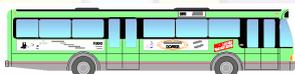


EDM

04



DOCUMENTO DE SÍNTESIS



UTE CONSULTORA:



Diciembre, 2005



CONSORCIO
TRANSPORTES

MADRID

DOCUMENTO DE SÍNTESIS

UTE CONSULTORA:



Diciembre, 2005

Índice general

Pág.

1. PRESENTACIÓN GENERAL DEL TRABAJO	1
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS Y FICHA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS MUESTRAS ...	12
4. ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD	14
5. PERFIL BÁSICO DEL USUARIO TIPO DE CADA MODO DE TRANSPORTE.....	34
6. CALIDAD DEL SERVICIO	36
7. MODELIZACIÓN DE LA MOVILIDAD	37
8. SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	64
9. SERVICIO DE INFORMACIÓN	65
Anejo. Glosario de términos utilizados	66

1. PRESENTACIÓN GENERAL DEL TRABAJO

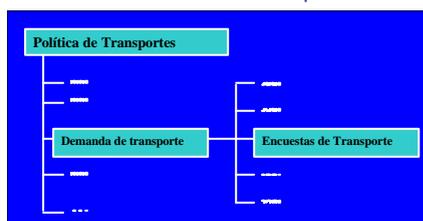
1.1. LAS ENCUESTAS DOMICILIARIAS DE MOVILIDAD COMO HERRAMIENTA AL SERVICIO DE LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTES

La Planificación del Transporte y la Política de Transportes encuentran como una de sus principales necesidades conocer la demanda y caracterizarla desde el punto de vista de su perfil socioeconómico, motivaciones y pautas de comportamiento en cuanto a las componentes funcional, territorial y temporal. Efectivamente, tanto la optimización de un sistema de transporte en la situación actual, como la programación de actuaciones que sean capaces de resolver las necesidades futuras, exigen:

- Una caracterización detallada de la movilidad, que permita conocer cómo funciona el sistema en la situación de referencia.
- El calibrado de unos modelos de transporte que permitan predecir cuál será el comportamiento del sistema ante diferentes escenarios de futuro, que reflejen tanto los desarrollos socioeconómicos y urbanísticos previsibles como diferentes alternativas de la red de infraestructuras y servicios.

Los estudios de demanda aparecen así como un elemento crítico de la planificación por las incertidumbres que encierra el estudio de un fenómeno tan complejo como el de la movilidad y sobre el que, a priori, suele existir poca información.

Gráfico nº 1. Las Encuestas de Transporte en el marco de la Política de Transportes



Fuente: Elaboración propia¹

En estas circunstancias, la necesaria caracterización de la demanda de transporte parte de la información disponible, normalmente limitada a determinados datos estadísticos, y encuentra en las encuestas de transporte un apoyo fundamental, en cuanto que permiten el estudio de la movilidad, como fenómeno aleatorio sujeto a técnicas de observación muestral.

¹Se señala únicamente la fuente de las tablas en el caso de que éstas no procedan de la EDM04 ó EDM96.

Dentro de las encuestas de transporte, y debido a la riqueza de información que aportan, destacan las llamadas Encuestas Domiciliarias de Movilidad (EDM) como las más idóneas para obtener una imagen completa de la situación socioeconómica y de movilidad del sistema 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.

Como contrapartida a esta importante ventaja, y como factor a tener en cuenta, se encuentra el hecho de que la realización de una EDM es una de las labores más complejas del proceso de toma de datos necesario en la planificación del transporte, debido a dos tipos de razones, una de fondo y otra de forma:

- Como razón de fondo se encuentra el hecho de que una EDM aborda un amplio conjunto de variables - del hogar, de los individuos del hogar y de los viajes realizados por los individuos del hogar- lo que representa una dificultad y esfuerzo más que considerables.
- Como razón de forma cabe referirse al propio hecho de que la mecánica de la EDM requiere entrar físicamente en el hogar de un determinado número de personas, lo que cada vez resulta más difícil por la tendencia natural de las mismas (más acusada conforme aumenta la renta) a preservar la intimidad y tranquilidad de su vida familiar.

Por tanto, debido, de un lado, a la complejidad y dificultades de carácter operativo que es necesario afrontar y, de otro, al volumen de recursos que es preciso movilizar, las EDM se realizan con una cadencia relativamente espaciada en el tiempo, una vez que se ha verificado que su utilidad ha quedado superada por la evolución y desarrollo del sistema.

1.2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LAS EDM EN LA COMUNIDAD DE MADRID

En el ámbito de la Comunidad de Madrid, la aplicación de este método de investigación ha llevado a la realización anterior de cuatro EDM:

Tabla nº 1. Principales características de las anteriores EDM realizadas en la Comunidad de Madrid

Año	Ámbito	Población del universo	Muestra (familias)	Zonas de transporte	Encuestas/zona con población	Control de calidad		Encuestas específicas y detalladas
						Interno	Externo	
1974	Área Metropolitana de Madrid (27 municipios)	3.381.228	6.000	249	24,3	10%	No	No
1981	Área Metropolitana de Madrid (27 municipios)	4.400.002	11.631	252	46,2	Sin datos	No	No
1987/88	Área Metropolitana de Madrid (51 municipios)	4.569.099	19.019	483	41,5	10%	No	No
1996	Comunidad de Madrid (179 municipios)	5.022.289	25.140	656	41,8	< 25%	5%	3.004 x 3 días

Fuente: Pliego de Prescripciones Técnicas del proceso de licitación de la EDM04²

Como puede apreciarse, la extensión y complejidad de la operación han sido crecientes con el tiempo, aumentando ello la precisión de la toma de datos y de la estimación de la imagen del sistema:

- El ámbito territorial objeto de la encuesta ha pasado del Área Metropolitana de Madrid (27 municipios) (1974) al conjunto de la Comunidad de Madrid (179 municipios) (1996).
- La muestra (número de familias) de la encuesta ha pasado de tan sólo 6.000 en 1974 a 25.140 en 1996.
- El nivel de detalle de los análisis espaciales ha aumentado considerablemente al haberse pasado de una zonificación con 249 zonas (1974) a 656 zonas (1996).
- La muestra relativa (familias por zona de transporte con población) ha aumentado de 24,3 (1974) a 41,8 (1996).
- Los controles de calidad han sido cada vez más exigentes, redundando en una mejora de la validez de los resultados.
- Finalmente, la EDM96 incorporó un elemento novedoso (encuestas específicas y detalladas) para mejorar el conocimiento del comportamiento de la demanda y de sus variaciones diarias a lo largo de la semana.

² Se señala únicamente la fuente de las tablas que no proceden de la EDM04 ó EDM96.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA EDM04

Como ya se ha señalado, el presente trabajo constituye uno de los esfuerzos más complejos y de mayor trascendencia que pueden considerarse en el campo de la planificación del transporte, ya que:

- Afecta a un sistema socioeconómico complicado, como lo es el de la Comunidad de Madrid con un elevado nivel de población (casi 6 millones de habitantes) y un alto ritmo de desarrollo y de actividad socioeconómica y, por tanto, de movilidad (más de 10 millones de desplazamientos diarios).
- Requiere un trabajo de campo muy complejo, como lo es una encuesta domiciliaria de movilidad en un elevado número de hogares (más de 25.000 en la última edición del trabajo en 1996) y un conjunto de investigaciones complementarias, para obtener una imagen nítida y detallada de la situación actual del sistema socioeconómico y de movilidad en día laborable medio.
- Exige abordar un proceso de modelización de la demanda de transporte con un máximo alcance, de manera que ponga a disposición del Consorcio de Transportes una herramienta que le permita reproducir la situación actual del

sistema con un error estadísticamente acotado y, por tanto, simular diferentes estrategias de actuación para la mejora del sistema de transporte público de la Comunidad de Madrid con diferentes horizontes temporales.

Se trata, en suma, de un esfuerzo muy importante por actualizar y poner al día las bases de datos socioeconómicos y de movilidad de la Comunidad de Madrid, así como las herramientas de modelización correspondientes, cuya última versión data de 1996.

La oportunidad y conveniencia de este esfuerzo quedan plenamente avaladas por la necesidad de actualizar los resultados de 1996, habida cuenta de los cambios habidos durante estos últimos ocho años en materia de estructura de la población (con un fenómeno tan relevante como el de la inmigración), desarrollos urbanísticos, desarrollo de las redes de transporte público y privado, etc.

Esta actualización permitirá contar con unas bases ciertas y sólidas en las que apoyar la estrategia de optimización y mejora del sistema de transporte público, que inspira y anima la actividad del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

1.4. FINALIDAD DEL TRABAJO Y APORTACIONES NOVEDOSAS

A partir del propósito general que acaba de enunciarse, la EDM04 se ha acometido con la finalidad de alcanzar los siguientes operativos concretos:

- Determinación, análisis y caracterización del sistema socioeconómico y de movilidad de la Comunidad de Madrid en día laborable medio de 2004.
- Modelización del sistema de movilidad (público y privado) de la Comunidad de Madrid a partir de la situación observada en día laborable medio de 2004.
- Construcción de un Servicio Integrado de Información apoyado sobre un Sistema de Información Geográfica (SIG), para facilitar la gestión y difusión de las diferentes bases de datos y productos de modelística obtenidos en el estudio.
- Potenciación del Sistema de Información de la Movilidad, mediante la mecanización del

proceso y su integración en una plataforma Web. Ello permite, de un lado, simplificar y agilizar las consultas para una buena parte de los usuarios de este servicio y, de otro, facilitar la tramitación administrativa para los servicios técnicos del Consorcio de Transportes.

- Definición de un sistema de actualización y de evaluación de la vigencia temporal de la información del sistema socioeconómico y de movilidad construido en este trabajo.

En términos generales, el estudio se ha concebido desde su plena integración con el conjunto de líneas de trabajo emprendidas recientemente por el Consorcio de Transportes, de manera que se aseguren las máximas sinergias posibles del conjunto. Se trata de que los esfuerzos aquí realizados apoyen y refuercen otras tareas como las que actualmente están en marcha para construir un Observatorio de la Movilidad y definir metodologías para la evaluación continua de la movilidad.

Además, y desde el punto de vista de su contenido, el trabajo ha prestado atención a tres inquietudes especiales:

- La investigación de la movilidad de las personas residentes en los establecimientos colectivos, como categoría particular de la población ajena al sistema de hogares y viviendas en que se apoya una encuesta domiciliaria convencional.
- La investigación de la movilidad de los no residentes en la Comunidad de Madrid, que no es posible tratar con el procedimiento de encuesta en el hogar.
- La consideración especial del modo taxi, como modo de transporte público singular, acabando así con la secular indeterminación sobre este modo de transporte que ha venido caracterizando las EDM anteriores.

Para ello, y por vez primera en una campaña de este tipo, se han desarrollado tres operaciones especiales:

- Encuesta a una muestra de residentes en establecimientos colectivos (hoteles, residencias universitarias, establecimientos religiosos, etc.).
- Encuesta a una muestra de la población no residente en la Comunidad de Madrid,

mediante entrevista telefónica en su hogar, habiéndose distinguido dos áreas: la más próxima a la Comunidad de Madrid, formada por las provincias limítrofes con una intensa relación con nuestra Comunidad, y el resto del territorio nacional.

- Encuesta directa a conductores y usuarios del taxi, a bordo del vehículo, durante su trayecto en este modo de transporte.

Finalmente, cabe señalar como otra aportación de contenido el hecho de que por primera vez se ha aprovechado la información correspondiente a las personas no empadronadas encontradas en los hogares y centros colectivos de la muestra, lo que ha permitido obtener dos mejoras frente a las ediciones anteriores el trabajo:

- Una estimación del volumen de la población no empadronada residente en la Comunidad de Madrid.
- Una cuantificación de la movilidad correspondiente a esas personas, lo que supone una aproximación más precisa a la movilidad real que tiene lugar en la Comunidad de Madrid.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS Y FICHA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA E INNOVACIONES DE LA EDM04

La EDM04 ha tenido un planteamiento metodológico ambicioso, en el sentido de perseguir el conocimiento de la movilidad total que tiene lugar en la Comunidad de Madrid, considerando los diferentes grupos afectados. En principio, estos pueden estructurarse en torno a las categorías siguientes:

- Residentes en Madrid, ya sean empadronados o no, que viven en viviendas familiares.
- Residentes en Madrid, ya sean empadronados o no, que viven en centros colectivos.
- No residentes en Madrid que viajan a la Comunidad de Madrid. Estos pueden ser:
 - Residentes en el resto de España, especialmente los residentes en las zonas de validez de los Abonos E1 y E2
 - Residentes en el extranjero
- Conductores y usuarios del servicio de taxi, como modo de transporte público singular cuya importancia funcional justifica una investigación específica.

La EDM04 ha diseñado una estrategia metodológica que ha estudiado los colectivos anteriores, a excepción de los residentes en el extranjero, según se indica a continuación.

El estudio del primer grupo (residentes en viviendas familiares de la Comunidad de Madrid) ha sido abordado mediante una encuesta domiciliaria convencional, realizada a las personas que viven en ese domicilio, denominada "Encuesta General de Movilidad" (EGM). Además, la EGM ha sido complementada con una "Encuesta Detallada" (ED) realizada en una submuestra de hogares, en la que se ha profundizado en el estudio de la movilidad a lo largo de los diferentes días de la semana y de determinadas características relacionadas con la utilización de los diferentes modos de transporte, no recogidas en la encuesta general.

El estudio del segundo grupo de personas (residentes en centros colectivos de la Comunidad de Madrid) ha sido abordado a través de una encuesta a una muestra de centros colectivos, habiéndose obtenido en dicha encuesta información de una muestra de las personas residentes en los

centros. Dicha encuesta ha sido denominada "Encuesta en Centros Colectivos" (ECC).

El estudio del tercer grupo (no residentes en la Comunidad de Madrid) ha estado formado por las personas residentes en España, pero no en la Comunidad de Madrid, que la visitaban. Este grupo ha sido abordado con una encuesta telefónica domiciliaria que tuvo como ámbito el total de España, excepto la propia Comunidad de Madrid, denominada "Encuesta a la Población no Residente" (ENR).

El estudio del cuarto grupo (conductores y usuarios del servicio de taxi) ha sido abordado mediante una encuesta directa a bordo de los propios vehículos. Esta última encuesta se ha denominado "Encuesta en el Taxi" (ET).

En los dos primeros grupos y, dentro del tercero, a aquellas personas que vienen a la Comunidad de Madrid varias veces por semana, se les ha recogido la información sobre su movilidad de un día laborable (lunes, martes, miércoles o jueves) de forma exhaustiva: todos los viajes que han realizado en ese día y que hayan durado más de cinco minutos e incluso si han durado menos pero el motivo del mismo era estudios, trabajo o la compra habitual del hogar. Para cada uno de estos viajes se ha conseguido la siguiente información:

1. Actividad en origen y destino
2. Hora de salida y llegada
3. Dirección del origen y destino
4. Para cada una de las etapas del viaje se ha recogido la siguiente información:
 - 4.1. Medio de transporte
 - 4.2. En su caso, línea
 - 4.3. En su caso, estación/parada de subida y bajada
 - 4.4. En su caso, título de transporte.
 - 4.5. En caso de vehículo privado:
 - 4.5.1. Estacionamiento en destino
 - 4.5.2. Ocupación del vehículo
 - 4.5.3. Utilización del Bus -Vao
 - 4.6. Razones por las que se utiliza el transporte público o privado según el caso

Además, a cada entrevistado se le ha preguntado por:

1. Sus hábitos de utilización de los distintos medios de transporte
2. Valoración de los medios de transporte público y de alguna de esas características
3. Problemática del transporte público en la zona de residencia

Por su parte, en la encuesta detallada se ha aplicado un cuestionario ampliado con el contenido siguiente:

1. Viajes realizados en los días laborables normales de una semana (lunes, martes, miércoles y jueves).
2. El miércoles, se ha ampliado la información de etapas, anotando para cada una de ellas los siguientes datos:
 - 2.1. Tiempo de acceso
 - 2.2. Tiempo de espera

2.2. MEJORAS OPERATIVAS DE LA EDM04

Además de las innovaciones de contenido anteriores, la EDM04 ha incorporado un grupo importante de mejoras operativas respecto a las ediciones pasadas, todas ellas dirigidas a la consecución de objetivos muy importantes:

1. Facilitar el acceso a los hogares
2. Evitar molestias innecesarias a los hogares seleccionados en la muestra
3. Mejorar la calidad de la recogida de la información
4. Mejorar y ampliar la información

La innovación más importante ha sido la utilización intensiva del teléfono, tanto para contactar con los hogares y entrevistados, como para la recogida de la información.

Ello ha permitido facilitar el acceso a las viviendas al mismo tiempo que se evitaban molestias y se disminuía la sensación de intrusión en el hogar. Por otra parte, la utilización del teléfono para la recogida de la información de movilidad ha permitido mejorar la calidad de dicha información, ya que con la aplicación CATI (Computer Assistant Telephonic Interview) se han podido validar sobre la marcha las

2.3. Tiempo de trayecto

Con esta encuesta ampliada se ha podido profundizar en la distribución del tiempo del viaje y los hábitos diferenciales entre los distintos días laborables de la semana.

Finalmente, la encuesta a conductores y usuarios del servicio de taxi ha investigado las cuestiones siguientes:

- Conductores de taxi
 - Aspectos socioprofesionales relacionados con su actividad
 - Horarios y hábitos de trabajo
- Usuarios del taxi
 - Origen y destino del viaje
 - Parámetros de servicio del viaje (distancia, tiempo y precio)
 - Otros aspectos funcionales
 - Valoración de la calidad de servicio

cadena modales y la consistencia general de la información que proporcionaban los entrevistados.

Con la intención de evitar molestias innecesarias se ha permitido a los entrevistados que contestaran la información en la forma que les resultara más cómoda y así han podido hacerlo:

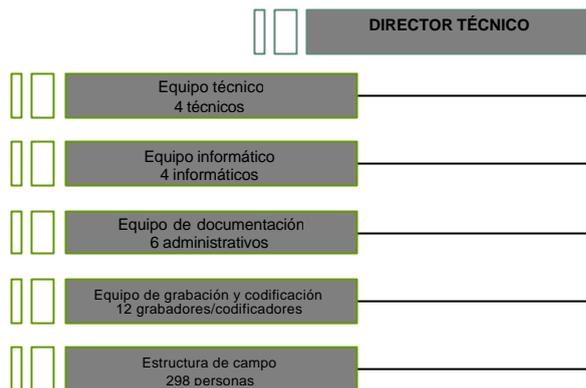
- Por Internet
- Por teléfono
- Con visita en el hogar
- Por correo

Una innovación importante, que ha afectado a los modos ferroviarios (Metro y Cercanías RENFE), ha sido la incorporación al cuestionario de las estaciones de subida y bajada en los trasbordos realizados dentro del modo. Ello significa que, además de conocer las estaciones de entrada y salida de la red (lo que define la denominada etapa-red), se tienen identificados cada uno de los trayectos realizados en líneas diferentes del mismo modo (lo que se denomina como etapas-línea). Esta novedad permite mejorar los análisis de movilidad y cuantificar de una manera más precisa la utilización de las diferentes líneas del modo.

2.3. ESTRUCTURA DEL EQUIPO DE CAMPO

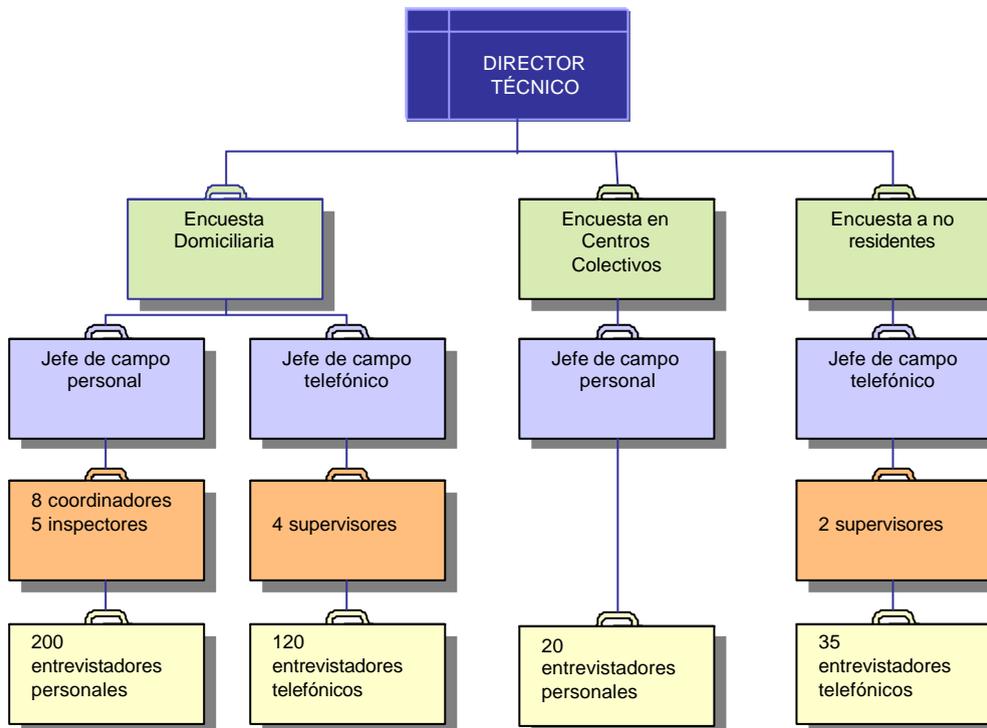
Para llevar a cabo la recogida de la información de los distintos colectivos considerados, el equipo de campo ha sido el siguiente:

Gráfico nº 2. Estructura del equipo de campo (EDM04)



A partir de él, la estructura del equipo de campo ha sido organizada como se indica a continuación:

Gráfico nº 3. Organigrama del equipo de campo (EDM04)



2.4. FICHA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de campo ha sido realizado en días laborables normales de los meses de octubre-noviembre de 2004, de acuerdo con las siguientes especificaciones técnico-estadísticas.

