, recoge en su enunciado segundo, como objetivos específicos, y dentro de las **actividades permanentes**, el desarrollo de una línea de investigación relacionada con el estudio de la movilidad sostenible en transporte público en áreas metropolitanas, en sus dos vertientes de Planes de Desplazamiento Urbano, posteriormente denominados Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), y Planes de Movilidad en centros *atractores* (polígonos industriales, parques empresariales, centros comerciales y de ocio, universidades, hospitales, etc.). Como fruto de dicha investigación, se redactaría un proyecto de Ley de Movilidad de la Comunidad de Madrid.

En este sentido, se ha trabajado en la elaboración de un borrador de ley, cuyo texto fue presentado para examen, enmiendas, sugerencias, etc., a los responsables de la Cátedra por parte del CRTM.

Aparte de las actividades permanentes, existen las denominadas **actividades ocasionales**, de carácter eminentemente científico, tales como publicaciones, congresos, artículos, etc.

En el período que va de enero a diciembre de 2008, el Comité Supervisor de la Cátedra de Investigación sobre Movilidad Sostenible se reunió tan sólo en una ocasión, con fecha 21 de mayo, si bien el contacto ha sido periódico, reuniéndose también con ocasión de la celebración y preparación de actividades relacionadas –véase el apartado sobre la Mesa para la Movilidad Sostenible a los Centros de Trabajo de la Comunidad de Madrid-.

---

### 3. ACTIVIDADES DEL AÑO 2008

Las actividades de investigación de la Cátedra sobre Movilidad Sostenible, han obtenido, hasta ahora, los resultados que a continuación se detallan:

1. Como se ha mencionado previamente, la Cátedra de Movilidad asume plenamente las funciones de Secretaría de la **Mesa para la Movilidad Sostenible a los Centros de Trabajo de la Comunidad de Madrid**, constituida, formalmente, en mayo de 2006, para el estudio del transporte a los Polígonos Industriales Parques Empresariales y Parques Tecnológicos de la Comunidad de Madrid, cuyo objetivo fundamental es *“la elaboración de propuestas de planes y/o actuaciones concretas para mejorar la accesibilidad en transporte público a los centros de trabajo mencionados, así como difundir el conocimiento acerca de la oferta de transporte público más adecuada a cada centro, y de buenas prácticas nacionales e internacionales”*.
    - o Fruto de esta actividad, en el período que nos ocupa, ha sido la participación y redacción del acta de la reunión mantenida por la Mesa el 6 de mayo de 2008 (adjunta en el anexo).
  2. A lo largo de este tercer año de actividad de la CIMS se continúa desarrollando el **análisis de la movilidad en Madrid**, a partir de datos de la EDM'04 y el Censo de Población de la Comunidad de Madrid realizado en 2001. Estos análisis han sido la base para el desarrollo de los trabajos de investigación siguientes:
    - o El doctorando Luis Ángel Guzmán trabaja en la modelización de la movilidad a largo plazo de la Región en Madrid, desarrollando un modelo estratégico de tipo dinámico. El trabajo, el procesamiento y análisis de la información de las Encuestas Domiciliarias de Movilidad (EDM) se ha realizado en general para tratar de obtener una imagen completa de la situación socioeconómica y de movilidad del sistema de la Comunidad de Madrid y afrontar en las mejores condiciones posibles el calibrado de los
-

modelos de transporte necesarios para la evaluación de las diferentes políticas o estrategias de futuro que vayan a ser consideradas en los diferentes proyectos en desarrollo.

- o En este caso en particular, se estudia y desarrolla un modelo dinámico de usos de suelo y transporte estratégico aplicado a la Comunidad de Madrid, donde se analizan, entre otros aspectos, los cambios en la movilidad y sus variables explicativas. En los últimos años se ha estado trabajando en la formulación y calibración de un modelo de usos del suelo y transporte estratégico denominado MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator), para lo cual es necesario disponer de la información de movilidad de la EDM, para así poder trabajar con software de transporte especializados.
  - o La doctoranda Cristina Valdés trabajó, con la colaboración de la estudiante de la Universidad Tecnológica de Beijing, Geng Xue, en el análisis de las pautas de movilidad por género, tanto de manera global como a nivel territorial, y el posible efecto que pudiera tener el nivel económico en la movilidad territorial, todo ello basado en los datos de la EDM'04.
3. Otra de las actividades que se ha empezado a desarrollar en 2008 ha sido la **explotación de la Encuesta de Movilidad de las Personas Residentes en España** (MOVILIA 2006/2007), y su comparación con la encuesta anterior, MOVILIA 2001. Esta investigación está siendo desempeñada por el doctorando Pablo Jordá, bajo la supervisión de Rocío Cascajo y Andrés Monzón.
4. Dentro del apartado de **jornadas o seminarios** bianuales, la CIMS organizó, el pasado 3 de octubre de 2008, un Seminario que se impartió en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, por el Profesor Sergio Jara Díaz de la Universidad de Chile, bajo el título: *Análisis del impacto de las restricciones de autofinanciamiento sobre el diseño de sistemas de transporte público*. A dicho seminario asistieron,
-



principalmente, investigadores de TRANSyT y profesores tanto de la UPM como de la Universidad Autónoma y Complutense de Madrid.

5. Como **actividades ocasionales** de naturaleza científica de la CIMS, cabe destacar las siguientes:

5.1. Presentación de las siguientes **ponencias en Congresos**:

- o La movilidad en la Comunidad de Madrid: ¿diferencias según género? Valdés, C., Monzón, A. y Xue, G. VII Congreso de Ingeniería de los Transportes (CIT), A Coruña, junio 2008.
- o Análisis de la multimodalidad de los viajes en transporte público en Madrid. Jordá, P. II Congreso Internacional Los Ciudadanos y la Gestión de la Movilidad (2CIMO), Madrid, 29 septiembre – 1 octubre 2008.
- o Análisis de Impactos en la Tarifa de Cobro por Congestión en Madrid Utilizando la Dinámica de Sistemas. Guzmán, L.A., de la Hoz, D. y Pfaffenbichler, P. XV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Cartagena de Indias, Septiembre de 2008.
- o Fuel Tax Levels Necessary to Achieve the Agreed Reduction Targets of CO<sub>2</sub> Emissions: The case of Madrid. De la Hoz, D., Guzmán, L.A., Pfaffenbichler, P. y Sehpherd, S. 9th Highway and Urban Environment Symposium. Madrid, Junio de 2008.
- o Dispersión Urbana. Estudio de la Comunidad de Madrid por corredores y su dependencia del centro. Guzmán, L.A. y de la Hoz, D. VIII Congreso de Ingeniería de Transporte. A Coruña, Julio de 2008.
- o Análisis de las tasas sobre emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector del transporte como medida para alcanzar escenarios sostenibles. Pfaffenbichler, P., Guzmán, L.A., de la Hoz, D. y Sehpherd, S. VIII Congreso de Ingeniería de Transporte. A Coruña, Julio de 2008.
- o Impacts of Fuel Consumption Taxes on Mobility Patterns and CO<sub>2</sub> Emissions Using a System Dynamic Approach. Guzmán, L.A., de la



Hoz, D., Pfaffenbichler, P. and Shepherd, S. 10<sup>th</sup> International Conference on Application of Advanced Technologies in Transportation. Atenas, Mayo de 2008.

5.2. **Artículos** en revistas:

- o Anuario de movilidad del RACC.

Título: Movilidad sostenible: una cuestión de lugar y género.

Monzón, A., Valdés, C. y Xue, G.

5.3. Actividades de **formación**:

Los alumnos del seminario de la asignatura de Economía del Transporte, (5º Curso, ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM) elaboraron un trabajo bajo el título “Evaluación de Planes de Movilidad en Europa”, bajo la dirección de la Profesora M<sup>a</sup> Eugenia López-Lambas, que optó al premio que anualmente otorga el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

En dicho trabajo se recoge una amplia gama de PMUS en Europa, incluyendo experiencias similares de movilidad sostenible en USA y en los campus universitarios, donde se produce una mezcla entre Plan de Movilidad propiamente dicho y Plan de Transporte al Trabajo, dadas las peculiaridades de población y movilidad existente en este tipo de centros.

---



## 4. CONCLUSIONES

Tras el cuarto año de la entrada en vigor del Convenio para la creación de la “CÁTEDRA DE INVESTIGACIÓN SOBRE MOVILIDAD SOSTENIBLE”, continúan cumpliéndose los objetivos previstos, de manera que tanto la actividad investigadora como la de divulgación fijadas en el marco del acuerdo, se vienen desarrollando a plena satisfacción de ambas parte, dentro de las líneas fijadas y en el ámbito establecido.

Continúan en proceso de realización dos tesis doctorales sobre el análisis y modelización de la movilidad en Madrid, que han recibido el apoyo de la CIMS.

Madrid, 7 de enero de 2009

---



## 5. ANEXO

1. Acta de la reunión de la Mesa para la Movilidad Sostenible a los Centros de Trabajo de la Comunidad de Madrid, de fecha 6 de mayo de 2008.
  2. La movilidad en la Comunidad de Madrid: ¿diferencias según género? Valdés, C., Monzón, A. y Xue, G. VII Congreso de Ingeniería de los Transportes (CIT), A Coruña, junio 2008.
  3. Análisis de la multimodalidad de los viajes en transporte público en Madrid. Jordá, P. II Congreso Internacional Los Ciudadanos y la Gestión de la Movilidad (2CIMO), Madrid, 29 septiembre – 1 octubre 2008.
  4. Movilidad sostenible: una cuestión de lugar y género. Monzón, A., Valdés, C. y Xue, G. Anuario de movilidad del RACC, 2008.
  5. Impacts of Fuel Consumption Taxes on Mobility Patterns and CO<sub>2</sub> Emissions Using a System Dynamic Approach. Guzmán, L.A., de la Hoz, D., Pfaffenbichler, P. and Shepherd, S. 10<sup>th</sup> International Conference on Application of Advanced Technologies in Transportation. Atenas, Mayo de 2008.
-



---

## MESA PARA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE A LOS CENTROS DE TRABAJO DE LA COMUNIDAD DE MADRID (Reunión 6)

---

ACTA DE LA REUNIÓN del 6 de mayo de 2008

En Madrid, a 6 de mayo de 2008, en la Sala de Consejos del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, siendo las 9:45 h de la mañana, tiene lugar la celebración de la Mesa para la Movilidad Sostenible a los Centros de Trabajo de la Comunidad de Madrid, con la asistencia de las personas de la lista que se adjunta. Preside la mesa José Manuel Pradillo, y actúa como Secretaria de la reunión Rocío Cascajo (TRANSyT-UPM).

1. El Director Gerente del CRTM, José Manuel Pradillo, da la bienvenida a todos los asistentes.
2. A continuación, se presentan los **nuevos miembros** que se han incorporado a la Mesa:
  - Alberto Leboreiro, del Departamento de Urbanismo de la Comunidad de Madrid.
  - Ignacio Ramos, de la Fundación Movilidad del Ayuntamiento de Madrid.
3. Siguiendo con el orden del día, se pasa a la **lectura del acta** de la reunión anterior (5 de noviembre de 2007), y se da por aprobada.
4. Luís Miguel Martínez (CRTM) presenta las **actuaciones realizadas durante el año 2007 en el término municipal de Madrid** (Documento 2 adjunto) en relación a la mejora de la movilidad de los trabajadores de las áreas de actividad económica (AAE) de la ciudad de Madrid. Para poner en antecedente dichas acciones, comenta que durante 2006 se realizaron los estudios generales de ubicación de posibles AAE en el municipio de Madrid, para conocer sus necesidades de transporte. Ya en 2007 se comenzaron los trabajos para establecer la red de transporte específica en estas AAE, de manera que sea una red con identidad propia. En este sentido, las principales acciones llevadas a cabo se detallan en este documento nº 2, para llegar a final de año con una red conformada por 6 líneas, con 16 autobuses y 9.700 viajeros/día, lo que da una media de 600 viajeros/bus.

Alberto Leboreiro (CAM) pregunta por la demanda actual en EMT, a lo que se le responde que la EMT opera 1.800 autobuses diarios, con 1.680.000 viajeros, lo que supone una media de 800-900 viajeros por autobús. José Manuel Pradillo señala



que en estas líneas de la red de AAE el objetivo sería conseguir una media de 500-600 viajeros por autobús.

5. Continúa Carlos Cristóbal (CRTM) exponiendo las **actuaciones en marcha en el resto de la Comunidad de Madrid** (Documento 3). Destaca el buen funcionamiento de las líneas lanzaderas de Getafe ya que, en 2007 ha aumentado la demanda de las dos líneas un 40%, respecto a 2006, siendo este aumento superior en la Pi2. En cuanto a la cobertura de los costes del servicio de estas líneas, también ha aumentado en 2007 respecto a 2006, situándose en un 63,7% frente a un 49,6% del año anterior. Esto supone que en 2007 el déficit de explotación de las dos líneas se encuentra en torno al 37%. A esto hay que restar la financiación por parte de SIEMENS que, a día de hoy, es la única empresa que está pagando. Desde la Mesa se pide a la CEIM su colaboración para intentar que el resto de empresas se unan a estas aportaciones. En los próximos meses está prevista la instalación de dárseas en las paradas de las líneas, así como su acondicionamiento.

Alberto Leboeiro (CAM) pregunta cómo es el aparcamiento en estos polígonos industriales. Se le responde que se trata de “la ley de la selva”, y que los conductores aparcan sus vehículos donde hay espacio, sea reservado para aparcar o no. En este sentido, se intentarán llevar a cabo algunas medidas para evitar que, por ejemplo, los coches aparquen mal en las paradas de los autobuses o en la calzada por donde tiene que pasar el transporte público.

Siguiendo con las actuaciones realizadas en la Comunidad de Madrid, Carlos Cristóbal comenta la situación de la línea 822 (Documento 3b), que unía el aeropuerto de Barajas con Coslada y, en febrero de 2007, se prolongó a San Fernando de Henares.

Por otro lado, el estudio de la “Problemática de la accesibilidad y estrategia de actuación a los polígonos industriales y centros empresariales de la Comunidad de Madrid” que está llevando a cabo el CRTM está a punto de finalizar (Documento 4). Se han inventariado 344 polígonos, con un total de 351.352 empleados, y el estudio se encuentra ahora en fase de diagnóstico. Se pretende que este mismo año se elaboren propuestas de acción para mejorar la accesibilidad en varios polígonos industriales o centros empresariales.

Por último, dentro de las actuaciones acometidas en la Comunidad de Madrid se encuentra el Plan de Transporte al Trabajo en el entorno de la estación de La Garena (Documento 5). Se encuentra a falta únicamente de la redefinición de las propuestas de actuación con los agentes implicados, principalmente con la Asociación de Empresarios del Henares (AEDHE) que es muy activa. Entre las



medidas relacionadas con la puesta en marcha de líneas lanzaderas basadas en la estación de La Garena, se financiarían por el CRTM, el Ayuntamiento y las empresas situadas en los polígonos afectados. En relación a la promoción del coche compartido, se pretende realizar una prueba piloto, financiada al amparo del convenio con el I.D.A.E.

6. Se adelanta un punto del orden del día porque el representante de CEIM, Lorenzo Chacón, tiene que ausentarse y es quien va a dar cuenta del tema de **participación empresarial en la financiación de las líneas específicas**. Comenta que hay que tratar de armonizar las actuaciones concretas en los polígonos industriales. La Asociación de Empresarios de Alcobendas (AICA) es de las pocas que están activas en este asunto, y las líneas circulares que han apoyado están funcionando muy bien (Documento 9). Hay que convencer a las empresas de que el transporte insostenible provocará en ellas una deseconomía. Por otro lado, no parece buena idea la sustitución del transporte de empresa por otro producto, caso de Iberia, ya que ha provocado el aumento del uso del vehículo privado. En este sentido, hay que estudiar cada empresa separadamente, ya que medidas que han funcionado en unas pueden fracasar en otras.

Daniel López (CC.OO.) pone de manifiesto que para promocionar estas medidas entre las empresas se pueden aprovechar las experiencias realizadas en la Comunidad de Madrid, coincidiendo con la puesta en marcha de algunas líneas para ver que es una realidad que funciona.

Alberto Leboeiro (CAM) pregunta por el plus de transporte medio. Se le responde que es, aproximadamente, de 60 € mensuales. Con este precio parece difícil que los trabajadores se vayan a pasar al transporte público, ya que es bastante superior al precio de un abono mensual.

7. Volviendo al orden del día, Luís Miguel Martínez (CRTM) presenta el **Programa de actuaciones en 2008 en las áreas de actividad económica del término municipal de Madrid** (Documento 6). Al finalizar todas estas acciones se tendría una red específica en AAE conformada por 10 líneas, 30 autobuses y 18.000-20.000 viajeros/día (unos 5 millones de viajeros al año). Queda pendiente el cambio de imagen de las líneas de la EMT al trabajo que ya están en servicio, para conseguir una red de transporte al trabajo con identidad propia (líneas T), y horario y calendario específicos. Si todo esto se realiza, se habrían cumplido los objetivos propuestos en los diferentes convenios de colaboración con Madrid Emprende, con Mercamadrid, con Telefónica y con el Ministerio de Educación y Ciencia.



8. Continúa Carlos Cristóbal (CRTM) con la presentación del **Programa de actuaciones para 2008 en el resto de la Comunidad de Madrid** (Documento 7). Entre los aspectos incluidos en el programa, destaca la experiencia piloto de implantación de una línea de autobús al Centro Tecnológico de Leganés. Sin embargo, hasta que no se adecúen los accesos al mismo no se podrá dotar de transporte público esta zona; está previsto construir una rotonda que favorezca el giro de los autobuses, pero hay muchos intereses contrapuestos.

Ángel García (ARPEGIO) comenta que el polígono industrial de Gallina Blanca, en Arganda del Rey, debería tenerse en cuenta para llevar transporte público al mismo. Llevar ferrocarril parece estar complicado, según los estudios que están realizando IMADE con TTU. Ya está aprobado el Plan especial de ordenación pormenorizada de Arganda, y ahora se encuentra en fase de participación pública, momento de intervenir por parte del CRTM, para proponer una serie de medidas internas al polígono, y realizar un compromiso de participación/financiación por parte de las empresas afectadas. Por otro lado, también se podría plantear un estudio a futuro en el Parque Industrial de Alcalá-Meco, en el que se ubica el grupo Inditex. La estación de Cercanías se encuentra muy cerca, y resulta muy sencillo conectarla con este parque.

Alberto Leboeiro (CAM) comenta que a partir de ahora, en todos los planes generales, el CRTM tiene la obligación de informar, acuerdo que es bienvenido por parte de todos.

9. Se pasa al siguiente punto del orden del día, la página **web de la Mesa**. Domingo Martín (CRTM) presenta cómo acceder a la web de la Mesa: se ha introducido como enlace a partir de la página web del CRTM. La ruta es la siguiente: <http://www.ctm-madrid.es/> clicar en Novedades (margen derecho), y al final de la parte de novedades se encuentra el enlace “Mesa para la Movilidad Sostenible a los Centros de Trabajo de la Comunidad de Madrid”, clicar otra vez y si queremos entrar en la zona restringida para los miembros de la mesa hay que introducir la palabra “poligonos” (minúscula y sin tilde) en el código de acceso. En la pantalla aparece toda la documentación relativa a Mesas anteriores.
10. El siguiente asunto a tratar tiene que ver con las **próximas ayudas del I.D.A.E. a la Comunidad de Madrid, dentro del Plan de Acción 2008-2012 de la E4**. En particular, las ayudas que concierne a la Mesa es la Medida 2: Planes de Transporte para Empresas (Documento 8). Esta medida se ha modificado ligeramente en relación al plan de acción 2005-2007. Ahora el CRTM puede contratar asistencias técnicas para realizar los estudios de PMUS y PTT. Hasta ahora, ninguna empresa ha solicitado la realización de un PTT (ellas tienen que financiar el 40%). Tanto la



CEIM como los sindicatos podría difundir la existencia de estas ayudas entre las empresas. En cuanto a la Medida 1, relativa a los cursos de formación para gestores de movilidad tanto en la Administración como en las empresas, se plantea la posibilidad de reducir su duración, ya que se trata de un módulo de 100 horas.

Para finalizar, Ignacio Ramos (Fundación Movilidad) comenta que se puede contar con ellos para los temas de difusión y los cursos de formación. Alberto Leboreiro (CAM) agradece al CRTM su gran poder de convocatoria para lograr una elevada participación en esta Mesa.

No se ha acordado fecha para la próxima reunión, pero se estima que tendrá lugar con posterioridad a la Semana de la Movilidad 2008. No obstante, se les comunicará a los componentes de la Mesa con suficiente antelación para que puedan asistir, y se les adjuntará el Orden del Día.

Y sin más asuntos que tratar, se levanta la sesión siendo las 11:15 h.



## **LA MOVILIDAD EN LA COMUNIDAD DE MADRID: ¿DIFERENCIAS SEGÚN GÉNERO?**

**Cristina Valdés Serrano**

Investigadora, TRANSyT – UPM, España

**Andrés Monzón de Cáceres**

Catedrático de Transportes, TRANSyT – UPM, España

**Geng Xue**

Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica de Beijing, China

### **RESUMEN**

La movilidad, elemento vital en la vida moderna, contribuye a la organización de nuestras tareas diarias fuera del hogar (Brög, 1996). Tradicionalmente, hombres y mujeres han tenido “roles” diferentes y, por tanto, pautas de movilidad también distintas. Sin embargo, la incorporación de la mujer al mercado laboral, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, ha traído consigo un acercamiento en las necesidades de desplazamiento de ambos géneros. Esta incorporación, unida a la desigual distribución en las responsabilidades domésticas, ha despertado el interés por conocer las diferencias que existen en la movilidad cotidiana de hombres y mujeres.

¿Cuál es la situación en la Comunidad de Madrid? El estudio<sup>1</sup> del que aquí se exponen las principales conclusiones ha analizado las diferencias en la movilidad diaria de hombres y mujeres. Primero desde una perspectiva global, considerando, en primer lugar, el conjunto de la movilidad, y, a continuación, un análisis específico exclusivamente de la movilidad laboral. En una segunda parte, se analiza la distribución territorial y el nivel económico, variables tradicionalmente asociadas a la elección modal. Para todo ello, se han utilizado los datos de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad de 2004, realizada por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

Entre las conclusiones obtenidas, cabe destacar:

- Las mujeres viajan más a pie y en transporte público, mientras que los hombres se desplazan principalmente en coche.
- Este menor uso del coche no responde a una menor disponibilidad de vehículo privado, sino también a una elección personal
- El uso del coche por parte de la mujer parece estar relacionado con el nivel de ingresos, no así el del hombre, que parece responder a la búsqueda de una imagen personal.

---

<sup>1</sup> Este trabajo fue financiado con una ayuda de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid



## 1. INTRODUCCIÓN

En el siglo XIX, la revolución industrial supuso una *separación de ambientes* entre hombres y mujeres; se pasó de trabajar conjuntamente en las actividades del campo a ser el hombre quien asumiera el trabajo fuera de casa, mientras el ámbito doméstico quedaba adjudicado a la mujer. (Wachs, M., 1996). Esta separación de actividades y de espacios derivó en necesidades y patrones diferentes de movilidad.

Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XX, la mujer comienza a incorporarse al mercado laboral remunerado, iniciándose por tanto un proceso de cambio en estos roles tradicionales existentes. Esta incorporación no lleva aparejado sin embargo un reequilibrio de las tareas domésticas y familiares, tradicionalmente correspondientes a la mujer, por lo que las mujeres se incorporan al mercado de trabajo en unas condiciones muy diferentes a las de los hombres. A partir de este momento, se despierta un interés por conocer y analizar las diferentes pautas de movilidad de hombres y mujeres.

Este interés no responde simplemente a una defensa de la igualdad entre hombres y mujeres, sino a la importancia que tiene conocer las restricciones de movilidad de unos y otras a la hora de gestionar el transporte en las áreas metropolitanas, de proponer nuevas medidas para mejorar la eficiencia de éste, promover un trasvase modal, etc.

A este respecto, hay que destacar el estudio realizado por Sandra Rosenbloom y Elizabeth Burns (1993) sobre los programas de gestión del transporte implantados en Tucson y Phoenix (Estados Unidos), y la diferente respuesta de hombres y mujeres. Estas políticas, en el caso de no contemplar estas diferencias, pueden repercutir en un incremento de los condicionantes diferenciales que rigen las pautas de movilidad entre hombres y mujeres.