2.4.1. ENCUESTA GENERAL A RESIDENTES EN LA COMUNIDAD DE MADRID EN VIVIENDAS FAMILIARES - EGM

- **Universo:** Personas mayores de cuatro años residentes en la Comunidad de Madrid en viviendas familiares:

Tabla nº 2. Universo de la EGM (EDM04)

Residentes (mayores de cuatro años) en viviendas familiares de la Comunidad de Madrid	Personas
Empadronados (Padrón 2003)	5.484.480
No empadronados (estimación de la EGM)	102.930
Total	5.587.410

- **Muestreo:** Se ha realizado un muestreo aleatorio por conglomerados de viviendas en la Comunidad de Madrid, estratificado por zonas de transporte y tamaño de hogar. Dentro de cada vivienda se ha entrevistado a las personas mayores de cuatro años que residían en ella.
- **Marco muestral:** Como marco muestral se ha utilizado el Censo de Viviendas y el Padrón actualizado a enero de 2003³.

Tamaño de la muestra: Los principales parámetros de la EGM han sido los siguientes:

Tabla nº 3. Parámetros muestrales de la EGM (EDM04)

Muestra EGM	
Zonas de transporte muestreadas	898
Hogares visitados	34.942
Personas entrevistadas	84.317
Viajes estudiados	263.044
Etapas analizadas	324.951

- **Error muestral:** Los errores soportados por esta encuesta para la estimación total son muy pequeños dada la importante muestra que sustenta la información. En el caso de preguntas dicotómicas el error muestral para un nivel de confianza del 95% es del 0,4%.
- **Procedimiento:** La encuesta ha tenido tres fases:
 - Comunicación por carta de la entrevista
 - Contacto con el hogar (personal o telefónico)
 - Recogida de la información (personal, telefónica, por correo o Internet)

La tabla siguiente muestra una visión comparada de la EDM04 en relación con las cuatro ediciones anteriores del trabajo:

³ Referencia estadística sobre población más actualizada disponible en el momento de la EDM04.

Tabla nº 4. Visión comparada de la EDM04 en relación con las cuatro ediciones anteriores del trabajo

Año	Ámbito	Población del universo	Muestra (familias)	Zonas de transporte	Encuestas/zona con población	Control de calidad		Encuestas específicas y detalladas
						Interno	Externo	
1974	Área Metropolitana de Madrid (27 municipios)	3.381.228	6.000	249	24,3	10%	No	No
1981	Área Metropolitana de Madrid (27 municipios)	4.400.002	11.631	252	46,2	Sin datos	No	No
1987/88	Área Metropolitana de Madrid (51 municipios)	4.569.099	19.019	483	41,5	10%	No	No
1996	Comunidad de Madrid (179 municipios)	5.022.289	25.140	656	41,8	< 25%	5%	3.004 x 3 días
2004	Comunidad de Madrid (179 municipios)	5.826.272	34.942	1.172	39,0	25%	5%	6.000 x 4 días

2.4.2. ENCUESTA EN CENTROS COLECTIVOS - ECC

- **Universo:** 43.999 personas que viven en:
 - Colegios mayores o residencias universitarias
 - Residencias de ancianos
 - Conventos y residencias de religiosos
 - Hostales y pensiones
- **Muestreo:** Se ha realizado un muestreo en dos etapas:
 - 1ª etapa: selección del centro colectivo
 - 2ª etapa: selección de las personas dentro del centro
- **Marco muestral:** Se han utilizado las diferentes guías disponibles de estos centros.
- **Tamaño de la muestra:** Se ha entrevistado a 2.325 personas de un total de 179 centros diferentes, de acuerdo con la siguiente clasificación:

Tabla nº 5. Clasificación de centros colectivos (EDM04)

Establecimiento	Centros	Personas
Colegios Mayores	60	1.800
Residencias de ancianos	9	122
Conventos	23	205
Hostales y pensiones	87	198
TOTAL	179	2.325

- **Error muestral:** Para un nivel de confianza del 95% y para p=q=50% se ha soportado un error muestral de $\pm 2,1\%$.
- **Procedimiento:** La encuesta ha tenido tres fases:
 - Solicitar permiso al centro
 - Seleccionar dentro del centro a las personas a entrevistar (personal)
 - Recogida de la información (personal)

2.4.3. ENCUESTA A NO RESIDENTES - ENR

- **Universo:** 32.341.886 personas de 14 y más años empadronadas en España (península), excepto en la Comunidad de Madrid.
- **Muestreo:** Se ha realizado un muestreo estratificado no proporcional por provincias y dentro de las provincias por capitales de provincia y resto.

En Guadalajara y Toledo se ha realizado un muestreo estratificado por municipios proporcional al número de Abonos Transporte de tipo E que hay en cada municipio.
- **Marco muestral:** Como marco muestral se ha utilizado las guías telefónicas.
- **Tamaño de la muestra:** En total se han realizado 9.053 entrevistas con la siguiente distribución:

Tabla nº 6. ENR. Distribución de la muestra (EDM04)

Provincia	Encuestas
Guadalajara	1.671
Toledo	2.287
Resto	5.095
TOTAL	9.053

La desproporción de las provincias de Guadalajara y Toledo se debe al importante movimiento dentro de Madrid de personas que viven en ellas.

- **Error muestral:** El error muestral soportado para un nivel de confianza del 95% y para el caso de $p=q=50\%$ es del 1%.
- **Procedimiento:** Se ha realizado una entrevista telefónica en los hogares de España excepto la Comunidad de Madrid y dentro de cada hogar se ha seleccionado a una persona por cuotas de sexo y edad.

2.4.4. ENCUESTA A CONDUCTORES Y USUARIOS DEL SERVICIO DE TAXI - ET

Conductores del servicio de taxi

- **Universo:** Los 21.000 conductores de taxi del Área de Prestación Conjunta (APC) de Madrid.

- **Muestreo:** Aleatorio y estratificado según diferentes variables características del universo.
- **Marco muestral:** El marco muestral ha estado constituido por los censos de las diferentes asociaciones profesionales de este sector.
- **Tamaño de la muestra:** Se ha entrevistado a un total de 118 conductores.
- **Error muestral:** El error muestral soportado para un nivel de confianza del 95% y para el caso de $p=q=50\%$ es del 9%.
- **Procedimiento:** La encuesta se ha realizado a bordo de los taxis, acompañando los encuestadores a cada conductor durante cuatro horas de su trabajo en día laborable, en los momentos en los que el taxi permanecía a la espera de ser alquilado.

Usuarios del servicio de taxi

- **Universo:** El conjunto de usuarios del servicio de taxi del Área de Prestación Conjunta (APC) de Madrid un día laborable medio.
- **Muestreo:** Se ha acompañado a los conductores seleccionados en la encuesta anterior durante cuatro horas de su jornada habitual y se ha entrevistado a todos los usuarios del taxi habidos durante ese tiempo.
- **Marco muestral:** El marco muestral ha estado constituido por los usuarios habidos en los taxis operados por los conductores seleccionados en la encuesta anterior.
- **Tamaño de la muestra:** Se ha entrevistado a un total de 839 usuarios.
- **Error muestral:** El error muestral soportado para un nivel de confianza del 95% y para el caso de $p=q=50\%$ es del 3,4%.
- **Procedimiento:** Como ya se ha indicado, los encuestadores han acompañado a los conductores seleccionados durante cuatro horas de su jornada habitual y en ese tiempo han encuestado a los usuarios habidos acompañándolos dentro del taxi durante el viaje.

2.4.5. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

Por último, cabe añadir que el anejo final recoge una explicación de los términos más característicos utilizados en el documento, clasificados en categorías:

- A. Zonificación
- B. Clasificación de los modos de transporte
- C. Unidades de medida de la movilidad
- D. Motivos de viaje
- E. Comparaciones con la EDM96

2.5. CUADRO-RESUMEN

Seguidamente se recoge un cuadro resumen con el conjunto de la muestra tratada por la EDM04 según los diferentes colectivos investigados.

Tabla nº 7. Resumen de personas entrevistadas

Tipo de encuesta		Personas entrevistadas	Hogares/centros colectivos
EGM	Residentes en hogares	84.317	34.942
ECC	Residentes en centros colectivos	2.325	179
ENR	No residentes en la Comunidad	9.053	
ET	Operadores y usuarios del taxi	957	
Total		96.652	35.121

Como puede apreciarse se trata de un conjunto de casi 100.000 personas de las que el 87,2% han sido residentes en hogares de la Comunidad, el 2,4%

residentes en establecimientos colectivos y el 9,4% residentes fuera de la Comunidad de Madrid.

3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS MUESTRAS

Los procesos de campo para obtener la información, aunque se hayan realizado procesos probabilísticos para la selección de los hogares a entrevistar, producen diferencias entre la estructura de la muestra resultante y el universo de referencia. Estas diferencias vienen provocadas por dos fenómenos comunes en la población:

- La facilidad/dificultad para localizar a ciertos grupos de personas que finalmente quedan sobre o infrarrepresentados.
- La negativa a colaborar con la encuesta que, al igual que en el caso anterior, es

mayor o menor según las características de las personas.

En definitiva, es muy difícil que la muestra represente bien a las características de la población y, los procesos de expansión vienen a paliar esta realidad dando a cada individuo diferente peso en función de las características que se quieran ajustar.

A continuación se detallan los procesos de expansión realizados en cada una de las encuestas que componen la EDM04.

3.1. PONDERACIÓN DE LA ENCUESTA GENERAL DE MOVILIDAD – EGM

Las variables que se han sometido al ajuste han sido las siguientes:

- Número de personas residentes en cada zona de transporte.
- Población de cada corredor cruzada por edad.
- Población de cada corredor cruzada por sexo.

- Población de cada corredor cruzada por tamaño de hogar.
- El mismo número de entrevistados en cada día de la semana (lunes, martes, miércoles y jueves).
- Número de viajes que se han realizado en cada medio de transporte público medido en los aforos realizados.

3.2. PONDERACIÓN DE LA ENCUESTA EN CENTROS COLECTIVOS – ECC

La estimación del universo para el cálculo del coeficiente de ponderación en la Encuesta en Centros Colectivos se ha obtenido a partir del número de centros de cada tipo, la capacidad de los centros que han colaborado y el porcentaje de ocupación.

- Colegios Mayores y Residencias Universitarias: Los entrevistadores preguntaron por la capacidad y ocupación de cada uno de los centros visitados, que fueron 60 de 83 colegios localizados. Se ha estimado una ocupación del 90%.

- Hostales y pensiones: Según el INE la capacidad de estos establecimientos en Madrid es de 18.313 y se ha calculado una ocupación del 50%.
- Residencias de ancianos: Según el INE la ocupación de estos centros es de 9.468 personas. Se ha estimado que el 40% tiene movilidad.
- Instituciones religiosas: También tomando como fuente el INE, la ocupación de estos centros es de 5.218 personas. Se ha estimado que el 50% tiene movilidad.

Tabla nº 8. Estimación del universo. Encuesta en Centros Colectivos

Estimación del universo residente en Centros Colectivos				
Tipo de Centro Colectivo	Capacidad	% de ocupación	% de personas con movilidad	Universo
Colegios Mayores y Residencias Univ.	11.000	90%	100%	9.900
Hostales y pensiones	18.313	50%	100%	9.157
Residencias de ancianos	9.468	100%	40%	3.787
Instituciones religiosas	5.218	100%	50%	2.609
Total	43.999			25.453

3.3. PONDERACIÓN DE LA ENCUESTA A NO RESIDENTES EN LA COMUNIDAD DE MADRID – ENR

El fichero de datos fue sometido a un proceso de expansión para dar a cada provincia/municipio su peso poblacional y anular cualquier otro posible desajuste producido en el proceso de selección muestral. Las matrices utilizadas se obtuvieron a partir de la revisión del Padrón Municipal a fecha 1 de Enero de 2004.

El universo considerado para esta encuesta ha sido la población de 14 y más años residente en España, excepto en la Comunidad de Madrid.

El proceso de ponderación se ha realizado considerando las siguientes variables:

- Población
- Sexo
- Tramo de edad (14 a 29 años, 30 a 44 años, 45 a 64 años y más de 64 años)
- Categorización del lugar de residencia (capital de provincia o municipio de más de 100.000 habitantes, municipio con abono E1 o E2, resto de municipios)

3.4. PONDERACIÓN DE LA ENCUESTA A USUARIOS Y OPERADORES DEL TAXI – ET

Por último, para la ponderación de la Encuesta a Usuarios y Operadores del taxi se ha tenido en cuenta el número de licencias, la distribución

horaria de las licencias y el ratio de carreras/hora obtenido en la encuesta.

4. ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD

4.1. ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS

La EDM04 ha actualizado la información sobre el sistema socioeconómico y de movilidad de la Comunidad de Madrid, cuya última versión data de 1996, y ha permitido valorar las variaciones y cambios habidos en el mismo durante el período 1996-2004.

Como consecuencia del conjunto de análisis realizados, se puede extraer una serie de conclusiones que se exponen a continuación comenzando con los aspectos referidos a la componente sociodemográfica del problema.

4.1.1. POBLACIÓN

La población empadronada de la Comunidad de Madrid, según el Padrón Municipal de 2003, era de 5.718.942 habitantes. Este valor representa un crecimiento del 13,87% con respecto a los 5.022.289 habitantes de 1996 (696.653 habitantes más).

Durante la realización de la encuesta (con muestreo basado en hogares del Padrón Municipal de 2003) han aparecido, no obstante, residentes no empadronados cuya información ha sido también recogida y aprovechada.

De esta manera, al expandir la encuesta al Padrón Municipal de 2003 se han reproducido sus 5.718.942 habitantes y se ha obtenido una estimación de población no empadronada que asciende a 107.330 habitantes, lo que da una estimación de la población total (empadronados y no empadronados) de 5.826.272 personas.

Aunque la población no empadronada estimada en la EDM04 ha sido obtenida a partir de un diseño muestral específicamente dirigido a investigar los aspectos de movilidad (y no los de carácter demográfico), representa una aproximación al valor total de los residentes en la Comunidad de Madrid que mejora la precisión de los datos de movilidad total perseguidos con el trabajo.

Por otra parte, la población objeto de la EGM (personas mayores de cuatro años) es de 5.587.410 personas (con un crecimiento del 15% frente a las 4.852.641 de 1996), de las cuales el 98,2% están empadronadas y el 1,8% restante no.

Las principales cifras de población de la EDM04 son las siguientes:

Tabla nº 9. Principales cifras de población de la EDM04

Población	EDM04	%
Total (todas las edades)	5.826.272	100,0%
Empadronada (Padrón 2003)	5.718.942	98,2%
No empadronada (estimación de la EGM)	107.330	1,8%
Total (mayores de cuatro años) (EGM)	5.587.410	100,0%
Empadronada (Padrón 2003)	5.484.480	98,2%
No empadronada (estimación de la EGM)	102.930	1,8%

La evolución EDM96-EDM04 de la población empadronada ha sido la siguiente:

Tabla nº 10. Comparación entre la población empadronada total y mayor de cuatro años 1996-04 (EDM04)

Población	EDM04	EDM96	04/96
Empadronada total	5.718.942	5.022.289	13,87%
Empadronada (mayor de 4 años)	5.484.480	4.852.641	13,02%

Gráfico nº 4. Comparación entre la población empadronada total y mayor de cuatro años 1996-04 (EDM04)

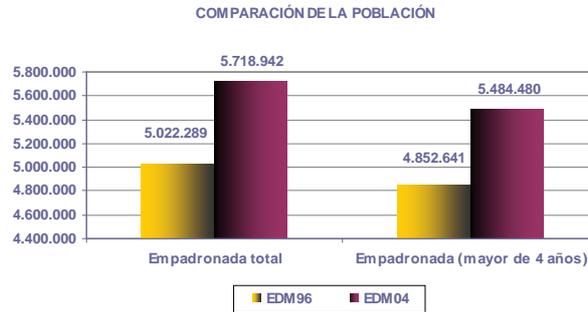
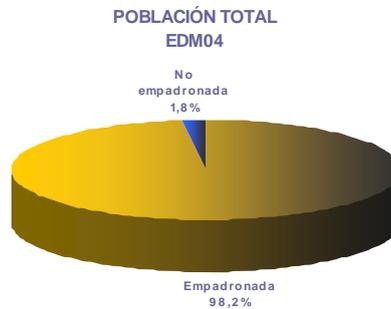


Gráfico nº 5. Población de la Comunidad de Madrid con edad igual o mayor de cuatro años según situación de empadronamiento (EDM04)



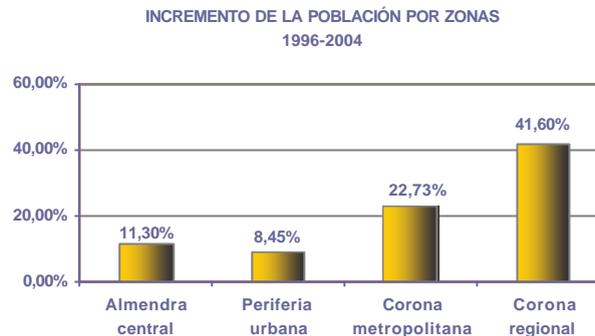
La distribución por coronas permite apreciar cómo durante el período 1996-2004 se ha producido un desplazamiento significativo de la población a las

coronas metropolitana y regional que han pasado de tener un peso relativo del 42,9% en 1996 al 46,2% en 2004.

Tabla nº 11. Variación de la población total de la Comunidad de Madrid por coronas 1996-2004 (EDM 04)

Zona	Población total				
	EDM04	%v	EDM96	%v	04/96
Almendra central	1.018.732	17,5%	915.318	18,2%	11,30%
Periferia urbana	2.116.513	36,3%	1.951.532	38,9%	8,45%
Corona metropolitana	2.348.884	40,3%	1.913.804	38,1%	22,73%
Corona regional	342.143	5,9%	241.635	4,8%	41,60%
Total	5.826.272	100,0%	5.022.289	100,0%	16,01%

Gráfico nº 6. Variación de la población total de la Comunidad de Madrid por coronas 1996-2004 (EDM 04)



Este desplazamiento territorial de la población aumenta las necesidades de movilidad (por el aumento de las distancias) y sitúa al transporte público en peores condiciones de competencia relativa con respecto al vehículo privado (por las menores densidades de población), condicionando de una manera muy importante la situación actual del sistema de movilidad.

4.1.2. POBLACIÓN QUE VIAJÓ/NO VIAJÓ EL DÍA DE LA ENCUESTA

Clasificando la población según hubiera viajado o no el día de la encuesta, se obtienen los resultados siguientes:

Tabla nº 12. Comparación entre la población de la Comunidad de Madrid mayor de cuatro años según hubiera viajado o no el día de la encuesta (EDM04)

Población mayor de 4 años	EDM04	EDM96
Viajó	85,2%	80,4%
No viajó	14,8%	19,6%
Total	100,0%	100,0%

Gráfico nº 7. Comparación entre la población de la Comunidad de Madrid mayor de cuatro años según hubiera viajado o no el día de la encuesta (EDM04)



Como puede apreciarse, un 85,2% de la población mayor de cuatro años realizó algún tipo de desplazamiento el día de la encuesta (frente al 80,4% de 1996), mientras que el 14,8% restante no viajó ese día (19,6% en 1996), lo que constituye un reflejo de los hábitos generales de movilidad en la Comunidad de Madrid.

4.1.3. HOGARES Y TAMAÑO MEDIO FAMILIAR

En el momento de la encuesta había en la Comunidad de Madrid un total de 2.019.776 hogares con un tamaño medio de 2,96 personas/hogar. Ello representa un aumento del 24% frente a los 1.626.929 hogares de 1996 con un tamaño medio de 3,07 personas/hogar, que se ha visto así disminuido en un 3,6%.

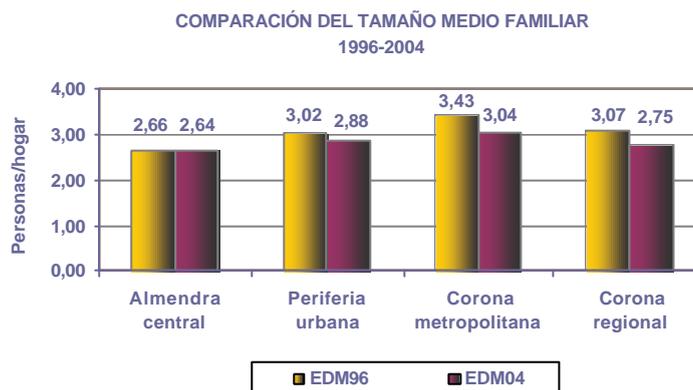
Tabla nº 13. Comparación entre el número de hogares por coronas 1996-2004 (EDM 04)

Zona	Hogares		
	EDM04	EDM96	04/96
Almendra central	386.396	344.420	1,122
Periferia urbana	735.640	646.366	1,1138
Corona metropolitana	773.343	557.509	1,387
Corona regional	124.397	78.634	1,582
Total	2.019.776	1.626.929	1,241

Tabla nº 14. Comparación entre el tamaño medio familiar por coronas 1996-2004 (EDM 04)

Zona	Tamaño medio familiar		
	EDM04	EDM96	04/96
Almendra central	2,64	2,66	-0,79%
Periferia urbana	2,88	3,02	-4,71%
Corona metropolitana	3,04	3,43	-11,52%
Corona regional	2,75	3,07	-10,49%
Total	2,88	3,09	-6,56%

Gráfico nº 8. Comparación entre el tamaño medio familiar de los hogares de la Comunidad de Madrid por coronas 1996-2004 (EDM04)



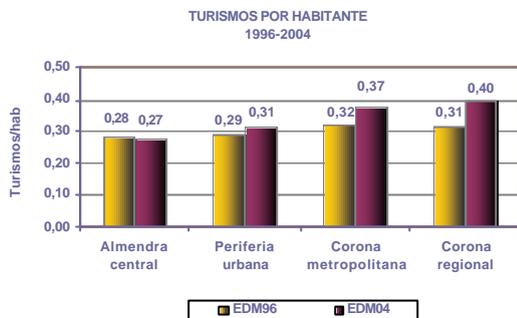
Dentro de una tónica de descenso generalizado del tamaño medio familiar, la distribución por coronas indica que mientras apenas se ha reducido en la almendra central (-0,79%), el resto de zonas de la Comunidad ha visto disminuir el número de personas por hogar, sobre todo en las coronas metropolitana y regional con descensos del orden del 10%-11%.

4.1.4. MOTORIZACIÓN

Motorización personal

El índice de motorización individual es en la actualidad de 0,34 turismos por habitante, con un crecimiento del 11,7% frente a 1996. La distribución por coronas de la variación experimentada por este índice en el período 1996-2004 es la que se muestra en el gráfico siguiente:

Gráfico nº 9. Comparación entre el índice de motorización personal por coronas 1996-2004 (EDM 04)



La evolución experimentada por este índice según las diferentes coronas de la Comunidad se corresponde con los cambios de localización de la población antes apuntados y pone de manifiesto un descenso de la motorización en la almendra y un aumento en el resto de coronas, que alcanza el 26,3% en la corona regional.

Motorización familiar

El índice de motorización actual es de 0,97 turismos por hogar, lo que representa un aumento del 4,3% frente a los 0,93 turismos/hogar obtenidos en la EDM96.

Gráfico nº 10. Comparación entre el índice de motorización familiar por coronas 1996-2004 (EDM 04)

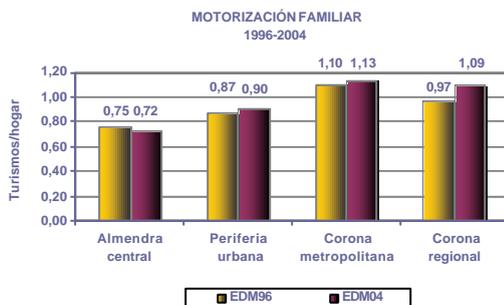


Tabla nº 15. Comparación por coronas de los puestos de empleo de los residentes en la Comunidad de Madrid 1996-2004 (EDM04)

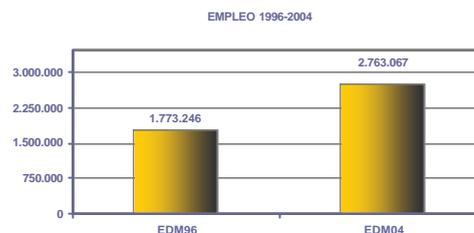
Zona	Empleos				
	EDM04	%v	EDM96	%v	04/96
Almendra central	959.877	34,7%	686.919	38,7%	39,7%
Periferia urbana	815.648	29,5%	508.843	28,7%	60,3%
Corona metropolitana	893.982	32,4%	515.495	29,1%	73,4%
Corona regional	93.561	3,4%	61.989	3,5%	50,9%
Total	2.763.067	100,0%	1.773.246	100,0%	55,8%

Como en el caso anterior, la variación espacial de este índice refuerza los cambios de localización de la población, anteriormente indicados, y pone de manifiesto un descenso de la motorización en la almendra y un aumento en el resto de coronas, que alcanza el 13% en la corona regional.

4.1.5. EMPLEO

En el momento de la encuesta, el número de los puestos de empleo en la Comunidad de Madrid ocupados por las personas residentes en la misma asciende a 2.763.067. Ello representa un aumento del 55,8% frente a los 1.773.246 empleos de 1996 (989.821 empleos más).

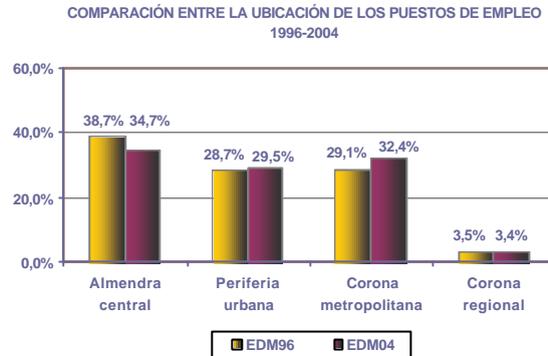
Gráfico nº 11. Comparación entre el empleo de los residentes en la Comunidad de Madrid 1996-2004 (EDM 04)



Añadiendo a ese valor los 30.064 puestos de trabajo ocupados por los residentes en la Comunidad de Madrid que trabajan en las provincias limítrofes resulta un total de 2.793.132 empleos ocupados por los residentes en Madrid.

Al comparar la distribución por coronas de 2004 frente a 1996 (considerando solamente los empleos de la Comunidad de Madrid) se observa cómo la corona metropolitana y la periferia urbana adquieren una mayor importancia (con el 61,9% de los empleos en 2004 frente al 57,8% en 1996) a costa de la almendra central (38,7% de los empleos en 1996 frente al 34,7% en 2004).

Gráfico nº 12. Comparación entre la distribución por coronas de los puestos de empleo de los residentes en la Comunidad de Madrid 1996-2004 (EDM04)



También en este caso, el desplazamiento hacia la periferia de la actividad laboral supone un condicionante decisivo para el sistema de movilidad resultante.

Cuando se compara la dotación de empleos por habitante en 1996 y 2004 se obtienen los valores siguientes:

Tabla nº 16. Comparación entre el índice de empleo por habitante 1996-2004 (EDM 04)

Zona	Empleos / habitante		
	EDM04	EDM96	04/96
Almendra central	0,94	0,75	25,55%
Periferia urbana	0,39	0,26	47,80%
Corona metropolitana	0,38	0,27	41,30%
Corona regional	0,27	0,26	6,59%
Total	0,47	0,35	34,32%

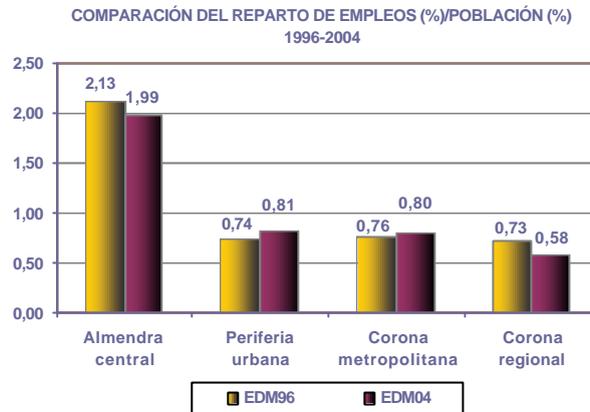
Estos valores ponen de manifiesto el hecho ya apuntado de que el empleo ha crecido un 34% más que la población, con un reparto zonal desigual en el que claramente predominan la periferia urbana y la corona metropolitana frente a la almendra central (la corona regional se mantiene al margen de este proceso de crecimiento diferencial).

Si la comparación se establece en términos del cociente en cada zona entre el porcentaje de empleo en la zona y el porcentaje de población en la zona resulta:

Tabla nº 17. Comparación entre el cociente %empleos/% población 1996-2004 (EDM 04)

Zona	% empleos / % población	
	EDM04	EDM96
Almendra central	1,99	2,13
Periferia urbana	0,81	0,74
Corona metropolitana	0,80	0,76
Corona regional	0,58	0,73
Total	1,00	1,00

Gráfico nº 13. Comparación entre el cociente %empleos/% población 1996-2004 (EDM 04)



Como puede apreciarse, aun dentro de la tónica general de fuerte desequilibrio dominante a favor de la almendra central frente al resto de zonas, la situación en 2004 muestra una ligera disminución

de las diferencias entre zonas, como consecuencia del desplazamiento de los crecimientos hacia la periferia urbana de Madrid y la corona metropolitana.

4.2. MOVILIDAD TOTAL Y RELATIVA

4.2.1. MOVILIDAD TOTAL EN DÍA LABORABLE

Considerando el conjunto de la población residente (empadronada y no empadronada) y no residente, se puede afirmar que en día laborable medio de

octubre-noviembre de 2004 se produce en la Comunidad de Madrid un total de 15.173.407 viajes (mecanizados y no mecanizados).

Tabla nº 18. Movilidad total en día laborable (EDM 04)

Encuesta	Personas	Viajes	Viajes/persona
Encuesta General de Movilidad (EGM)	5.587.410	14.511.397	2,60
Encuesta en Centros Colectivos (ECC)	25.453	43.207	1,70
Encuesta a No Residentes (ENR)	169.209	210.198	1,24
Encuesta en el Taxi (ET)	---	528.520	---
Total	5.782.072	15.173.407	2,55

En relación con estos valores hay que señalar que la encuesta en taxi (realizada en el propio modo y no en el hogar) obtiene una estimación de este tipo de movilidad con una significación estadística claramente superior a la de las otras tres encuestas realizadas (EGM, ECC, ENR). Por ello, se ha sustituido la movilidad en taxi de esas tres encuestas por la de la encuesta en taxi, lo que explica que la movilidad total resultante en la tabla anterior no se obtenga como suma algebraica de los resultados de cada encuesta.

Por otra parte, la movilidad relativa (viajes/persona) se ha calculado sobre la base de la EGM, ECC y ENR.

4.2.2. MOVILIDAD TOTAL DE LA POBLACIÓN RESIDENTE EN HOGARES

Considerando la población mayor de cuatro años residente en hogares (EGM) (para manejar valores comparables con los de 1996)⁴, en un día laborable normal de noviembre de 2004 se producen en la Comunidad de Madrid 14.511.397 viajes y 17.500.165 etapas⁵.

Al utilizar etapas-red en los modos ferroviarios (como en 1996), las etapas de la EDM04 resultan 16.118.500, obteniéndose así un aumento de la

⁴ La EGM incluye a los residentes no empadronados, no considerados en la EDM96

⁵ Las características de la movilidad analizada en la ECC, ENR y ET figuran en los documentos de detalle de la EDM04

movilidad del 38,6% (en viajes) y del 34,9% (en etapas), según se pone de manifiesto en el gráfico siguiente.

Gráfico nº 14. Comparación entre el número total de viajes y etapas 1996-2004 (EDM04)

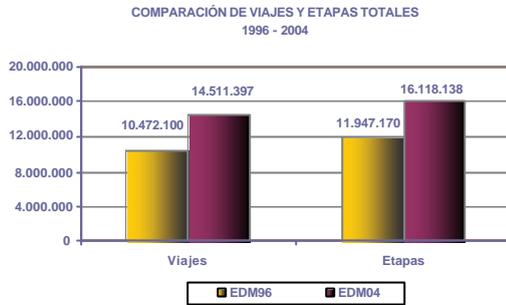


Tabla nº 19. Comparación entre el número total de viajes (mecanizados y no mecanizados) 1996-2004 (EDM 04)

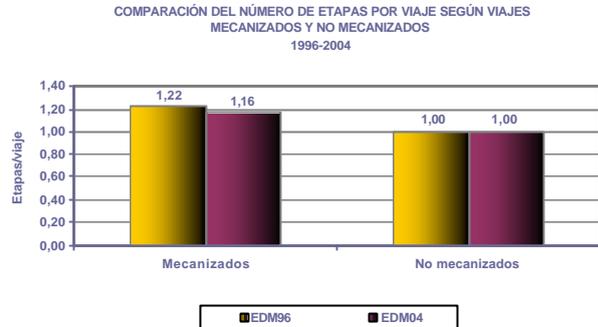
	Viajes totales		
	EDM04	EDM96	04/96
Mecanizados	10.000.317	6.579.544	52,0%
No mecanizados	4.511.080	3.892.556	15,9%
Total	14.511.397	10.472.100	38,6%

Tabla nº 20. Comparación entre el reparto de los viajes totales según viajes mecanizados y no mecanizados 1996-2004 (EDM 04)

	Viajes totales (% v)		
	EDM04	EDM96	04/96
Mecanizados	68,9%	62,8%	1,097
No mecanizados	31,1%	37,2%	0,836
Total	100,0%	100,0%	1,000

El 68,9% de los viajes son mecanizados y el 31,1% no mecanizados, con un claro aumento frente a la EDM96 de la participación de la movilidad mecanizada a costa de la no mecanizada.

Gráfico nº 15. Comparación entre el número de etapas por viaje según modos mecanizados y no mecanizados 1996-2004 (EDM04)



Como promedio, cada viaje mecanizado tiene 1,30 etapas en 2004 (12.988.780 etapas). Cuando este valor se mide en términos homogéneos con los de 1996 (como ya se ha indicado, no se distinguían las etapas-línea en Metro ni en Cercanías RENFE) resulta un número inferior (11.607.058 etapas), con un índice de 1,16 etapas/viaje mecanizado, lo que representa una disminución del 4,9% frente a las 1,22 etapas/viaje mecanizado de 1996. Ello no es sino una de las consecuencias positivas de las grandes ampliaciones realizadas en la red de Metro durante este tiempo, mediante las que se ha facilitado la accesibilidad a este modo de transporte en numerosos barrios de la periferia urbana, reduciendo, por ejemplo, la necesidad de realizar trasbordos entre Metro y EMT.

4.2.3. MOVILIDAD TOTAL POR HABITANTE

La movilidad relativa, expresada en términos de viajes/habitante, es el indicador más elocuente y característico de la movilidad. Se trata de una variable que recoge, de un lado, los compromisos de movilidad de las personas correspondientes a las actividades que cotidianamente se realizan cada día (viajes con motivo trabajo o estudios que dan lugar a la denominada movilidad obligada) y, de otro, las necesidades de desplazamiento impulsadas por actividades de carácter discrecional (ocio, compras, asuntos personales, etc.) (en general, muy ligadas al nivel de renta) o, lo que es lo mismo, movilidad no obligada.

En este caso, la movilidad total (mecanizada y no mecanizada) por habitante mayor de cuatro años residente en hogares y su comparación con 1996 ofrece los valores siguientes:

Tabla nº 21. Comparación entre los viajes totales por persona 1996-2004 (EDM 04)

	Viajes/persona		
	EDM04	EDM96	04/96
Mecanizados	1,79	1,36	32,0%
No mecanizados	0,81	0,80	0,6%
Total	2,60	2,16	20,3%

Como puede apreciarse, además de un incremento significativo de la población (puesto de manifiesto anteriormente), se ha producido un aumento notable de la movilidad relativa (viajes/habitante), que resulta ser del 20,3% en los viajes totales y del 32,0 % en los viajes mecanizados (el número de viajes no mecanizados por persona se mantiene prácticamente constante).

La tabla y gráfico siguientes muestran una visión global de la evolución de los viajes mecanizados por habitante (población total) a lo largo de las cinco ediciones en que se ha realizado una EDM en la Comunidad de Madrid:

Gráfico nº 16. Comparación entre los viajes totales por persona 1996-2004 (EDM 04)

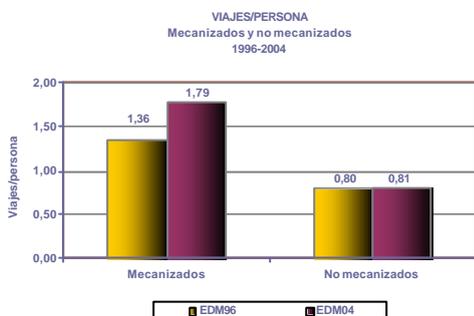
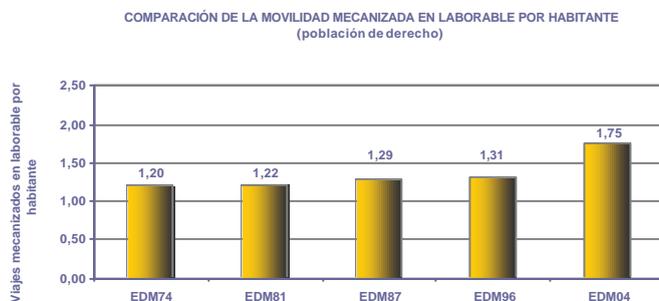


Tabla nº 22. Evolución de la movilidad mecanizada por habitante

EDM	Población de derecho	Viajes mecanizados	Mecanizados/habitante	Aumento %
EDM74	3.755.500	4.506.600	1,20	
EDM81	4.196.265	5.135.724	1,22	2,0%
EDM87	4.517.697	5.807.812	1,29	5,0%
EDM96	5.022.289	6.579.545	1,31	1,9%
EDM04	5.718.942	10.000.317	1,75	33,5%

Gráfico nº 17. Evolución de la movilidad mecanizada por habitante



Como puede apreciarse, estos valores muestran un crecimiento continuo de la movilidad relativa, en el que sobresale el 33,5% correspondiente al período 1996-2004⁶.

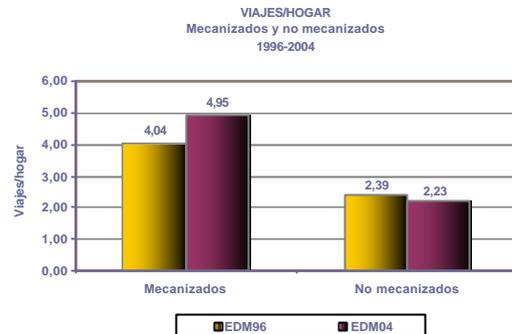
4.2.4. MOVILIDAD TOTAL POR HOGAR

La movilidad total por hogar (mecanizada y no mecanizada) y su comparación con 1996 ofrece los valores siguientes:

Tabla nº 23. Comparación entre los viajes totales por hogar 1996-2004 (EDM 04)

	Viajes/hogar		
	EDM04	EDM96	04/96
Mecanizados	4,95	4,04	22,4%
No mecanizados	2,23	2,39	-6,7%
Total	7,18	6,44	11,6%

Gráfico nº 18. Comparación entre los viajes totales por hogar 1996-2004



Los incrementos anteriores (viajes/persona) se ven ligeramente reducidos cuando la movilidad relativa se expresa en términos de viajes/hogar (debido a la disminución en 2004 del tamaño de los hogares), resultando ser del 11,6% para los viajes totales y del 22,4% para los viajes mecanizados.

⁶ Este crecimiento ha de explicarse no solamente por la coyuntura socioeconómica, sino también por la mayor eficiencia de la operación de campo de la EDM04.

4.3. DISTRIBUCIÓN MODAL DE LA MOVILIDAD

La distribución de la movilidad (expresada en etapas) según el modo de transporte utilizado permite establecer la siguiente comparación (realizada en términos homogéneos con la EDM 96).

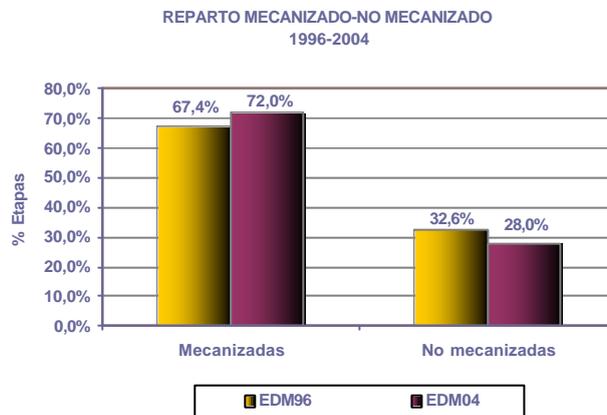
4.3.1. DISTRIBUCIÓN SEGÚN MODOS MECANIZADOS Y NO MECANIZADOS

El reparto resultante puede representarse como sigue:

Tabla nº 24. Comparación entre el reparto de etapas mecanizadas y no mecanizadas 1996-2004 (EDM 04)

	Etapas totales (valores comparables)				
	EDM04		EDM96		04/96
Mecanizadas	11.607.058	72,0%	8.054.613	67,4%	44,1%
No mecanizadas	4.511.080	28,0%	3.892.556	32,6%	15,9%
Total	16.118.138	100,0%	11.947.170	100,0%	34,9%

Gráfico nº 19. Comparación entre el reparto de etapas mecanizadas y no mecanizadas 1996-2004 (EDM 04)



El fenómeno anteriormente puesto de manifiesto, según el cual la movilidad mecanizada ha aumentado muy por encima de la movilidad no mecanizada, explica el hecho de que aquella haya pasado de representar el 67,4% de los viajes totales en 1996 al 72,0% en 2004.

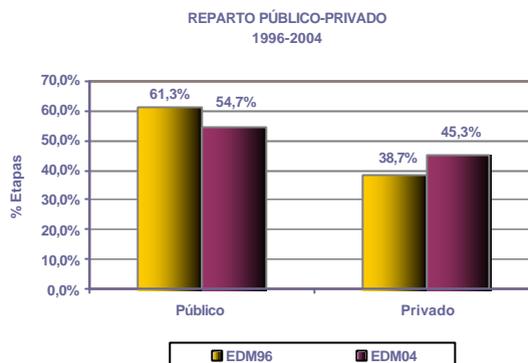
4.3.2. MOVILIDAD MECANIZADA. TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO

Este reparto que se obtiene de la movilidad mecanizada es el siguiente:

Tabla nº 25. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público y privado 1996-2004 (EDM 04)

	Etapas mecanizadas (valores comparables)				
	EDM04		EDM96		04/96
Transporte público	6.354.301	54,7%	4.941.437	61,3%	28,6%
Transporte privado	5.252.757	45,3%	3.113.176	38,7%	68,7%
Total	11.607.058	100,0%	8.054.613	100,0%	44,1%

Gráfico nº 20. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público y privado 1996-2004 (EDM 04)



El reparto público/privado expresado en etapas acusa un cierto descenso de la participación del transporte público en 2004 (54,7%) frente a 1996 (61,3%), como consecuencia, principalmente, del desplazamiento hacia la periferia de la población, empleo y la actividad.

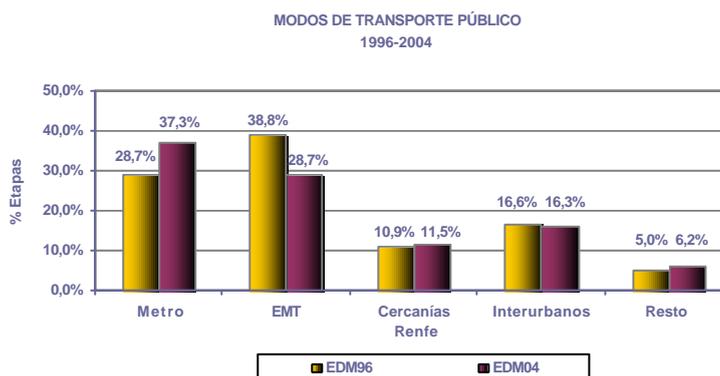
4.3.3. MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

La utilización de los modos de transporte público dentro de la movilidad en esta modalidad de transporte es la siguiente:

Tabla nº 26. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público 1996-2004 (EDM 04)

	Etapas en transporte público (valores comparables)				
	EDM04		EDM96		04/96
Metro	2.367.608	37,3%	1.420.336	28,7%	66,7%
EMT	1.824.165	28,7%	1.914.992	38,8%	-4,7%
Cercanías RENFE	733.369	11,5%	540.198	10,9%	35,8%
Interurbanos	1.034.050	16,3%	818.779	16,6%	26,3%
Resto	395.109	6,2%	247.132	5,0%	59,9%
Total	6.354.301	100,0%	4.941.437	100,0%	28,6%

Gráfico nº 21. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público 1996-2004 (EDM 04)



Esta distribución muestra un aumento muy significativo de la participación de Metro en la movilidad en transporte público (28,7% en 1996 y 37,3% en 2004) como consecuencia de los proyectos de ampliación de esta red llevados a cabo en los últimos años. A su vez, ello ha traído

consigo una reducción de EMT. Como consecuencia de la reducción del número de etapas que ha traído consigo dicha ampliación, la participación del conjunto de los dos modos ha pasado del 67,5% en 1996 al 66,0% en 2004.