Una de las conclusiones de la literatura tradicional, y que se mantiene en nuestros días, es que las mujeres trabajan a menor distancia del hogar que los hombres. Lo que ha variado, sin embargo, son los motivos que parecen justificar este comportamiento. Los primeros análisis sobre el tema consideran, a este respecto (Rosenbloom y Burns, 1993), que esto es consecuencia de:

- Menor nivel de ingresos, lo que repercutía en menor posibilidad de uso del coche, por el coste que esto implicaba
- “Propiedad” del coche por parte del hombre, quedando relegado el uso del coche por parte de la mujer a un segundo plano
- Falta de equidad en las responsabilidades domésticas

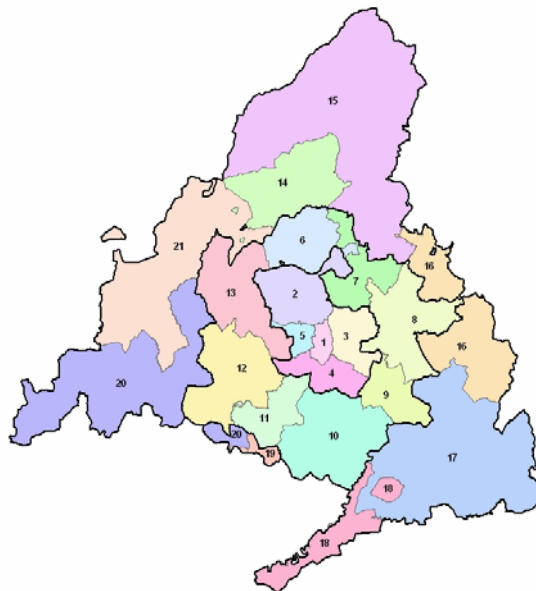
Estudios posteriores comienzan a considerar otras variables en este análisis, tales como la situación familiar o la localización territorial.

El estudio del que aquí se recogen las principales conclusiones, ha analizado las pautas de movilidad de hombres y mujeres en la Comunidad de Madrid, primero desde una perspectiva global y, en una segunda fase, considerando como variables el factor territorial y el nivel socioeconómico.

La información utilizada en el análisis es la Encuesta Domiciliaria de Movilidad EDM'04 realizada por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

En el análisis territorial, se ha dividido la región de Madrid en 21 zonas, que se originan a partir de las 4 coronas en las que está estructurada funcionalmente Madrid:

- Madrid centro, que incluye la parte más densa, circunscrita por el orbital M-30 (zona 1)
- Madrid periferia: comprende el resto del municipio de Madrid, dividido en 4 zonas, al norte, sur, este y oeste (zonas 2-5)
- Corona metropolitana, dividida en 8 sectores según los ejes radiales (zonas 6-13)
- Corona regional: dividida también en los mismos 8 sectores radiales (zonas 14-21)



**Gráfico 1 – Zonificación utilizada**

La estimación de los ingresos se ha obtenido de los datos de renta per cápita media por municipio del INE.

## **2. LA MOVILIDAD POR GÉNERO EN LA COMUNIDAD DE MADRID**

## 2.1 Análisis general

Según los datos de la EDM'04, en Madrid se realizan diariamente un total de 14.511.301 desplazamientos, de los cuales el 47% son realizados por hombres y el 53% restante por mujeres. Esta distribución, sin embargo, se invierte al considerar exclusivamente los desplazamientos por motivo laboral, en cuyo caso el 58% de los 5.387.248 de viajes realizados por este motivo corresponde a hombres.

Parece obvio, por tanto, que si bien la mujer se ha ido incorporando al mercado laboral, no se ha producido todavía una equidad entre géneros en este aspecto. Esta conclusión queda más claramente patente al analizar los desplazamientos en términos de viajes por persona para cada motivo: mientras las mujeres realizan un 38% menos de desplazamientos al trabajo que los hombres, hacen un 80-90% más viajes por compras o de acompañante, motivos asociados al rol tradicional de la mujer.

| Motivo      | Hombres | Mujeres | Diferencia<br>(M-H)/((M+H)/2) |
|-------------|---------|---------|-------------------------------|
| Trabajo     | 1,11    | 0,75    | -39%                          |
| Estudios    | 0,5     | 0,46    | -8%                           |
| Compras     | 0,15    | 0,39    | 89%                           |
| Ocio        | 0,13    | 0,13    | 0%                            |
| Acompañante | 0,1     | 0,24    | 82%                           |
| Otros       | 0,43    | 0,6     | 33%                           |
| Total       | 2,43    | 2,57    | 6%                            |

**Tabla 1 – Ratios de viaje por género y motivo**

Otra de las conclusiones que se repite frecuentemente en la bibliografía al respecto es el mayor uso del coche por parte del hombre que de la mujer. En el estudio realizado por Hjorthol (2000) sobre la ciudad de Oslo, esta diferencia queda claramente de manifiesto en los viajes al trabajo; sin embargo, en el caso del área metropolitana de Quebec, es una pauta general en todo tipo de viajes (Vandermissen et al, 2006). ¿Qué sucede en Madrid? Si consideramos el conjunto de la movilidad diaria, las mujeres realizan un 19% de sus desplazamientos diarios en coche, y un 70% entre transporte público y a pie, mientras que el hombre realiza el 36% en coche y tan sólo el 53% en transporte público ó andando. La utilización del coche se incrementa al tener en cuenta exclusivamente la movilidad laboral, si bien este aumento es mayor en hombres que en mujeres: éstos realizan en coche un 51% de sus desplazamientos de trabajo frente a un 40% andando ó

en transporte público, mientras que las mujeres hacen uso del vehículo privado en tan sólo un 27% de las ocasiones, y en un 65% en los otros 2 modos.

| Modo de transporte | Movilidad general |         | Movilidad laboral |         |
|--------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|
|                    | Hombres           | Mujeres | Hombres           | Mujeres |
| Coche (conductor)  | 36%               | 19%     | 51%               | 27%     |
| Transporte público | 28%               | 34%     | 30%               | 50%     |
| A pie              | 25%               | 36%     | 10%               | 15%     |
| Otros              | 11%               | 11%     | 9%                | 8%      |

**Tabla 2 – Reparto modal: diferencias según género**

¿Se debe esto a una mayor disponibilidad de carnet de conducir por parte de los hombres que de las mujeres, a que el coche, tradicionalmente, ha sido “propiedad” del hombre, o a una actitud más sostenible por parte de las mujeres a la hora de escoger su modo de desplazamiento?

En el caso de la región de Madrid, al menos, parece ser una composición de los 3 factores. En la tabla siguiente se observa que, tanto en el conjunto de la movilidad como exclusivamente en la movilidad laboral, el porcentaje de hombres que hace uso del coche es superior al de mujeres, si bien es cierto que esta diferencia se reduce al considerar exclusivamente a aquellos con disponibilidad de carnet. Estas diferencias por género son superiores en hogares con un único vehículo, lo que podría deberse a la disponibilidad de vehículo por parte del hombre en primer lugar, y se aproximan bastante en hogares con 2 o más coches, por lo que parece que sea la disponibilidad de vehículo para el desplazamiento en cuestión un segundo factor importante a la hora de realizar la elección modal. No obstante, incluso en hogares con 2 o más coches, el uso de éstos por parte de la mujer es menor, sobre todo en la movilidad laboral, lo que induce a pensar que sí existe una mayor predisposición por parte de la mujer a hacer uso de modos más sostenibles.

| Movilidad general: viajes en coche | % sobre total viajes |         |                              | % sobre viajes de gente con carnet |         |                              |
|------------------------------------|----------------------|---------|------------------------------|------------------------------------|---------|------------------------------|
|                                    | Hombres              | Mujeres | Diferencia $(M-H)/((M+H)/2)$ | Hombres                            | Mujeres | Diferencia $(M-H)/((M+H)/2)$ |
| 1 coche                            | 20%                  | 8%      | -83%                         | 29%                                | 21%     | -34%                         |
| 2 coches                           | 11%                  | 6%      | -57%                         | 16%                                | 15%     | -5%                          |
| Más de 2                           | 5%                   | 2%      | -76%                         | 7%                                 | 5%      | -26%                         |

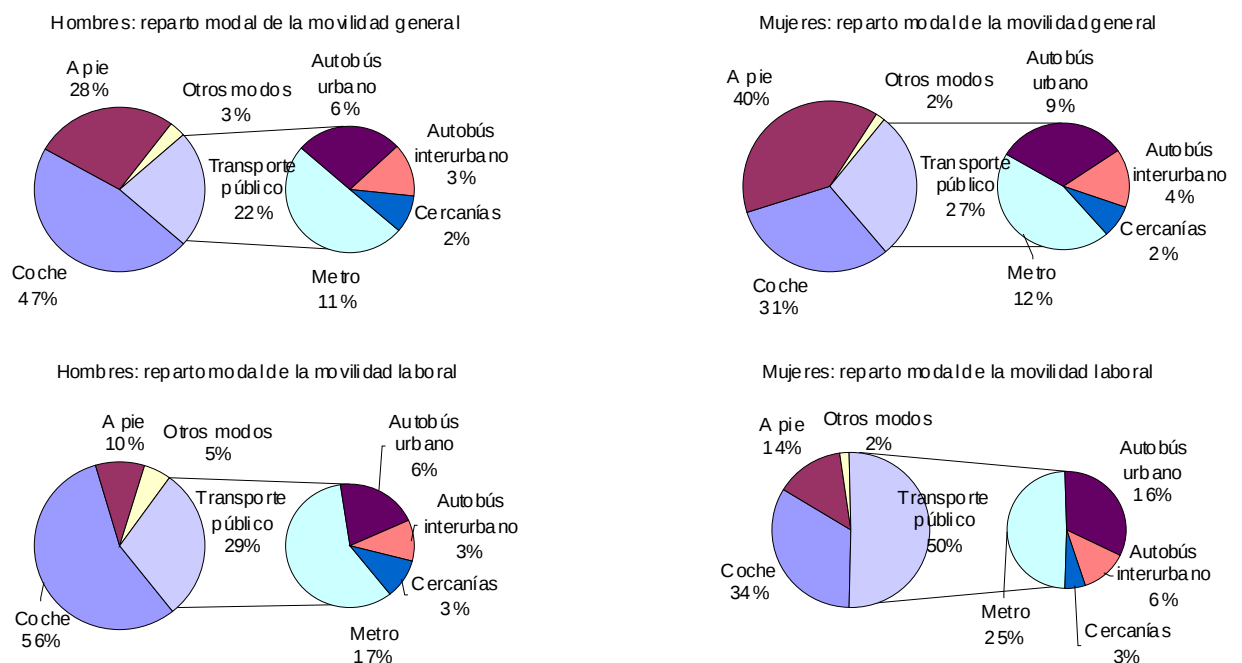
**Tabla 3 – Distribución de viajes en coche por género y número de coches en el hogar**

| Movilidad laboral: viajes en coche | % sobre total viajes |         |                              | % sobre viajes de gente con carnet |         |                              |
|------------------------------------|----------------------|---------|------------------------------|------------------------------------|---------|------------------------------|
|                                    | Hombres              | Mujeres | Diferencia $(M-H)/((M+H)/2)$ | Hombres                            | Mujeres | Diferencia $(M-H)/((M+H)/2)$ |
| 1 coche                            | 28%                  | 12%     | -80%                         | 33%                                | 22%     | -40%                         |
| 2 coches                           | 15%                  | 8%      | -59%                         | 18%                                | 15%     | -17%                         |
| Más de 2                           | 7%                   | 3%      | -63%                         | 8%                                 | 5%      | -21%                         |

**Tabla 4 – Movilidad laboral: distribución de viajes en coche por género y número de coches en el hogar**

Dentro del transporte público, ¿se observan las mismas pautas en hombres y mujeres? Nuevamente, parecen apreciarse diferencias entre ambos: si bien los modos guiados (Metro y Cercanías), absorben en torno al 60% de los viajes en transporte público, se observa por parte de las mujeres una mayor tendencia a usar el autobús, tanto urbano como interurbano.

Si bien no se dispone de información para analizar el motivo de esta elección modal, puede apuntarse como hipótesis la percepción subjetiva de mayor seguridad (seguridad ciudadana, no vial) en los modos con presencia del conductor en el vehículo.



**Gráfico 2 – Reparto modal**

## 2.2 Influencia del nivel económico en la movilidad

El nivel económico es una de las variables tradicionalmente asociada con la elección modal. En este estudio se ha considerado la renta de forma combinada con la distribución territorial.

Tal y como se ha definido anteriormente, Madrid está estructurada en 4 coronas, divididas éstas a su vez en varias zonas: en 4 la periferia de Madrid, y en 8, correspondientes con los principales ejes radiales, las coronas metropolitana y regional, quedando la comunidad dividida en un total de 21 zonas.

El cálculo de la renta per cápita media para cada una de estas 21 zonas se ha realizado como media ponderada de la renta per cápita de cada municipio por la población del mismo, para el año 2004, año de realización de la encuesta.

Antes de detallar los resultados, conviene exponer brevemente las condiciones que presentan cada una de las coronas en relación al transporte público y al uso del coche:

- Madrid centro: tiene una alta densidad de transporte público.
- Madrid periferia: con menor densidad que el centro, tiene buena accesibilidad a la red de transporte público.
- Corona metropolitana: los municipios que la integran tienen buen servicio de transporte público con Madrid ciudad, y más deficitario con el resto de municipios de la región.
- Corona regional: existe una red de transporte público, sobre todo con la ciudad de Madrid; aunque más escasa que en la corona metropolitana.

En la tabla siguiente se resume el uso del coche por hombres y mujeres, en cada una de las 21 zonas consideradas, y separando la movilidad laboral del conjunto de desplazamientos. Mientras en el centro de Madrid, se realizan en coche menos de la mitad de los viajes, a medida que nos alejamos, este porcentaje se va incrementando. Las diferencias existentes entre unas coronas y otras parecen explicarse por la diferente oferta de transporte y por los modelos de desarrollo urbanístico.

Sin embargo, ¿a qué se deben las diferencias entre unas zonas y otras de la misma corona? ¿Puede tener la renta alguna influencia? En el caso de la periferia de Madrid y la corona metropolitana, el análisis de la correlación entre la renta y el uso del coche parece indicar que sí existe relación en el caso de las mujeres, no así con los hombres. En ambas coronas, el uso del coche por parte de las mujeres es mayor en las zonas de mayor renta, y se reduce a medida que ésta disminuye. Sin embargo, en el caso de los

hombres, la elección modal no parece responder a criterios económicos. En la corona regional, la baja oferta de transporte público no es alternativa al uso del vehículo privado, por lo que parece razonable no encontrar ninguna relación entre este uso y el nivel económico.

| Zona                                              | Renta media anual (euros) | Movilidad general: uso del coche |         | Movilidad laboral: uso del coche |         |
|---------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------|----------------------------------|---------|
|                                                   |                           | Hombres                          | Mujeres | Hombres                          | Mujeres |
| Madrid Almendra                                   | 18.020                    | 41%                              | 28%     | 45%                              | 28%     |
| Madrid Periferia Sur                              | 10.670                    | 50%                              | 29%     | 56%                              | 25%     |
| Madrid Periferia Este                             | 13.947                    | 56%                              | 38%     | 60%                              | 34%     |
| Madrid Periferia Norte                            | 16.997                    | 59%                              | 44%     | 63%                              | 38%     |
| Madrid Periferia Oeste                            | 20.038                    | 52%                              | 43%     | 57%                              | 41%     |
| Coeficiente. R2 entre renta media y uso del coche |                           | 0,09                             | 0,83    | 0,07                             | 0,94    |
| C. Metropolitano A-42 (Fuenlabrada)               | 10.271                    | 65%                              | 43%     | 70%                              | 36%     |
| C. Metropolitano A-4 (N-IV)                       | 10.758                    | 71%                              | 50%     | 74%                              | 45%     |
| C. Metropolitano A-2 (Henares)                    | 11.328                    | 73%                              | 58%     | 79%                              | 54%     |
| C. Metropolitano A-5 (N-V)                        | 12.208                    | 66%                              | 55%     | 67%                              | 47%     |
| C. Metropolitano A-3 (N-III)                      | 12.442                    | 81%                              | 63%     | 85%                              | 60%     |
| C. Metropolitano M-607 (Colmenar)                 | 15.751                    | 80%                              | 79%     | 82%                              | 76%     |
| C. Metropolitano A-1 (N-1)                        | 15.829                    | 82%                              | 73%     | 87%                              | 65%     |
| C. Metropolitano A-6 (N-VI)                       | 18.869                    | 76%                              | 75%     | 75%                              | 67%     |
| Coeficiente. R2 entre renta media y uso del coche |                           | 0,37                             | 0,807   | 0,137                            | 0,68    |
| P. Regional A-3 (N-III)                           | 9.364                     | 85%                              | 64%     | 89%                              | 73%     |
| P. Regional A-42 (Fuenlabrada)                    | 11.025                    | 93%                              | 86%     | 96%                              | 88%     |
| P. Regional A-5 (N-V)                             | 11.044                    | 82%                              | 74%     | 87%                              | 67%     |
| P. Regional A-4 (N-IV)                            | 11.319                    | 83%                              | 79%     | 84%                              | 73%     |
| P. Regional A-1 (Norte)                           | 11.642                    | 88%                              | 79%     | 92%                              | 79%     |
| P. Regional A-2 (Henares)                         | 12.149                    | 91%                              | 81%     | 94%                              | 84%     |
| P. Regional M-607 (Colmenar)                      | 12.960                    | 76%                              | 68%     | 74%                              | 64%     |
| P. Regional A-6 (N-VI)                            | 13.473                    | 78%                              | 74%     | 77%                              | 69%     |
| Coeficiente. R2 entre renta media y uso del coche |                           | 0,21                             | 0,02    | 0,34                             | 0,06    |

**Tabla 5 – Diferencias entre hombre y mujer en la relación renta-uso del coche**

### 2.3 Conclusiones

En resumen, podemos constatar que sí existen diferencias en las pautas de movilidad de hombres y mujeres. Si bien estas diferencias pueden deberse, en parte, a actitudes como:

- Diferentes roles y obligaciones de hombres y mujeres en los ámbitos laboral y doméstico
- Prioridad del hombre en el uso del vehículo privado



Parece también que existe una predisposición diferente ante la elección modal entre hombres y mujeres, haciendo éstas una elección modal más sostenible y un uso del vehículo privado más racional.

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo proporcionado por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, así como por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, quien ha facilitado la información de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad EDM'04

## **REFERENCIAS**

BRÖG, W y ERL, E. (1996). Changing Daily Urban Mobility. Less or Differently? Germany. *Round Table 102. ECMT*, Paris.

Consorcio de Transportes de Madrid (2006). EDM'04: Encuesta domiciliaria de movilidad en día laborable 2004.

HJORTHOL, R.J. (2000) "Same city – different options. An analysis of the work trips of married couples in the metropolitan area of Oslo", *Journal of Transport Geography*, 8: 213-220

ROSENBLOOM, S. y BURNS, E. (1993). "Gender Differences in Commuter Travel in Tucson: Implications for Travel Reduction Programs," *Transportation Research Record*, 1404; pp: 82-90.

VANDERMISSEN, M.H., THERIAULT, M. y VILLENEUVE, P. (2006). Work Trips: are there still gender differences? The case of the Quebec Metropolitan Area, 1991 and 2001. *TRB 2006 Annual Meeting*.

WACHS, M. (1998). The Automobile and Gender: An Historical Perspective", *Women's Travel Issues: Proceedings from the Second National Conference*, FHWA-PL-97-024, July 1998.



## **ANÁLISIS DE LA MULTIMODALIDAD DE LOS VIAJES EN TRANSPORTE PÚBLICO EN MADRID**

**Pablo Jordá Lope**

Investigador. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Centro de Investigación del Transporte-TRANSyT. Universidad Politécnica de Madrid-UPM

ETSI Caminos, Canales y Puertos. Av. Profesor Aranguren s/n 28040 Madrid (España)

Tel: +34 91 336 6708, Fax: +34 91 336 6656, E-mail: pjordan@caminos.upm.es

### **RESUMEN**

En las grandes áreas metropolitanas, la red de transporte público debería ofrecer conexiones rápidas y directas entre todos los puntos posibles, pero en la práctica, trabaja concentrando pasajeros en determinados corredores, lo que hace que algunos viajes queden sin conexión directa (GUIDE, 1999). De esta situación surge la necesidad de realizar viajes multimodales en 2 o más modos de transporte público, combinando las redes de los distintos modos de transporte.

La evolución de las infraestructuras de transporte en Madrid, en el periodo comprendido entre los años 1996 y 2004, ha provocado importantes cambios en la movilidad del área metropolitana de Madrid, afectando a los viajes multimodales, que han sufrido un descenso generalizado, debido sobre todo a 2 causas: la primera es la extensión de las redes ferroviarias, que si bien por un lado generan nuevos desplazamientos, incluidos nuevos viajes multimodales, por otro, al llegar a más lugares, reduce la necesidad de combinar con otros modos, generalmente autobuses, para completar un desplazamiento. La segunda de las causas es la extensión de las redes de vías de alta capacidad, que ha provocado un incremento de los viajes en coche, sobre todo en la Corona metropolitana.

Se analiza la movilidad en general y la relacionada con la multimodalidad en particular, para entender como evoluciona la misma con la puesta en servicio de nuevas infraestructuras así como la evolución de la capacidad de las distintas redes de transporte para facilitar los desplazamientos de la población.

### **1. Introducción**

Los viajes multimodales son aquellos desplazamientos en los que intervienen 2 o más modos de transporte distintos, siendo más frecuentes en grandes áreas metropolitanas en las que coexisten diferentes redes de transporte, tanto ferroviarias como servicios de autobuses. La multimodalidad entre los diferentes modos de transporte tiene una serie de ventajas, como el hecho de que combinar los distintos modos de transporte, tanto públicos como privados, en un sistema multimodal de transporte, ofrece la oportunidad de aprovechar las fortalezas de cada uno de los modos así como evitar sus debilidades (Van Nes, 2002). Otras ventajas son: el mejor rendimiento ambiental y energético; la oportunidad que se le da a segmentos de la población para viajar cuando no disponen de alternativas unimodales; puede ser más barato, dependiendo de los impuestos y los

subsidios; puede ser más rápido, especialmente en áreas congestionadas y en desplazamientos a largas distancias (Keijer, M. & Rietveld, P., 1999).

La evolución de las infraestructuras de transporte hace que las pautas de movilidad que se producen en una región, en este artículo, la Comunidad de Madrid, varíen a medida que se van poniendo a disposición del uso público. En el periodo comprendido entre los años 1996 y 2004, se ha experimentado una importante transformación en las redes de transporte en Madrid, en particular, la red de Metro y la red de carreteras de gran capacidad de acceso a la ciudad así como en la Corona metropolitana y, en menor medida, la red de Cercanías ferroviarias del área metropolitana. Estos cambios han provocado una pérdida del peso de los viajes multimodales que se realizan, con lo que parte de las ventajas enumeradas anteriormente han desaparecido. Más que por un empeoramiento del sistema de transporte público, la pérdida de eficiencia se ha producido por el crecimiento de la utilización del coche, debido al aumento de las infraestructuras que facilitan su uso.

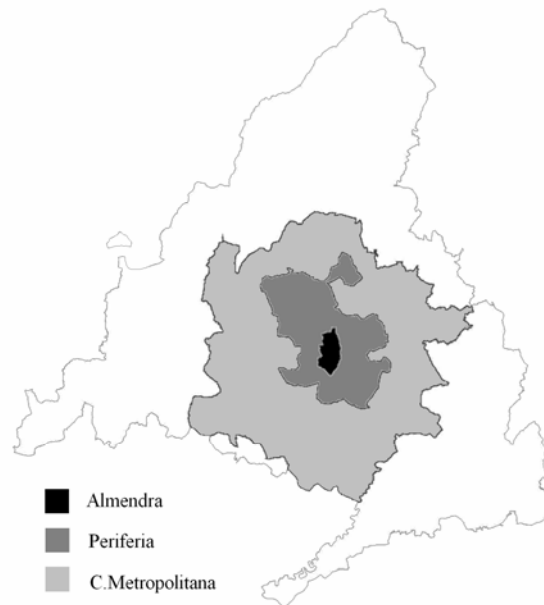
Es importante por tanto conocer como se comporta la multimodalidad, ya que en un buen número de viajes, es imprescindible para poder satisfacer las necesidades de demanda de desplazamiento de los usuarios. Por consiguiente, la eficiencia del sistema de transporte público depende en parte de que los distintos modos se conecten correctamente y actúen de forma conjunta, incluyendo coordinación de horarios y sistemas tarifarios.

En el primer apartado del estudio se hace una breve introducción sobre aspectos socioeconómicos de la Comunidad de Madrid, que sirve para dar algunas pistas sobre el comportamiento de la movilidad en la región. En los siguientes apartados se estudia la evolución del reparto modal de los distintos modos de transporte según el tipo de viaje y ámbito en que se produce el mismo, para pasar a analizar de una manera más detallada la multimodalidad de los viajes y su evolución en el periodo de estudio, de tal manera que se pueda comprender que ha pasado en los años analizados y extraer las conclusiones pertinentes.

## **2. Ámbito geográfico del estudio: la Comunidad de Madrid**

La comunidad de Madrid tenía en el año 2004 una población de 5.840.240 habitantes. La mayoría de la población se concentra en la ciudad de Madrid, que tenía 3.135.245 habitantes, así como en su Corona metropolita, con 2.328.494 habitantes. Dentro del municipio de Madrid se diferencian 2 zonas: la primera abarca los 7 distritos más céntricos del municipio, se conoce como la Almendra y tiene una alta densidad de población y trabajos. La segunda, la Periferia, está formada por el resto del municipio y concentra una población y cantidad de empleos menor. La tabla siguiente recoge y amplía esta información y sirve para dar una idea de cómo explicar los desplazamientos dentro de la Comunidad. Asimismo, la figura 1 muestra los distintos ámbitos geográficos de la Comunidad, que servirán para agrupar los viajes que se producen en la región según el origen y destino de los mismos.