Fuera del municipio de Madrid, Cercanías RENFE ha aumentado del 10,9% en 1996 al 11,5% en

2004, mientras que los autobuses interurbanos permanecen prácticamente constantes.

4.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA MOVILIDAD

4.4.1. MOVILIDAD MECANIZADA

La distribución espacial de la movilidad mecanizada y su comparación con la situación de 1996 ha puesto de manifiesto un cambio significativo en lo que se refiere al aumento ahora de la importancia

de la corona metropolitana y la pérdida de protagonismo de la periferia urbana, como consecuencia del ya citado proceso de desplazamiento de la población y la actividad a dicha corona metropolitana.

Tabla nº 27. Comparación entre los viajes entre coronas en modos mecanizados 1996-2004 (EDM04)

	EDM04		EDM96	
Movilidad mecanizada	10.000.317	100,00%	6.579.544	100,00%
Almendra central-Almendra central	1.081.993	10,82%	734.214	11,16%
Almendra central-Periferia urbana	1.958.384	19,58%	1.536.920	23,36%
Almendra central-Corona metropolitana	901.609	9,02%	635.850	9,66%
Almendra central-Corona regional	90.401	0,90%	34.813	0,53%
Almendra central-Exterior	9.128	0,09%	6.723	0,10%
Total	4.041.515	40,41%	2.948.520	44,81%
Periferia urbana-Periferia urbana	1.815.667	18,16%	1.253.744	19,06%
Periferia urbana-Corona metropolitana	1.141.120	11,41%	824.095	12,53%
Periferia urbana-Corona regional	87.520	0,88%	41.121	0,62%
Periferia urbana-Exterior	19.219	0,19%	9.091	0,14%
Total	3.063.525	30,63%	2.128.051	32,34%
Corona metropolitana-Corona metropolitana	2.337.700	23,38%	1.242.434	18,88%
Corona metropolitana-Corona regional	216.885	2,17%	95.526	1,45%
Corona metropolitana-Exterior	47.296	0,47%	26.117	0,40%
Total	2.601.881	26,02%	1.364.077	20,73%
Corona regional-Corona regional	277.202	2,77%	132.515	2,01%
Corona regional-Exterior	14.355	0,14%	6.124	0,09%
Total	291.557	2,92%	138.639	2,11%
Exterior-Exterior	1.839	0,02%	257	0,00%

Ello se corrobora cuando se analizan las variaciones más significativas habidas en la distribución porcentual de los flujos entre las dos encuestas, lo que permite observar cómo las relaciones almendra-periferia han descendido desde el 23,36% en 1996 al 19,58% en 2004 y también cómo las relaciones internas a la corona metropolitana han aumentado desde el 18,88% en 1996 al 23,38% en 2004.

4.4.2. MOVILIDAD EN TRANSPORTE PÚBLICO

El análisis de las variaciones espaciales producidas en el transporte público pone de manifiesto, en primer lugar, un aumento de la participación del transporte público en las relaciones interiores a la corona metropolitana. Ello ha de interpretarse como

una de las consecuencias de la política de inversiones en infraestructuras de transporte público (Metrosur) en un área como ésta, en la que las condiciones de competencia con el transporte privado favorecen claramente a éste frente a aquél.

Tabla nº 28. Comparación entre los viajes entre coronas en transporte público 1996-2004 (EDM04)

	EDM04		EDM96	
	Viajes	%	Viajes	%
Viajes en transporte público	4.932.209	100,00%	3.534.103	100,00%
Almendra central-Almendra central	801.566	16,25%	541.727	15,33%
Almendra central-Periferia urbana	1.398.997	28,36%	1.059.806	29,99%
Almendra central-Corona metropolitana	538.605	10,92%	369.812	10,46%
Almendra central-Corona regional	52.841	1,07%	17.188	0,49%
Almendra central-Exterior	3.435	0,07%	1.829	0,05%
Total	2.795.445	56,68%	1.990.362	56,32%
Periferia urbana-Periferia urbana	883.923	17,92%	709.106	20,06%
Periferia urbana-Corona metropolitana	467.620	9,48%	391.825	11,09%
Periferia urbana-Corona regional	41.024	0,83%	21.122	0,60%
Periferia urbana-Exterior	5.843	0,12%	1.825	0,05%
Total	1.398.410	28,35%	1.123.878	31,80%
Corona metropolitana-Corona metropolitana	635.575	12,89%	371.881	10,52%
Corona metropolitana-Corona regional	51.439	1,04%	23.580	0,67%
Corona metropolitana-Exterior	8.722	0,18%	4.387	0,12%
Total	695.736	14,11%	399.848	11,31%
Corona regional-Corona regional	41.225	0,84%	18.666	0,53%
Corona regional-Exterior	1.257	0,03%	1.349	0,04%
Total	42.482	0,86%	20.015	0,57%
Exterior-Exterior	135	0,00%		

Por otra parte, y de acuerdo con esa misma consideración, las relaciones interiores a la periferia urbana y con la almendra han disminuido su cuota de participación del transporte público como

consecuencia de los procesos ya citados de localización de la población y sistema de actividades.

4.4.3. MOVILIDAD EN VEHÍCULO PRIVADO

Los cambios observados en la distribución espacial de las relaciones en transporte privado suponen una clara disminución de la participación de este modo de transporte en relaciones entre la almendra

central con la periferia urbana y la corona metropolitana, así como un aumento de su importancia relativa en las relaciones interiores a las coronas metropolitana y regional.

Tabla nº 29. Comparación entre los viajes entre coronas en transporte privado 1996-2004 (EDM04)

	EDM04		EDM96	
Viajes en transporte privado	5.068.108	100,00%	3.045.442	100,00%
Almendra central-Almendra central	280.427	5,53%	192.487	6,32%
Almendra central-Periferia urbana	559.388	11,04%	477.114	15,67%
Almendra central-Corona metropolitana	363.004	7,16%	266.040	8,74%
Almendra central-Corona regional	37.560	0,74%	17.624	0,58%
Almendra central-Exterior	5.693	0,11%	4.895	0,16%
Total	1.246.070	24,59%	958.160	31,46%
Periferia urbana-Periferia urbana	931.744	18,38%	544.638	17,88%
Periferia urbana-Corona metropolitana	673.499	13,29%	432.271	14,19%
Periferia urbana-Corona regional	46.496	0,92%	19.999	0,66%
Periferia urbana-Exterior	13.376	0,26%	7.266	0,24%
Total	1.665.114	32,85%	1.004.174	32,97%
Corona metropolitana-Corona metropolitana	1.702.125	33,59%	870.552	28,59%
Corona metropolitana-Corona regional	165.446	3,26%	71.946	2,36%
Corona metropolitana-Exterior	38.574	0,76%	21.729	0,71%
Total	1.906.145	37,61%	964.227	31,66%
Corona regional-Corona regional	235.977	4,66%	113.849	3,74%
Corona regional-Exterior	13.098	0,26%	4.775	0,16%
Total	249.074	4,91%	118.624	3,90%
Exterior-Exterior	1.704	0,03%	257	0,01%

4.4.4. REPARTO TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO

La distribución modal de la movilidad en términos de reparto público/privado ofrece una clara pauta de variación espacial, según la cual, la importancia del

transporte público crece claramente conforme la zona considerada es más céntrica y la del vehículo privado lo hace cuando aumenta la distancia al centro.

Tabla nº 30. Comparación entre el reparto público/privado en las relaciones entre coronas 1996-2004 (EDM04)

Movilidad mecanizada	EDM04		EDM96	
	Público	Privado	Público	Privado
Almendra central-Almendra central	74,08%	25,92%	73,78%	26,22%
Almendra central-Periferia urbana	71,44%	28,56%	68,96%	31,04%
Almendra central-Corona metropolitana	59,74%	40,26%	58,16%	41,84%
Almendra central-Corona regional	58,45%	41,55%	49,37%	50,62%
Almendra central-Exterior	37,63%	62,37%	27,21%	72,81%
Total	69,17%	30,83%	67,50%	32,50%
Periferia urbana-Periferia urbana	48,68%	51,32%	56,56%	43,44%
Periferia urbana-Corona metropolitana	40,98%	59,02%	47,55%	52,45%
Periferia urbana-Corona regional	46,87%	53,13%	51,37%	48,63%
Periferia urbana-Exterior	30,40%	69,60%	20,07%	79,93%
Total	45,65%	54,35%	52,81%	47,19%
Corona metropolitana-Corona metropolitana	27,19%	72,81%	29,93%	70,07%
Corona metropolitana-Corona regional	23,72%	76,28%	24,68%	75,32%
Corona metropolitana-Exterior	18,44%	81,56%	16,80%	83,20%
Total	26,74%	73,26%	29,31%	70,69%
Corona regional-Corona regional	14,87%	85,13%	14,09%	85,91%
Corona regional-Exterior	8,76%	91,24%	22,03%	77,97%
Total	14,57%	85,43%	14,44%	85,56%
Exterior-Exterior	7,35%	92,65%	0,00%	100,00%

Así, los citados repartos resultantes por coronas son los siguientes:

Gráfico nº 22. Comparación entre la participación del transporte público en los viajes según coronas 1996-2004 (EDM 04)

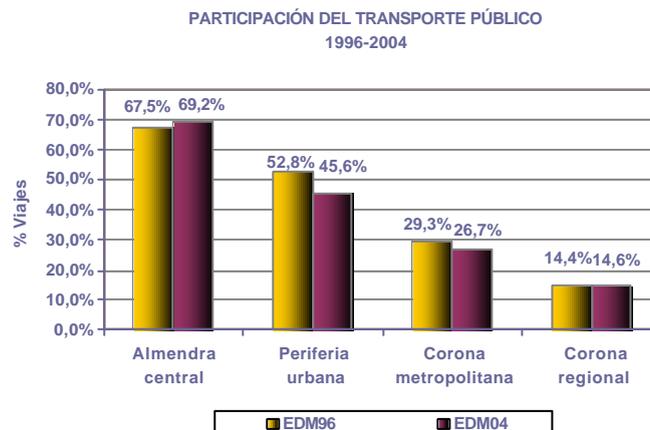
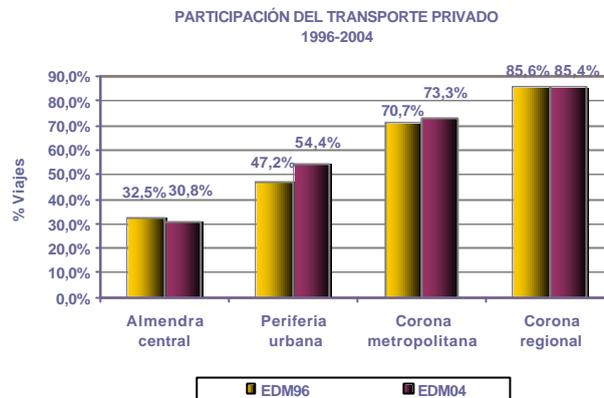


Gráfico nº 23. Comparación entre la participación del transporte privado en los viajes según coronas 1996-2004 (EDM 04)

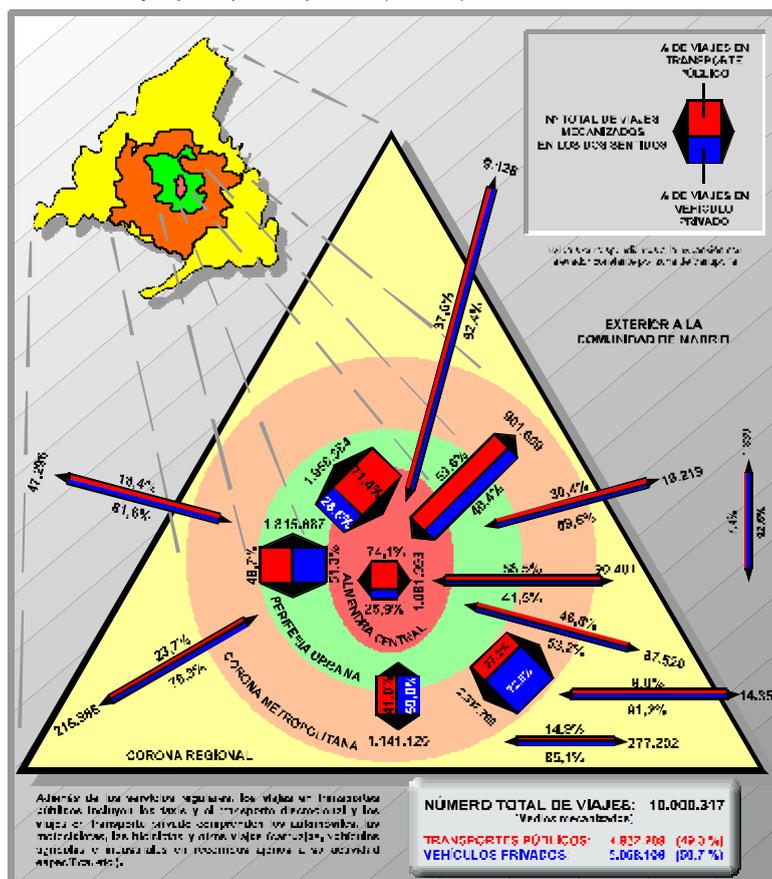


El transporte público ha mejorado su penetración en la almendra central (en donde llega a superar el 74% de los viajes interiores a la misma), mientras que ha perdido cuota de mercado en el resto de coronas como consecuencia del desplazamiento ya indicado de la población y la actividad a zonas en las que las condiciones de competencia con el

vehículo privado son más difíciles desde un punto de vista funcional.

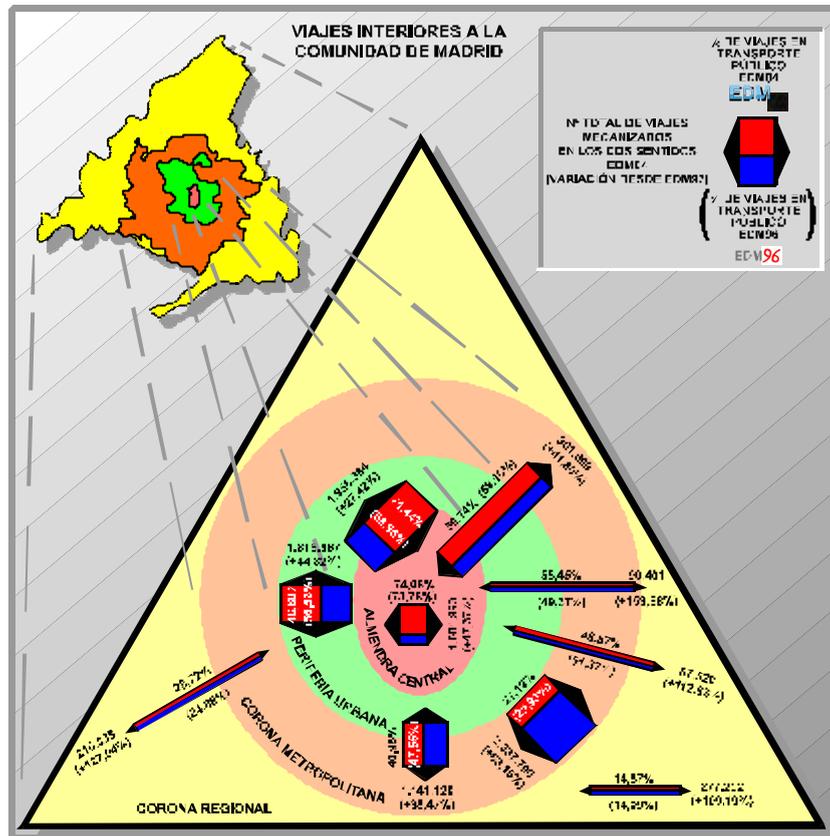
El esquema adjunto recoge una representación gráfica de los flujos entre coronas y del reparto modal (público/privado) en cada caso.

Gráfico nº 24. Flujos entre coronas y reparto público/privado (EDM04)



A su vez, el gráfico siguiente ilustra sobre la comparación entre los flujos entre coronas en la EDM96 y EDM04:

Gráfico nº 25. Comparación entre los flujos entre coronas 1996-2004 (EDM04)



4.5. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA MOVILIDAD

4.5.1. DISTRIBUCIÓN HORARIA

La distribución horaria de la movilidad total en laborable (mecanizada y no mecanizada) puede estudiarse considerando tres indicadores diferentes:

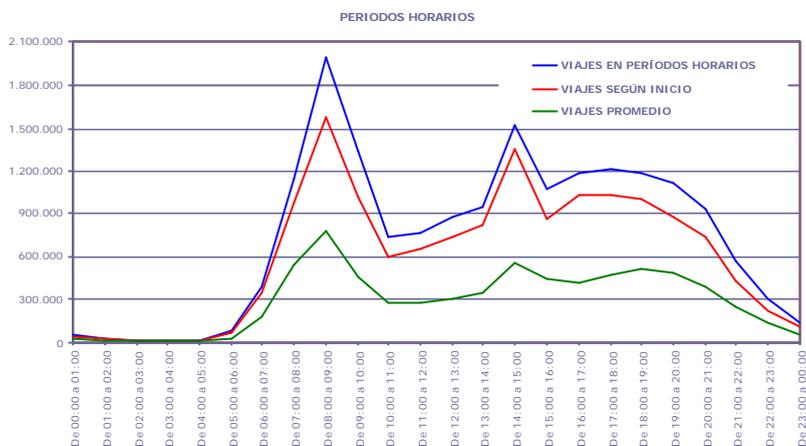
- Viajes según la hora de inicio (V_{hi}). Número de viajes que comienzan en cada hora del día, independientemente de su duración.
- Viajes en períodos horarios (V_{ph}). Número de viajes que se producen en algún momento de

cada hora del día, independientemente de la hora de inicio y de su duración.

- Viajes promedio (V_{pr}). Número equivalente de viajes que afectarían a todo el período horario. Se calcula como la suma de las duraciones de los V_{ph} (expresadas en minutos) dividida por sesenta.

La representación gráfica de las tres distribuciones resultantes en día laborable normal es la siguiente:

Gráfico nº 26. Viajes según hora natural (EDM 04)



Como puede observarse, existe una relación jerárquica muy clara en cuanto a los valores horarios de los tres indicadores.

Por lo demás, las distribuciones anteriores muestran la existencia de un período punta de mañana muy pronunciado (08:00 a 09:00), un valle de mañana (10:00 a 14:00), una punta de mediodía menos pronunciada que la anterior (14:00 a 15:00) y un período punta de tarde muy repartido de 16:00 a 21:00.

4.5.2. PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Según el sexo, los hombres y las mujeres igualan prácticamente el número de viajes en las horas punta de mañana y mediodía (08:00 a 09:00 y 14:00 a 15:00), aunque viajan más hombres en las primeras horas de la mañana y más mujeres en el período valle de mañana y por la tarde.

La distinción de la edad permite realizar las consideraciones siguientes:

- Las personas más jóvenes (4 a 13 años y 14 a 21 años) presentan una distribución horaria de la movilidad muy condicionada por su actividad principal, los estudios, con valores muy polarizados en torno a las horas de ida y vuelta de clase.
- En cambio, de 22 a 64 años, la movilidad, a pesar de las horas punta ya mencionadas, presenta una distribución de los viajes mucho

más repartida a lo largo del día como consecuencia de la mayor diversidad de actividades de estas personas además de las habituales del trabajo o estudio.

- Las personas mayores de 64 años, por su parte, presentan una pauta muy característica de distribución horaria de la movilidad, con una elevada concentración de los viajes fuera de las horas punta, es decir, en el período valle de la mañana y por la tarde.

En cuanto a la influencia de la actividad puede afirmarse que los viajes con movilidad obligada (con motivo trabajo o estudios), cada uno dentro de su escala, presentan una pauta de distribución horaria similar (muy polarizada en torno a las horas punta de mañana y mediodía), con un mayor volumen relativo de viajes por la tarde en los viajes con motivo trabajo frente al estudio.

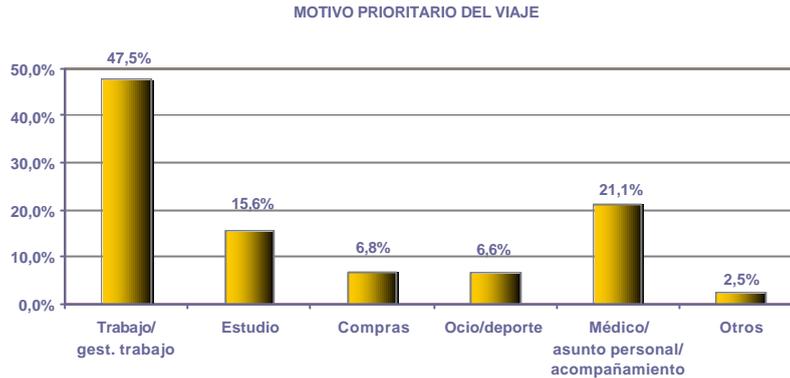
Los viajes con movilidad no obligada, por su parte, se concentran fuera de las horas punta, principalmente en el período valle de la mañana.

Cuando se analizan los viajes promedio según el modo de transporte se observa un claro predominio del transporte público frente al resto a lo largo de todo el día. En cuanto a los otros dos modos, el reparto privado-no mecanizado es favorable al primero en el período punta de la mañana y por la tarde, sucediendo al revés durante el período valle de mañana.

4.6. MOTIVO PRIORITARIO DE VIAJE

La distribución de los viajes según el motivo prioritario del desplazamiento es la que se muestra a continuación:

Gráfico nº 27. Viajes según motivo prioritario (EDM 04)



El motivo principal es el relacionado con el trabajo (47,5%), seguido del médico-asunto personal-acompañamiento (21,1%) y estudios (15,6%). En conjunto, la movilidad obligada (trabajo-estudios) representa el 60% de los viajes, excluyéndose de este porcentaje los viajes por gestiones de trabajo.