Fig. 1: Mapa de la Comunidad de Madrid. Ámbitos geográficos del estudio.



Fuente: elaboración propia

Tabla 1 . Características generales de las áreas de la Comunidad de Madrid

|                      |           | Población | Superficie<br>km <sup>2</sup> | Densidad<br>hab/km <sup>2</sup> | Empleos   | Empleos/1.000<br>hab |
|----------------------|-----------|-----------|-------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------|
| Ciudad de Madrid     | Almendra  | 1.018.732 | 42                            | 24.256                          | 959.877   | 942                  |
|                      | Periferia | 2.116.513 | 564                           | 3.753                           | 815.648   | 385                  |
| Corona metropolitana |           | 2.328.494 | 2.086                         | 1.116                           | 893.982   | 384                  |
| resto Comunidad      |           | 376.501   | 5.338                         | 71                              | 93.561    | 249                  |
| Total                |           | 5.840.240 | 8.030                         | 727                             | 2.763.068 | 473                  |

Fuente: EDM 04

Como se puede ver, existen importantes diferencias entre las distintas coronas. Así, la Almendra concentra gran cantidad de población y empleos, lo que genera un elevado número de viajes internos así como de atracción desde otras zonas, principalmente la Periferia. Esta segunda corona actúa también como polo de atracción, aunque en menor medida, ya que lo que se generan son viajes internos o de relación con la Almendra. En la Corona metropolitana se producen también un importante número de viajes internos, así como viajes con las 2 coronas interiores.

La distribución de la población y de los trabajos en las distintas coronas de la región no ha cambiado significativamente desde el año 1996, tal como se puede ver en la siguiente tabla, por lo que las variaciones en los hábitos de movilidad no se produce por cambios en la concentración de población y empleo, sino al distinto uso del transporte, debido al crecimiento de las redes de transporte, tanto ferroviarias como vías de alta capacidad, y a la evolución de la movilidad no obligada.

Tabla 2. Evolución de la distribución de la población y los empleos en la Comunidad de Madrid 1996-2004

|                      |           | Población (%) |       | Empleos (%) |       |
|----------------------|-----------|---------------|-------|-------------|-------|
|                      |           | 1996          | 2004  | 1996        | 2004  |
| Ciudad Madrid        | Almendra  | 18,2          | 17,5  | 38,7        | 34,7  |
|                      | Periferia | 38,9          | 36,2  | 28,7        | 29,5  |
| Corona metropolitana |           | 38,1          | 39,9  | 29,1        | 32,4  |
| resto Comunidad      |           | 4,8           | 6,4   | 3,5         | 3,4   |
| Total                |           | 100,0         | 100,0 | 100,0       | 100,0 |

Fuente: EDM 04

### 3. Evolución de la movilidad motorizada. 1996-2004

Una de las herramientas que se utilizan para conocer el número de viajes producidos en un determinado lugar durante un periodo de tiempo es la realización de encuestas domiciliarias de movilidad. En la Comunidad de Madrid se realizan cada 8 años y para este estudio se han utilizado las encuestas de los años 1996 (CRTM, 1998) y 2004 (CRTM, 2006) para elaborar los análisis.

Al hablar del número de viajes que se realizan en los distintos modos de transporte, no se suele tener en cuenta la multimodalidad de los mismos, contabilizando todas las etapas que lo componen, si no que se asigna el viaje a un solo modo, que en este caso, se denomina modo prioritario y que en las encuestas indicadas queda definido a partir de la siguiente secuencia de prioridad de modos:

Cercanías→ autobús Interurbano→ Metro→ autobús urbano EMT→ privados y taxi

Así, por ejemplo, un viaje con una etapa de Cercanías y otra de Metro, se consideraría como un viaje de Cercanías, despreciándose la etapa de Metro.

En el punto 4 se estudian los viajes de una manera más exhaustiva, evaluándose todas las etapas de diferentes modos, pero en el presente punto sólo se consideran modos prioritarios.

Entre los años 1996 y 2004 el sistema de transporte de Madrid ha sufrido importantes cambios: la red de Metro se ha densificado y adquirido unidad al fusionarse las antiguas líneas 8 y 10 (fig. 2 y 3). La red de Cercanías también se ha densificado en el sur de la ciudad de Madrid (fig. 4). Por último, la red de carreteras de gran capacidad (fig. 5) ha aumentado notablemente, sobre todo en los accesos a Madrid y en la Corona metropolitana. Estos cambios afectarán profundamente a la movilidad, tal como se comenta a continuación.

Los viajes en el interior de la Almendra están dominados por el Metro, seguidos por los autobuses de la EMT, el taxi y el coche. En conjunto, los modos públicos de transporte suponen casi el 80% de los viajes motorizados. Respecto al año 1996, se puede ver como EMT pierde el primer puesto a favor del Metro, debido fundamentalmente al desarrollo de la red de suburbano. El uso del coche crece un 43%, por encima de la

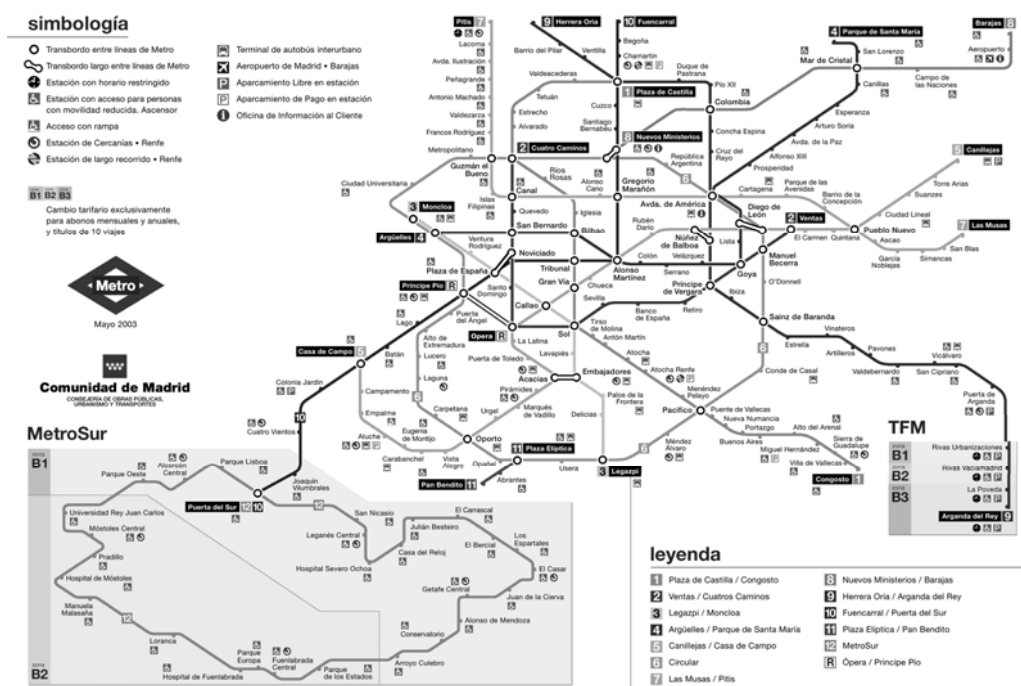
media del conjunto de viajes, aunque por debajo del crecimiento experimentado por Metro.

Fig. 2: Esquema de la red de Metro de Madrid. Año 1996



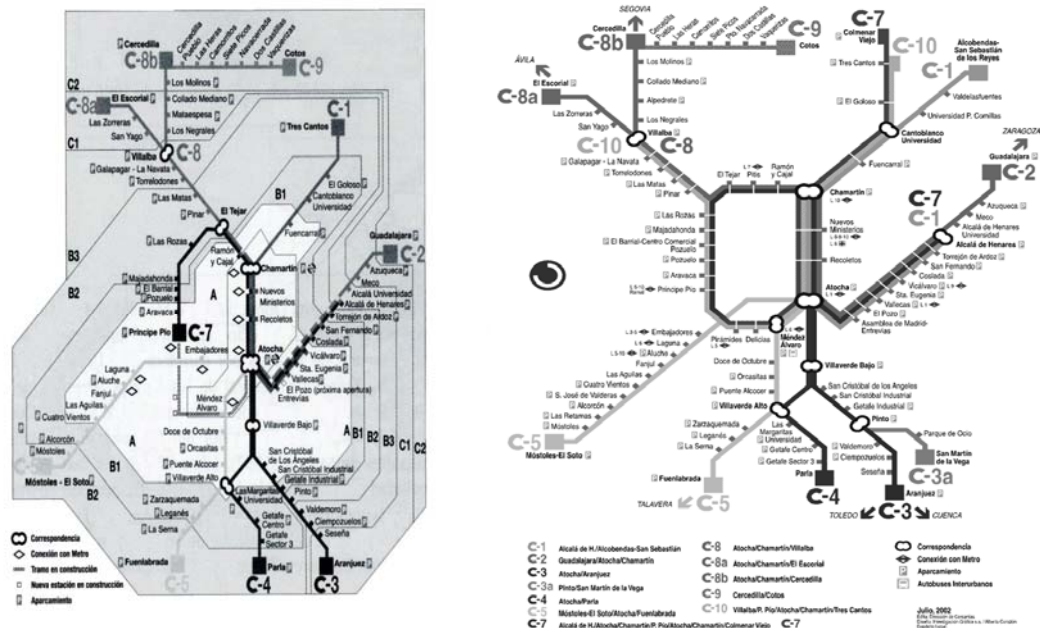
Fuente: CRTM

Fig. 3: Esquema de la red de Metro de Madrid. Año 2004



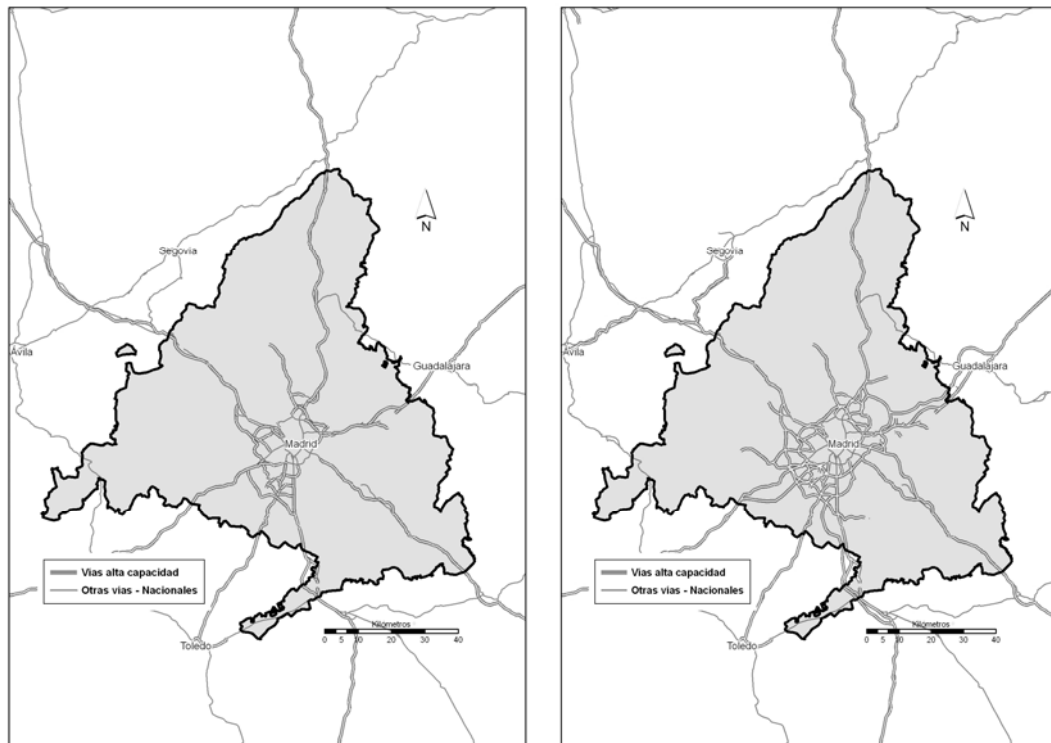
Fuente: CRTM

Fig. 4: Esquema de la red de Cercanías en Madrid. Años 1996 y 2004



Fuente: CRTM

Fig. 5: Mapa de la red de vías de alta capacidad de Madrid. Años 1995 y 2005



Fuente: Emilio Ortega

Tabla 3. Reparto modal de los viajes en el interior de la Almendra

|                            |                          | 2004      | 1996      | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 1.301.579 | 1.004.000 | 29,6                     |
|                            | Metro                    | 32,1      | 22,7      | 83,0                     |
|                            | EMT                      | 24,6      | 28,2      | 13,4                     |
|                            | Cercanías                | 0,6       | 0,3       | 205,0                    |
|                            | Coche                    | 20,0      | 18,1      | 43,3                     |
|                            | Moto                     | 1,4       | 1,1       | 76,7                     |
|                            | Taxi                     | 21,2      | 29,7      | -7,4                     |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Los viajes entre la Almendra y la Periferia tienen un crecimiento similar a los del interior de la Almendra (29%), aunque cabe destacar un menor incremento del Metro y el coche, así como un descenso de los modos autobús, siendo el de los autobuses de la EMT el realmente importante. Aparecen también viajes en Cercanías, que experimenta un crecimiento muy importante. Metro sigue dominando los viajes en transporte público, que suponen un 73%, aunque en segunda posición aparece el coche, que no obstante, ha perdido peso respecto al año 1996.

Tabla 4. Reparto modal de los viajes entre la Almendra y la Periferia

|                            |                          | 2004      | 1996      | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 2.065.568 | 1.605.937 | 28,6                     |
|                            | Metro                    | 39,1      | 31,7      | 58,7                     |
|                            | EMT                      | 20,0      | 26,7      | -3,5                     |
|                            | Cercanías                | 5,3       | 4,3       | 56,9                     |
|                            | Interurbano              | 0,7       | 1,1       | -23,9                    |
|                            | Coche                    | 26,2      | 28,8      | 17,3                     |
|                            | Moto                     | 0,8       | 0,9       | 20,3                     |
|                            | Taxi                     | 7,9       | 6,5       | 54,9                     |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

En el interior de la Periferia, la distribución de viajes cambia radicalmente: el coche es el modo dominante, con la mitad de los viajes. Pese a un gran crecimiento desde el año 1996, Metro se mantiene, por detrás de los autobuses de la EMT, que es el primer modo de transporte público, con un cuarto de los viajes motorizados. Aunque los modos públicos principales crecen, lo hacen por debajo del uso del coche, que crece un 70%, más de 25 puntos por encima de la media del conjunto de viajes.

Tabla 5. Reparto modal de los viajes en el interior de la Periferia

|                            |                          | 2004      | 1996      | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 1.830.590 | 1.266.684 | 44,5                     |
|                            | Metro                    | 16,4      | 16,1      | 47,5                     |
|                            | EMT                      | 24,7      | 31,3      | 14,2                     |
|                            | Cercanías                | 3,1       | 3,6       | 26,7                     |
|                            | Interurbano              | 1,1       | 2,2       | -28,0                    |
|                            | Coche                    | 50,0      | 42,3      | 70,7                     |
|                            | Moto                     | 0,9       | 0,7       | 99,4                     |
|                            | Taxi                     | 3,8       | 3,9       | 39,0                     |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Los viajes entre la Almendra y la Corona metropolitana (Tabla 6) muestran un comportamiento distinto a las relaciones ya comentadas, que son de carácter urbano. En las relaciones con la Corona metropolitana, aparecen como mayoritarios los modos públicos de transporte de carácter metropolitano, como son Cercanías y los autobuses Interurbanos, que para la relación con la Almendra suponen, de manera conjunta, más viajes que el coche. Se puede ver que tanto el autobús como el coche pierden peso frente a los modos ferroviarios, desatancando Metro, que de un uso mínimo, pasa a suponer un 9% de los viajes.

Tabla 6. Reparto modal de los viajes entre la Almendra y la Corona metropolitana

|                            |                          | 2004    | 1996    | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|---------|---------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 883.456 | 623.148 | 41,8                     |
|                            | Metro                    | 9,0     | 1,4     | 843,3                    |
|                            | EMT                      | 0,4     | 0,7     | -13,3                    |
|                            | Cercanías                | 26,9    | 28,7    | 33,0                     |
|                            | Interurbano              | 21,5    | 26,5    | 14,8                     |
|                            | Coche                    | 40,2    | 42,4    | 34,5                     |
|                            | Moto                     | 1,0     | 0,3     | 353,6                    |
|                            | Taxi                     | 1,0     | 0,0     | 3644,3                   |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Los viajes entre la Periferia y la Corona metropolitana son mayoritariamente en coche, que además ha ganado peso respecto al año 1996. Sólo Metro aumenta entre los modos públicos, frente a las caídas de Cercanías y sobre todo, de los autobuses Interurbanos.

Los viajes en la Corona metropolitana son los que más crecen de toda la Comunidad, produciéndose casi el doble de viajes que en 1996. Aunque si bien es verdad que aparecen los viajes en Metro, el modo coche no sólo domina, al representar 3 de cada 4 viajes, sino que además ha aumentado su participación en el total. Pese a producirse importantes crecimientos de los autobuses Interurbanos y Cercanías, no son capaces de absorber gran parte de la demanda, que ha ido a parar al coche.

Tabla 7. Reparto modal de los viajes entre la Periferia y la Corona metropolitana

|                            |                          | 2004      | 1996    | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|-----------|---------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 1.099.765 | 791.341 | 39,0                     |
|                            | Metro                    | 4,1       | 1,6     | 265,4                    |
|                            | EMT                      | 0,3       | 1,0     | -53,8                    |
|                            | Cercanías                | 16,6      | 19,8    | 16,6                     |
|                            | Interurbano              | 17,4      | 23,0    | 5,1                      |
|                            | Coche                    | 60,5      | 54,2    | 55,2                     |
|                            | Moto                     | 0,7       | 0,4     | 139,8                    |
|                            | Taxi                     | 0,3       | 0,0     | 888,8                    |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Tabla 8. Reparto modal de los viajes en el interior de la Corona metropolitana

|                            |                          | 2004      | 1996      | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 2.253.957 | 1.166.650 | 93,2                     |
|                            | Metro                    | 4,4       | 0,0       | -                        |
|                            | Cercanías                | 4,2       | 5,5       | 46,9                     |
|                            | Interurbano              | 15,8      | 20,4      | 49,1                     |
|                            | Coche                    | 74,5      | 73,2      | 96,7                     |
|                            | Moto                     | 0,6       | 0,8       | 47,8                     |
|                            | Taxi                     | 0,5       | 0,1       | 1957,3                   |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

#### 4. Evolución de la multimodalidad en los viajes. 1996-2004

En grandes áreas metropolitanas como la de Madrid, es habitual que una parte importante de los viajes combinen 2 o más modos de transporte, debido a la falta de accesibilidad de cada red de transporte a todos los puntos del área. Murray et al (1998) definen la accesibilidad a la red de transporte público como la capacidad de la misma de llevar a los individuos desde un punto de entrada de la red a uno de salida en una cantidad de tiempo razonable. Por tanto, parece correcto indicar que la cantidad de viajes multimodales son un indicador de la accesibilidad del sistema de transporte público.

Una vez visto como ha evolucionado la movilidad en el área metropolitana de Madrid, se puede analizar más detalladamente la evolución de los viajes multimodales. Los índices de multimodalidad  $M$  que se utilizan en este apartado indican el número de viajes del modo prioritario que son multimodales. El índice  $M_m$  indica el número de viajes del modo prioritario con alguna etapa de otro modo, respecto al total de viajes del modo prioritario. El  $M_t$  indica el número de viajes de modo prioritario con alguna etapa de otro modo, respecto al total de viajes de la relación analizada. Por tanto, a mayor valor del índice  $M_m$ , mayor número de viajes multimodales del modo prioritario y a mayor valor del índice  $M_t$ , mayor es el peso que tiene los viajes multimodales del modo prioritario respecto al total de viajes que se producen en la relación.

Para los viajes en el interior de la Almendra, sólo en el 1,1% aparecen 2 o más etapas de modos públicos diferentes. La explicación de la escasa multimodalidad se encuentra en las distancias de viajes y en la extensión de la red: al realizarse viajes de poca distancia en redes de transporte público densas (Metro o EMT) la necesidad de realizar trasbordo es pequeña, ya que existirá alguna línea que discurra próxima al origen y destino del viaje. De ahí que por ejemplo, casi el 97% de los viajes en Metro no combinan ningún otro modo.

Tabla 9. Características de los viajes en el interior de la Almendra

|                                          |                        |                     | 2004                | 1996                | variación nº<br>viajes % |
|------------------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Total viajes motorizados                 |                        |                     | 1.301.579           | 1.004.000           | 29,6                     |
| % de viajes<br>con alguna<br>etapa de... | Metro                  |                     | 32,1                | 22,7                | 83,0                     |
|                                          | Cercanías              |                     | 0,6                 | 0,3                 | 205,0                    |
|                                          | modo autobús           |                     | 25,8                | 29,2                | 14,2                     |
|                                          | Coche                  |                     | 20,0                | 18,1                | 43,3                     |
|                                          | 2 o más modos públicos |                     | 1,1                 | 1,1                 | 34,2                     |
|                                          |                        | M <sub>m</sub> 2004 | M <sub>m</sub> 1996 | M <sub>t</sub> 2004 | M <sub>t</sub> 1996      |
| Modo<br>prioritario                      | Metro                  | 3,4%                | 4,6%                | 1,1%                | 1,1%                     |
|                                          | Cercanías              | 0,0%                | 0,0%                | 0,0%                | 0,0%                     |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Para los viajes entre la Almendra y la Periferia (Tabla 10), el porcentaje de viajes de Metro con sólo etapas de Metro baja hasta el 85%, siendo los restantes viajes con etapa de modo EMT. Existe también un importante grupo de viajes de Cercanías (41%) en los que aparece alguna etapa de Metro, explicándose dicha situación porque en la zona sur de la ciudad existe una buena red de líneas de Cercanías, dándose por el contrario una menor densidad de la red de Metro. Por tanto, los viajes combinados de Cercanías y Metro se deben a que los usuarios se acercan a la red de Metro utilizando la de Cercanías. Por otro lado se produce un descenso de los viajes en los que aparece alguna etapa de autobuses, debido al aumento de densidad de las redes ferroviarias entre el año 1996 y 2004. Con todo, la multimodalidad disminuye, precisamente por esa pérdida de etapas de autobuses. Puede verse como si bien aumentan los viajes con alguna etapa de modo ferroviario, en cuanto a sus índices M se produce un descenso, ya que lo que ocurre es que hay más viajes unimodales en modo ferroviario.

En cuanto a los viajes en el interior de la Periferia, se experimenta una importante disminución de los multimodales, quedándose en la mitad del porcentaje que ocupaba en 1996 (6,8% frente al 12,3%). Los índices M de los 3 modos públicos prioritarios también sufren importantes descensos, sobre todo Metro. Los modos autobús también pierden peso. Los viajes de Metro con sólo modo Metro suponen 3 de cada 4, siendo de nuevo EMT el modo complementario de los viajes en Metro. La radialidad de la red de Metro en esta zona no contribuye a la realización de trasbordos dentro de la propia red, de ahí que combinen con líneas de EMT, o con autobuses Interurbanos, teniendo casi el 40% de los viajes en este modo alguna etapa de Metro. Dentro de los viajes en Cercanías, es mayoritaria (48%) la cantidad de viajes en los que existe alguna etapa de Metro, debido a que las líneas de Cercanías atraviesan la ciudad de norte a sur y este a

oeste, de una manera más rápida (mayor velocidad comercial y menor número de paradas) que las líneas de Metro, de ahí que se use este modo como complementario al Metro.

Tabla 10. Características de los viajes entre la Almendra y la Periferia

|                                          |                          | 2004                | 1996                | variación nº<br>viajes % |                     |
|------------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
|                                          | Total viajes motorizados | 2.065.568           | 1.605.937           | 28,6                     |                     |
| % de viajes<br>con alguna<br>etapa de... | Metro                    | 41,5                | 33,5                | 59,1                     |                     |
|                                          | Cercanías                | 5,3                 | 4,3                 | 56,9                     |                     |
|                                          | modo autobús             | 27,4                | 38,7                | -8,9                     |                     |
|                                          | Coche                    | 26,2                | 28,8                | 17,3                     |                     |
|                                          | 2 o más modos públicos   | 9,1                 | 12,8                | -8,2                     |                     |
|                                          |                          | M <sub>m</sub> 2004 | M <sub>m</sub> 1996 | M <sub>t</sub> 2004      | M <sub>t</sub> 1996 |
| Modo<br>prioritario                      | Metro                    | 15,5%               | 31,9%               | 6,1%                     | 10,1%               |
|                                          | Cercanías                | 54,1%               | 62,0%               | 2,8%                     | 2,7%                |
|                                          | Interurbano              | 33,7%               | 0,0%                | 0,2%                     | 0,0%                |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Tabla 11. Características de los viajes en el interior de la Periferia

|                                          |                          | 2004      | 1996      | variación nº<br>viajes % |
|------------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
|                                          | Total viajes motorizados | 1.830.590 | 1.266.684 | 44,5                     |
| % de viajes<br>con alguna<br>etapa de... | Metro                    | 18,3      | 18,3      | 44,7                     |
|                                          | Cercanías                | 3,1       | 3,6       | 26,7                     |
|                                          | modo autobús             | 30,5      | 42,9      | 2,8                      |
|                                          | Coche                    | 50,0      | 42,3      | 70,7                     |
|                                          | 2 o más modos públicos   | 6,8       | 12,3      | -20,6                    |

|                     |             | M <sub>m</sub> 2004 | M <sub>m</sub> 1996 | M <sub>t</sub> 2004 | M <sub>t</sub> 1996 |
|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Modo<br>prioritario | Metro       | 25,4%               | 49,4%               | 4,2%                | 7,9%                |
|                     | Cercanías   | 62,9%               | 68,9%               | 2,0%                | 2,5%                |
|                     | Interurbano | 58,5%               | 79,9%               | 0,6%                | 1,7%                |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

En las relaciones entre la Almendra y la Corona metropolitana, los viajes unimodales en Metro apenas suponen el 10%, pero alcanzan el 35% aquellos viajes que combinan alguna etapa de Metro, siendo con el autobús Interurbano el modo con el que más viajes combinados se realizan, suponiendo los viajes multimodales del autobús Interurbano + Metro un 70% de los viajes en autobús Interurbanos. Este comportamiento se ve favorecido por la ubicación de los intercambiadores de transporte de la Comunidad de Madrid, que sirven como receptores de viajes en autobús Interurbano, a lo largo de la Línea 6 de Metro (Circular), lo que permite el acceso inmediato a la red de los viajeros de la Corona metropolitana. Con esto, el porcentaje de viajes con 2 o más modos públicos cae 8 puntos, debido a la pérdida de multimodalidad de los viajes en Cercanías y en autobús Interurbano. Aun así, es en esta relación en la que más viajes multimodales se producen en toda la Comunidad de Madrid, el 32%. Las relativamente largas

distancias a recorrer así como la buena interconexión de redes (estaciones Metro-Cercanías e intercambiadores) sin duda favorece la multimodalidad.

Tabla 12. Características de los viajes entre la Almendra y la Corona metropolitana

|                                          |                          |                     | 2004                | 1996                | variación nº<br>viajes % |
|------------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
|                                          | Total viajes motorizados |                     | 883.456             | 623.148             | 41,8                     |
| % de viajes<br>con alguna<br>etapa de... | Metro                    |                     | 35,4                | 34,0                | 47,7                     |
|                                          | Cercanías                |                     | 26,9                | 28,7                | 33,0                     |
|                                          | modo autobús             |                     | 25,4                | 34,6                | 3,9                      |
|                                          | Coche                    |                     | 44,1                | 42,4                | 47,4                     |
|                                          | 2 o más modos públicos   |                     | 31,8                | 40,0                | 5,6                      |
|                                          |                          | M <sub>m</sub> 2004 | M <sub>m</sub> 1996 | M <sub>t</sub> 2004 | M <sub>t</sub> 1996      |
| Modo<br>prioritario                      | Metro                    | 13,9%               | 0,0%                | 1,2%                | 0,0%                     |
|                                          | Cercanías                | 59,4%               | 67,6%               | 16,6%               | 19,5%                    |
|                                          | Interurbano              | 79,7%               | 87,4%               | 17,1%               | 23,2%                    |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Para los viajes entre la Periferia y la Corona metropolitana (Tabla 13) se tiene también una situación similar a la anterior, pero con porcentajes menores, debido a la menor densidad de redes. La multimodalidad permanece alta (casi 20%) y se puede ver que más de la mitad de los viajes en Cercanías y autobús Interurbano son multietapa. Para no tener casi conexiones directas, es llamativo el número de viajes en los que aparece alguna etapa de metro (casi 20%).

Tabla 13. Características de los viajes entre la Periferia y la Corona metropolitana

|                                          |                          | 2004      | 1996    | variación nº<br>viajes % |
|------------------------------------------|--------------------------|-----------|---------|--------------------------|
|                                          | Total viajes motorizados | 1.099.765 | 791.341 | 39,0                     |
| % de viajes<br>con alguna<br>etapa de... | Metro                    | 18,6      | 20,5    | 25,7                     |
|                                          | Cercanías                | 16,6      | 19,8    | 16,6                     |
|                                          | modo autobús             | 21,9      | 32,3    | -5,9                     |
|                                          | Coche                    | 60,5      | 54,2    | 55,2                     |
|                                          | 2 o más modos públicos   | 18,7      | 52,2    | -2,0                     |

|                     |             | M <sub>m</sub> 2004 | M <sub>m</sub> 1996 | M <sub>t</sub> 2004 | M <sub>t</sub> 1996 |
|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Modo<br>prioritario | Metro       | 8,4%                | 0,0%                | 0,3%                | 0,0%                |
|                     | Cercanías   | 64,4%               | 69,0%               | 10,7%               | 13,6%               |
|                     | Interurbano | 52,3%               | 64,8%               | 9,1%                | 14,9%               |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

Los viajes en el interior de la Corona metropolitana presentan una baja multimodalidad, sólo destacable en los viajes de Cercanías (índices M 45%). Esta situación parece explicarse debido, por un lado, al alto porcentaje de viajes que se realizan en coche (

Tabla 7. *Reparto modal de los viajes entre la Periferia y la Corona metropolitana*

|                            |                          | 2004      | 1996    | variación nº<br>viajes % |
|----------------------------|--------------------------|-----------|---------|--------------------------|
| Modo<br>prioritario<br>(%) | Total viajes motorizados | 1.099.765 | 791.341 | 39,0                     |
|                            | Metro                    | 4,1       | 1,6     | 265,4                    |
|                            | EMT                      | 0,3       | 1,0     | -53,8                    |
|                            | Cercanías                | 16,6      | 19,8    | 16,6                     |
|                            | Interurbano              | 17,4      | 23,0    | 5,1                      |
|                            | Coche                    | 60,5      | 54,2    | 55,2                     |
|                            | Moto                     | 0,7       | 0,4     | 139,8                    |
|                            | Taxi                     | 0,3       | 0,0     | 888,8                    |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

**Tabla 8)** y por otro, a la radialidad de la red de Cercanías, que no facilita tampoco los desplazamientos internos en la corona. Es interesante ver la poca multimodalidad del autobús Interurbano, probablemente debido a que los viajes en el mismo son más directos (entre municipios de la corona), lo que no hace necesario etapas en otros modos. Con la apertura de Metro Sur, se puede apreciar la aparición de viajes en Metro y su nula multimodalidad, ya que son viajes en el interior de las ciudades o entre las ciudades que atraviesa, que al ser de tamaño medio y compactas, no es necesario completar el viaje en otros modos motorizados.

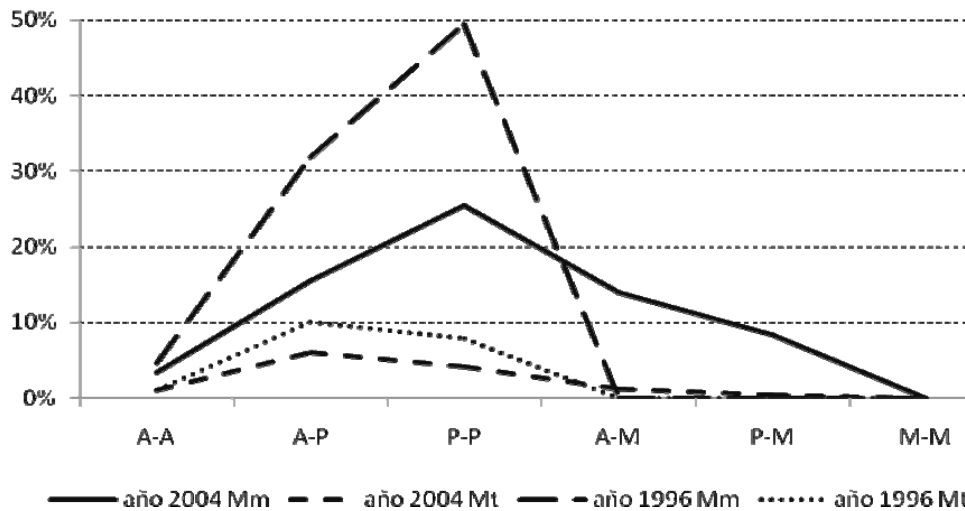
Tabla 14. *Características de los viajes en el interior de la Corona metropolitana*

|                                          |                          |                     | 2004                | 1996                | variación nº<br>viajes % |      |
|------------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------|
|                                          | Total viajes motorizados |                     | 2.253.957           | 1.166.650           | 93,2                     |      |
| % de viajes<br>con alguna<br>etapa de... | Metro                    |                     | 6,1                 | 0,9                 | 1286,1                   |      |
|                                          | Cercanías                |                     | 4,2                 | 5,5                 | 46,9                     |      |
|                                          | modo autobús             |                     | 17,1                | 23,1                | 43,3                     |      |
|                                          | Coche                    |                     | 74,5                | 73,2                | 96,7                     |      |
|                                          | 2 o más modos públicos   |                     | 2,8                 | 3,5                 | 53,4                     |      |
|                                          |                          | M <sub>m</sub> 2004 | M <sub>m</sub> 1996 | M <sub>t</sub> 2004 | M <sub>t</sub> 1996      |      |
| Modo<br>prioritario                      | Metro                    |                     | 0,0%                | -                   | 0,0%                     | -    |
|                                          | Cercanías                |                     | 45,4%               | 47,9%               | 1,9%                     | 2,6% |
|                                          | Interurbano              |                     | 5,5%                | 4,1%                | 0,9%                     | 0,8% |

Fuente: elaboración propia a partir de la EDM 96 y EDM 04

El comportamiento de cada uno de los modos de transporte de los que se han analizado los índices M es distinto. Así, en la figura 6 se puede observar como Metro presentaba su máximo índice M<sub>m</sub> en los viajes interiores de la Periferia en el año 1996. 8 años más tarde, aunque en la Periferia sigue siendo donde más viajes multimodales se producen, las sucesivas ampliaciones de la red, con su consecuente densificación, han hecho que pierdan peso, casi hasta la mitad, los viajes multimodales. En cambio, dentro de la Almendra, por la alta densidad así como a medida que nos acercamos a la Corona metropolitana, por la causa contraria, los índices M son más pequeños o insignificantes.

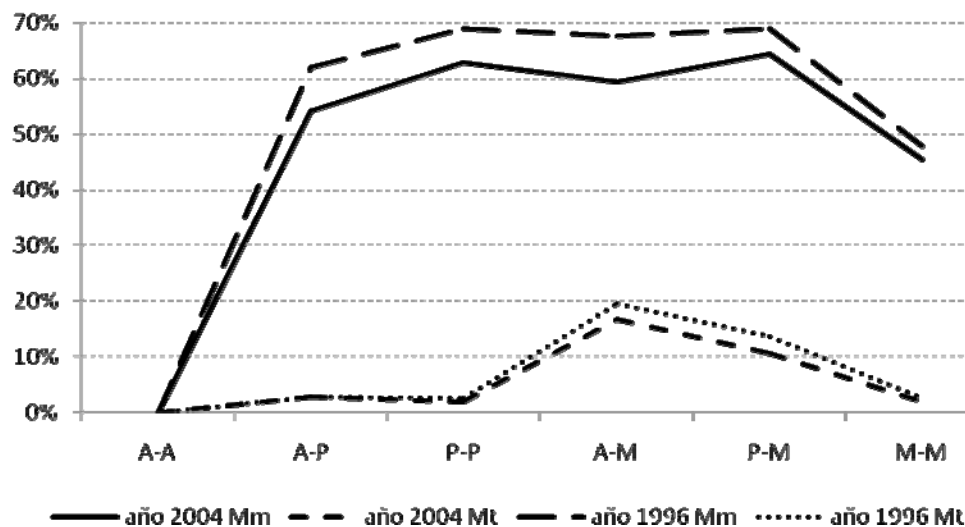
Fig. 6: *Índices M de Metro*



Fuente: elaboración propia

Para los viajes en Cercanías (fig. 7), salvo en la Almendra, se mantiene un índice de  $M_m$  de en torno al 60%, 10% menor al de 1996, aunque los índices  $M_t$  son insignificantes en las relaciones más interiores, si bien logran algo de peso en las relaciones de la Corona metropolitana.

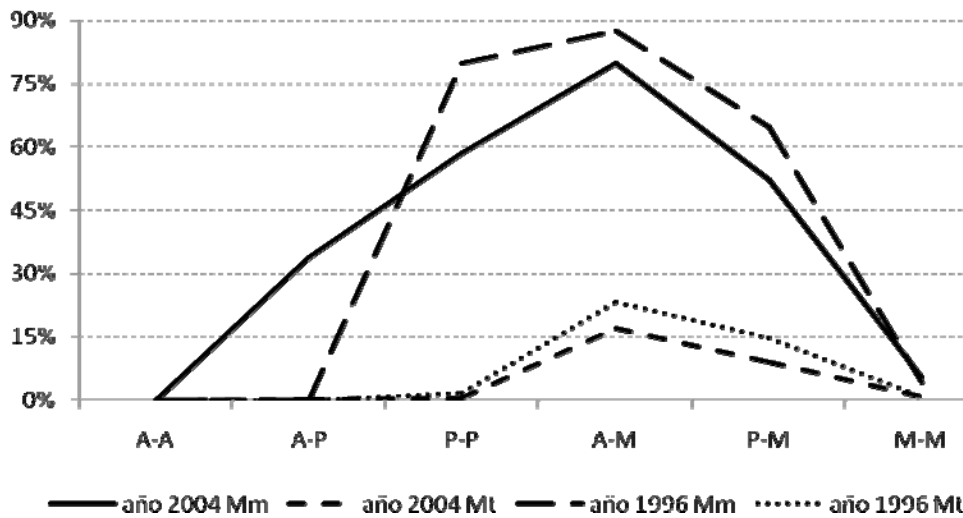
Fig. 7: Índices M de Cercanías



Fuente: elaboración propia

Por último, para los viajes de modo prioritario autobús Interurbano (fig. 8), se tiene también unos valores muy altos del índice  $M_m$  para las relaciones más alejadas del interior, aunque también algo menor que en el año 1996, y también presenta unos índices  $M_t$  muy bajos en las relaciones más interiores, siendo, por el contrario, significativos en aquellas más cercanas a la Corona metropolitana.

Fig. 8: Índices M de los autobuses Interurbanos



Fuente: elaboración propia

## 5. Conclusiones

Como se ha visto a lo largo del apartado anterior, se produce una pérdida de multimodalidad generalizada en los viajes de las relaciones analizadas, siendo 2 las causas principales: la primera es el aumento en 4 de las 6 relaciones del peso de los viajes en coche respecto al total de viajes. Resulta llamativo que ocurra en los viajes internos de las coronas, que en principio son los de distancias más cortas, y donde mejor son las redes de transporte público, sobre todo en la Almendra y la Periferia. La segunda de las causas parece ser la mejora de las redes ferroviarias en el interior de la ciudad de Madrid, sobre todo, la mejora de las interconexiones de la red de Metro así como el tramo Atocha - Príncipe Pío en la de Cercanías, inaugurado a mediados del año 1996. Las ampliaciones de las redes permiten realizar un mayor número de viajes completos en estos modos, que aumentan por lo general sus viajes unimodales. Las redes de autobuses, al ser más flexibles, evolucionan para adaptarse a las redes ferroviarias, perdiendo multimodalidad al servir sólo viajes que no se pueden realizar en modo ferroviario o realizar viajes de corta distancia, que no son propicios para la multimodalidad.

La pérdida de multimodalidad parece estar indicando, por un lado, que las redes de los distintos modos de transporte públicos son más eficientes separadamente y no necesitan combinarse como antes para dar accesibilidad al área metropolitana, ya que permiten realizar un viaje completo dentro de la misma red del modo de transporte, independientemente del origen y destino del desplazamiento. Por otro lado, indica que el mismo sistema de transporte público como conjunto no es eficiente, dado que en algunos casos, la opción de utilizar viajes multimodales para los desplazamientos no es tan atractiva como el uso del coche para realizar el viaje completo.

La pérdida de eficiencia del sistema de transporte público se produce sobre todo en la Corona metropolitana, donde el aumento de los viajes en coche se debe al fenómeno de dispersión urbana que se ha producido en Madrid en estos años. Como se puede ver, son los viajes en el interior de la Corona metropolitana los que más crecimiento del uso del



coche presentan, al producirse sobre todo, el aumento de los viajes por motivo distinto al trabajo. La dispersión y la baja densidad de la población y de las zonas comerciales conllevan a la necesidad de realizar viajes en coche para gestiones que, en otros ámbitos se realizan a pie, tales como compras cotidianas, cine... La dispersión de la población provoca así mismo que sea complicada la implantación de redes ferroviarias, debido a su menor eficiencia en áreas de baja densidad de población. Por tanto sólo es racional la puesta en servicio de líneas autobuses en algunos itinerarios, lo que implica que la accesibilidad del sistema de transporte público así como su atractivo pierdan capacidad de competencia frente al uso del coche.

## 6. Referencias

- [1] CRTM. (2006) Encuesta Domiciliaria de Movilidad en día laborable de 2004 en la Comunidad de Madrid. Resumen de resultados. Consorcio Regional de Transportes de Madrid, Madrid.
- [2] CRTM. (1998) Encuesta Domiciliaria de Movilidad en día laborable de 1996 en la Comunidad de Madrid. Análisis y síntesis de la movilidad. Consorcio Regional de Transportes de Madrid, Madrid.
- [3] GUIDE: Urban interchanges-A Good Practice Guide. 4º Framework Programme. Final Report, June 1999
- [4] Keijer, M. and P. Rietveld (1999) How do people get to the railway station; a spatial analysis of the first and the last part of multimodal trips. Research Memorandum 1999 – 9. Vrije Universiteit, Faculty of Economics. Amsterdam, the Netherlands
- [5] Murray, A.T., R. Davis, R.J. Stimson and L. Ferreira (1998) Public Transportation Access [Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 3, Issue 5](#), September 1998, Pages 319-328
- [6] Van Nes, R. (2002) Design of multimodal transport networks. A hierarchical approach. TRAIL-Thesis Series T2002/5, The Netherlands TRAIL Research School. Delft University Press, Delft.



---

## MOVILIDAD SOSTENIBLE: UNA CUESTIÓN DE LUGAR Y GÉNERO

### Andrés Monzón

Catedrático de Transportes, Universidad Politécnica de Madrid  
TRANSYT - Centro de Investigación del Transporte  
C/Profesor Aranguren, s/n – Ciudad Universitaria  
Madrid- 28040  
91-336-53-73  
[amonzon@caminos.upm.es](mailto:amonzon@caminos.upm.es)

### Cristina Valdés

Doctoranda Departamento de Ingeniería Civil-Transportes  
Escuela T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
C/Profesor Aranguren, s/n – Ciudad Universitaria  
Madrid- 28040  
91-336-67-08  
[cvaldes@caminos.upm.es](mailto:cvaldes@caminos.upm.es)

### Geng Xue

Ingeniero Civil. Master en Transportes.  
Universidad Tecnológica de Beijing, Beigongda  
[gengxue1314@gmail.com](mailto:gengxue1314@gmail.com)

**PALABRAS CLAVE:** Movilidad, Género, Comunidad de Madrid, EDM

## RESUMEN

Las diferencias en la movilidad de hombres y mujeres es un hecho constatado, probablemente como consecuencia de los distintos roles que, tradicionalmente han existido. Si bien es cierto que estos roles tradicionales van tendiendo a un reparto más igualitario, y, por tanto, parece lógico pensar que a unas necesidades de desplazamiento más similares, la bibliografía relacionada con este tema, incluso los estudios más recientes, apuntan que las diferencias siguen existiendo.

En este estudio se pretende conocer qué diferencias se producen en Madrid a la hora de desplazarse hombres y mujeres, primeramente de manera general: cuales son los motivos de los desplazamientos, en qué modos de transporte se realizan, localización de los destinos...

En una segunda parte, se trata de analizar la movilidad desde una perspectiva geográfica y económica: ¿el lugar de residencia y el nivel económico, tienen la misma influencia en las pautas de movilidad sobre hombres y mujeres?



---

## INTRODUCCIÓN

La incorporación de la mujer al mercado laboral ha hecho que las pautas de movilidad de ambos géneros se aproximen, superando la diferenciación de roles sociales y el consiguiente impacto en la movilidad. Ya no se puede decir, por ejemplo, que lo que domina en la movilidad del hombre es el viaje al trabajo y en la mujer el de compras. Aunque aún no en la misma proporción, ambos realizan viajes al trabajo, y por el resto de los motivos.

Sin embargo, cabe preguntarse si mujeres y hombres utilizan o no en la misma proporción los diferentes modos de transporte, si la tipología de viajes (hora y distancia recorrida) es similar, y qué diferencias hay en los motivos de viaje entre hombres y mujeres. Y saber si hay o no diferencias es importante, porque la implementación de planes y políticas de transporte requiere de planes *ad hoc* para los diferentes grupos objetivo de la planificación. Como bien argumenta Brög (1996) *la movilidad contribuye a la organización de nuestra vida diaria fuera del hogar*, lo que supone claramente una serie de decisiones bajo restricciones de tiempo, accesibilidad a las actividades en destino, etc. Todo ello hace concluir a este autor que *el comportamiento de movilidad comienza en la mente*, lo que supone una decisión subjetiva. Y si es subjetiva, parece lógico pensar que mujeres y hombres no tomaremos decisiones siguiendo los mismos patrones de comportamiento.

Las autoridades responsables del transporte tratan de inducir cambios en la elección modal para lograr un transporte más sostenible. En particular este problema es más complejo en las áreas urbanas, donde los viajes pueden programarse con continuidad en el tiempo por el carácter recurrente de nuestra movilidad cotidiana. Ya el Green Paper The Citizens' Network de la Unión Europea (1996) se hacía eco de este problema, abogando por enfoques integrados que presten atención al ciudadano y sus necesidades particulares. Más recientemente, el Green Paper sobre Transporte Urbano (2007), titulado *Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*, se plantea promover cambios en los comportamientos para buscar nuevos modos de lograr una movilidad más sostenible para todos los habitantes europeos.

Pero si hemos de cambiar comportamientos y hábitos de movilidad, ¿no deberíamos diseñar medidas diferentes para lograrlo según el diferente comportamiento y respuesta psicológica de hombres, mujeres, jóvenes, etc.? La literatura científica no es muy abundante al respecto, pero señalan claramente que hay una diferencia de comportamientos según géneros.

Por tanto, con base en los datos de movilidad de la detallada encuesta de la Región de Madrid (EDM'04, 2006), se ha analizado separadamente la movilidad según ambos géneros, atendiendo a la elección modal, a los motivos de viaje y a la distribución espacial de los desplazamientos.