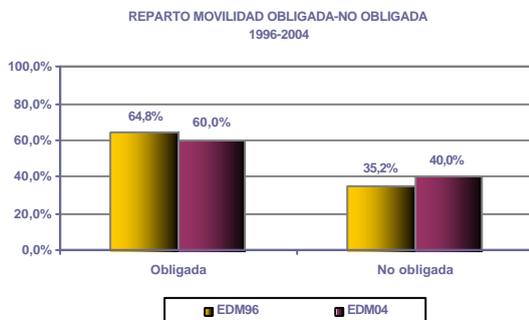
Con valores en torno al 7% se encuentran los viajes con motivo compras (6,8%) y ocio/deporte (6,6%). Los registros minoritarios corresponden a los viajes con motivo otros (2,5%).

El reparto entre la movilidad obligada y no obligada en la EDM04 y la EDM96 es el siguiente:

Tabla nº 31. Comparación entre el reparto de viajes totales según movilidad obligada y no obligada 1996-2004 (EDM 04)

Movilidad mecanizada	EDM04	%v	EDM96	%v	04/96
Obligada	6.003.932	60,0%	4.263.545	64,8%	40,8%
No obligada	3.996.385	40,0%	2.315.999	35,2%	72,6%
Total	10.000.317	100,0%	6.579.544	100,0%	52,0%

Gráfico nº 28. Comparación entre el reparto de viajes totales según movilidad obligada y no obligada 1996-2004 (EDM 04)



Estos valores ponen de manifiesto una disminución significativa de la participación de la movilidad obligada (64,8% en 1996 y 60% en 2004), y el consecuente aumento de la importancia relativa de la movilidad no obligada.

Ello ha de interpretarse como resultado de que los incrementos de movilidad general ya indicados afectan en mayor medida a los viajes con motivo diferente de los de trabajo y estudios, por su mayor vinculación con el nivel de renta.

5. PERFIL BÁSICO DEL USUARIO TIPO DE CADA MODO DE TRANSPORTE

Puede establecerse el perfil tipo de los usuarios de los diferentes modos de transporte, en función de los rasgos diferenciales con respecto al conjunto de la población, en los términos siguientes:

Perfil del usuario de los medios no mecanizados

- Mayor proporción de mujeres
- Mayor proporción de edades entre 4 y 13
- Ligera menor proporción de no empadronados
- Reparto según zona de residencia similar al del conjunto de la población
- Mayor proporción de estudiantes y sus labores, a costa de la actividad trabajo
- Menor proporción de motivos de viaje trabajo y médicos a costa del estudio y compras

Perfil del usuario de los medios mecanizados

- Hombre o mujer (indistintamente)
- Relativa mayor proporción de edades entre 16 y 50 años
- Ligera mayor proporción de no empadronados
- Reparto según zona de residencia similar al del conjunto de la población
- Una clara mayor proporción de trabajadores
- Mayor proporción de viajes con motivo trabajo y menor de viajes con motivo compras y médico/asuntos personales/acompañamiento

Perfil del usuario del transporte público

- Mayor proporción de mujeres
- Mayor proporción edades entre 22 y 29 años
- Mayor proporción de no empadronados
- Clara menor proporción de residentes en las coronas metropolitana y regional
- Clara mayor proporción de trabajadores
- Mayor proporción de motivos de viaje trabajo y similar proporción del motivo estudios
- Utilización claramente mayoritaria del Abono Transportes (64,6%) seguido del Metrobús (25,0)%

Perfil del usuario del transporte privado

- Clara mayor proporción de hombres
- Clara mayor proporción de 30 a 50 años
- Ligera menor proporción de no empadronados
- Clara mayor proporción de residentes en las coronas metropolitana y regional
- Clara mayor proporción de trabajadores

- Clara mayor proporción de viajes con motivo trabajo y menor de motivos estudios y médico/asuntos personales/acompañamiento

Perfil del usuario de Metro

- Clara mayor proporción de edades entre 22 y 40 años
- Clara mayor proporción de no empadronados
- Clara mayor proporción de residentes en la almendra central y periferia urbana
- Clara mayor proporción de personas trabajadoras
- Clara mayor proporción de motivos de viaje trabajo
- Mayor proporción de Metrobús

Perfil del usuario de EMT

- Clara mayor proporción de mujeres
- Clara mayor proporción de mayores de 65 años y menor de edades entre 4 y 13 años
- Mayor proporción de no empadronados
- Muy alta concentración de la residencia en el municipio de Madrid
- Mayor proporción de jubilados y menor de estudiantes
- Clara mayor proporción del motivo de viaje otros y menor del médico/asuntos personales/acompañamiento
- Mayor utilización del Metrobús

Perfil del usuario de Cercanías RENFE

- Hombre o mujer indistintamente
- Clara mayor proporción de edades entre 22 y 40 años
- Relativa mayor proporción de no empadronados
- Clara mayor proporción de residentes en la corona metropolitana, sobre todo a costa de los residentes en la almendra central
- Clara mayor proporción de trabajadores
- Clara mayor proporción del motivo de viaje trabajo
- Clara mayor utilización del Abono Transportes

Perfil del usuario de los autobuses interurbanos

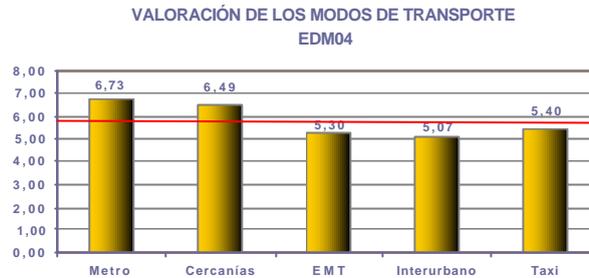
- Clara mayor proporción de edades entre 18 y 30 años
- Relativa mayor proporción de no empadronados

- Clara mayor proporción de residentes en la corona metropolitana
- Relativa mayor proporción de trabajadores y estudiantes
- Mayor proporción de motivos de viaje trabajo o estudios
- Clara mayor utilización del billete sencillo

6. CALIDAD DEL SERVICIO

La valoración general que otorgan los usuarios a cada modo de transporte es la siguiente:

Gráfico nº 29. Valoración de los modos de transporte mecanizado (EDM 04)



Con una valoración promedio de 5,80 para el conjunto, los modos ferroviarios son los mejor valorados (Metro 6,73 y Cercanías RENFE 6,49),

situándose a una cierta distancia del resto. Los autobuses interurbanos, con un 5,07, son el modo peor valorado.

7. MODELIZACIÓN DE LA MOVILIDAD

7.1. PLANTEAMIENTO GENERAL. EL MGM

Uno de los grandes objetivos que persigue la EDM04 es el de poner a disposición del Consorcio de Transportes una batería de modelos estadístico-matemáticos que permitan reproducir de manera simplificada la movilidad observada en el trabajo de campo y simular escenarios diferentes para predecir cuál será la reacción de la demanda y el comportamiento del sistema ante determinados proyectos de inversión o actuaciones de mejora.

Para ello, el trabajo ha desarrollado un proceso convencional de modelización hasta conformar un Modelo General de Movilidad (MGM) basado en el modelo de cuatro etapas (generación/atracción – distribución – reparto modal – asignación).

En su concepción general, la modelización se ha realizado con la intención de alcanzar los objetivos siguientes:

- Desarrollar modelos predictivos basados en un limitado número de variables explicativas, fácilmente accesibles desde el punto de vista estadístico.
- Poner especial énfasis en la fase de calibrado de los modelos, ya que ésta determina la bondad de la estimación del escenario futuro de movilidad.
- Realizar un esfuerzo por la flexibilidad; es decir, por disponer de una batería de modelos

que puedan adaptarse a distintas necesidades de manera rápida y eficaz.

- Dar una gran importancia a la evaluación continua y mantenimiento de los modelos a partir de datos recogidos en posteriores campañas. Se pretende crear un paquete de modelos vivos, que se aprovechen de los trabajos de actualización que puedan realizarse con carácter general, sectorial o parcial en la Comunidad de Madrid.

Con todo ello, el trabajo ha estado inspirado en el principio general de equilibrar adecuadamente los dos grandes aspectos que deben estar presentes en un trabajo de esta naturaleza:

- Por un lado, el rigor científico de los planteamientos estadístico-matemáticos que sustentan el proceso
- Por otro, la capacidad de los resultados alcanzados para ser plenamente aplicables y útiles, sirviendo al propósito de optimización del sistema de transporte público que persigue el Consorcio de Transportes utilizando estas herramientas.

Por tanto, se ha huido de planteamientos excesivamente teóricos, que acaban resultando poco viables en la práctica, así como de esquemas demasiado rígidos por su falta de sustento científico.

7.2. SOBRE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS UTILIZADAS EN LOS MODELOS

En función de las consideraciones anteriores, las variables independientes que han sido seleccionadas para construir los modelos calibrados han respondido a un conjunto de tres condiciones esenciales:

- Deben ser variables verdaderamente explicativas del fenómeno de la movilidad, para que los modelos puedan cumplir su función y resulten útiles
- Deben ser variables fáciles de obtener, en orden a la viabilidad del conjunto del proceso
- Deben ser variables que puedan proyectarse en el tiempo, para asegurar la aplicabilidad de los modelos

En cuanto a la primera de estas condiciones, no existen grandes dificultades para identificar un amplio conjunto de factores de carácter socioeconómico que puedan determinar en mayor o menor medida el comportamiento de la demanda de transporte. El problema estriba más en cuáles de esos factores deben ser utilizados en virtud del resto de condicionantes del proceso.

El cumplimiento de la segunda condición queda plenamente garantizado por la gran riqueza informativa de una operación como la EDM04, que investiga un conjunto de variables y aspectos muy amplio y completamente suficiente.

Es la tercera condición la más exigente de todas y en donde principalmente residen los problemas, ya que exige utilizar variables con capacidad explicativa suficiente y que puedan ser proyectadas en función de las bases de datos estadísticos disponibles. Es, por tanto, en este punto donde se requiere un esfuerzo especial para encontrar una

formulación suficientemente satisfactoria desde ambos puntos de vista.

En este sentido cabe señalar que todos los modelos de EDM04 incluyen un procedimiento para la proyección de las variables explicativas utilizadas.

7.3. GENERACIÓN/ATRACCIÓN DE VIAJES

7.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Estos modelos representan la primera de las cuatro fases del MGM y con ellos se pretende ajustar un relación estadístico-matemática que sea capaz de pronosticar con cierto grado de confianza el número de viajes generados/atraídos según la unidad de análisis que se esté considerando en cada momento (viajes generados/atraídos por zona, viajes por persona, etc.) y ello sin perder de vista tres aspectos fundamentales:

- Que el modelo sea consistente desde un punto de vista puramente estadístico
- Que las relaciones funcionales que de él se desprendan sean coherentes con la teoría comúnmente aceptada
- Que, como ya se ha señalado, exista posibilidad real de proyección o renovación de los valores de las variables independientes incluidas en el modelo

7.3.2. CONCEPCIÓN METODOLÓGICA

La formulación estos modelos responde a un esquema convencional de tipo gravitatorio, que se ajusta con técnicas de regresión múltiple.

Generación de viajes

La generación de viajes no resulta difícil de explicar, ya que existe un gran número de variables socioeconómicas disponibles para ello. En este caso se han calibrado los modelos siguientes (movilidad mecanizada):

- Viajes diarios basados en casa y generados por zona (valores agregados)
- Viajes hora-punta de la mañana basados en casa y generados por zona (valores agregados)
- Viajes hora-punta de la tarde basados en casa y generados por zona (valores agregados)
- Viajes hora valle basados en casa y generados por zona (valores agregados)

- Viajes diarios totales basados en casa y generados por zona (valores medios)
- Viajes hora-punta de la mañana basados en casa y generados por zona (valores medios)
- Viajes hora-punta de la tarde basados en casa y generados por zona (valores medios)
- Viajes hora valle basados en casa y generados por zona (valores medios)
- Viajes diarios no basados en casa y generados por zona (valores agregados)
- Viajes hora-punta de la mañana no basados en casa y generados por zona (valores agregados)
- Viajes hora-punta de la tarde no basados en casa y generados por zona (valores agregados)
- Viajes hora valle no basados en casa y generados por zona (valores agregados)

Atracción de viajes

La atracción de viajes resulta más difícil de explicar por la menor disponibilidad de variables realmente influyentes. En este caso se han calibrado dos tipos de modelos (movilidad mecanizada):

1. Viajes atraídos por zona de transporte
 - 1.1. Según período horario (viajes diarios, HPM, HPT y HV)
 - 1.2. Con variables independientes de la EDM04
2. Viajes atraídos por zona de transporte
 - 2.1. Según período horario (viajes diarios, HPM, HPT y HV)
 - 2.2. Con variables independientes procedentes del INE (2003)

El hecho de calibrar los viajes atraídos con variables externas a la EDM04 viene motivado por el hecho de que la información de la Encuesta Domiciliaria es difícilmente renovable. Por tanto, si se llega a obtener un buen ajuste con otro tipo de variables que sí se renuevan de forma periódica, se asegura la utilización los modelos en el conjunto del

periodo temporal entre esta (EDM04) y la siguiente Encuesta Domiciliaria.

7.3.3. VARIABLES UTILIZADAS

Generación de viajes

Variable dependiente

Como variable dependiente se ha utilizado según el caso:

- Total de viajes mecanizados basados en casa, agregados por periodo horario (diario, HPM, HPT y HV) y zona de transporte
- Media de los viajes mecanizados basados en casa por persona, periodo horario (diario, HPM, HPT y HV) y zona de transporte
- Total de viajes mecanizados no basados en casa, agregados por periodo horario (diario, HPM, HPT y HV) y zona de transporte

Variables independientes

Viajes basados en casa

En principio, la base de variables socioeconómicas utilizadas para explicar el número de viajes generados y basados en casa por zona de transporte ha estado integrada por un total de 38 variables.

Viajes no basados en casa

Para explicar los viajes generados y no basados en casa por zona de transporte, se han utilizado las variables atractoras⁷ siguientes, cuya fuente es la propia encuesta domiciliaria (EDM04):

1. Empleos por zona según tipología agregada:
 - 1.1. Agricultura y ganadería
 - 1.2. Construcción
 - 1.3. Industria
 - 1.4. Servicios
 - 1.5. Resto
2. Empleos por zona según tipología desagregada de la variable servicio:
 - 2.1. Comercio
 - 2.2. Hostelería
 - 2.3. Intermediación financiera
 - 2.4. Otros servicios

⁷ Se han utilizado variables atractoras por tratarse de viajes no generados en el domicilio y, por tanto, ser la capacidad atractora de la zona de generación la que ha posibilitado el viaje

2.5. Sanidad/Enseñanza/Administraciones Públicas

2.6. Transporte/Almacenamiento

3. Puestos escolares por zona

Estos datos son difícilmente actualizables, aunque poseen una elevada calidad si se comparan con otras fuentes disponibles, lo que los hace aprovechables a corto plazo (durante los dos/tres años posteriores a la encuesta (hasta el año 2008)).

Atracción de viajes

En este caso, y atendiendo a la necesidad de asegurar la renovación potencial de las variables independientes, se han considerado dos fuentes básicas de información:

- EDM04
 - Plazas escolares
 - Puestos de empleo (desagregando el Sector Servicios y sin desagregar)
- INE (2003)

Variable dependiente

Como variable dependiente se ha tomado el total de viajes mecanizados que han sido atraídos por zona de transporte y periodo horario (diario, HPM, HPT y HV).

Variables independientes

Fuente EDM04

Como en el caso de los viajes generados, la EDM04 proporciona la siguiente información:

1. Empleos por zona según tipología agregada:
 - 1.1. Agricultura y ganadería
 - 1.2. Construcción
 - 1.3. Industria
 - 1.4. Servicios
 - 1.5. Resto
2. Empleos por zona según tipología desagregada de la variable servicio:
 - 2.1. Comercio
 - 2.2. Hostelería
 - 2.3. Intermediación financiera
 - 2.4. Otros servicios
 - 2.5. Sanidad/Enseñanza/Administraciones Públicas
 - 2.6. Transporte/Almacenamiento

3. Puestos escolares por zona

Ya se ha señalado anteriormente que estos datos son difícilmente actualizables, aunque poseen una elevada calidad si se comparan con otras fuentes disponibles, lo que los convierte en aprovechables a corto plazo (hasta el año 2008).

Datos estadísticos del INE

En este caso, las variables utilizadas han sido los datos de NE sobre número y características de centros atractores de viajes de la Comunidad de Madrid.

Los últimos datos disponibles (2003) se refieren únicamente al número de centros por zona de transporte (en realidad de lo que se dispone es de las coordenadas de los centros y su tipología según el CNAE-93⁸). Las variables utilizadas son las siguientes:

- Actividades inmobiliarias y de alquiler; servicios empresariales
- Actividades sanitarias y veterinarias, servicio social
- Administración pública, defensa y seguridad social obligatoria
- Comercio; reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclo
- Construcción
- Educación
- Hostelería
- Industria manufacturera
- Industrias extractivas
- Otras actividades sociales y de servicios prestados a la comunidad
- Otros
- Pesca
- Producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua
- Transporte, almacenamiento y comunicaciones
- Número de Centros Comerciales

- Número de Centros Especiales

Estos datos son actualizables anualmente, por lo que pueden ser útiles cuando los datos de la EDM04 se encuentren obsoletos. Utilidad a medio plazo: desde los dos/tres años posteriores a la encuesta domiciliaria hasta la realización de una nueva encuesta.

⁸ CNAE-93: Clasificación Nacional de Actividades Económicas de 1993, es la clasificación actualmente vigente en España, y fue aprobada por el Real Decreto 1560/1992, de 18 de diciembre. Se forma desglosando a 5 dígitos el último nivel de la NACE-Rev.1 (Clasificación que engloba todos los tipos de actividad económica, incluyendo los que no estaban reflejados en el CIU, de los estado miembros de la Unión Europea). Se estructura de la siguiente forma:

Nombre	Nivel	Número de identificación de los grupos	
Sección	Primero	17 grupos	Código alfabético de 1 dígito
Subsección	Intermedio	31 grupos	Código alfabético de 2 dígito
División	Segundo	60 grupos	Cód. alfab. 2 dígito (sin relación con la sección)
Grupo	Tercero	222 grupos	Código numérico de 3 dígitos
Clase	Cuatro	503 grupos	Código alfabético de 4 dígitos
Subclase	Quinto	762 grupos	Código alfabético de 5 dígitos

7.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

7.4.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

Esta fase del MGM responde a la necesidad de obtener una matriz de viajes totales (como expresión numérica de las diferentes relaciones origen/destino entre cada par de zonas de transporte) a partir de los viajes generados y atraídos estimados en la fase anterior.

Se trata, por tanto, de modelizar la matriz de viajes para obtener una aproximación a las relaciones espaciales de movilidad que supere los inconvenientes de la matriz de encuesta.

- La matriz de encuesta refleja muy bien la movilidad en el ámbito del estudio gracias a la muestra tan elevada conseguida y a su calidad, pero no hay que olvidar que, aunque el esfuerzo para la obtención de información ha sido enorme, el sistema descansa sobre una zonificación espacial con 1.172 zonas de transporte.
- Ello explica que la bondad de la matriz en términos de relaciones origen/destino haya que someterla a sus condiciones reales, que por ejemplo, en el período punta de la mañana, son las siguientes:
 - Cuenta con 1.174.000 casillas en total
 - Sólo tienen viajes 30.000 casillas
 - De ellas, sólo tienen viajes en transporte público y privado 3.000 casillas
- Por tanto, la matriz de encuesta reparte la movilidad total (variable aleatoria bien estimada en su valor global por el trabajo de campo) entre un número excesivamente reducido de casillas produciendo una sobrevaloración de los viajes asignados a las mismas a cambio de un excesivo número de valores nulos.

En estas condiciones, la matriz modelizada repartirá mejor la movilidad entre las diferentes relaciones origen/destino dando lugar a una imagen de la distribución espacial de los viajes más parecida a la realidad.

7.4.2. CONCEPCIÓN METODOLÓGICA

Matriz de viajes generados-atraídos

Siguiendo la doctrina comúnmente establecida al respecto, se ha calibrado un modelo de distribución con las características siguientes:

- La formulación matemática es de tipo gravitatorio.
- Se relacionan los viajes generados-atraídos entre cada par de zonas “i” y “j” con los viajes totales generados y atraídos en esas zonas.
- El calibrado del modelo consiste en la obtención de una “función de fricción”, de manera que el modelo reproduzca la distribución de tiempos de viaje que resulta de aplicar la matriz de tiempos (obtenida de la red) a la matriz de viajes origen – destino (de la encuesta).

Matriz de viajes con origen-destino

Planteamiento

El modelo de distribución debe obtener una matriz de orígenes-destinos entre cada par de zonas de transporte, que es el punto de partida para la aplicación del modelo siguiente en la secuencia del MGM (reparto modal).

Ello exige transformar la matriz anterior (de viajes generados-atraídos) en otra de viajes con origen-destino entre cada par de zonas “i” y “j”, para lo cual se aplica el esquema siguiente:

- Se pasa de viajes generados por cada zona a viajes con origen en cada zona (según método explicado a continuación)
- Se pasa de viajes atraídos por cada zona a viajes con destino en cada zona (según método explicado a continuación)
- Se ajusta la matriz de viajes generados-atraídos (obtenida del modelo anterior) a los valores de orígenes – destinos que acaban de calcularse (por ejemplo, utilizando el método de Fratar)

Esquema de conversión de generados en orígenes y de atraídos en destinos

El paso de viajes generados (o atraídos) a viajes con origen (o destino) en cada zona se realiza de la manera siguiente:

- En el período punta de la mañana se asume la equivalencia entre generado = origen y atraído = destino
- En el período punta de la tarde se aplica el modelo auxiliar que se explica a continuación
- El período valle se obtiene por diferencia entre el total del día y los períodos punta de mañana y tarde
- El total del día se obtiene por simetría

Modelo auxiliar para el período punta de tarde

El período punta de tarde es el que mayores distorsiones introduce entre los conceptos de generados-orígenes y de atraídos-destinos. Por ello se ha calibrado un modelo auxiliar que permite resolver esa transformación de una manera plenamente satisfactoria.