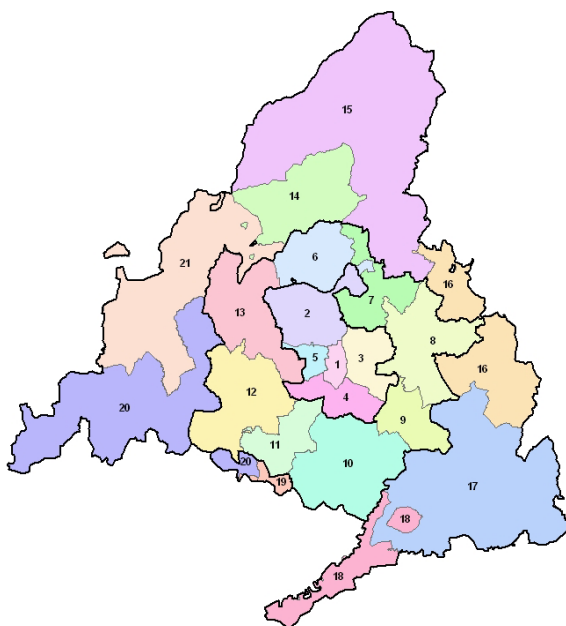
## 1. La Comunidad de Madrid: aspectos territoriales y de movilidad

### 1.1. Estructura y zonificación del estudio

Antes de comenzar nuestro análisis de movilidad, es preciso describir la estructura territorial de la Comunidad de Madrid, que condicionará la zonificación empleada en el estudio realizado. La Región de Madrid ocupa ocho mil kilómetro cuadrados, y se divide funcionalmente en 4 coronas:

- Madrid centro, que incluye la parte más densa, circunscrita por el orbital M-30
- Madrid periferia: es el resto del municipio de Madrid, dividido en 4 zonas, al norte, sur, este y oeste
- Corona metropolitana, dividida en 8 sectores según los ejes radiales
- Corona regional: divididas en los mismos 8 sectores radiales

**Gráfico 1** Comunidad de Madrid: división en Macrozonas



Fuente: Elaboración propia

Esta estructura se muestra en el Gráfico 1. Supone una primera desagregación de la Región de Madrid en **21 macrozonas**, que aparecen numeradas en dicho gráfico, y que suponen subdivisiones por sectores radiales de las 4 coronas, según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Zonificación de la Comunidad de Madrid en Macrozonas

| Código | Corona                        | Macrozona                                 |
|--------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| 1      | Madrid centro                 | Madrid Almendra                           |
| 2      | Corona I: Madrid<br>periferia | Madrid Periferia Norte                    |
| 3      |                               | Madrid Periferia Este                     |
| 4      |                               | Madrid Periferia Sur                      |
| 5      |                               | Madrid Periferia Oeste                    |
| 6      | Corona II:<br>Metropolitana   | Corredor Metropolitano M-607 (Colmenar)   |
| 7      |                               | Corredor Metropolitano A-1 (N-1)          |
| 8      |                               | Corredor Metropolitano A-2 (Henares)      |
| 9      |                               | Corredor Metropolitano A-3 (N-III)        |
| 10     |                               | Corredor Metropolitano A-4 (N-IV)         |
| 11     |                               | Corredor Metropolitano A-42 (Fuenlabrada) |
| 12     |                               | Corredor Metropolitano A-5 (N-V)          |
| 13     |                               | Corredor Metropolitano A-6 (N-VI)         |
| 14     | Corona III:<br>Regional       | Corredor Regional M-607 (Colmenar)        |
| 15     |                               | Corredor Regional A-1 (Norte)             |
| 16     |                               | Corredor Regional A-2 (Henares)           |
| 17     |                               | Corredor Regional A-3 (N-III)             |
| 18     |                               | Corredor Regional A-4 (N-IV)              |
| 19     |                               | Corredor Regional A-42 (Fuenlabrada)      |
| 20     |                               | Corredor Regional A-5 (N-V)               |
| 21     |                               | Corredor Regional A-6 (N-VI)              |

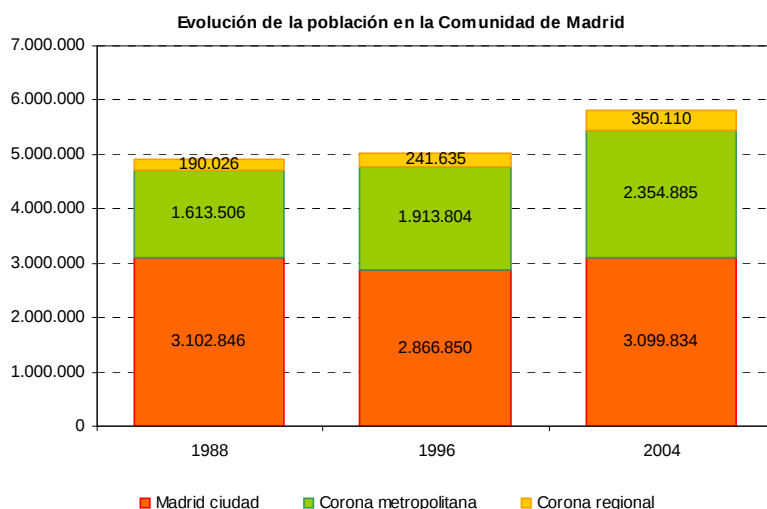
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para el análisis de desplazamientos y su longitud, es preciso una desagregación mayor, por lo que se ha tomado una **zonificación en 199 zonas**, que incluyen los 178 términos municipales de la Comunidad, con excepción de la capital, que se ha dividido en sus 21 distritos. Atendiendo a esta zonificación 199, se definen como viajes internos, a aquellos con origen y destino en la misma zona, y externos, los que tienen cada extremo en zona diferente.

## 1.2. Evolución demográfica y empleo de la Comunidad de Madrid

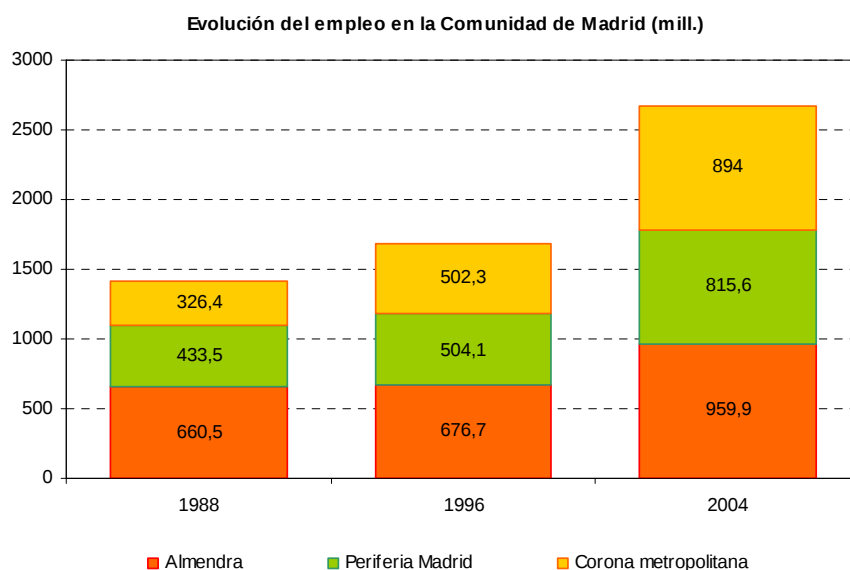
En el año 2004, la población residente en la Comunidad de Madrid era de 5,8 millones de habitantes, casi un millón más que en 1988. Este incremento de población se ha concentrado en las coronas metropolitana y regional, manteniéndose relativamente estable la población residente en Madrid ciudad, que ha revertido la tendencia a pérdida de población de los noventa. Pero no sólo los asentamientos se han suburbanizado, sino que este proceso ha ido acompañado de una descentralización del empleo y servicios, desde Madrid capital a áreas industriales, tecnológicas y comerciales en la corona metropolitana y regional. Este proceso queda claramente reflejado en los gráficos 2 y 3, que recogen los cambios en la población y empleo en el horizonte temporal de las últimas tres encuestas domiciliarias de movilidad realizadas en Madrid.

**Gráfico 2** Evolución y distribución de la población en la Comunidad de Madrid



Fuente: Encuestas domiciliarias de Madrid. Años 1988, 1996 y 2004

**Gráfico 3** Evolución y distribución del empleo en la Comunidad de Madrid



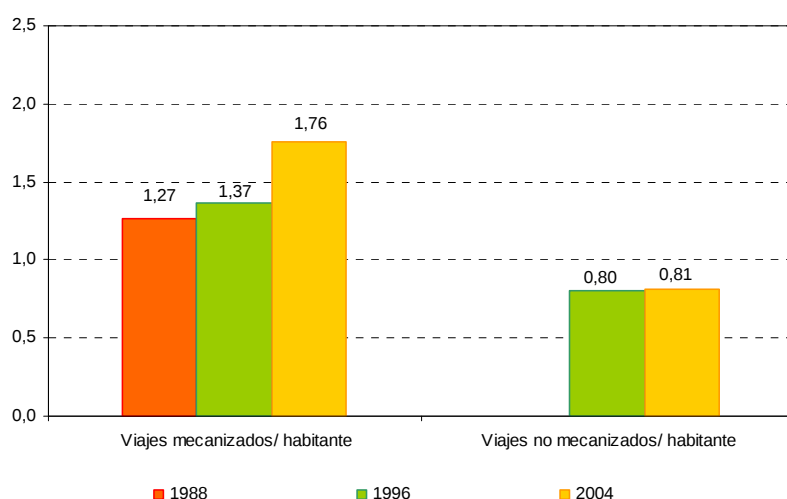
El desplazamiento de población, y sobre todo del empleo, hacia la periferia se ha producido mucho más intensamente en el último período entre encuestas, que ha sido también el de mayor crecimiento económico y demográfico. Se han originado nuevos flujos de viajes, más largos que cuando la población estaba más concentrada en Madrid ciudad y, sobre todo, más dependientes del coche, como se pone de manifiesto en el siguiente apartado.

### 1.3. Evolución de la movilidad en la Comunidad de Madrid

Previamente a analizar las diferencias existentes en la movilidad diaria entre hombres y mujeres, conviene conocer cómo ha evolucionado la movilidad en la Comunidad de Madrid en los últimos años.

Sobre esta cuestión se han realizado, entre los años 2006 y 2007, diversos estudios, entre los que cabe citar: Sostenibilidad y eficiencia económica del transporte en Madrid (Monzón y Hoz, 2006) y Sostenibilidad y eficiencia económica en el transporte en la Comunidad de Madrid: evolución de la última década (Ureña y Muruzabal, 2006). En ellos se analiza la variación del modelo urbano en la región de Madrid en los últimos años, y los efectos derivados de este cambio.

**Gráfico 4** Evolución de la movilidad en la Comunidad de Madrid

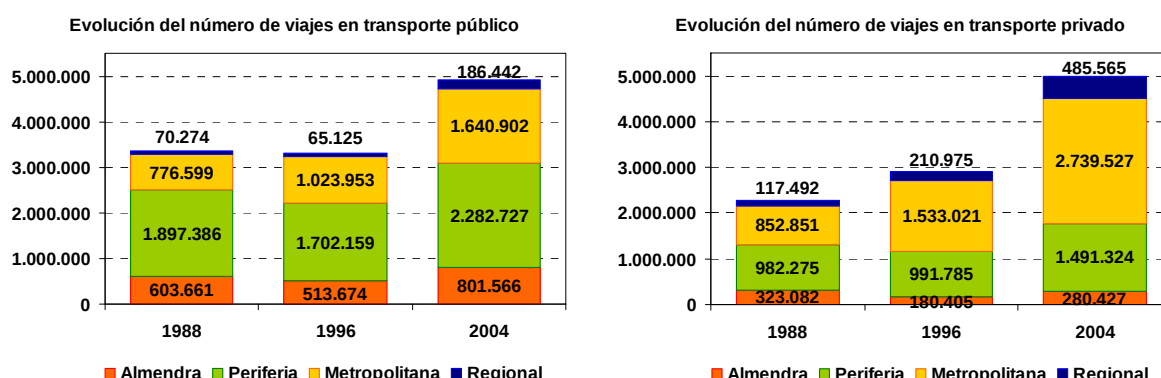


Fuente: Encuesta Domiciliaria de Movilidad de Madrid. Años 1996 y 2004

En el gráfico 4 se muestra el salto en movilidad mecanizada experimentado en la última década, cercano al 30%. Ese salto en la demanda se ha absorbido de manera importante por transporte público, que ha crecido un 45%, debido sin duda a las mejoras en cantidad y calidad de su oferta. Pero en las coronas exteriores, donde la oferta es menor por la baja densidad demográfica, el coche ha asumido el papel preponderante, creciendo su demanda en un 71% globalmente.

Podemos, por tanto, concluir que la expansión metropolitana de Madrid supone la creciente interacción en la red de flujos metropolitanos, de un número creciente de municipios, cada vez más alejados de la capital. Este nuevo modelo metropolitano extenso presenta una estructura de flujos que se aleja del modelo radial, pasando a uno más complejo y diversificado: se ha pasado de una estructura en estrella a otra en forma mallada o tela de araña (Gutiérrez y García, 2006). La consecuencia es un aumento de las distancias medias de viaje y una mayor dependencia del automóvil.

**Gráfico 5** Distribución modal de la movilidad en la Comunidad de Madrid



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Movilidad de Madrid. Años 1988, 1996 y 2004

## 2. La movilidad en la Comunidad de Madrid: ¿Existen diferencias según género?

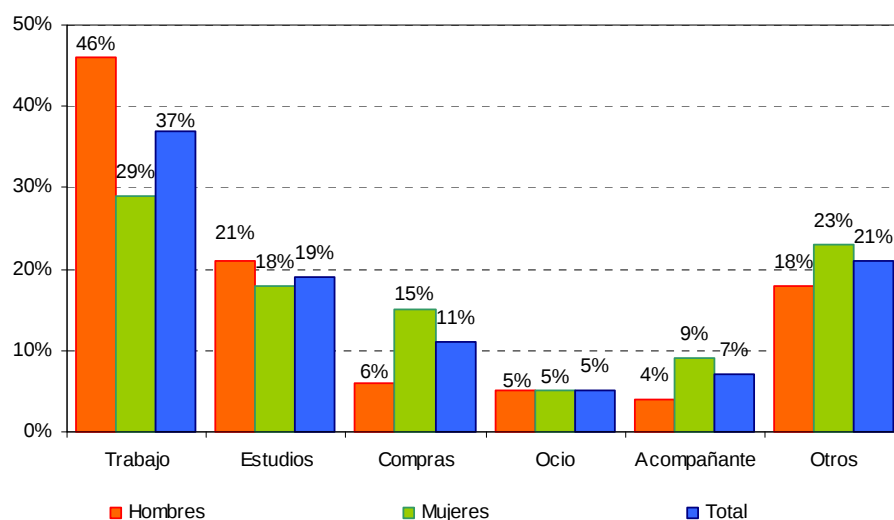
Tras este marco general sobre la movilidad y expansión de la Región de Madrid, se presenta a continuación la explotación de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad de 2004, analizando las relaciones entre las 21 macrozonas indicadas, distinguiendo entre los viajes realizados por cada uno de los géneros. A partir de esos datos, se ha tratado de analizar qué diferencias existen entre la movilidad diaria de hombres y mujeres, tanto cuándo se trata de desplazamientos por trabajo (ya sea desplazamiento al trabajo o desplazamiento por gestiones de trabajo), como en el conjunto de la movilidad. De ahora en adelante, nos referiremos a ellas como movilidad laboral y movilidad general, respectivamente. Este doble análisis responde a la importancia que la movilidad de trabajo tiene dentro del conjunto de la movilidad diaria –37% de los desplazamientos–, considerando de interés conocer si se mantienen o no las mismas pautas en ambos casos.

### 2.1. Motivos de viaje: rol de cada sexo

En primer lugar, cabe destacar la diferencia que la movilidad laboral representa para hombres y mujeres: mientras que el 46% de los desplazamientos de los hombres son por trabajo, en la mujer este tipo de trayectos representa sólo el 29%. Por el contrario, un 24% de los viajes realizados por mujeres son por motivo compras o como acompañante, frente a un 10% en el caso de los hombres.

Esto denota que, a pesar de la creciente incorporación de la mujer al trabajo en las últimas décadas, existe todavía una división de funciones en muchos hogares, siguiendo las pautas tradicionales: el hombre al trabajo y la mujer compras y cuidado de los niños.

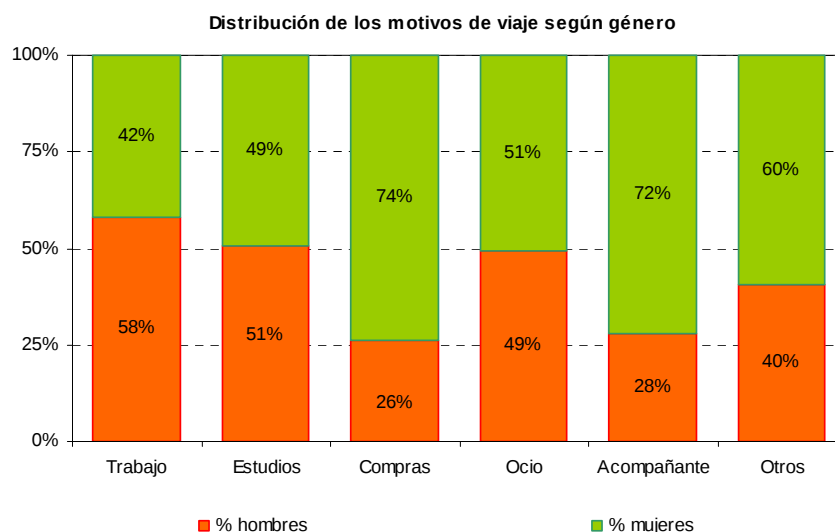
**Gráfico 6** Distribución de viajes en la Comunidad de Madrid según motivo



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

Es interesante señalar que en el motivo de viaje por estudios las cifras son muy similares, aunque algo superior en el caso de los hombres, lo que parecería indicar una mayor prolongación del periodo educacional. En los viajes de ocio no se aprecian diferencias.

**Gráfico 7** Distribución de los motivos de viaje según género



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

## 2.2. Preferencia modal: la mujer opta por modos más sostenibles

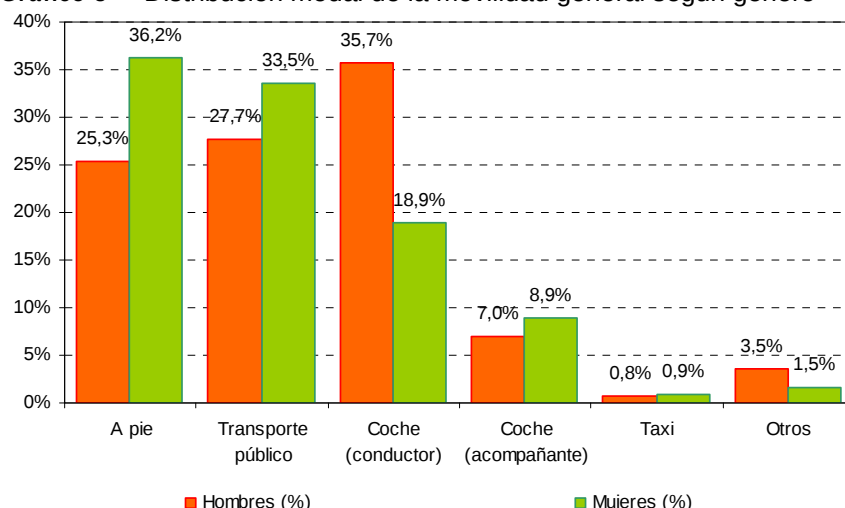
Varios estudios internacionales indican que las mujeres utilizan más el transporte público que los hombres. Esto parece ser claro en los viajes al trabajo (Hjortol, 2000), pero otros estudios indican que es una pauta general en todo tipo de viajes (Vandermissen et al, 2006).

Los datos de la Comunidad de Madrid confirman lo que indican dichos estudios internacionales, pues las mujeres realizan el 70% de sus trayectos a pie o en transporte público, frente al 53% en el caso de los hombres. La imagen contraria se da en el uso del coche; los hombres optan principalmente por desplazarse en automóvil y, fundamentalmente, como conductor. Los hombres conducen su propio coche en un tercio de sus desplazamientos, mientras que las mujeres lo hacen sólo en la quinta parte de sus viajes. Es reseñable que los hombres son acompañantes en el coche en un 7% de los viajes, mientras que las mujeres en el 9% de los casos.

Cabe destacar que las mujeres realizan un tercio de sus viajes a pie, mientras que los hombres sólo realizan la cuarta parte de sus viajes andando. Las diferencias en el uso del transporte público también son importantes, 6 puntos porcentuales de diferencia.

Esta dependencia, tradicionalmente asociada a una mayor disponibilidad del coche por parte del hombre que de la mujer, no es apoyada sin embargo en estudios recientes, como el realizado por Henning et al (2006), en el que constatan que, en el caso de Colonia (Alemania), considerando exclusivamente a la población con disponibilidad de coche, los hombres hacen un mayor uso del mismo que las mujeres, no sólo en viajes de trabajo sino también en desplazamientos asociados a obligaciones familiares.

**Gráfico 8** Distribución modal de la movilidad general según género



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

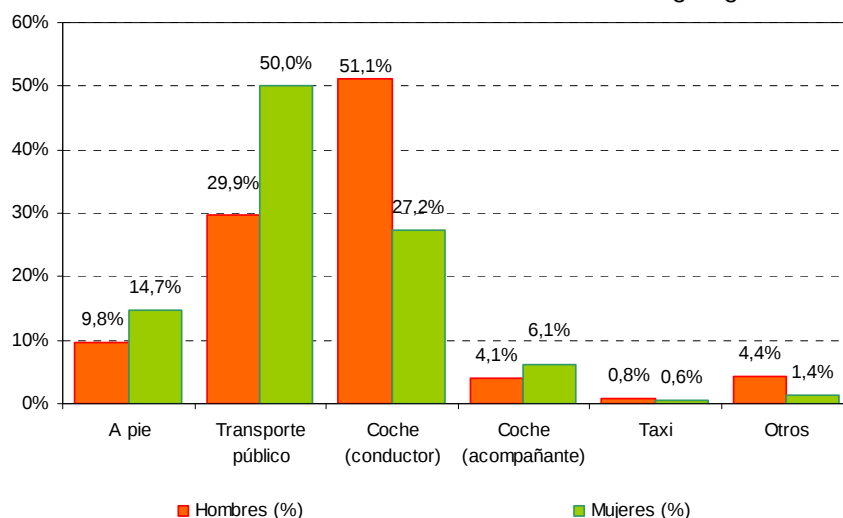
Si particularizamos el análisis en el viaje por motivo laboral, los desplazamientos a pie se reducen notablemente, como consecuencia de la mayor longitud de viaje al trabajo, frente a los desplazamientos por compras, ocio, etc., que suelen realizarse en un ámbito más local.

No obstante, se mantienen las pautas anteriores, aunque acentuándose la diferencia en el uso de coche y transporte público. La reducción de los viajes a pie se compensa, en el caso de los hombres, con un incremento de los viajes en coche y, en el caso de las mujeres, con un aumento de los viajes en transporte público.

Cabe destacar, en ambos casos, el escaso uso del coche de manera compartida, como se observa en el porcentaje tan reducido de viajes en coche como acompañante, tanto en hombres como en mujeres.

El uso del coche compartido es más frecuente en viajes por otros motivos distintos del trabajo. En el resto de motivos se viaja juntos en 23 de cada 100 viajes en coche, mientras que en la movilidad laboral sólo 11 se hacen de esta manera. Esta diferencia se puede explicar desde la mayor flexibilidad en la organización de los desplazamientos por motivos diferentes al trabajo, y también en que los destinos laborales pueden no ser coincidentes, mientras que los de ocio y compras, parece que se hacen más en familia.

**Gráfico 9** Distribución modal de la movilidad laboral según género

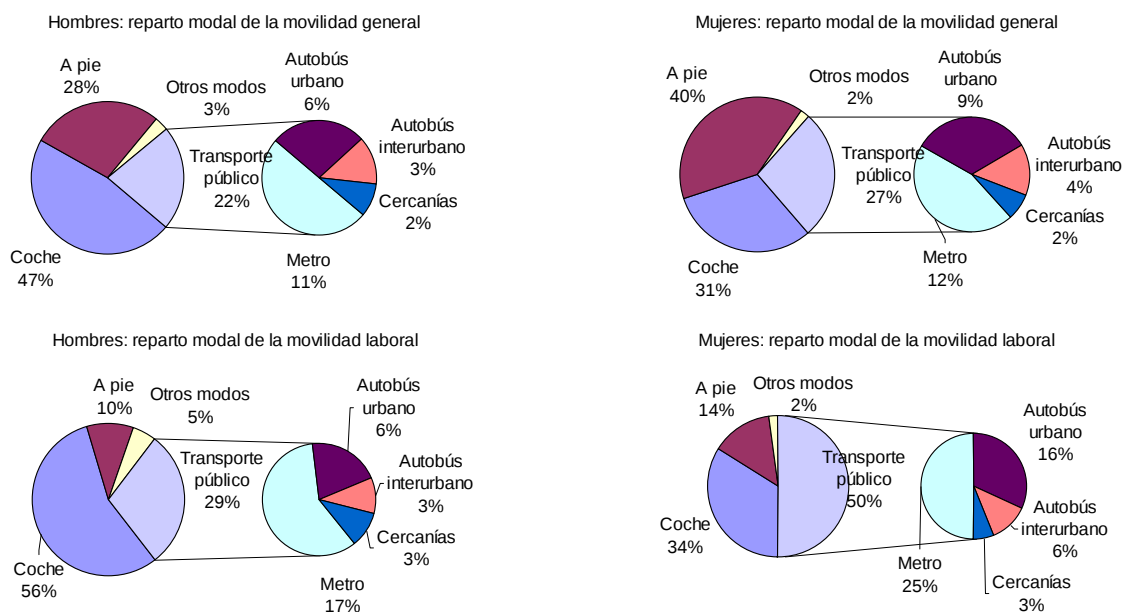


Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

De acuerdo con los resultados recogidos en el gráfico 10, dentro de los viajes en transporte público y, particularmente en el caso de la movilidad de trabajo, se observa un mayor uso de los autobuses por parte de las mujeres frente a los hombres, tanto urbanos como interurbanos. Aún siendo predominantes los trayectos en modos ferroviarios en ambos sexos, en el caso de los hombres representan un 70% de los realizados en transporte público, frente al 56% en las mujeres.

Aunque no se puede constatar, la mayor tendencia de las mujeres a usar el autobús puede deberse a la distinta sensación de seguridad que transmiten los distintos modos. Esta idea no deja de ser una primera hipótesis abierta a futuras investigaciones.

**Gráfico 10** Diferencias en el reparto modal de hombres y mujeres



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

### 2.3. ¿Es la movilidad sostenible una cuestión de género?

Los datos anteriores indican claramente un comportamiento muy diferente en la elección modal entre mujeres y hombres. Podemos afirmar sin ninguna duda que las mujeres siguen pautas de movilidad sostenibles (caminar y transporte público) en un 67% de sus viajes, mientras que los hombres hacen viajes en modos sostenibles en sólo el 50% de los casos. A modo de paradigma, podemos afirmar, con los datos analizados, que el modo mayoritario en el caso de las mujeres es caminar, mientras que en los hombres es el coche.

Estas diferencias se mantienen también en el caso de los viajes por motivo de trabajo, donde el coche ofrece ventajas frente a los otros modos, pues en todos los ámbitos es el modo más rápido, siendo la velocidad la característica determinante en la elección modal de los desplazamientos laborales. Pues bien, las mujeres optan por una movilidad sostenible en el 64% de sus viajes por este motivo, aunque en este caso el modo mayoritario es el transporte público. Por el contrario, los hombres acentúan su opción por el coche, que absorbe el 56% de sus desplazamientos laborales, quedando los modos sostenibles reducidos al 39% de los casos.

Podemos decir, por tanto, que la movilidad sostenible es cuestión de género, pues las mujeres optan mayoritariamente por moverse caminando, y cuando las distancias son mayores, o es preciso viajar más rápido, optan por el transporte público. Por el contrario, en el caso de los hombres el modo dominante es el coche, cuya proporción aumenta al 56% en los desplazamientos al trabajo, donde prima la velocidad.

### 3. Distancia de viaje

La distancia del viaje al trabajo depende de las limitaciones impuestas a la elección del puesto de trabajo. En algunos estudios se pone de manifiesto la influencia en la disponibilidad del coche; por ejemplo, Hjorthol (2000) afirma, tras estudiar la movilidad en Oslo, que la mujeres trabajan más cerca del hogar por dos razones: mayores responsabilidades en el hogar y que su disponibilidad de coche está condicionada a que no lo use el hombre en la unidad familiar. Por tanto, el hombre usa el coche cuando lo necesita, y la mujer cuando lo necesita, si no está ocupado por el hombre. Esta conclusión se complementa con el estudio de Best y Lanzendorf (2005) que concluye que mujer y hombre utilizan el coche en igual proporción cuando tienen plena disponibilidad de coche. No obstante, las diferencias en el uso del coche y en la de distribución de funciones en el hogar se están reduciendo, como señalan Vandermissen et al (2006).

#### 3.1. Los hombres hacen viajes más largos que las mujeres

En el caso de la región de Madrid, el análisis se ha llevado a cabo considerando, como ya se ha explicado antes, dos tipos de trayectos: internos y externos, sobre la zonificación 199, que resulta más significativa a estos efectos. Se han analizado los viajes por todos los motivos, y luego específicamente los viajes por motivo de trabajo, sobre los que hay más literatura científica, como ya se ha mencionado. Se observa que las mujeres realizan casi el mismo número de desplazamientos internos y externos. Por el contrario, los hombres viajan un 60% de las veces a zonas externas (otros municipios o distritos), y sólo el 40% de los viajes internos. Es interesante destacar que la mujeres tienen mayor movilidad (hacen un 7% más de viajes diarios), quizás porque sus desplazamientos son más cortos, lo que iría en consonancia con la teoría del *presupuesto de tiempo de viaje*, que indica que el tiempo dedicado a viajar es constante (Schaffer y David, 2000), por lo que los viajes más largos suponen una reducción del número de viajes. Así, la mujer tendría una mayor calidad de vida, en el sentido de atender más destinos que los hombres.

Estas diferencias son mucho menores cuando se trata de movilidad laboral, aunque el hombre sigue trabajando en mayor medida más lejos del hogar que la mujer. Estos resultados indican que, en Madrid, la mujer se está incorporando al trabajo en condiciones bastante similares a los hombres, al menos desde el punto de vista de la localización del empleo.

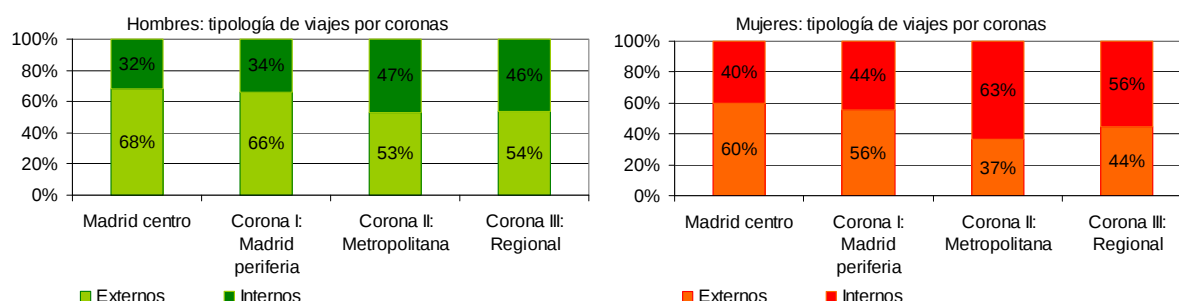
Tabla 2. Desplazamientos diarios de hombres y mujeres según tipología de viaje

| Tipo de viaje                              | Movilidad general         |                           | Movilidad laboral         |                           |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                            | hombres<br>viajes/persona | mujeres<br>viajes/persona | hombres<br>viajes/persona | mujeres<br>viajes/persona |
| externo<br>(otro municipio/distrito)       | 1,47 (60%)                | 1,25 (49%)                | 0,88 (79%)                | 0,56 (75%)                |
| interno<br>(dentro del municipio/distrito) | 0,96 (40%)                | 1,32 (51%)                | 0,23 (21%)                | 0,19 (25%)                |
| Total viajes                               | 2,43                      | 2,57                      | 1,11                      | 0,75                      |

Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

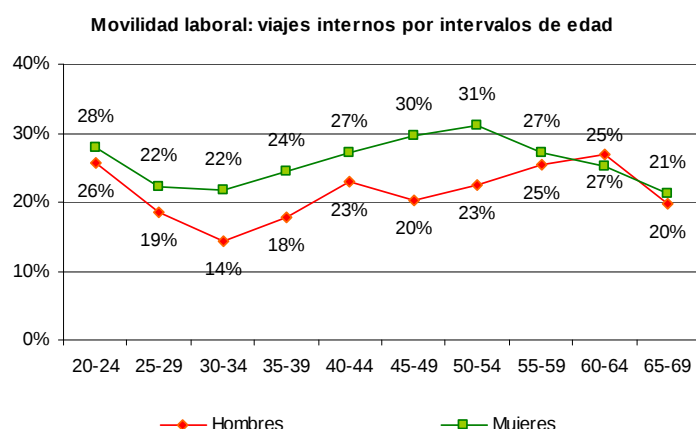
Aunque en cualquiera de las coronas, los viajes internos son más representativos en las mujeres que en los hombres, esta diferencia se incrementa a medida que nos alejamos de Madrid ciudad, a excepción de la corona regional (cfr. gráfico 11). Una posible explicación podría ser la reducción de la oferta de transporte público a medida que nos distanciamos de Madrid, sobre todo si son desplazamientos transversales. Esto obliga a desplazamientos en transporte público de mayor duración o al uso del coche. La mujer, usuaria mayoritaria del transporte público, se ve más afectada por esta reducción de oferta para su trayecto que el hombre, que se desplaza principalmente en coche. La reducida oferta de transporte público de la corona regional obliga a una movilidad mayoritaria en vehículo privado. Por otra parte, los habitantes de esos municipios de la periferia regional, tienen una tipología de viajes diferente, menos dependientes de la ciudad de Madrid. No debe olvidarse de que en las dos primeras columnas, las zonas se corresponden con agregaciones de distritos, mientras que las coronas exteriores corresponden a municipios.

**Gráfico 11** Tipología de viajes por coronas



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

**Gráfico 12** Movilidad laboral: viajes internos por intervalos de edad



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

Las diferencias en el porcentaje de viajes internos a la zona para ambos géneros es mayor en el periodo de edad comprendido entre los 30 y los 55 años (gráfico 12). Este dato respalda la idea de que la mujer asume más las cargas familiares, asumiendo trabajar cerca del domicilio en la franja de edad en la que hay más frecuentemente hijos jóvenes en el hogar.

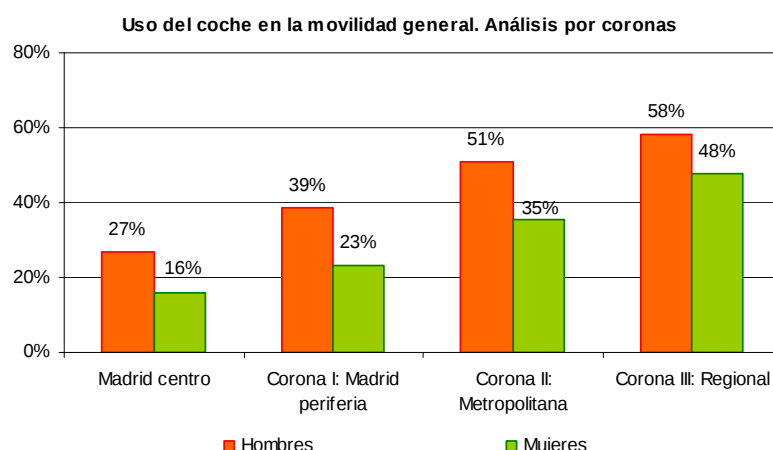
Las diferencias según género se reducen mucho en el caso de los jóvenes (sin hijos) y desaparecen en los mayores de 60 años (sin hijos en el hogar, o ya independientes).

En resumen, podemos afirmar que los hombres hacen viajes más largos que las mujeres mientras hay hijos en el hogar, lo que indica una mayor responsabilidad en las tareas domésticas de la mujer. También se constata que según nos alejamos de la capital, tanto hombres como mujeres, tienden a moverse en entornos más próximos, probablemente por la mayor dependencia del automóvil, al reducirse la oferta de transporte público, como veremos en el apartado siguiente.

### 3.2. Diferencias entre zonas

El uso del coche, tanto en hombres como en mujeres, se va incrementando a medida que nos alejamos de Madrid ciudad, como se muestra en el gráfico 13, reduciéndose las diferencias entre sexos.

**Gráfico 13** Uso del coche en la movilidad general. Análisis por coronas



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

Esto puede responder a 2 factores:

a) el modelo urbanístico de usos del suelo: mientras en Madrid ciudad coexisten zonas de residencia, empleo y ocio, los desarrollos urbanísticos metropolitanos tienden a una mayor separación de actividades en urbanizaciones, parques industriales, tecnológicos..., y grandes centros de ocio. Esta separación de usos, además de no permitir el desarrollo de un entramado urbano continuo, conlleva un incremento de distancia en los desplazamientos, lo que en su conjunto favorece el uso del vehículo privado.

b) la oferta de transporte público: a medida que nos alejamos de Madrid ciudad, se reduce la oferta de transporte público, actuando esto también a favor del incremento del uso del coche.

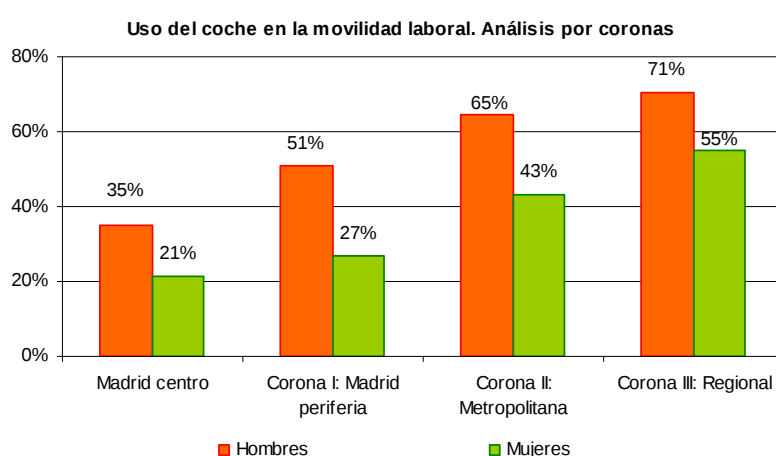
Las mayores diferencias entre hombres y mujeres se producen en la periferia de Madrid y en la corona metropolitana, posiblemente debido a que ambas coronas tienen:

- una oferta de transporte público razonablemente buena, lo cual favorece el uso del transporte público por parte de las mujeres.

- unas facilidades de aparcamiento superiores a las existentes en el centro de la ciudad, lo que fomenta la tendencia por parte del hombre a utilizar el vehículo propio en vez del transporte público.

Los resultados de la movilidad laboral (gráfico 14) acentúan aún mas las diferencias de género mostradas en el caso de la movilidad general, lo cual es lógico por la mayor proporción de viajes en automóvil en los viajes al trabajo.

**Gráfico 14** Uso del coche en la movilidad laboral. Análisis por coronas



Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

### 3.3. Influencia del nivel económico en el uso del coche<sup>2</sup>

Las diferencias en el uso del coche entre unas coronas y otras parecen explicarse por la diferente oferta de transporte y por los modelos de desarrollo urbanístico.

Sin embargo, ¿cómo se explican la diferencias entre unos y otros sectores de una misma corona? Uno de los motivos que pudiera explicar, o al menos en parte, estas diferencias, es la diferente renta. Como el coste de viajar en coche es muy superior al del transporte público, parece razonable que exista una relación entre el nivel económico y la preferencia modal.

Los resultados del análisis, utilizando, en este caso, la zonificación 21 se recogen en la tabla 3. Cuando se compara el uso del coche en la movilidad general frente a la renta media de cada uno de los sectores que conforman una misma corona, se observa que en el caso de los hombres el uso es prácticamente independiente de las variaciones de la renta. Por el contrario, el uso de coche por parte de las mujeres parece seguir una conducta más racional: a mayor nivel de renta se da mayor utilización del automóvil. Así, por ejemplo, las mujeres que viven en la zona sur de la periferia de Madrid, que es la de menor renta, usan el coche

<sup>2</sup> Los porcentajes expresados en este capítulo están calculados sobre el total de viajes en coche y en transporte público, quedando excluidos los trayectos en el resto de modos (a pie, autobús discrecional, taxi, etc.)

en un 29% de sus desplazamientos; por el contrario, en la zona oeste, la más rica, esta proporción alcanza el 43% de los desplazamientos. En el caso de los hombres, sin embargo, el porcentaje de uso del coche en estas dos zonas difiere sólo en un 2%.

Lo mismo ocurre, con variaciones más acusadas, en el caso de la corona metropolitana: en el corredor metropolitano de la A-42, el de menor renta media de los 8 sectores metropolitanos, el porcentaje de uso del coche por parte de las mujeres es del 43%, porcentaje que se va incrementando hasta un 79%, en el corredor de la M-607, el cual es uno de los 3 con una renta media superior a los 15.000 euros/persona. En el caso de los hombres, sin embargo, corredores de rentas medias muy diferentes, tienen por el contrario, porcentajes de uso del coche muy similares, como es el caso de los corredores metropolitanos de la A-2 y el de la A-6, o de la A-3 y M-607.

*Tabla 3. Relación entre el uso del coche en la movilidad de la C. de Madrid y la renta media*

| Zona                                                                          | Renta media anual (euros) | Uso del coche en la movilidad general |               | Uso del coche en la movilidad laboral |               |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
|                                                                               |                           | Hombres                               | Mujeres       | Hombres                               | Mujeres       |
| Madrid Almendra                                                               | 18.020                    | 41%                                   | 28%           | 45%                                   | 28%           |
| Madrid Periferia Sur                                                          | 10.670                    | 50%                                   | 29%           | 56%                                   | 25%           |
| Madrid Periferia Este                                                         | 13.947                    | 56%                                   | 38%           | 60%                                   | 34%           |
| Madrid Periferia Norte                                                        | 16.997                    | 59%                                   | 44%           | 63%                                   | 38%           |
| Madrid Periferia Oeste                                                        | 20.038                    | 52%                                   | 43%           | 57%                                   | 41%           |
| <b>Coefficiente de correlación R2 entre la renta media y el uso del coche</b> |                           | 0,0914                                | <b>0,8287</b> | 0,0666                                | <b>0,9413</b> |
| C. Metropolitano A-42 (Fuenlabrada)                                           | 10.271                    | 65%                                   | 43%           | 70%                                   | 36%           |
| C. Metropolitano A-4 (N-IV)                                                   | 10.758                    | 71%                                   | 50%           | 74%                                   | 45%           |
| C. Metropolitano A-2 (Henares)                                                | 11.328                    | 73%                                   | 58%           | 79%                                   | 54%           |
| C. Metropolitano A-5 (N-V)                                                    | 12.208                    | 66%                                   | 55%           | 67%                                   | 47%           |
| C. Metropolitano A-3 (N-III)                                                  | 12.442                    | 81%                                   | 63%           | 85%                                   | 60%           |
| C. Metropolitano M-607 (Colmenar)                                             | 15.751                    | 80%                                   | 79%           | 82%                                   | 76%           |
| C. Metropolitano A-1 (N-1)                                                    | 15.829                    | 82%                                   | 73%           | 87%                                   | 65%           |
| C. Metropolitano A-6 (N-VI)                                                   | 18.869                    | 76%                                   | 75%           | 75%                                   | 67%           |
| <b>Coefficiente de correlación R2 entre la renta media y el uso del coche</b> |                           | 0,3664                                | <b>0,8038</b> | 0,1318                                | <b>0,6776</b> |
| P. Regional A-3 (N-III)                                                       | 9.364                     | 85%                                   | 64%           | 89%                                   | 73%           |
| P. Regional A-42 (Fuenlabrada)                                                | 11.025                    | 93%                                   | 86%           | 96%                                   | 88%           |
| P. Regional A-5 (N-V)                                                         | 11.044                    | 82%                                   | 74%           | 87%                                   | 67%           |
| P. Regional A-4 (N-IV)                                                        | 11.319                    | 83%                                   | 79%           | 84%                                   | 73%           |
| P. Regional A-1 (Norte)                                                       | 11.642                    | 88%                                   | 79%           | 92%                                   | 79%           |
| P. Regional A-2 (Henares)                                                     | 12.149                    | 91%                                   | 81%           | 94%                                   | 84%           |
| P. Regional M-607 (Colmenar)                                                  | 12.960                    | 76%                                   | 68%           | 74%                                   | 64%           |
| P. Regional A-6 (N-VI)                                                        | 13.473                    | 78%                                   | 74%           | 77%                                   | 69%           |
| <b>Coefficiente de correlación R2 entre la renta media y el uso del coche</b> |                           | 0,2062                                | 0,0229        | 0,3406                                | 0,0644        |

Fuente: Encuesta Domiciliaria de Madrid. Año 2004

En el caso de la corona regional no hay diferencias por la razón ya reiterada de la baja oferta de transporte público, por lo que no hay alternativa real al coche para la mayor parte de los



desplazamientos. Por tanto, se utiliza el coche mayoritariamente independientemente del nivel de renta.

Por tanto, puede concluirse que la mujer tiene una conducta más racional en la elección de modo: elige los desplazamientos baratos cuando tiene menos nivel de ingresos. Por el contrario, en el caso del hombre el viaje en coche tiene una cierta condición de estatus social: el uso del coche no varía según su nivel de riqueza. En otras palabras, en los hogares con menos renta, la mujer ahorra en sus gastos de transporte, mientras que el hombre utiliza el coche siempre, aunque su uso suponga una proporción importante de su renta disponible.

#### **4. CONCLUSIONES**

Podemos concluir que la movilidad sostenible es una cuestión de lugar y género.

El primer condicionante es el lugar, o dicho de otro modo, el tipo de urbanización, que limita las alternativas de transporte: en zonas de baja densidad, la movilidad está ligada al uso del coche.

Y cuando el transporte público y el viaje a pie son alternativas al viaje en coche, podemos afirmar que la movilidad de la mujer presenta características propias.

- sostenibilidad: utiliza el transporte público y viaje a pie en un 75% de los desplazamientos, frente al 39% en el caso del hombre.
- asume responsabilidades familiares: en edades entre los 30 y 55 años, con hijos en el hogar, las mujeres se desplazan más cerca que los hombres, pero sus pautas se igualan en el resto de edades. En general las mujeres viajan un 7% más que los hombres.
- responsabilidad económica: las mujeres hacen de su elección modal una decisión económica, utilizando más el transporte público cuando las rentas son menores. El hombre utiliza el coche de modo no sensible a la renta, más como modo de estatus.

Por tanto, podemos afirmar, junto con Brög (1996), que los comportamientos de elección modal, aunque condicionados por las características urbanísticas y de las redes de transporte, y del nivel económico, son sobre todo fruto de una decisión personal, basada en un sistema de valores. Según se ha expuesto en estas páginas, esta decisión es diferente entre mujeres y hombres. Así, la decisión de las mujeres está más condicionada por la sostenibilidad, seguridad, economía y rol familiar. Por el contrario, el hombre toma su decisión de viaje basada en mayor medida en criterios de velocidad, estatus social y dependencia del trabajo.

#### **5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Best, H. y Lanzendorf, M. (2005). Division of labour and gender differences in metropolitan car use, an empirical study in Cologne, Germany. *Jornal of Transport Geography* vol 13, pp: 109-121.



- Brög, W. and Erl, E. (1996). Changing Daily Urban Mobility. Less or Differently? Germany. Round Table 102. ECMT, Paris.
- Consorcio Regional de Transportes de Madrid (2006). EDM'04: Encuesta domiciliaria de movilidad en día laborable 2004.
- European Commission (1996), Green Paper COM/95/601. The Citizens' Network. Fulfilling the potential of public passenger transport in Europe. Brussels.
- European Commission (2007), Green Paper COM/2007/51. Towards a new culture for urban mobility. Brussels.
- Gutiérrez Puebla, J, y García Palomares, J.C. (2006). Movilidad por motivo de trabajo en la Comunidad de Madrid. Estudios Económicos 1 y 2/2006, pp: 223-255.
- Heine, W.D. (1995). Warum wird das Auto benutzt? Verkehrsmittelwahlverhalten aus umweltpsychologischer Sicht. In Internationales Verkehrswesen, Heft 47, 1995.
- Hjorthol, Randi Johanne (2000) "Same city – different options. An analysis of the work trips of married couples in the metropolitan area of Oslo", Journal of Transport Geography, 8: 213-220
- Monzón de Cáceres, Andrés y De la Hoz, Daniel (2006) "Sostenibilidad y eficiencia económica del transporte en Madrid". Estudios Económicos 1 y 2/2006, pp: 31-64
- Rosenbloom, S. Y Burns, E. (1993). "Gender Differences in Commuter Travel in Tucson: Implications for Travel Reduction Programs," Transportation Research Record, 1404; pp: 82-90.
- Schafer, A. y David, G.V. (2000). The future mobility of the world population. Transportation Research A, vol 34, pp: 171-205.
- Ureña, José María y Muruzabal, José Javier (2006). Sostenibilidad y eficiencia económica en el transporte en la Comunidad de Madrid: evolución de la última década. Estudios Económicos 1 y 2/2006, pp:191-222
- Vandermissen, Marie-Helene, Theriault, Marius y Villeneuve, Paul (2005). Work Trips: are there still gender differences? The case of the Quebec Metropolitan Area, 1991 and 2001. TRB 2006 Annual Meeting.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Se ha contado con la información de la EDM'04, facilitada por el Consorcio de Transportes de Madrid.



## **IMPACTS OF FUEL CONSUMPTION TAXES ON MOBILITY PATTERNS AND CO<sub>2</sub> EMISSIONS USING A SYSTEM DYNAMIC APPROACH**

Luis Ángel Guzmán<sup>1</sup>, Daniel de la Hoz<sup>2</sup>, Paul Pfaffenbichler<sup>3</sup>, Simon Shepherd<sup>4</sup>

**ABSTRACT.** Current transport behaviour leads to increasing congestion of the infrastructure, growing dependence on fossil fuels, increasing energy demand, and growing CO<sub>2</sub> emissions. Policies based principally on increasing system speed and in particular car speeds will lead to greater urban sprawl with increases in average trip lengths. Time saved by speed increases are traded for more distance. This trend is not sustainable in the longer term. Transport policies based just on time savings for citizens may not be the basis for our city planning strategy. The same happens with transport cost. With underpriced transport, the market undervalues land use location, which again may lead city to sprawl and could induce greater trip lengths. In this study, the efficiency of a fuel consumption or CO<sub>2</sub> tax policy is analysed as a policy to internalise externalities of transport in a fair travel cost. Based on system dynamics theory, an integrated land use and transport model is proposed in order to assess the effects and impacts of such policy in the short, medium and long term. Different scenarios related to clean vehicles are incorporated. This model is applied to three cities Madrid, Vienna and Leeds and compares their results.

---

<sup>1</sup> PhD. Student at the Universidad Politécnica de Madrid. Transport Research Centre (TRANSyT-UPM)

<sup>2</sup> Assistant Professor at the Universidad Politécnica de Madrid. Research Fellow at the Transport Research Centre (TRANSyT-UPM)

<sup>3</sup> Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

<sup>4</sup> Principal Research Fellow Institute for Transport Studies, University of Leeds



## INTRODUCTION

The recently published communication “GREEN PAPER–Towards a new culture for urban mobility” (COM (2007) 551) clearly says that “*European towns and cities are all different, but they face similar challenges and are trying to find common solutions*”: for making our cities sustainable. This is not a minor task. Over 60% of the population lives in urban areas and 85% of the EU's gross domestic product is created in urban areas (COM (2007) 551, Eurostat). This means that they are essential for the economic performance but at the same time should be developed taking into account the quality of life of the majority of the EU population.

All around Europe, increased traffic, both in the city centres and the metropolitan area is a common phenomenon. These circumstances create an increasing adverse situation where externalities measured in terms of delays, pollution, stress, inequities, etc, drive our cities into a spiral of degradation: 1% of the EU's GDP, are lost every year as a result of congestion; Urban traffic is responsible for 40% of CO<sub>2</sub> emissions and 70% of emissions of other pollutants arising from road transport (COM (2007) 551).