7.4.3. VARIABLES UTILIZADAS

Según el esquema que acaba de indicarse, las variables explicativas que han intervenido en el modelo son las siguientes:

7.5. REPARTO MODAL

7.5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El diseño y calibración de un modelo de reparto modal es probablemente uno de los aspectos más complejos del proceso general de modelización de la movilidad.

En efecto, mientras la generación/atracción (e, incluso, la distribución) responden a un sistema de relaciones entre la variable dependiente y las variables independientes relativamente claro y lógico, en la elección modal pueden intervenir otros factores de carácter más sociológico o psicológico y, por tanto, más difíciles de tratar desde el punto de vista de un modelo.

Este proceso, cuyo contenido general responde a un proceso conceptualmente bien conocido, ha estado marcado en esta ocasión por dos consideraciones básicas:

- La necesidad de construir un modelo de reparto que pueda ser integrado sin dificultad en un proceso general y convencional de modelización de cuatro etapas.

Modelo general gravitatorio

Obtiene la matriz de viajes generados-atraídos entre cada par de zonas "i" y "j" a partir de las variables siguientes:

- Total de viajes generados – atraídos por la zona "i"
- Total de viajes generados - atraídos por la zona "j"
- Matriz de costes de tiempo entre cada par de zonas, obtenidos como la media ponderada de los tiempos de viaje en transporte público y privado

Modelo auxiliar para el período punta de tarde

Este modelo permite obtener los viajes totales con origen en cada zona y los viajes totales con destino en cada zona utilizando las variables siguientes:

- Viajes generados por zona
- Viajes atraídos por zona

- La búsqueda de un modelo que reproduzca lo mejor posible la secuencia de decisiones que realiza el usuario del sistema de transportes para optar por una modalidad concreta en cada viaje.

Ello ha hecho que el modelo ajustado en este trabajo presente mayores dosis de novedad de planteamiento y metodológica frente a los procesos habituales, que los tres modelos anteriores.

7.5.2. CONCEPCIÓN METODOLÓGICA

Consecuentemente con las dos consideraciones anteriores, las bases metodológicas utilizadas en este modelo han sido las dos que se exponen a continuación.

Modelo agregado

La primera de las consideraciones anteriores conduce a un modelo de los de tipo agregado, que opera sobre una matriz de viajes totales que es preciso repartir entre los diferentes modos.

En efecto, el punto de partida para la aplicación del modelo de reparto modal en un modelo general de

cuatro etapas es una información de tipo agregado (matriz de viajes totales), por lo que el procedimiento de reparto que se vaya a utilizar debe asumir esa circunstancia y trabajar de esa manera.

Es cierto que la riqueza informativa de la EDM04 permitiría abordar con las mayores garantías el calibrado de un modelo desagregado de los de tipo LOGIT. Sin embargo, y como ya se ha indicado, esa herramienta resultaría difícil de aplicar en un proceso de cuatro etapas, por lo que se ha considerado más oportuno el planteamiento de un modelo agregado.

Como más adelante se verá, la capacidad explicativa del modelo calibrado resulta muy satisfactoria, por lo que puede asumirse este planteamiento sin ningún tipo de reservas.

Estructuración del modelo según los factores determinantes en la elección final del usuario

Más importante que la modalidad de agregado/desagregado resulta que el modelo reproduzca lo mejor posible la secuencia de decisiones que realiza el usuario del sistema de transportes para optar por una modalidad concreta en cada viaje. Desde ese punto de vista son muy relevantes las consideraciones siguientes:

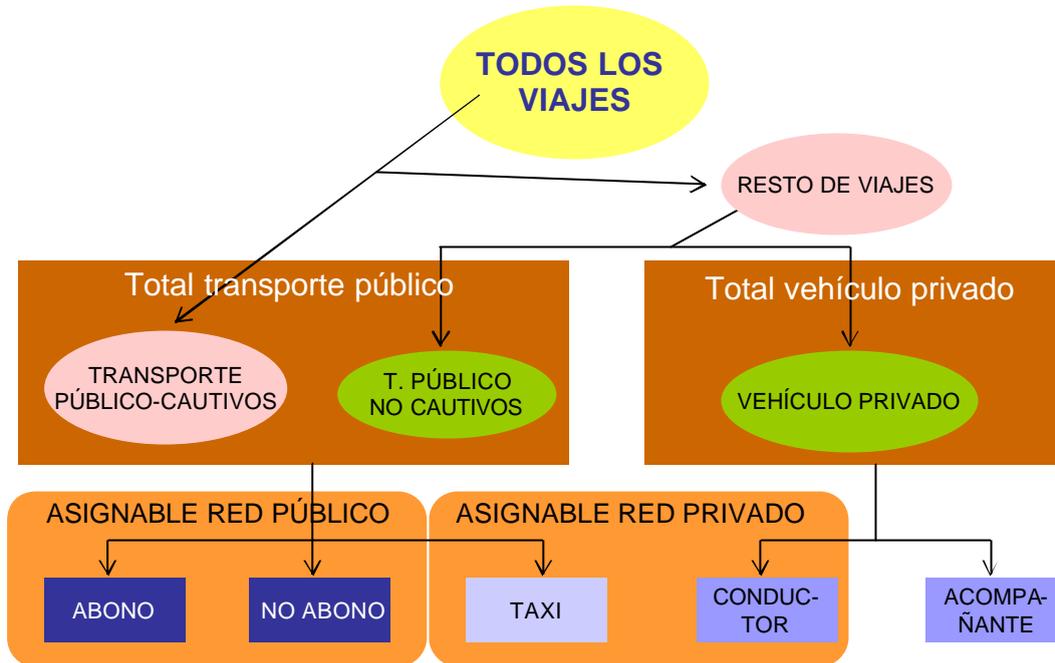
- El 88% de los viajes en Transporte Público los realizan viajeros que no disponen de vehículo

privado para realizar ese desplazamiento. Por tanto, la disponibilidad de vehículo aparece como la principal variable explicativa del reparto modal público/privado.

- Dentro del transporte público aparecen dos aspectos importantes que establecen una distinción ha de ser tenida en cuenta:
 - La condición de viajes asignables a la red de transporte público (transporte colectivo) o de transporte privado (taxi)
 - La posesión o no del Abono Transportes, en la medida en que supone un importante condicionante a la hora de establecer cómo se utiliza el sistema e transporte público
- Dentro del transporte privado es preciso diferenciar los conductores de los acompañantes, en la medida en que los primeros representan viajes asignables a la red e transporte privado y los segundos no.

Ello pone de manifiesto que el modelo de reparto modal, además de entrar a considerar elementos del análisis comparado de "costes" entre los distintos modos, y para simular correctamente las decisiones del usuario, debe sumir un esquema como el siguiente:

Gráfico nº 30. Estructuración del modelo de reparto modal



7.5.3. PARÁMETROS MODELIZADOS Y VARIABLES EXPLICATIVAS

De acuerdo con lo anterior, se han modelizado los parámetros siguientes:

- Porcentaje de cautivos del transporte público en la matriz de viajes totales
- Reparto público/privado de los no cautivos

- Porcentaje de conductores en la matriz de viajes en vehículo privado
- Porcentaje de viajes en taxi en la matriz de viajes en transporte público
- Porcentaje de usuarios con Abono en la matriz de viajes en transporte público

Las variables utilizadas han sido las siguientes:

Porcentaje de cautivos que utilizan el transporte público sobre la matriz total	Corona de origen	Corona de origen Motorización
	Motorización	
	Disponibilidad de vehículo privado	
	Tiempos de viaje	
Porcentaje de transporte público de los no cautivos sobre la matriz total	Corona de origen/destino	Oferta ferroviaria Tiempos de viaje
	Oferta ferroviaria	
	Tiempos de viaje	
Porcentaje de conductores de vehículo privado sobre la matriz de vehículo privado	Motorización	Oferta ferroviaria Tiempos de viaje
	Oferta ferroviaria	
	Tiempos de viaje	
Porcentaje de viajeros con Abono Transporte sobre la matriz de transporte público	Corona de origen/destino	Oferta ferroviaria Tiempos de viaje
	Oferta ferroviaria	
	Tiempos de viaje	

7.6. MODELO DE ASIGNACIÓN

El modelo de asignación tiene como objetivo fundamental estimar las cargas en la red de transporte a partir de las matrices de movilidad (mecanizada y en transporte público) obtenidas en las etapas anteriores del proceso.

Seguidamente se recogen las principales características del modelo calibrado, estructuradas en torno a los epígrafes siguientes:

- Modos de transporte
- Red base
- Líneas de transporte público
- Matrices de viajes
- Procedimiento de asignación

7.6.1. MODOS DE TRANSPORTE

Los modos de transporte considerados en el modelo han sido los siguientes:

Modos principales

- Modo "c" para el vehículo privado
- Modo "p" para las autopistas de peaje
- Modo "m" para las líneas de Metro
- Modo "r" para la red de Cercanías
- Modo "b" para las líneas de autobús urbano EMT
- Modo "i" para las líneas de autobús interurbano
- Modo "j" para las líneas urbanas de carácter metropolitano

Modos auxiliares principales

- Modo "a" para facilitar el acceso a pie por la red viaria
- Modo "x" para definir el acceso a las bocas de Metro y Cercanías desde la red viaria

Modos auxiliares de Metro

- Modo "n" para la entrada desde la boca al vestíbulo
- Modo "s" para la salida desde el vestíbulo a la calle
- Modo "t" para incluir la tarifa del Metro
- Modo "d" para el acceso desde el vestíbulo a los andenes de cada estación
- Modo "o" para definir los trasbordos entre líneas de Metro
- Modo "v" para recoger los trasbordos de la red de Metro a Cercanías o Metro-Metro en las líneas de MetroSur y tren de Arganda

Modos auxiliares de Cercanías

- Modo "w" para la entrada desde la boca al vestíbulo/andén⁹
- Modo "z" para la salida desde el vestíbulo/andén a la calle
- Modo "e" para el acceso desde el vestíbulo a los andenes de cada estación
- Modo "y" para definir los trasbordos entre líneas de Cercanías
- Modo "f" para incluir la tarifa de Cercanías
- Modo "q" para recoger los trasbordos de la red de Cercanías a Metro

7.6.2. RED BASE

Metodología

Para construir la red de transportes de la Comunidad de Madrid se ha partido del grafo de privado facilitado por el Ayuntamiento de Madrid, que ha sido revisado y completado para satisfacer los objetivos del presente estudio.

Las fases seguidas en este procedimiento se pueden resumir en la forma siguiente:

Madrid Municipio

Se ha partido de la red viaria existente del Ayuntamiento, que ha sido revisada y completada. El grafo final ha sido tramificado con nodos intermedios que representan las paradas de autobús EMT.

⁹ El vestíbulo queda representado en Cercanías únicamente en las estaciones con trasbordos Cercanías-Cercanías o Cercanías-Metro

Gráfico nº 31. Red viaria de Madrid Municipio



Resto de Comunidad de Madrid

Al no disponer de información detallada fuera de Madrid Municipio se ha procedido a realizar un inventario donde se ha recogido información de jerarquización de la vía, sentidos de circulación, número de carriles, restricción de giros, señalización y carriles-bus. Este inventario se ha realizado en todos los municipios de la Comunidad de Madrid que comprenden más de una zona de transporte.

Para definir el viario a incluir en la Comunidad se han analizado tres aspectos fundamentales:

- Los ejes principales que distribuyen la mayor parte de tráfico dentro de cada municipio
- Las necesidades de red de acuerdo con la zonificación ZT1172
- Los viales por donde discurre la red de autobuses Interurbanos y urbanos metropolitanos.

El grafo final ha sido tramificado con nodos intermedios que representan las paradas de autobús Interurbano.

Gráfico nº 32. Detalle de Alcobendas-San Sebastián de los Reyes con la zonificación

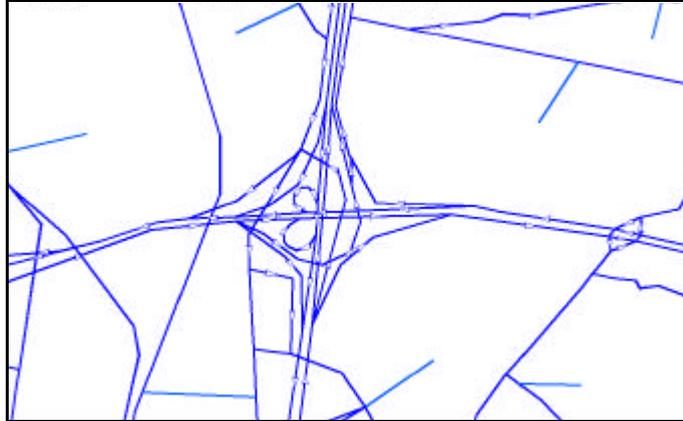


Autovías de la Comunidad de Madrid

Se han revisado todas las autovías de la Comunidad (M-30, M-40, nacionales y radiales) desdoblando este tipo de vías de manera que cuentan con un arco por sentido de circulación.

Además, se han detallado todos los enlaces que tienen estas carreteras, tanto con autovías como con otros viales de menor importancia (carreteras autonómicas y viales urbanos).

Gráfico nº 33. Detalle del Nudo de Manoteras de la M-30



Red ferroviaria de Metro y Cercanías

Finalmente se ha completado el grafo incluyendo la red independiente de Metro y Cercanías, sus

estaciones, vestíbulos y bocas así como sus arcos de conexión con la red viaria.

Gráfico nº 34. Red de Metro y Cercanías



Adicionalmente la red debe ser completada con la zonificación. Las coordenadas para la ubicación de las zonas en el grafo se han calculado con la media ponderada del centro geométrico de las secciones censales de cada zona y el volumen de población de cada una de ellas, o bien en el centro geográfico si dicha zona carecía de población. Estos puntos han sido, en algunos casos, posteriormente corregidos con el callejero si se detectaba que la ubicación calculada no correspondía a la realidad (especialmente en centros atractores de viajes como son por ejemplo los parques).

Para localizar los puntos de conexión de estos centroides a la red se ha llevado a cabo un análisis de cobertura de 250 m para Madrid Municipio y 500 m para el resto de la Comunidad. El centroide se ha enlazado, mediante un único conector, al viario de menor jerarquía dentro de estos radios de cobertura. En el proceso posterior de calibrado se han detectado las zonas que precisan de más conectores y se ha completado esta fase del trabajo.

Por último, se ha creado un fichero de giros que comprende todos los movimientos prohibidos en el grafo. Este fichero comprende los giros recogidos en la red del Ayuntamiento de Madrid (relevantes en la nueva red) y las nuevas prohibiciones detectadas con la revisión del inventario de señalización.

Características del grafo

El grafo viene definido por una serie de características y atributos intrínsecos tales como:

- Nodo origen/destino de cada arco, en coordenadas UTM
- Longitud real de cada arco en km
- Modos de transporte ya indicados en previos epígrafes
- Tipología de arco, que responde a los distintos tipos de infraestructura existentes habiéndose definido 25 tipos de viales más 14 tipos de arcos para la red ferroviaria. Estas tipologías están basadas en la jerarquización del grafo del Ayuntamiento de Madrid con pequeñas adaptaciones y nuevas tipologías para definir el nuevo viario
- Número de carriles
- Función volumen-tiempo utilizadas para representar el comportamiento de las vías frente a la congestión
- Capacidad de los arcos en vehículos/carril por hora (ul1)
- Ciclo semafórico que recoge la proporción de fase verde de cada arco urbano (ul2) con los siguientes criterios¹⁰:
 - Arcos que acceden a intersecciones de mayor jerarquía 0,4
 - Arcos que acceden a intersecciones de igual jerarquía 0,5
 - Arcos que acceden a intersección de menor jerarquía 0,6
 - Arcos que acceden a enlaces con carriles específicos para la incorporación 1
- Para los modos auxiliares del Metro y Cercanías el atributo ul2 recoge los datos de

tiempos de viaje en estos modos específicos de caminata.

El grafo finalmente obtenido es de grandes magnitudes y elevado nivel de detalle, comprendiendo unos 11.000 nodos y 25.000 arcos unidireccionales.

En la tabla adjunta se detallan los principales atributos de este grafo:

¹⁰ Entendiendo como arcos de jerarquía superior las vías arteriales principales, como jerarquía media las vías colectoras y como jerarquía inferior las vías locales

Tabla nº 32. Atributos de la red de transporte privado

Tipo de vía	Descripción	Modos
1	Vías colectoras principales de Madrid Municipio	cbija
2	Vías colectoras secundarias de Madrid Municipio	cbija
3	Vías arteriales principales de Madrid Municipio	cbija
4	Túneles	cbij
5	Vías locales principales de Madrid Municipio	cbija
6	Vías locales secundarias y rotondas de Madrid Municipio	cbija
8	Carriles bus	cbija
9	Bus-vao	cbij
10	Autovías Interurbanas	cbij
11	M-30	cbij
12	M-40	cbij
13	Autovías entre M-30 y M-40	cbij
34	Autopistas de peaje	cbijp
35	Autovías urbanas metropolitanas	cbij
7	Vías de servicio	cbij
19	Enlaces	cbij
21	Carretera nacional principal	cbija
22	Carretera secundaria	cbija
23	Carretera local	cbija
24	Carretera local de montaña	cbija
33	Carretera desdoblada con rotondas	cbija
31	Vía urbana arterial principal de la Comunidad de Madrid	cbija
32	Vía urbana colectoras secundaria de la Comunidad de Madrid	cbija
36	Arcos a pie en vías de sentido único	a
50	Red de Metro	m
51	Entrada Metro boca-vestíbulo	n
52	Salida Metro vestíbulo-boca	s
53	Tarifa Metro	t
54	Acceso Metro vestíbulo-anden	d
55	Trasbordos Metro	o
56	Trasbordos Metro-Cercanías	v
60	Red de Cercanías	r
61	Entrada Cercanías	w
62	Salida cercanías	z
63	Tarifa Cercanías	f
64	Acceso Cercanías vestíbulo-anden	e
65	Trasbordos Cercanías	y
66	Trasbordos Cercanías Metro	q
70	Accesos boca de Metro/cercanías a calle	x
15	Conectores de Madrid Municipio	ca
40	Conectores de la Comunidad de Madrid	ca
41	Conectores externos	ca

Funciones de la red de transporte privado

Las funciones utilizadas en el algoritmo de asignación relacionan la intensidad, es decir el volumen de vehículos asignados, con el tiempo de recorrido para cada arco.

La formulación genérica adoptada es la siguiente:

$$T = l \left[t_0 + a \left(\frac{i}{c} \right)^b \right]$$

siendo:

- T = Tiempo medio de recorrido del arco (min.)
 l = Longitud del arco (km)
 to = Tiempo medio de recorrido de 1 km a flujo libre (min/km)
 i = Volumen o intensidad de vehículos (veh/h).
 c = Capacidad teórica del arco (veh/h por carril)
 a,b = Parámetros de ajuste

Para las funciones de demora de la red de transporte privado de la Comunidad de Madrid se han utilizado las formulaciones calibradas y facilitadas por el Ayuntamiento. De forma complementaria a estos datos, se han definido otras funciones nuevas, para calibrar vías de características muy específicas como son las radiales de peaje de acceso a Madrid.

7.6.3. LÍNEAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

La red de transporte público incluye los siguientes sistemas:

- Red de autobuses urbanos EMT
- Red de Metro

- Red de autobuses Interurbanos y urbanos metropolitanos
- Red de Cercanías

Red de autobuses urbanos EMT

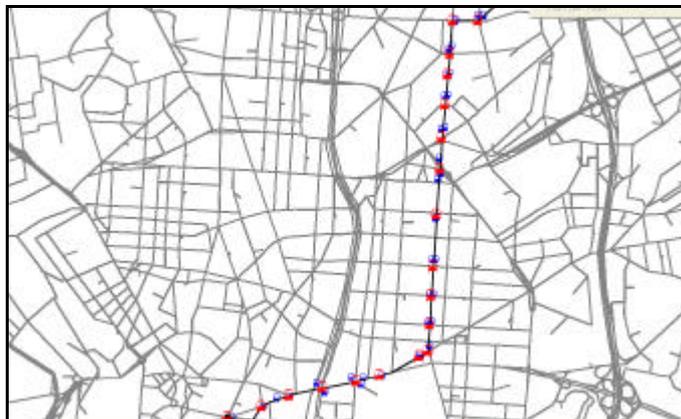
La red de autobuses urbanos EMT comprende todas las líneas que se encontraban en funcionamiento durante el período de la encuesta, en día medio laborable de Noviembre 2004, a excepción de las líneas nocturnas y algunas líneas con funcionamiento muy puntual.

La red se ha codificado sobre el grafo viario ya diseñado adoptando los siguientes criterios:

- Se han creado líneas independientes para cada sentido de circulación, creando un total de 334 líneas
- Se han reproducido casi la totalidad de las paradas, unificando únicamente aquellas ubicadas muy próximas entre sí (aprox. 100-150 m) como en el caso de glorietas o algunas paradas de sentido opuesto distanciadas entre sí
- Para la ubicación de estas paradas se han creado nodos ficticios en los arcos de la red viaria, aunque, con el objetivo de limitar en lo posible el exceso de este tipo de nudos, la parada se ha llegado a desplazar ligeramente (unos 100-150 m máximo) para localizarla en un nodo ya existente en la red

En el gráfico adjunto se muestra la codificación de una línea con sus paradas (en rojo) contrastadas con las paradas reales facilitadas por el CRTM (en azul).

Gráfico nº 35. Líneas de EMT del centro de Madrid



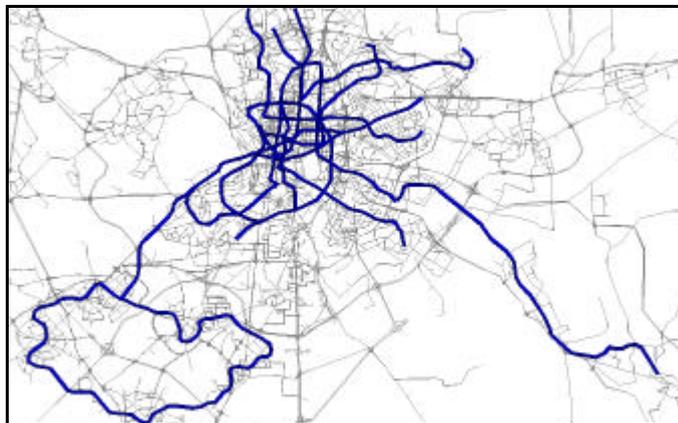
Adicionalmente, el fichero de líneas debe contar con información de la oferta de transportes, obtenida de datos del CRTM, tales como:

- Frecuencia por sentido y período horario: Dato del intervalo de paso (min) de cada línea en período punta de mañana (HPM, 7:00-9:00 h), período punta tarde (HPT 17:00-19:00 h) y hora valle (HV 6:00-23:00 descontando las horas punta).
- Velocidades comerciales por sentido y periodo horario que responden a datos de medias diarias. En cualquier caso, la velocidad de los autobuses no dependerá de estos datos, sino de unas funciones que estiman velocidades de los autobuses en base a las velocidades del vehículo privado. Estas funciones se detallaran en siguientes epígrafes.