On the other hand, Climate change is recognised as an international problem where all are involved. On the Kyoto Agreement signed in 1997, developed countries approved reducing their overall emissions of six greenhouse gases (GHG) to 5.2% below 1990 levels over the period 2008–2012. European Member States have, under this target, started to deploy different strategies and measures in order to achieve their GHG emission targets, as a response to European Directives or as individual initiatives. In this context, the big issue which maintains the tension, especially in the transport sector, is the predominance of oil as the main means of energy. The CO<sub>2</sub> emission reduction commitment is also competence of the cities as well. Despite advancement in car technology, the increase in traffic and the 'stop-go' nature of driving in urban areas implies that cities are becoming a major, and growing, source of CO<sub>2</sub> emissions which contribute to climate change.

Thus, the sensitivity to a “greener” urban environment is continuously growing, and transport is on the agenda of every policy maker. National and Urban governments show considerable interest in formulating policies for a more sustainable transportation sector. Some of them have been named as “Transport Demand Management” (TDM) policies, where a change of travel behaviour is desired. Policies, among others, such as “fuel taxes”, are under this concept as a transport policy. Implications of this policy are presumed to be not just about mode choice, but, in the long term, the city structure as well.

It is generally assumed that higher speeds, allow people to cover longer distance within their time and money constraints. These spatial opportunities will increase including the distance between their residence and job locations, resulting in the dispersion of residences and jobs. Under this presumption, and the opposing argument, it suggests that increasing the cost of travel will result in people gravitating back towards the centre, or multi-centres, thus gradually changing the dispersed city back into compact mono or poli-centric ones.

In this article fuel taxes will be evaluated as an important instrument for the environment and urban sustainability on three different European cities, showing the effectiveness of the measure. The methodology presented, in order to assess the effects on the long term in an urban area, is based on the System Dynamic (SD) approach in order to integrate within the assessment the interrelation between land use and transport, that otherwise (traditional transport models) would be omitted.



The objective of this study is to analyse how the energy taxation policy can contribute to the climate policy. Many arguments justify this exercise. Among others, the Directive 2003/96/EC where the implementation of the EU minimum energy tax policy in the Member States is stabilised. This implies that there will be changes on this regulation as a process of harmonization between the different Member States. Others are related to Kyoto target and the different national commitments.

So in order to asses, from a regional and local point of view, what are the implications and impacts of this policy, different scenarios are tested and evaluated. Changes are assessed for different urban areas in terms of emissions and mobility patterns. The scenarios tested take into account, as relevant exogenous variables:

- First, different CO<sub>2</sub> fuel tax policies.
- Second, different fuel market prices.
- And third, different evolutions of vehicle technologies into the future.

## **FUEL TAX POLICY AND SCENARIO ASSUMPTIONS**

Once the worrisome transport emission trends was acknowledged through its observation since 1990 (base year for the Kyoto protocol), and in order to help achieve Kyoto targets the European Commission established in 2001 the first European Climate Change Programme (ECCP), with the transport sector included. A wide range of measures was identified and introduced in the Member States (MS) in the following years thanks to this programme. Most of these transport measures could be categorized under the following themes:

- Taxation (fuel taxes / vehicle taxes / fuel tax exemptions / registration taxes)
- Infrastructure charging
- Vehicle efficiency
- Logistics and combined transport
- Promotion of public transport

The second ECCP I report of April 2003 (European Commission (2003)) identified additional measures in order to achieve new CO<sub>2</sub> savings. Among others were: community strategy on CO<sub>2</sub> from passenger cars where not just technology improvements had to be met, but also fiscal measures would be undertaken; environmentally enhanced vehicles (Directive COM (2005) 634, Council of the European Union (2005)); Framework Directive Infrastructure Use and Charging; or fuel taxation. Under this last item, the Commission agreed the directive on the taxation of energy products and electricity (2003/96/EC, Council of the European Union, (2003)). The directive modernised and extended the community energy tax framework, and raised the minimum rates of taxation for transport, and the use of fiscal incentives for environmental or transport policy purposes was introduced (public transport, renewables). This is a change in the orientation of the fuel tax instrument at the EU level.

Fuel taxes were not initially designed for environmental purposes, but their consequences are certainly environmental. Historically, externalities had played a small role in the motivation of a fuel tax. In fact, probably there is not, or was not, a belief that climate change is a serious problem. Hence, the stated motives for fuel taxes vary considerably from one place to other (Parry and Small (2005)). But nowadays, fuel taxes could play a crucial role in order to motivate a change, but still it is difficult to raise fuel taxes as

policies are shaped by economic interest and the growing dependence and ownership of cars among the population makes them unpopular with the electorate and politicians (Hammar et al. (2004)).

Fuel taxes are much higher on average in Europe (even the lowest) compared to the US. This is one of the reasons that explains the difference on fuel uses and energy consumption (Kenworthy (1999)), and probably on mobility patterns as well. US annual gasoline consumption per capita is at 1,300 litres. Most European countries use less than a third of this amount (Germany 360l, France 240l, UK 360l, Italy 300l) (IEA, 2006). What would have happened if the EU had followed the same path as the US? Probably if the EU had followed a similar tax policy to that in the US, aggregate carbon emissions would have been substantially higher and cities more dispersed.

The problem is not a short term problem rather than a long term one. Action made, or not made, will have consequences on the long term future. This makes the matter much more complicated but now is the time to decide what type or model of urban, technology, behaviour or structure we will have for the next one or two decades, since the actions carried out now, will determine the intensities of energy and environment use for the next years to come.

One can suggest that the oil market by itself will balance the demand, or that just technology improvements will solve the issue. CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars sold in the EU have decreased by 12.4% between 1995 and 2004, following a voluntary agreement between the European Commission and industry. However, despite these improvements, environmental conditions are still not satisfactory: local authorities are facing serious problems to meet the requirements on air quality, such as the limits of particulates and nitrogen oxides in ambient air which have a negative impact on public health. Various demand-oriented tools like fuel taxation, vehicle taxation, and infrastructure charging have to be implemented but at the same time be carefully investigated.

By combining the policy dimension with the energy-availability dimension, a scenario framework was created which consists of scenarios for the future of the European Transport and Energy system up to 2030. From the point of view of energy availability, two groups of scenarios have been identified:

- Scenarios Type A. Based on the “optimist” energy supply forecast. In the following, these scenarios will be named ‘low oil price growth scenarios’ or just ‘scenarios A’
- Scenarios Type B. Are based on the assumption of energy scarcity. In the following, these scenarios will be named ‘high oil price growth scenarios’ or just ‘scenarios B’.

At the same time, from the energy demand policy dimension there are also two groups:

- Policy Strategy Type 1. Focused on technology improvements. In the following, these scenarios will be named ‘technology investment scenarios or just ‘scenarios 1’.
- Policy Strategy Type 2. Concentrating on demand regulations related to fuel tax measures. In the following, these scenarios will be named ‘Fuel Tax Regulation’ or just ‘scenarios 2’.

**Table 1. Scenarios for Measure Assessment**

|                     |                     | Energy demand     |                          |                          |
|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     |                     | Business as Usual | Technological Investment | Fuel Tax Regulation Rate |
| Energy availability | Optimist forecast   | A0                | A1                       | A2                       |
|                     | Worst case forecast | B0                | B1                       | B2                       |

Main characteristics for the baseline and all scenarios are summarised in Table 2. These are based on the scenarios contemplated in STEPs (Scenarios for the Transport System and Energy Supply and their Potential Effects) project (Monzón, A., Nuijten, A. (2006)).

**Table 2. Specification for the Baseline Scenarios**

| Measure                                         | Indicator                                           | Scenario 0                                                                                                                                | Scenario 1                                                                                                                                   | Scenario 2                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 |                                                     | Business as usual (BAU)                                                                                                                   | Technological Investment                                                                                                                     | Tax and Prices Regulation                                                                                                                 |
| <b>Socio-Economic and Cultural Sub-system</b>   |                                                     | <b>Annual change in %</b>                                                                                                                 |                                                                                                                                              |                                                                                                                                           |
| Mobility management                             | Car ownership                                       | + 1,0%                                                                                                                                    | + 1,0%                                                                                                                                       | + 1,0%                                                                                                                                    |
| Travel cost change due to fuel taxes            | Car (General car cost)                              | + 0,5%                                                                                                                                    | + 0,5%                                                                                                                                       | + 0,5%                                                                                                                                    |
|                                                 | Air (General air cost)                              | - 0,5%                                                                                                                                    | - 0,5%                                                                                                                                       | - 0,5%                                                                                                                                    |
| Diffusion of Telework                           | Commuting trips saved per year                      | 0,0%                                                                                                                                      | 0,0%                                                                                                                                         | 0,0%                                                                                                                                      |
| <b>Fuel Tax and Prices Policies</b>             |                                                     | <b>Annual change in % A/B scenarios</b>                                                                                                   |                                                                                                                                              |                                                                                                                                           |
| Fuel Prices                                     | Gasoline/litre                                      | +1.0% / +4.0%                                                                                                                             | +1.0% / +4.0%                                                                                                                                | +1.0% / +4.0%                                                                                                                             |
|                                                 | Diesel / litre                                      | +1.0% / +4.0%                                                                                                                             | +1.0% / +4.0%                                                                                                                                | +1.0% / +4.0%                                                                                                                             |
|                                                 | Electric/unit                                       | +0.0% / +0.0%                                                                                                                             | +0.0% / +0.0%                                                                                                                                | +0.0% / +0.0%                                                                                                                             |
|                                                 | CNG/unit                                            | +1.0% / +4.0%                                                                                                                             | +1.0% / +4.0%                                                                                                                                | +1.0% / +4.0%                                                                                                                             |
|                                                 | Hybrid/unit                                         | +0.0% / +4.0%                                                                                                                             | +0.0% / +4.0%                                                                                                                                | +0.0% / +4.0%                                                                                                                             |
|                                                 | Hydrogen/unit                                       | +1.0% / +0.0%                                                                                                                             | +1.0% / +0.0%                                                                                                                                | +1.0% / +0.0%                                                                                                                             |
| Fuel Tax                                        | Gasoline fuel tax/ litre                            | +1.5%                                                                                                                                     | +1.5%                                                                                                                                        | +4.7%                                                                                                                                     |
|                                                 | Diesel fuel tax/ litre                              | +0.7%                                                                                                                                     | +0.7%                                                                                                                                        | +4.7%                                                                                                                                     |
|                                                 | Electric fuel tax/unit                              | +0.0%                                                                                                                                     | +0.0%                                                                                                                                        | +0.0%                                                                                                                                     |
|                                                 | CNG fuel tax/unit                                   | +0.0%                                                                                                                                     | +0.0%                                                                                                                                        | +0.7%                                                                                                                                     |
|                                                 | Hybrid fuel tax/unit                                | +0.7%                                                                                                                                     | +0.7%                                                                                                                                        | +4.7%                                                                                                                                     |
|                                                 | Hydrogen fuel tax/unit                              | +0.0%                                                                                                                                     | +0.0%                                                                                                                                        | +0.0%                                                                                                                                     |
| <b>Transport Energy Sub-System</b>              |                                                     | <b>Annual change in %</b>                                                                                                                 |                                                                                                                                              |                                                                                                                                           |
| Improving energy efficiency for car             | Car fuel efficiency (gasoline fuel consumption/car) | - 0,5%                                                                                                                                    | - 2,0%                                                                                                                                       | - 0,5%                                                                                                                                    |
|                                                 | Car fuel efficiency (Diesel fuel consumption/car)   | - 1,0%                                                                                                                                    | - 3,0%                                                                                                                                       | - 1,0%                                                                                                                                    |
| Investments in alternative vehicle technologies | Emission factors                                    | - 8,1%                                                                                                                                    | - 16,0%                                                                                                                                      | - 8,1%                                                                                                                                    |
|                                                 | Car fleet (growth/share)                            | Conventional (gas/ dsl):<br>-1% / 72%<br>Hybrids:<br>+12,5% / 15%<br>CNG:<br>+10% / 10%<br>Electric:<br>+3% / 1%<br>Hydrogen:<br>+3% / 2% | Conventional (gas/ dsl):<br>-2,1% / 55%<br>Hybrids:<br>+13,5% / 20%<br>CNG:<br>+2% / 15%<br>Electric:<br>+7% / 5%<br>Hydrogen:<br>+7,8% / 5% | Conventional (gas/ dsl):<br>-1% / 72%<br>Hybrids:<br>+12,5% / 15%<br>CNG:<br>+10% / 10%<br>Electric:<br>+3% / 1%<br>Hydrogen:<br>+3% / 2% |

Source: Based on STEPs EU Co-funded R&D Project

For the fuel tax regulation scenarios (scenarios 2) several assumptions were set up. There are not specific transport targets. The role of transportation in reducing GHG emissions needs to be determined and targets need to be specified. In this study, some hypothesis has been settled in order to evaluate the reliability of the fuel tax instrument in order to achieve the Member State Kyoto Targets.

The scenarios 1 increase the technology investment with share of “clean” technologies significantly. The demand regulation scenario 2 results in only small changes in fleet composition. Furthermore the B scenarios which have higher fuel prices promote a further shift away from conventional fuels in the base case with similar but less exaggerated shifts



than under the technology scenario and as before only small shifts for the regulation scenario.

The main target of this study is to evaluate the efficiency of the tax measure under different conditions and policies, not just for the CO<sub>2</sub> emission level achieved, but also for the general transport and territory equilibrium. Thus, every scenario will have a different tax policy and a different fuel price policy through the years along the study, and also different kinds of vehicles fleet compositions.

Wide variations in geography, population density, cultural aspects and affluence affect the success of various policies and measures. Such differences need to be accounted for especially when attempting to promote behavioural changes and raise awareness. This is the reason that the same measures are implemented on three different urban areas with three different characteristics to compare the transferability of the results obtained.

## **METHODOLOGY**

There are several economic literatures based on the topic of searching for the optimal carbon-tax system to achieve some certain abatement objectives and sustain the macroeconomic welfare (Nordhaus (1991), Dean and Hoeller (1992)). Azar and Schneider (2002), Weber et al. (2005), some of them, particularly the more recent papers, started to use models where endogenous changes were taken into account. Not too many integrated economy-climate models have been developed using a system dynamics approach. Some good examples are Kunsch and Springael (2008), Piattelli, et al (2002). This simulation technique stresses feedback dynamics of stocks and flows and the associated time delays in achieving objectives and learning mechanisms.

In the case of our study, the SD approach was used to take into account the dynamic interaction between transport and territory or land use systems. The model assumes that land-use is not a constant but is rather part of a dynamic system that is influenced by transport infrastructure, this interaction process is modelled using time-lagged feedback loops between the transport and land-use sub-models over a period of 30 years.

The model used for this study is based on the MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) model (Pfaffenbichler 2003). MARS is a strategic, interactive land-use and transport interaction (LUTI) model. The MARS model includes a transport model which simulates the travel behaviour of the population related to their housing and workplace location, a housing development model, a household location choice model, a workplace development model, a workplace location choice model, as well as a fuel consumption and emission model. All these models are interconnected with each other and the major interrelations are shown in Figure 1. The sub-models are run iteratively over a 30 year time period.

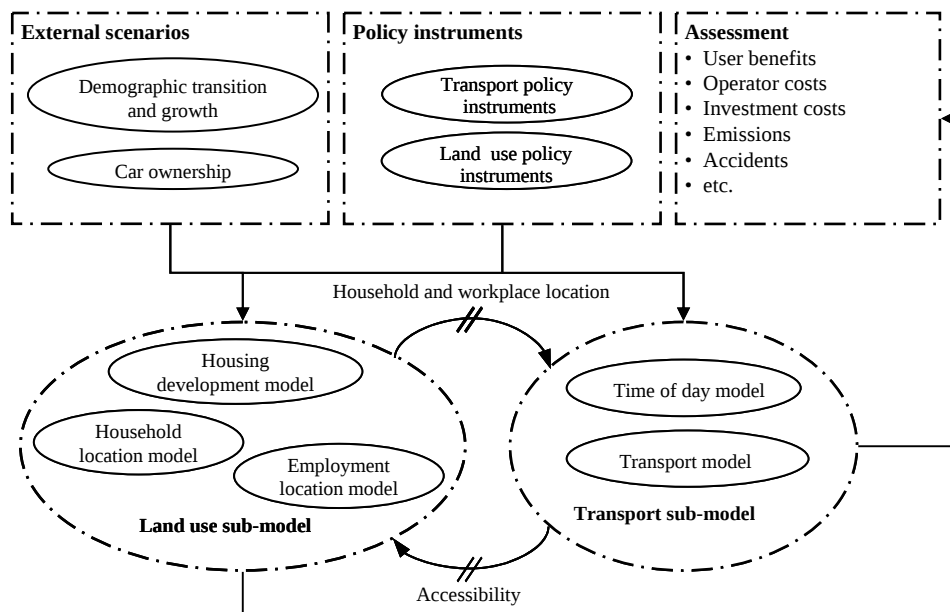


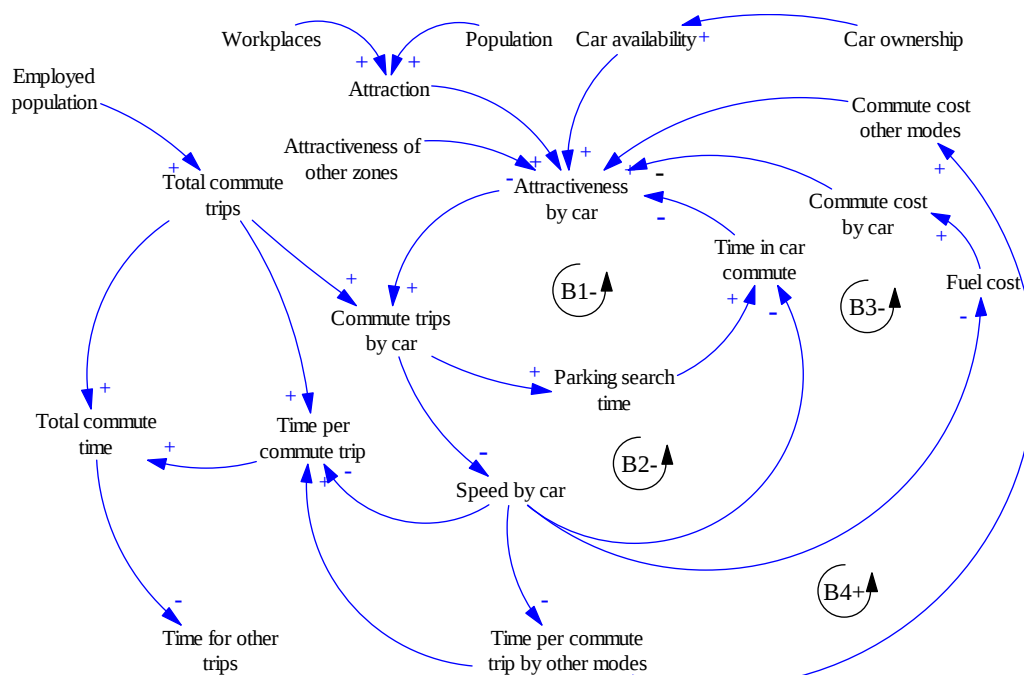
Figure 1. Basic structure of the MARS sub-models (Pfaffenbichler, 2003)

The transport model is broken down by commuting and non-commuting trips, including travel by non-motorized modes. Car speed in the MARS transport sub-model is volume and capacity dependent and hence not constant. The energy consumption and emission sub-models of MARS utilize speed dependent specific values. The land-use model considers residential and workplace location preferences based on accessibility, available land, average rents and amount of green space available.

The concept of Casual Loop Diagrams (CLD) is used to explain the cause and effect relations variables in the model. Figure 2 show a part of the transport sub-model: the variables which affect the number of commute trips taken by car. We start with loop B1, negative loop, what means that is a balancing feedback loop, commute trips by car increase as the attractiveness by car increases which in turn increases the search time for a parking space which then decreases the attractiveness of car use (hence the balancing nature of the loop). Loop B2 represents the effect of congestion, as trips by cars increases, travel speed by car decrease. Loop B3 adds to the model the commute cost by fuel costs. In a urban case, as speeds increase fuel consumption is decreased, and here, we have a new equilibrium feedback.

Finally, loop B4 shows the effect of congestion over other transportation modes and is actually a reinforcing loop (as trips by car increase, speeds by car and public transport decrease, which increases costs by other modes and all other things equal would lead to a further increase in attractiveness by car). These elements are car availability and attractiveness of the zone relative to others which is driven by the number of workplaces and population. The employed population drives the total number of commute trips and within MARS the total time spent (based in the travel time budget) commuting influences the time left for other non-commute trips. Similar CLDs could be drawn for other modes and for non-commute trips as MARS works on a self-replicating principle applying the same gravity approach to all sub-models.

It is this simple causal loop structure and user friendly software environment which helps improve the transparency of the modelling approaches used



**Figure 2. CLD for the Transport Model – Commute Trips by Car in MARS**

It has to be said that changes on the transport system not just affect modal share and trip distribution but, in the long term, land use as well. They are linked by accessibility as output from the transport model and input to the land use model and on the other hand by the population and workplace distribution as output from the land use model and input to the transport model. A comprehensive description of MARS can be found in Pfaffenbichler (2003).

In order to implement the scenarios previously mentioned, the values of fuel duty, fuel price and vehicle fleet composition were formulated. This has been modelled in more detail at the European level using the interactions between the ASTRA/POLES models. POLES (POLES, 2000) models the world energy market while ASTRA (ASTRA,1999) is an European level transport model.

The MARS models for the different cities assessed have taken the resulting fleet composition and emission factors from the POLES/ASTRA runs for each scenario. As can be seen from the following analysis the resulting fleet composition responds not only to the technology assumptions but also to a lesser degree to the other policy and scenario variables such as fuel price and car ownership costs.

Changes in the fuel prices to the end users, both due to oil market prices or fuel taxes, influences the attractiveness to use the car which will be balanced by others Causal Loops such as changes in the speed (time) due to a different level of congestion. Changes in accessibility will modify in the long term the residential and workplace location, which may also impact on the attractiveness of car use.

## CASE STUDIES

Most European cities have experienced an expansion without any precedent. However, this expansion didn't correspond to the population evolution. These cities grow even further taking their limits further everyday in most of the cases based on car dependence. But car dependence is not a symbol of welfare in the cities any more. Under this situation,



transportation strategies should find the point where the highest welfare is reached. A transportation system based on private car maximises mobility, but a balanced system optimises accessibility. This change in emphasis could reduce transportation costs thus reaching more efficient scenarios.

This study tries to explore the impacts of the implementation of a taxation policy as a transport policy on road fuels, and how these affect not just the CO<sub>2</sub> emissions but also the urban development and mobility patterns in the long term. Three main urban areas have been studied: Leeds, Vienna and Madrid in order to compare the results obtained.

### **1.1. Leeds Case Study**

The total population in the study area in year 2001 is 728,000 people. The population is assumed to grow at 0.28% p.a. over the next 30 years giving a total increase of 8.75% over the period (plus 64k residents). During the same period workplaces are expected to grow by 27%. Car ownership is expected to grow at 0.50% p.a. giving a total increase of around 16% over the period.

The data for calibration of the Leeds model was adapted from a series of different sources and is based on recent data. The MARS work/commute mode share was calibrated to 20% slow modes, 28% public transport and 52% private car (this assumes no change from 2000 to 2005 data). The non-work trips were calibrated to 25% slow modes, 22% public transport and 53% private car. The other data which were used for calibration were the development data derived from the Leeds Unitary Development Plan and the Leeds Economic Handbook 2002. The calibration is more of a calibration to planned developments (in the first 5 years) rather than a calibration to development which has occurred between say 1991 and 2001 i.e. we did not use a back-casting approach.

### **1.2. Vienna Case Study**

The trends in socio-demography and regional economy between 1991 and 2001 a significant growth in population was observed in the Viennese surroundings. During the same period the population was more or less stagnating in the city of Vienna. The economic situation in the region is different when the gross regional product is looked at relative to the average of the European Union. Vienna and its southern hinterland are above the European average while again the northern Viennese hinterland and the Burgenland are below the average.

One of the big challenges in the model development is data availability. As a consequence the transport model part was calibrated to fit aggregated modal split data and the commuting statistics from the 2001 census.

### **1.3. Madrid Case Study**

Madrid Region is the biggest urban conglomeration in Spain and third in Europe after London and Paris. Mobility demand in Madrid grows continuously. According to the last mobility survey (2004), numbers of trips in a work day are over 14 million, that means a 40% increase over the 1996 survey. A very important explanation is the population growth, however not the only one, for instance trip per person increased 20% from 2.16 trips per day to 2.6 trips per day in 2004.

The relative weight of Madrid City Centre has been decreasing in favour of its peripheral areas as a typical urban sprawl process: Madrid municipality population grew 1.9 times in

the second half of the last century, meanwhile the peripheral population grew 26.1 times. Suburbanization generates more dependence from the private vehicle.

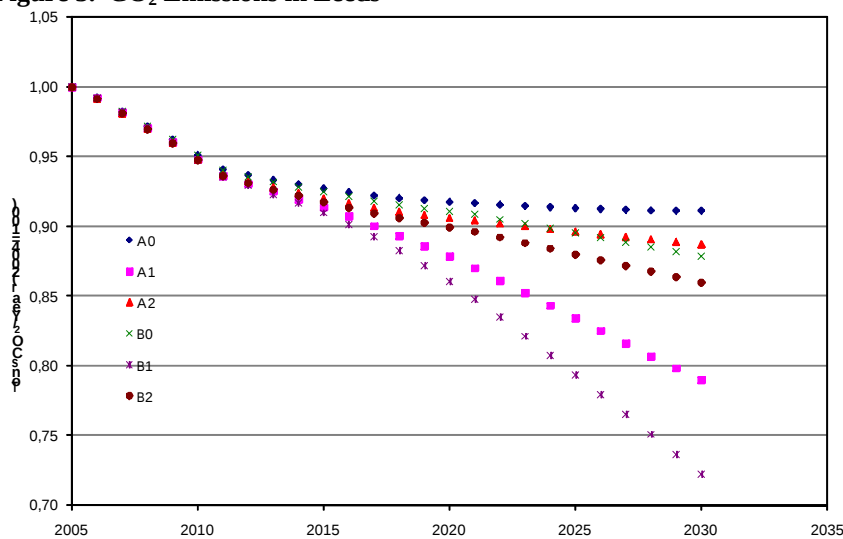
## RESULTS

The results presented here are a summary of different outputs that can be extracted from the model. In this case, CO<sub>2</sub> emissions (wheel to wheel), modal share and trip length are shown in order to present the key aspects of this study.

### CO<sub>2</sub> Emissions

Specific CO<sub>2</sub> emissions (tons per year) decrease significantly (or do not increase significantly) in all of the business as usual (BAU) scenarios. The differences between the scenarios A0-B0 and A2-B2 respectively are very small. It is clearly shown that technology improvements (A1/B1) generate high potential savings on CO<sub>2</sub> emissions in all cases in contrast with Business as usual (BAU) scenarios, and the impact is higher with high oil prices (B1). Thus the scenarios based on technological innovation result, in general, in the strongest reduction of the specific CO<sub>2</sub> emissions.

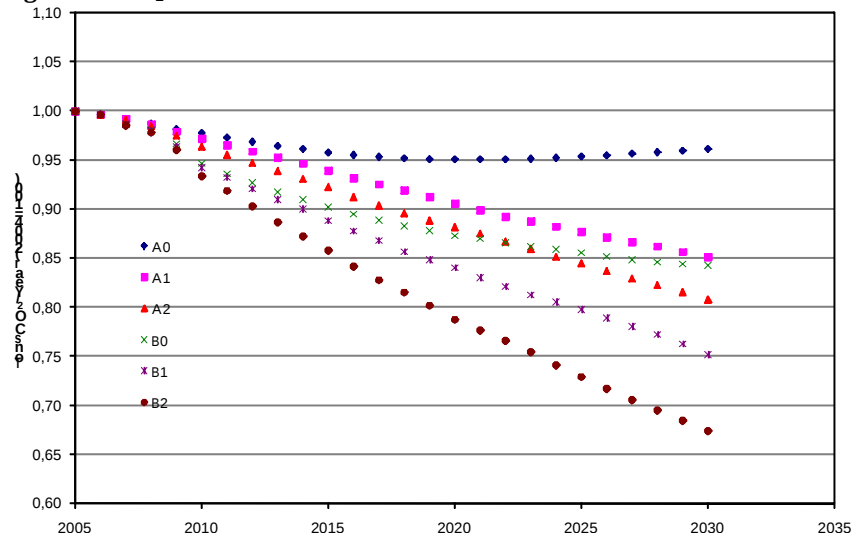
**Figure 3. CO<sub>2</sub> Emissions in Leeds**



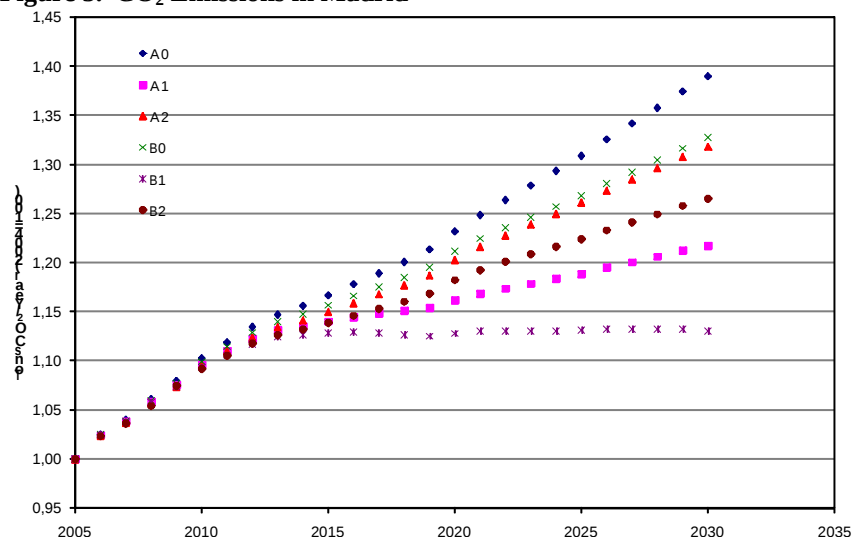
In all cases, the scenarios B1 reduce CO<sub>2</sub> emissions by more than 15% compared to the BAU scenario A0. The effect of the higher fuel prices on vehicle use in the B scenarios reinforces this trend, except in the case of Vienna, where the car share is affected significantly by demand management

measures in A2/B2 scenarios. The effect of car use reduction, in the Vienna case, related to CO<sub>2</sub> emissions is greater than the effect of the technological improvements. Whereas for Leeds and Vienna the technological investment scenarios give greater reductions than the fuel tax measures compared to the BAU scenarios. It is noticeable that for Leeds and Vienna, there is a downward trend in emissions due to technological improvements even in the BAU scenario while for Madrid, the trend is upwards as the growth in demand outweighs any efficiency gains provided by technology. Thus it can be seen that similar policies can give different results depending on the region studied.

**Figure 4. CO<sub>2</sub> Emissions in Vienna**



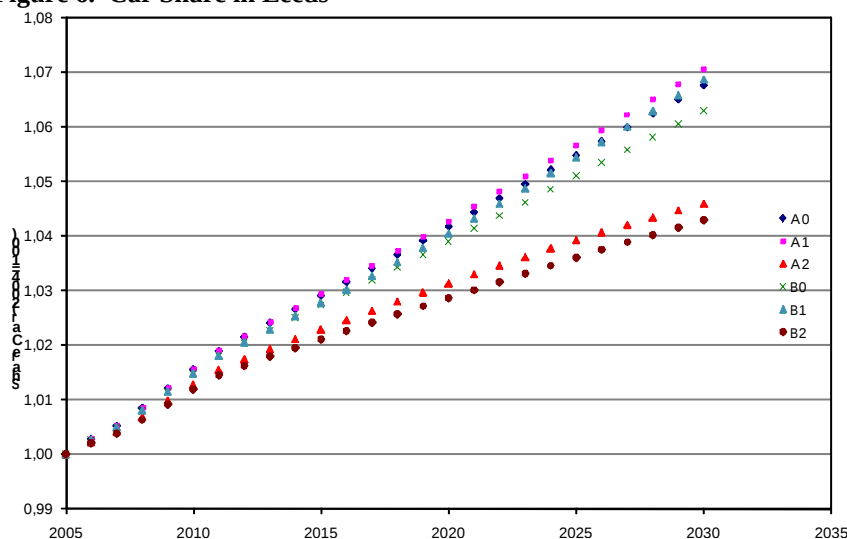
**Figure 5. CO<sub>2</sub> Emissions in Madrid**



### Modal Share

Modal split is a result of a complex interaction between urban structure, density and neighbourhood design, household status, location, and system supply among other variables. Figures 6-8 show the change in car share over time for the three cities.

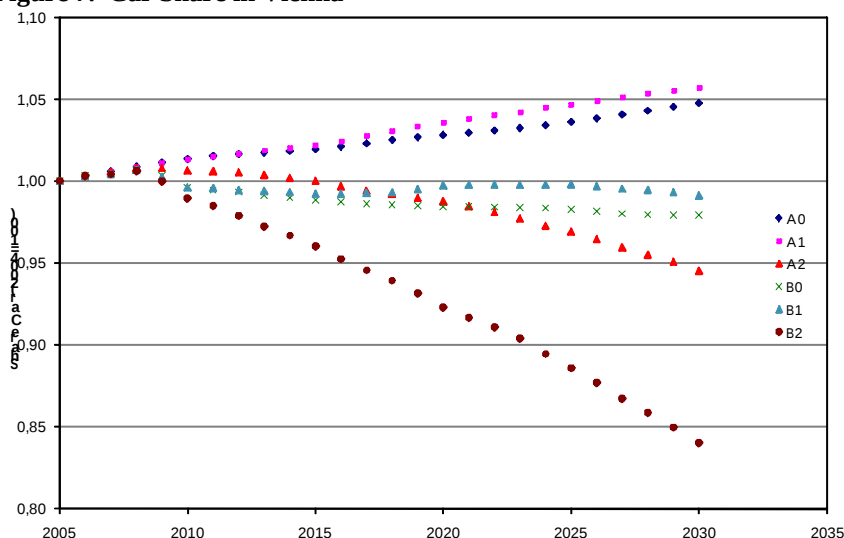
**Figure 6. Car Share in Leeds**



As expected, the impact on mode share can be viewed in pairs of scenarios. Obviously the demand regulation scenarios A2/B2 have the greatest impact on car share due to the significant increases in costs for car use compared to other scenarios. Similarly A0/A1 and B0/B1 scenarios are grouped

together and their relative changes are small within these groupings as expected, though the technology improvements do increase car share as improvements in efficiency and a switch to lower taxed fuels means car use is slightly cheaper than in BAU.

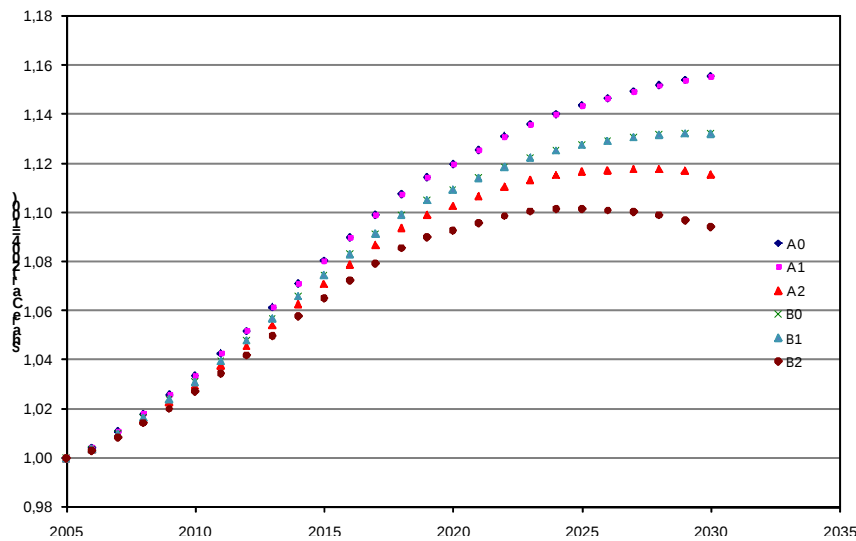
**Figure 7. Car Share in Vienna**



However the effect is clearly different in each case. For Leeds and Madrid, car modal share exhibits a continuously growing trend for each scenario, whilst for Vienna, the curves are totally different. It is thought that the competitiveness of the public transport system in Vienna plays a key role here.

The already high levels of service in Vienna give most OD pairs a very good alternative to car which is taken up when demand management measures are implemented. Also in Madrid, in contrast with Leeds, at year 2025 the car use presents a downward trend, especially in the scenario 2.

**Figure 8. Car Share in Madrid**



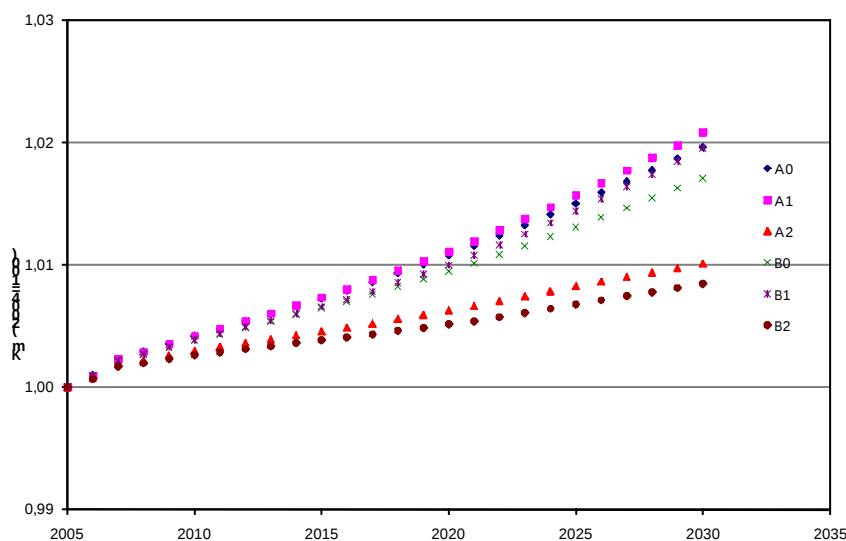
This tipping point is not in the short term for Madrid but in the medium and long term. This is explained by the public transport competitiveness mainly on long distance routes, but also by a change of urban interactions because of a relocation of activities or one

urban zone being more densely populated. It may also be explained by the rapid growth in population in the outer areas which eventually causes enough congestion to cause people to shift to the metro or other long distance alternatives. For Leeds the tipping point could be brought into the medium or even short term if the public transport system were improved along-side the demand management measures.

The interaction between transport and territory is clearly shown here, where a change in a transport cost may lead to a change in the urban structure and transport infrastructure usage.

### Trip Length

Trip length by car can be seen as a measure of the urban structure and the response of individuals in seeking to meet their needs. Under the assumption that an individual traveller attempts to travel appropriate distances by various modes such that the travel utility is optimised subject to time and money constraints different impacts are generated. Figures 9, 10 and 12 show the index of average trip lengths for the three cities over time.



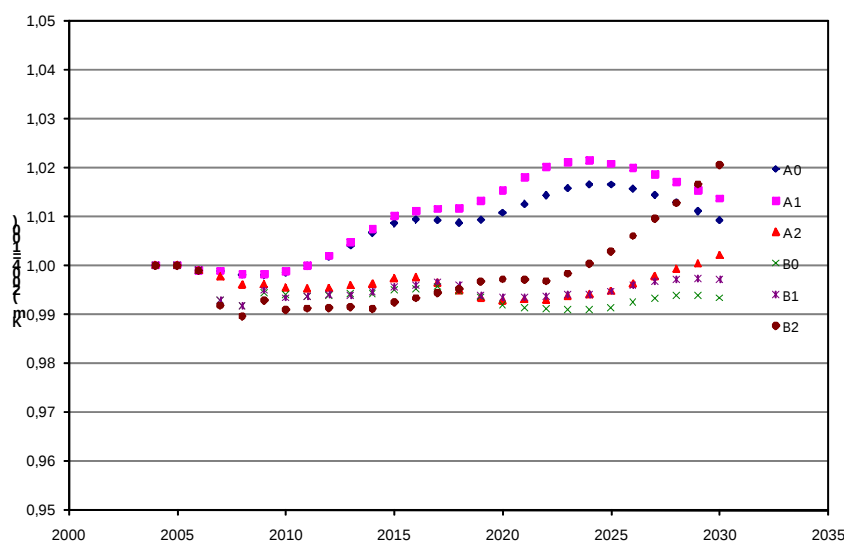
**Figure 9. Trip Length in Leeds**

In general trip lengths are increasing over time for both car and PT use. This is due to the additional developments in the outer zones and increased car ownership levels. Just in the case of Vienna, the trip length not increasing, this trend seems to be more

stable. The B0 scenario has a small impact on average car trip lengths reducing them

slightly compared to A0 by 2030. The technology scenarios also have little impact but the trend is to increase trip lengths. As expected the demand regulation scenarios (A2/B2) have the greatest impact on trip length reducing car trip length significantly, in the case of Madrid and Leeds.

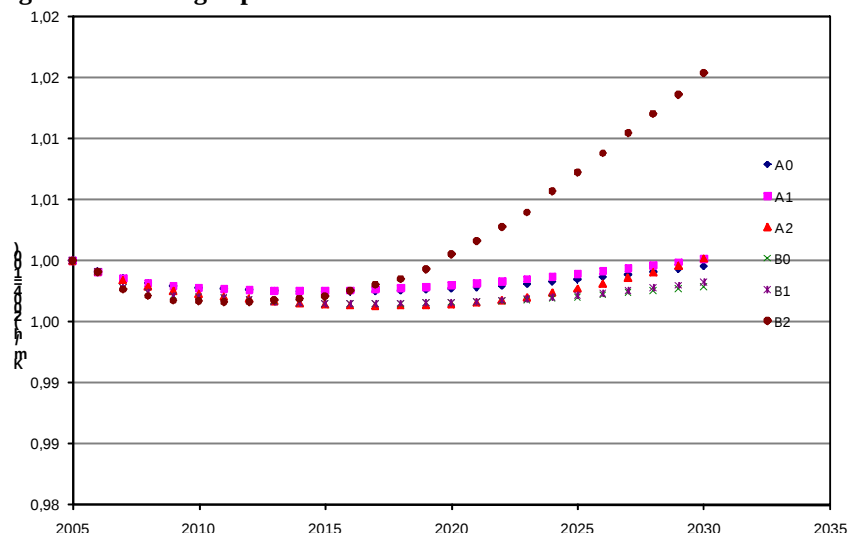
**Figure 10. Trip Length in Vienna**



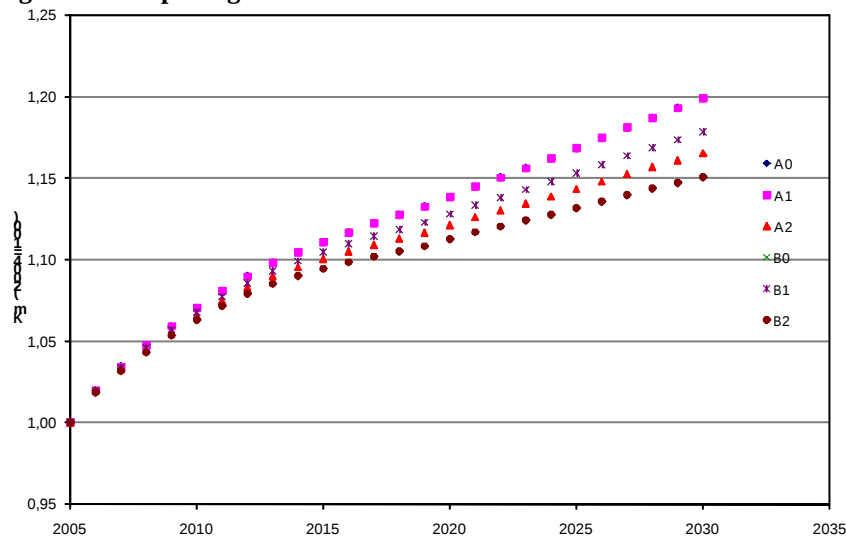
It is interesting to see that in the case of Vienna, the effect is the contrary. The high impact on modal share due to the fuel prices was counter-balanced by a higher speed (figure 11) on the OD pairs as demand is reduced. There is a dynamic trade-off between cost and time which produces a higher average distance by

car in Vienna for the B2 scenario.

**Figure 11. Average Speed in Vienna**



**Figure 12. Trip Length in Madrid**



## CONCLUSIONS

The objective of this study was to explore with a land use and transport interaction model (LUTI model) what could be the impact of the implementation of an energy tax such a road fuel tax in different European urban areas in order to asses, first, its contribution to climate change, and secondly, its effectiveness under different future scenarios (technological improvements or increased oil prices).

The results suggest that from the energy and environmental criteria, the situation improves when fuel price increases, compared to BAU scenario, in all cases (Technology Improvement and Fuel Taxation measures). Fuel taxes already contribute to protecting the environment and if they are abolished or decreased in the near future, we will get an increase in emissions for sure. Fuel taxes restrain growth in fuel demand and associated carbon emissions. Until more efficient charging methods are realised, fuel taxes will continue to play an important role in setting the correct price for the road user.

From the results obtained in this study, we can conclude that

- Both technological investments and demand regulation through fuel tax can play an effective role in reducing environmental externalities.
- Demand regulation reduces the externalities associated with congestion. And also technology investments reduce these externalities, to a lesser degree.

In terms of policy recommendations we can say that both demand management and technology investments play a role in reducing CO<sub>2</sub> emissions but that only demand management can be used to reduce congestion and the associated externalities.

Furthermore the cross site and cross scenario comparison show that the results depend on other variables such as urban structure, transport supply, socio-economic variables, etc. This means that the effectiveness of a European Measure of, for example, raising the minimum EU energy tax will create different regional effects which requires further research.



What it is clear is that under-pricing car use (due to congestion, environmental, or other externalities) will lead us to a road based future. Setting a high price for car use appears to reduce car dependence however some comments appear in the results presented:

- There is close interaction between travel demand, system supply and urban structure which makes car use and travel behaviour be affected by:
  - Residential location
  - Social, demographical or cultural dynamics
  - Spatial configuration (size, land use, transport system, neighborhood design)
- A System Dynamic approach that integrates all these “loops” is configured as an effective method for assessing different policy measures in the long term.
- Strategies for sustainable mobility cannot be based on an isolated action. No single measure will achieve sustainable scenarios for urban mobility. This suggests that further research should be done in order to explore the optimal tax policy under different situations, not just from the technological or the oil price situation, but within a strategy of different travel demand measures.

## REFERENCES

- ASTRA (1999). System dynamics model platform, Deliverable 3 of the ASTRA Project, Karlsruhe.
- Azar, Ch., Schneider, S.H., (2002). Are the economic costs of stabilizing the atmosphere prohibitive? *Ecological Economics* 42 (1–2) 73–80
- COM(2007) 551. (2007) “Green Paper-Towards a new culture for urban mobility”. European Commission. Directorate General for Energy and Transport.
- Commission of the European Communities, (2004). Structures of the Taxation systems in the European Union—Data 1995–2002. 2004 Edition. Directorate General Taxation and Customs Union.
- Council of the European Union, (2003). Restructuring the community framework for the taxation of energy products and electricity. *Official Journal of the European Union*, Council Directive 2003/ 96/2003
- Council of the European Union, (2005).directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of clean road transport vehicles *Official Journal of the European Union* (Directive COM(2005)634);
- Dean, A., Hoeller, P., (1992). Costs of reducing CO2 emissions: evidence from six global models. *OECD Economic Studies* No. 19, Winter, 16–47
- EU Oil Bulletin (2004). Available at: [http://europa.eu.int/comm/energy/oil/bulletin/2004\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/energy/oil/bulletin/2004_en.htm)
- European Commission, (2003). European Climate Change Programme (ECCP). Second ECCP progress report. can we meet our Kyoto targets? Brussels.
- European Parliament and Council, (2003). On the Promotion of the Use of Biofuels or other Renewable Fuels for Transport (Directive 2003/30/EC).
- Eurostat. the Statistical Office of the European Communities
- Haken, H. (1983a). *Advanced Synergetics - Instability Hierarchies of Self- Organizing Systems and Devices*; Springer Series in Synergetics, 20; Springer-Verlag,
- Haken, H. (1983b). *Erfolgsgeheimnisse der Natur - Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken*; Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart.
- Hammar, H., Lofgren, A., Sterner, T., (2004). Political economy obstacles to fuel taxation. *Energy Journal* 25 (3), 1–17 ISSN:0195-6574
- International Energy Agency (IEA), (2006). Energy prices and taxes. In: *Quarterly statistics 2006*. OECD, Paris.



- Kenworthy, J. a. L., F. (1999). An international Sourcebook of Automobile Dependence in Cities: 1960-1990. Boulder, CO. University Press of Colorado.
- Kunsch, P.L., Springael, J., (2008), European Journal of Operational Research 185 (2008) 1285–1299 .( Available online 9 November 2006)
- Monzón, A., Nuijten, A. (2006) Transport strategies under the scarcity of energy supply, DG TREN, European Commission.
- Nordhaus, W., (1991). The costs of slowing climate change: a survey. Energy Journal 12, 37–65
- Parry, I., Small, K., (2005). Does Britain or the United States have the right gasoline tax? American Economic Review 95, 1276–1289.
- Pfaffenbichler, P. (2003). The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) – Development, testing and application. PhD thesis.. Institute for Traffic Planning & Traffic Engineering of Faculty of Civil Engineering of Vienna University of technology. Viena.
- Piattelli, M., Cuneo, M.A., Bianchi, N.P., Soncin, G., (2002). The control of goods transportation growth by modal share replanning: the role of a carbon tax. System Dynamics Review 18 (1), 47–69.
- STEPs Scenarios for the Transport Systems and Energy Supplies and their Effects. Transport Strategies Under the Scarcity of Energy Supply (2006).
- VENSIM, The Ventana Simulation Environment, Ventana Systems, Inc.
- Weber, M., Barth, V., Hasselmann, K., (2005). A multi-actor dynamic integrated assessment model (MADIAM) of induced technological change and sustainable economic growth. Ecological Economics 54 (2–3), 306–327