Red de Metro

La red de Metro comprende la totalidad de las líneas, incluyendo el tren de Arganda y Metrosur, ya que todas se encontraban en funcionamiento durante el período de la encuesta.

Gráfico nº 36. Red de Metro



Adicionalmente, el fichero de líneas debe contar con información de la oferta de transportes, obtenida del Estudio de Regularidad realizado por TARYET en Noviembre 2004. Estos datos son los siguientes:

- Frecuencia por período horario: Dato del intervalo de paso (min) de cada línea en período HPM, HPT y HV. Estos datos solo están desglosados por sentido para la línea Circular y MetroSur

La red se ha codificado sobre el grafo ferroviario ya diseñado adoptando los siguientes criterios:

- Se han creado líneas independientes para cada sentido de circulación, pero las líneas 9 y 10 se han subdividido en dos (L9: Herrera Oriá-Puerta de Arganda y Puerta de Arganda-Arganda del Rey; L10: Fuencarral-Joaquín Vilumbrales y Joaquín Vilumbrales -Puerta del Sur) para reflejar adecuadamente el cambio tarifario en la estaciones de Puerta de Arganda y Joaquín Vilumbrales. En total, se han incluido 30 líneas
- Se han unificado en un nodo andenes de una misma línea para el sentido de ida y vuelta
- Las bocas de acceso y vestíbulos se han unificado definiendo en la mayoría de los casos una boca/vestíbulo por estación. Sin embargo, en aquellos casos donde las bocas se encuentran muy separadas entre sí o existen accesos comunes con Cercanías, se han definido dos puntos de acceso con sus correspondientes vestíbulos.

- Velocidades comerciales por periodo horario: Valores por línea y período horario, pero sin desglosar sentidos excepto para la Circular y MetroSur

Red de Cercanías

La red de Cercanías comprende todas las líneas y estaciones de la red ferroviaria que discurren dentro

de la Comunidad de Madrid (excluye por tanto las estaciones de Azuqueca y Guadalajara).

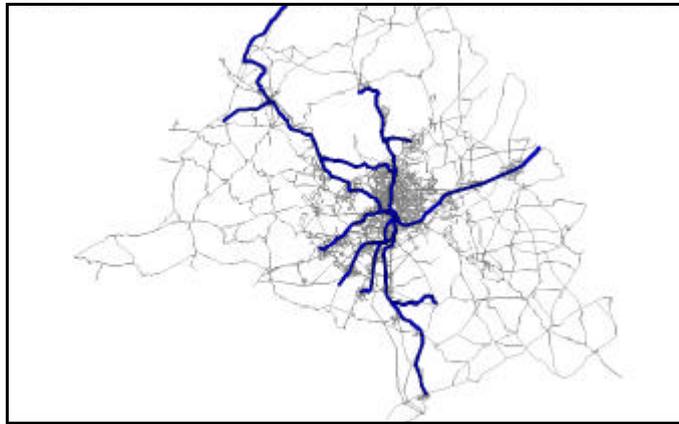
La red se ha codificado sobre el grafo ferroviario ya diseñado adoptando los siguientes criterios:

- Se han creado líneas independientes para cada sentido de circulación, codificando sublíneas dentro de cada ruta para reflejar la existencia de itinerarios parciales (por ejemplo, la línea 1 Alcalá de Henares-Alcobendas/S.S. de los Reyes realiza la ruta Coslada-Alcobendas/S.S. de los Reyes en determinados períodos horarios)
- Se han unificado en un nodo andenes de una misma línea para el sentido de ida y vuelta y se

han creado andenes independientes sólo en las estaciones que cuentan con ellos (Chamartín, Atocha, Méndez Álvaro, Villaverde Bajo y Villaverde Alto)

- Se ha creado una única boca de acceso por estación, a excepción de las estaciones con trasbordo con Metro donde se ha realizado un análisis específico
- El vestíbulo se define únicamente en las estaciones con más de un andén o en los puntos de trasbordo con Metro.

Gráfico nº 37. Red de Cercanías



Adicionalmente, el fichero de líneas debe contar con información de la oferta de transportes, obtenida de datos facilitados por RENFE. Estos datos son los siguientes:

- Frecuencia por período horario: A partir de los horarios de cada línea se han obtenido las frecuencias por sentido y período horario (HPM, HPT y HV) teniendo en cuenta, a la hora de estimar los intervalos de paso (min), los diversos itinerarios existentes dentro de una misma ruta, así como los tramos parciales donde convergen varias rutas.
- Velocidades comerciales diarias: Valores por línea, pero sin desglosar por sentidos o períodos horarios.

Red de autobuses Interurbanos

La red de autobuses Interurbanos incluye tanto los servicios de carácter interurbano como las líneas urbanas del área metropolitana que se encontraban

en funcionamiento durante el período de la encuesta, en día medio laborable de Noviembre 2004, a excepción de las líneas nocturnas.

La red se ha codificado sobre el grafo viario ya diseñado, adoptando los siguientes criterios:

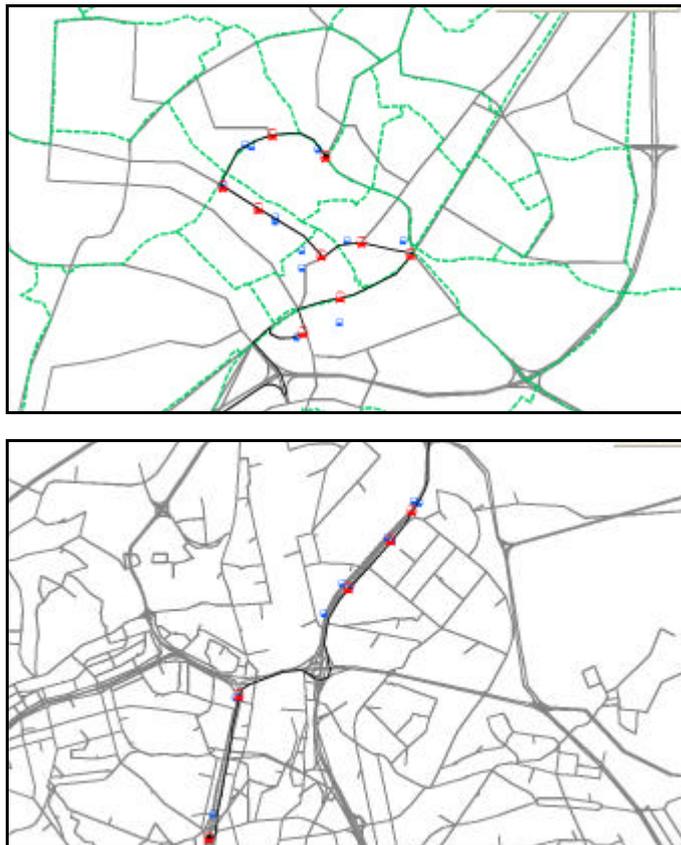
- Se han creado líneas independientes para cada sentido de circulación, creando un total de 790 líneas
- En el corredor de la N-VI la mayoría de las líneas (76) han sido duplicadas de manera que una ruta discurre por el Bus-vao con paradas limitadas y la otra por la N-VI con todas sus paradas. Se ha considerado que en el período HPM los servicios de entrada a Madrid utilizan el Bus-vao mientras que en el período HPT lo utilizan los servicios hacia el exterior. En la hora valle no se considera el uso del Bus-VAO
- Se han reproducido casi la totalidad de las paradas ubicadas en Madrid municipio y las

autovías de acceso a los distintos núcleos urbanos. Sin embargo, una vez dentro de cada municipio, se ha pretendido obtener un esquema de la línea, con suficiente detalle para reproducir el itinerario y adecuarse a las necesidades de la zonificación. En los municipios más externos de la Comunidad, donde el número de zonas es más reducido, el grado de detalle es menor

- Para la ubicación de estas paradas se han creado nodos ficticios en los arcos de la red viaria

En el gráfico adjunto se muestra la codificación de una línea con sus paradas (en rojo) contrastadas con las paradas reales facilitadas por el CRTM (en azul).

Gráfico nº 38. Línea de autobús Interurbano de Alcobendas



Adicionalmente, el fichero de líneas debe contar con información de la oferta de transportes. Los datos obtenidos del CRTM han sido las frecuencias de las líneas como intervalo de paso (min) por sentido y período horario (HPM, HPT y HV).

Para obtener las velocidades comerciales se ha realizado un trabajo de campo con el que ha sido posible obtener unos valores medios para las principales autovías y carreteras de acceso a los municipios metropolitanos. Este trabajo de campo se detalla en el epígrafe de funciones de transporte público.

Modos auxiliares de Metro y Cercanías

La red de Metro y Cercanías está conectada a la red viaria por medio de los modos auxiliares. Estas conexiones son diferentes según el tipo de estación analizada:

- Estaciones simples de Metro, sin ningún tipo de trasbordos.
- Estaciones múltiples de Metro con trasbordos Metro-Metro.
- Estaciones simples de Cercanías, sin ningún tipo de trasbordo.
- Estaciones múltiples de Cercanías con trasbordos Cercanías-Cercanías.

- Estaciones múltiples con trasbordo Cercanías-Metro.

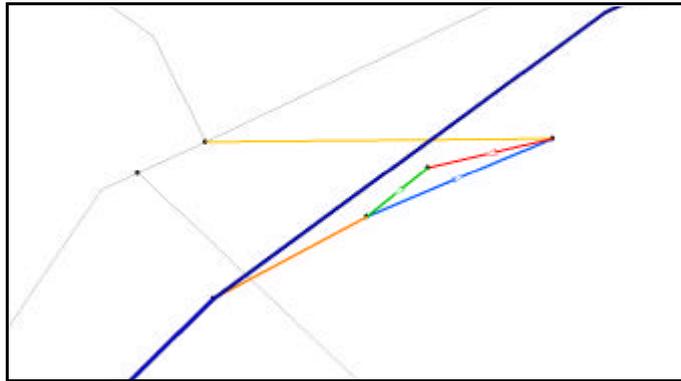
Estaciones simples de Metro

- La boca de acceso se conecta al vestíbulo mediante un arco de sentido único y modo "n" de entrada y otro "t" donde se recoge la tarifa. Para la salida existe un único arco de sentido

único de modo "s" que enlaza el vestíbulo con la boca

- El vestíbulo se conecta con el andén mediante un arco de doble sentido definido como modo "d"
- La boca de acceso se enlaza al punto más cercano de la red viaria mediante un arco de doble sentido de modo "x"

Gráfico nº 39. Estación de Valdeacederas

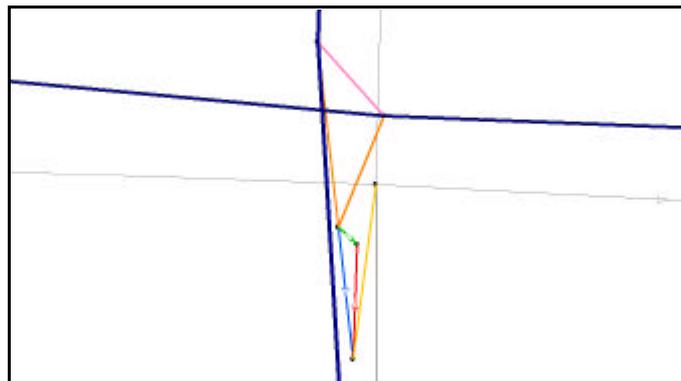


Estaciones múltiples de Metro

- Los arcos de enlace andén-vestíbulo se incrementaran en función del número de líneas con que cuenta la estación.

- Además de los arcos ya definidos, los andenes de las distintas líneas deben quedar conectados entre sí con un arco bidireccional de trasbordo definido como modo "o".

Gráfico nº 40. Estación de Canal

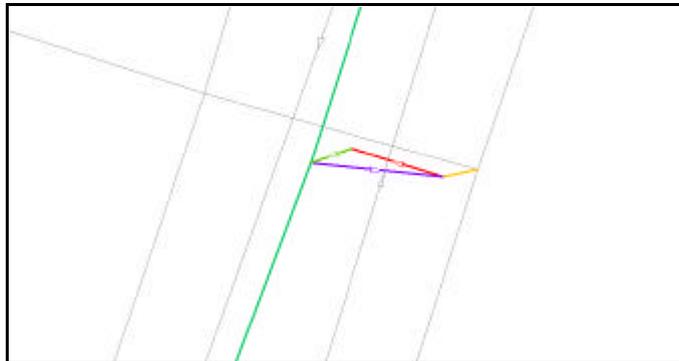


Estaciones simples de Cercanías

- La boca de acceso se conecta al andén mediante un arco de sentido único y modo "w" de entrada y otro "f" donde se recoge la tarifa. Para la salida existe un único arco de sentido único de modo "z" que enlaza el andén con la boca

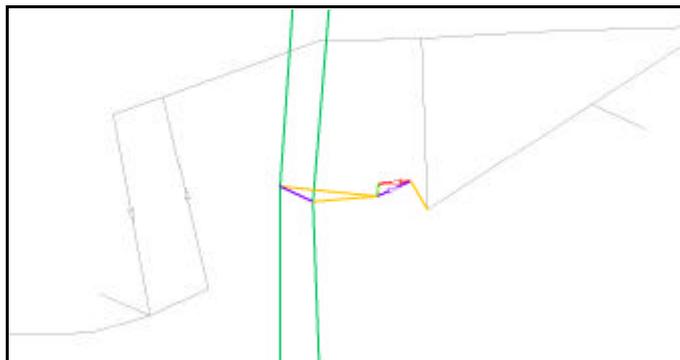
- No se representa el vestíbulo ya que la red es mucho más sencilla que en el Metro y no se precisa este nivel de detalle
- La boca de acceso se enlaza al punto más cercano de la red viaria mediante un arco de doble sentido de modo "x"

Gráfico nº 41. Estación de Recoletos

**Estaciones múltiples de Cercanías**

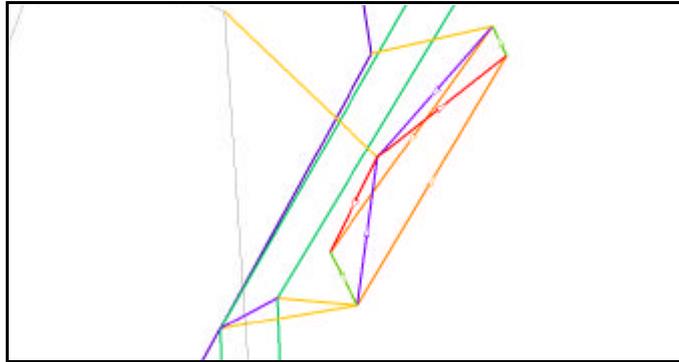
- En estas estaciones se introduce el concepto de andén-vestíbulo, para reflejar un esquema similar al Metro, mediante un arco bidireccional de modo "e" manteniendo los arcos de entrada "w", tarifa "f" y salida "z"
- Además de los arcos ya definidos, los andenes de las distintas líneas deben quedar conectados entre sí con un arco bidireccional de traspordo definido como modo "y"

Gráfico nº 42. Estación de Villaverde Bajo

**Estaciones múltiples de Metro-Cercanías**

- Estas estaciones cuentan con todo el detalle de arcos y modos indicados para Metro y Cercanías, pero adicionalmente tienen dos arcos unidireccionales de traspordo Metro-Cercanías
- El arco de traspordo Metro-Cercanías, modo "v", enlaza el andén de Metro con el vestíbulo de Cercanías, para pasar por el arco "f" de tarifa y viceversa para el modo "q" de traspordo Cercanías -Metro

Gráfico nº 43. Estación de Chamartín



Estos diseños pueden complicarse al contar con estaciones de Metro con trasbordos Metro-Metro y Metro-Cercanías o estaciones con dos bocas de acceso. En cualquier caso, el procedimiento aplicado es exactamente el mismo.

Las longitudes y tiempos de viaje de los modos auxiliares de Metro se han obtenido del Estudio de los tiempos de acceso en la red de Metro, realizado por TÁRYET Grupo Consultor en el año 2003, donde se realizó un trabajo de campo de toma de tiempos en bocas-vestíbulo, vestíbulos-andenes y trasbordos.

Dentro de este estudio también se recoge información de tiempos en la red de Cercanías, para las estaciones con trasbordo de Metro. El resto de longitudes y tiempos de acceso en los modos auxiliares de Cercanías se han obtenido de la red de transporte público en emme2 del CRTM de la Encuesta Domiciliaria de 1996, considerando una velocidad a pie de 3 km/h.

Tarifas

Al analizar las tarifas de viaje hay que tener en cuenta dos tipos de usuarios:

- Usuarios del Abono Transporte que, una vez comprado el billete, no perciben el coste de viaje y por tanto utilizan el sistema con una "mentalidad de no coste" que puede incrementar las etapas del viaje
- Resto de usuarios, fundamentalmente de billete sencillo y bono de 10 viajes, que perciben el coste de su viaje y por tanto lo pueden limitar en etapas

Los primeros usuarios serán asignados a la red sin tarifa y no requieren un mayor análisis en este epígrafe. Se centra por tanto este capítulo en las tarifas aplicables al resto de usuarios.

Las tarifas de viaje, a su vez, quedan recogidas de diversas formas, según el modo de transporte a analizar: Autobuses EMT, Metro o modos interurbanos.

Autobuses EMT

La red de autobuses urbanos EMT carece de complejidad ya que se realiza un pago de tarifa al acceder a cada línea. Por tanto, esta tarifa queda recogida en un atributo (ut1) en el fichero de definición de líneas.

La tarifa a pagar se ha estimado como la media, ponderada por la demanda, del coste del billete sencillo (13%) y el bono (87%) transformada a tiempo (9,21 min) considerando un valor del tiempo de 4 €/h.

Metro

En la red de Metro se realiza un único pago, independientemente del número de trasbordos que se realice dentro del sistema. Por tanto, no se paga por línea, como en los autobuses, sino por acceso a la estación. Para reproducir este sistema es preciso crear en los accesos a las estaciones un arco que incluya la tarifa, modo "t", en el atributo ul2.

Esta tarifa se ha estimado como la media, ponderada por la demanda, del coste del billete sencillo (11%) y el bono (89%) transformada a tiempo (9,07 min) considerando un valor del tiempo de 4 €/h.

Modos interurbanos

La red de Cercanías y autobuses Interurbanos tienen un sistema tarifario de carácter zonal donde el usuario paga en función de las zonas que atraviesa (A, B1, B2, B3, C1 o C2), sistema que se refleja adecuadamente mediante una matriz de tarifas.

Sin embargo, el simulador de redes EMME/2 no permite el uso de este tipo de matrices, por tanto, para modelizar las tarifas adecuadamente, se ha seguido la siguiente metodología:

- Se ha obtenido la tarifa media, ponderada por demanda, de billete sencillo (incluyendo ida/vuelta en Cercanías) (52%/57%) y bono 10 viajes (48%/43%) de la red de Cercanías y autobuses Interurbanos para cada par origen/destino de zonas tarifarias
- Para obtener el valor medio de un viaje dentro de una misma zona tarifaria se ha estimado la media, ponderada por la demanda, de todos los viajes intrazonales tanto para la red de Cercanías como los autobuses Interurbanos
- Para obtener el coste de atravesar más de una zona tarifaria, por ejemplo en el caso de la zona B1, se ha estimado la tarifa, ponderada por la demanda, de las relaciones B1-A, B1-B2, B1-B3, B1-C1 Y B1-C2. Este proceso se ha realizado tanto para la red de Cercanías como los autobuses Interurbanos
- La tarifa media de un viaje intrazonal se ha transformado a tiempo, considerando un valor del tiempo de 4 €/h, y se ha incluido en el modo auxiliar "f" para el caso de Cercanías (ul2) y en fichero de definición de líneas (ut1) en el caso de los autobuses
- Para los viajes que atraviesan más de una zona, dado que no es posible utilizar matrices de costes, se ha adoptado la hipótesis de que todos los viajes se inician en la zona A. Así, la diferencia entre la tarifa estimada para la zona B1 y el viaje intrazonal se paga al pasar de la zona A a B1, la diferencia entre la tarifa estimada para la zona B2 y B1 se paga al atravesar de la zona B1 a B2 y así sucesivamente. Esta hipótesis, aunque penaliza el coste de los viajes fuera de Madrid municipio, es la que menos error genera ya que la mayoría de los viajes son de Madrid al resto de la Comunidad
- Estas tarifas, transformadas a tiempo, se incluyen como una penalización adicional en el tiempo de viaje (ver epígrafe de funciones) y se recogen en el atributo de arco ul3
- Para evitar que las hipótesis adoptadas puede penalizar algunas relaciones más en un modo interurbano que en otro y, dado que a efectos globales las tarifas de la red de Cercanías e Interurbanos son muy semejantes, se ha

optado por calcular tarifas interurbanas medias para ambos modos, ponderando por el peso de la demanda

Las tarifas finalmente obtenidas se presentan en la tabla adjunta:

Tabla nº 33. Tarifas modos Interurbanos

Tipo de vía	Tiempo (min)
Viajes intrazonales	10,59
Zonas A-B1	2,56
Zonas B1-B2	1,42
Zonas B2-B3	3,12
Zonas B3-C1	4,17
Zonas C1-C2	11,83

Funciones del transporte público

Un factor fundamental en el modelo de transporte público es la función de tiempo que evalúa el tiempo real que un modo de transporte público tarda en realizar su recorrido en base a una serie de variables que le afectan

En el caso de la red de Metro y Cercanías, sus velocidades no dependen de parámetros externos sino de la propia velocidad comercial de la línea. Por tanto, los tiempo de viaje se han calculado en función de las velocidades de estos modos y se ha recogido en el atributo de arco ul3.

Sin embargo, la red de autobuses si depende de factores externos como el tráfico o la congestión de la red. Por tanto, es necesario diseñar funciones que recojan el comportamiento global de la red de autobuses en función de las velocidades del vehículo privado y las propias limitaciones de los autobuses.

Las funciones utilizadas son del siguiente tipo:

$$V_{\text{privado}}=10 \text{ km/h} \quad V_{\text{público}}= V_{\text{privado}}$$

$$10 \text{ km/h} < V_{\text{privado}} < V_{\text{pubmax}} \quad V_{\text{público}}= a * V_{\text{privado}}$$

$$V_{\text{pubmax}}=V_{\text{privado}} \quad V_{\text{público}}= V_{\text{pubmax}}$$

es decir, la velocidad del autobús se define como un coeficiente por la velocidad de privado, pero si ésta es muy alta el autobús no puede superar su velocidad máxima de diseño. Por el contrario, si la vía se encuentra congestionada, la velocidad del transporte público es semejante a la velocidad del vehículo privado.

Los coeficientes de las funciones son diferentes según el tipo de vía (viario urbano, autovía, carretera convencional, etc.) y se han estimado a partir de las fuentes disponibles (operadores, trabajos de campo, etc.).

Tabla nº 34. Funciones de la red de transporte público

Tipo de vía	Función
Vía colectora	$V_{pub}=0,5473 \cdot V_{prv}$
Vía arterial y túnel	$V_{pub}=0,5720 \cdot V_{prv}$
Vía local	$V_{pub}=0,5246 \cdot V_{prv}$
Carriles-bus	$V_{pub}=V_{pubmax}$
Bus-vao	$V_{pub}=0,9380 \cdot V_{prv}$
Autovía Interurbana	$V_{pub}=0,6670 \cdot V_{prv}$
Autovía urbana	$V_{pub}=0,6000 \cdot V_{prv}$
Vía de servicio	$V_{pub}=0,7879 \cdot V_{prv}$
Enlace	$V_{pub}=0,9380 \cdot V_{prv}$
Carretera nacional	$V_{pub}=0,5955 \cdot V_{prv}$
Carretera secundaria y local	$V_{pub}=0,5765 \cdot V_{prv}$
Carretera desdoblada	$V_{pub}=0,5000 \cdot V_{prv}$
Vía metropolitana principal	$V_{pub}=0,5720 \cdot V_{prv}$
Vía metropolitana secundaria	$V_{pub}=0,5473 \cdot V_{prv}$

Las velocidades finalmente obtenidas se han transformado a tiempos y quedan recogidas en el atributo ul3 en todos los arcos de la red viaria por donde discurren autobuses.

Por último, tal como se ha indicado en previos epígrafe, los modos interurbanos deben añadir a estos tiempos el coste adicional de la tarifa quedando el total igualmente recogido en el atributo ul3.

Demanda de transportes

Red de carreteras

Para el proceso de calibrado y ajuste de la red de transporte privado de la Comunidad de Madrid se ha contado con los siguientes datos:

- Aforos de tráfico del Ayuntamiento de Madrid 2004 por período horario.
- Aforos de tráfico de la Consejería de Transportes de la Comunidad de Madrid 2004 por período horario.
- Aforos de tráfico del Ministerio de Fomento en 2004 por período horario.

La distinta procedencia de las fuentes ha exigido un tratamiento de la información para disponer de

datos comparables, no disponiendo en todos los casos de información desagregada por los períodos horarios de análisis utilizadas en el presente estudio.

EMT

Para el proceso de calibrado y ajuste de la red de autobuses EMT se ha contado con la información de viajeros subidos por línea y período horario para un día medio laborable de Noviembre 2004, según datos facilitados por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

Metro

Para el calibrado y ajuste de la red de Metro se ha contado con información desagregada por estación de Metro.

Autobuses Interurbanos

Para el proceso de calibrado y ajuste de la red de autobuses Interurbanos se ha contado con datos de viajeros subidos en un día medio laborable de Noviembre 2004 por línea, pero sin detallar períodos horarios.

Red de Cercanías

Para el calibrado y ajuste de la red de Cercanías se ha contado con datos de la demanda en día laborable 2004 por estación dividida en cinco tramos horarios (Inicio-9:00, 9:00-13:00, 13:00-17:00, 17:00-21.00 y 21:00-final) que han sido ajustados a los períodos de análisis de EDM04 (HPM, HPT y HV).

7.6.4. MATRICES DE VIAJES

Las matrices utilizadas para el proceso de asignación están basadas, fundamentalmente, en los datos recogidos en la Encuesta Domiciliaria 2004, con una zonificación de 1.172 zonas internas a la Comunidad de Madrid y 7 zonas externas ubicadas en los accesos (N-I, N-II, N-III, N-IV, A-42, N-V y N-VI).

La matriz de transporte privado comprende los modos Coche Conductor, Moto Conductor, Taxi y Otros (furgonetas y otros vehículos a motor), excluyendo los modos tipo "Acompañante".

La matriz de transporte público comprende los viajes realizados en autobús EMT, Metro, Autobús Interurbano o urbano metropolitano y Cercanías.

Estas matrices están divididas en viajes con Abono Transporte y Sin Abono.

Como gran parte de los viajes consta de más de una etapa, se define como modo prioritario el modo de transporte principal de cada viaje con la siguiente jerarquía:

- Los modos públicos prevalecen sobre el transporte privado
- Dentro del transporte privado la jerarquía es Coche, Conductor-moto, Conductor-otros vehículos a motor, Taxi.
- Dentro del transporte público prevalecen los modos interurbanos sobre los urbanos y los modos ferroviarios sobre los modos de carretera. Por tanto, la jerarquía es Cercanías, Autobuses interurbanos, Metro, EMT y autobuses urbanos metropolitanos.

La matriz del taxi de la EDM04 ha sido sustituida por la matriz obtenida en el trabajo de campo del taxi, más detallada y completa en términos de viajes y su distribución espacial. Dado que el taxi no es modo prioritario, al obtener esta matriz se han eliminado los viajes multi-etapa coche-taxi para evitar una doble contabilización en las asignaciones de transporte privado.

Adicionalmente, las matrices tanto de transporte público como privado, deben ser completadas con la encuesta de transeúntes que recoge la movilidad de personas que, no residiendo en la Comunidad de Madrid, realizan viajes a ella de forma periódica (al menos una vez a la semana en día laborable).

Por último, en transporte público y privado se han tenido en cuenta los viajes realizados por personas residentes en establecimientos colectivos (colegios mayores, hoteles, etc.).

En la tabla adjunta se muestra un resumen de las matrices obtenidas¹¹:

¹¹ Estas matrices incluyen los viajes intrazonales

Tabla nº 35. Matrices de viajes – Año 2004

Matrices	Transporte privado			Transporte público		
	HPM	HPT	HV	HPM	HPT	HV
EDM04	782.756	546.302	2.494.564	886.399	610.831	3.014.099
Taxi	36.026	45.834	264.865	-	-	-
Transeúntes	12.753	13.370	79.526	10.214	4.996	27.154
Establecimientos colectivos	344	116	1.563	2.672	2.744	15.309
TOTAL	831.879	605.622	2.840.518	899.285	618.571	3.056.562
Con Abono Transportes	-	-	-	565.646	338.079	1.796.918
Sin Abono Transportes	-	-	-	333.639	280.492	1.259.644

7.6.5. PROCEDIMIENTO DE ASIGNACIÓN

La asignación y calibrado de la red tiene como principal objetivo la obtención de un modelo de la red de transporte lo más ajustado posible a la realidad, caracterizándose por un comportamiento funcional adecuado y libre de errores que se ajuste a los aforos de tráfico.

La metodología seguida para el proceso de asignación ha sido la siguiente:

- Primeramente se ha realizado la asignación de la red de transporte privado con el objetivo de obtener los tiempos de viaje y las velocidades de cada vía para los tres períodos horarios de análisis
- Seguidamente, con las velocidades del vehículo privado de cada período horario, se han estimado las funciones de la red de transporte público
- Por último, se han efectuado las asignaciones de la red de transporte público para cada período horario, de forma independiente para los usuarios y no usuarios del Abono Transporte

Asignaciones de vehículo privado

El procedimiento utilizado para la asignación de transporte privado en EMME/2 se basa en un algoritmo de aproximación lineal que consiste en la elección del camino más óptimo.

Mediante un proceso iterativo se persigue que cada usuario elija la ruta que perciba como la mejor, es decir, aquella que minimiza su coste generalizado de viaje. Al final del proceso se cumple el principio de Wardrop: en el equilibrio, ningún viajero puede

reducir su coste generalizado de viaje cambiando la ruta. Por tanto, el coste generalizado de viaje entre un mismo origen y destino será igual en todos los caminos disponibles.

Se toma como coste generalizado el tiempo de viaje, que depende del flujo de tráfico en la red de carreteras, de manera que una carretera gestionada ve sus tiempos de viaje penalizados.

Dado que la matriz de viajes responde a la movilidad de vehículos ligeros, para obtener unos tiempos de viajes adecuados es preciso considerar el efecto de los vehículos pesados sobre la red. Para ello, se han estimado unas matrices de pesados, como una proporción de las matrices de ligeros ajustadas a los datos de aforos de pesados existentes en distintos puntos de la red, que han sido asignadas a la red como precarga.

El proceso de asignación se ha realizado de manera independientemente para cada uno de los tres períodos diarios definidos, utilizándose como capacidad de los arcos la capacidad de 2 horas, ya que las matrices responden a la movilidad en este período.

Asignaciones de transporte público

El procedimiento utilizado para la asignación de transporte público en EMME/2 se basa en una asignación multi-camino con matrices de demanda fija.

Este tipo de asignación se caracteriza por minimizar el tiempo total de viaje y para ello el viajero elige la línea o conjunto de líneas que reducen al máximo su tiempo de viaje. Con este propósito, EMME/2 asume que en cualquier punto de espera el usuario elige el conjunto de líneas que más atractivas le resultan, seguidamente coge la que primero llega y

cambia de modo si es necesario hasta llegar a su punto de destino. Es decir, cuando se usa una red multimodal con todos los modos de transporte público activos, EMME/2 realiza la asignación y mediante la optimización de rutas efectúa el reparto entre los citados modos de concurrencia.

Los pesos utilizados para las componentes del tiempo de viaje que cuantifican la percepción y el valor que cada usuario da al tiempo de espera, al tiempo en los modos auxiliares y la tarifa son los siguientes¹²:

Los pesos finales son los siguientes:

Tabla nº 36. Pesos modos auxiliares

Modos	HPM	HPT/HV
"a"	1,1	1,3
"x"	1,1	1,1
"nsvwzeyq"	1,1	1,1
"do"	2,5	1,3
"t"	1,5	1,5
"f"	2,0	2,0

Tabla nº 37. Pesos en asignación

Tiempos	Abono	Sin Abono
Tiempo espera	4,0	2,0
Tiempo md. auxiliares	1,0	1,0
Tiempo tarifa	4,0	2,0

¹² Dado que los modos auxiliares son muy diversos, se ha procedido a dar un peso independiente a cada uno de ellos, en el fichero de definición de modos, dando posteriormente un valor neutro de 1 a los modos auxiliares en el proceso de asignación

7.7. OTROS PRODUCTOS DEL PROCESO DE MODELIZACIÓN

El proceso de modelización de la EDM04 ha complementado el MGM con otras dos herramientas:

- Modelo de movilidad sostenible, para evaluar los efectos de la política de transportes sobre el medioambiente
- Modelo de accesibilidad, para evaluar los efectos de política de transportes sobre la accesibilidad territorial

7.7.1. MODELO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE

El planteamiento realizado en este sentido ha sido el de completar un Modelo de Movilidad Sostenible, añadiendo la componente ambiental a las económico-financiera y social.

Dentro de los diferentes elementos que pueden conformar esta componente, se han considerado expresamente dos: consumos energéticos y emisiones contaminantes, que pueden calcularse de una manera muy directa a partir de los resultados directos del modelo general de movilidad (MGM). De otros elementos se han presentado propuestas de carácter más agregado, que permiten completar la imagen, pero sin entrar en detalles que se salen del ámbito de este trabajo.

La construcción del modelo ha incluido cuatro aspectos:

- Definición de indicadores
- Cálculo de factores individuales y agregados
- Cálculo global de indicadores
- Monetización de los indicadores

La realización de estos cálculos con los modelos de transporte plantea dos problemas principales, que ha sido necesario resolver:

- Los modelos de transporte son totalmente indiferentes a factores de emisiones contaminantes y marginalmente indiferentes a factores de consumo energético. Esto obliga a agrupar los detalles disponibles de factores de consumo y emisión para representar el "vehículo medio", que es el que aparece en los modelos
- Los modelos representan periodos puntuales del día, mientras que los cálculos de emisiones y consumos son relevantes como totales diarios, o, mejor dicho, anuales, lo que obliga a

un ejercicio de elevación de resultados de los modelos a totales diarios y anuales. El planteamiento general de la modelización realizado en la EDM04, con un conjunto de periodos que suman el total diario ha facilitado esta tarea

La utilización de las estaciones y puntos de medición como elemento de contraste es bastante compleja, al verse afectadas éstas por otros agentes de emisión y por la difusión de los contaminantes en la atmósfera. Por ello, ha parecido más conveniente relacionar los valores obtenidos con los inventarios de emisiones, tanto del Ayuntamiento de Madrid como de la Comunidad.

7.7.2. MODELO DE ACCESIBILIDAD

La batería de modelos para evaluar políticas de transporte la EDM04 se ha complementado con un modelo de accesibilidad basado los siguientes indicadores:

Indicadores detallados

Indicador de accesibilidad absoluta (o de localización)

Calcula el promedio de los tiempos de viaje que separan a cada nodo con respecto a los diferentes centros de actividad económica a través de la red (por el camino mínimo), considerando alguna variable de atracción (como la renta).

Las variables utilizadas han sido las siguientes:

- T_{ij} : tiempo en transporte público entre las zonas i y j
- V_{ij} : tiempo en vehículo privado entre las zonas i y j
- A_j : Viajes atraídos por la zona j (modelo)
- n : número de zonas (zonas CAM)

Se han obtenido dos tipos de Indicadores, según se trate de transporte público o de vehículo privado:

- L_{pi} : IAA en transporte público para la zona i
- L_{vi} : IAA en transporte privado para la zona i

Estos indicadores se han calculado de la manera siguiente:

$$Lp_i = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ij} \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad Lv_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_{ij} \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Indicador de accesibilidad relativa (o de eficiencia de la red)

Relaciona los tiempos de acceso reales con los ideales, resaltando así el efecto de la red frente a la localización del núcleo, para lo cual, la noción habitual de distancia es sustituida por otra que expresa la facilidad de acceso en términos relativos

Las variables utilizadas han sido:

- Dp_{ij} : Distancia en transporte público a través de la red entre las zonas i y j
- Dv_{ij} : Distancia en vehículo privado a través de la red entre las zonas i y j
- P_{ij} : Distancia en línea recta (a vuelo de pájaro) entre las zonas i y j
- A_j : Viajes atraídos por la zona j (modelo)
- n : número de zonas (zonas CAM)

Como en el caso anterior se ha obtenido un indicador para la red de transporte público y otro para la de vehículo privado:

- Epi : IAR en transporte público para la zona i
- Evi : IAR en transporte privado para la zona i

La forma de cálculo ha sido:

$$Ep_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{Dp_{ij}}{P_{ij}} \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad Ev_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{Dv_{ij}}{P_{ij}} \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Indicador de potencial económico

Este indicador pone de relieve el impacto económico producido por la actuación. Se trata de

aplicar un modelo gravitatorio que mide el nivel de oportunidad entre dos áreas como el producto de atracción de estas áreas dividido por la impedancia existente entre ellas

Las variables utilizadas han sido:

- T_{ij} : tiempo en transporte público entre las zonas i y j
- V_{ij} : tiempo en vehículo privado entre las zonas i y j
- A_j : Viajes atraídos por la zona j (modelo)
- n : número de zonas (zonas CAM)

Se ha obtenido un indicador según el tipo de red:

- Pp_i : IPE en transporte público para la zona i
- Pv_i : IPE en transporte privado para la zona i

Estos indicadores se han calculado según se indica a continuación:

$$Pp_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_j}{T_{ij}} \quad Pv_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_j}{V_{ij}}$$

Indicador de accesibilidad diaria

Este indicador (IAD) mide, para cada zona, el número de "viajes atraídos" situados a una distancia inferior a los 40 minutos. Existe también un indicador para transporte público y otro para transporte privado.

Indicadores globales

Los indicadores antes expuestos son indicadores zonales (se calculan para cada zona). A partir de ellos se obtienen indicadores agregados para el conjunto de la Comunidad de Madrid promediando ponderadamente por la población residente en cada zona.

8. SISTEMA DE INFORMACIÓN

Entre las mejoras y aportaciones que ha realizado la EDM04 se encuentra la potenciación del actual Sistema de Información de la Movilidad, mediante la mecanización del proceso y su integración en una plataforma Web. Ello permite, de un lado, simplificar y agilizar las consultas para una buena parte de los usuarios de este servicio y, de otra, facilitar la tramitación administrativa para los servicios técnicos del Consorcio de Transportes.

Para ello, se han elaborado 826 tablas que tratan de presentar una imagen acerca de cuál es la situación actual del sistema socioeconómico y de movilidad de la Comunidad de Madrid. En cada uno de los aspectos, se ofrece en primer lugar una visión global del conjunto de la Comunidad, pasándose a continuación a desglosar la información según los distintos niveles de agregación espacial siguientes:

- Comunidad de Madrid
- Coronas
- Coronas tarifarias
- Sectores
- Corredores
- ZTOM (1): Zonificación realizada para el Observatorio de la Movilidad – año 2004
- ZTOM (2): Zonificación realizada para el Observatorio de la Movilidad – año 2005. Esta zonificación se corresponde con la de corredores de la EDM04

- Distritos del municipio de Madrid y resto de municipios de la Comunidad

El usuario dispone de un primer capítulo de tablas denominado “Zonificación” que define estas agrupaciones zonales. Así mismo, también se ha incluido un índice de tablas de contenido donde se especifican todos los aspectos que se muestran en el sistema de información.

Los contenidos se han organizado según los siguientes capítulos:

- Introducción
- Descripción de las distintas agregaciones espaciales. Zonificación (7 tablas)
- Una visión global del conjunto de la Comunidad de Madrid (164 tablas)
- Características de la población (32 tablas)
- Características de la movilidad. Aspectos sociodemográficos (30 tablas)
- Características de la movilidad. Aspectos funcionales (25 tablas)
- Características de la movilidad. Aspectos espaciales (130 tablas)
- Perfil básico del usuario de cada tipo de transporte (430 tablas)
- Valoración de la calidad del servicio de transporte público (8 tablas)

9. SERVICIO DE INFORMACIÓN

El servicio de información "ad hoc" que ya está funcionando desde hace tiempo tiene como objeto facilitar a los usuarios información personalizada. Son tablas que el Consorcio de Transportes debe elaborar expresamente para atender a la solicitud y por tanto, llevan asociado un pequeño coste.

Se han revisado y actualizado los documentos precisos para llevar a cabo el procedimiento y se han agilizado las consultas gracias al sistema de información comentado en el punto anterior que ha logrado minimizar en gran medida las peticiones de este tipo.

Para realizar una solicitud de este tipo el procedimiento a seguir es el siguiente:

- **Petición de información:** Debe cumplimentarse el documento de "petición de información" elaborado al efecto, que contiene los siguientes bloques:
 - Datos del solicitante de información
 - Objetivos del estudio y justificación de la solicitud
 - Descripción de la información que se solicita
- **Modo de recogida de información:** A partir de esta solicitud y una vez generada la información, el CRTM se pondrá en contacto con el solicitante para indicarle los pasos a seguir, que básicamente son los siguientes:
 - Realizar el ingreso correspondiente al coste de la solicitud. Previamente el CRTM habrá facilitado por escrito este coste así como la cuenta bancaria y el concepto, datos necesarios para la realización del ingreso o transferencia.
 - Remitir al CRTM el resguardo de dicho ingreso, personalmente o por correo electrónico o fax.
- **Entrega de la información:** Finalmente, el CRTM entregará al solicitante la información junto con la factura correspondiente. Igual que en el caso anterior, la recogida se podrá realizar personalmente o por correo electrónico.

Anejo. Glosario de términos utilizados

Se recoge a continuación una descripción de los términos más característicos utilizados en el documento.

A. Zonificación

- **Almendra central.** Distritos municipales de Madrid interiores a la M-30

Almendra central	
Distritos	
1	Centro
2	Arganzuela
3	Retiro
4	Salamanca
5	Chamartín
6	Tetuán
7	Chamberí

- **Periferia urbana de Madrid.** Resto de distritos municipales de Madrid

Periferia urbana de Madrid	
Distritos	
8	Fuencarral-El Pardo
9	Moncloa-Aravaca
10	Latina
11	Carabanchel
12	Usera
13	Puente de Vallecas
14	Moratalaz
15	Ciudad Lineal
16	Hortaleza
17	Villaverde
18	Villa de Vallecas
19	Vicálvaro
20	San Blas
21	Barajas

- **Corona metropolitana.** Municipios de la Comunidad incluidos en la zona tarifaria B

Municipios de la corona metropolitana		
Ajalvir	Galapagar	Rivas-Vaciamadrid
Alcalá de Henares	Getafe	Rozas de Madrid (Las)
Alcobendas	Griñón	San Agustín de Guadalix
Alcorcón	Hoyo de Manzanares	San Fernando de Henares
Algete	Humanes de Madrid	San Martín de la Vega
Arganda del Rey	Leganés	San Sebastián de los Reyes
Arroyomolinos	Loeches	Torrejón de Ardoz
Boadilla del Monte	Majadahonda	Torrejón de la Calzada
Brunete	Mejorada del Campo	Torrejón de Velasco
Ciempozuelos	Moraleja de Enmedio	Torrelotones
Cobeña	Móstoles	Valdemoro
Colmenarejo	Navalcarnero	Velilla de San Antonio
Colmenar Viejo	Paracuellos de Jarama	Villanueva de la Cañada
Collado Villalba	Parla	Villanueva del Pardillo
Coslada	Pinto	Villaviciosa de Odón
Daganzo de Arriba	Pozuelo de Alarcón	Tres Cantos
Fuenlabrada		

- **Corona regional.** Municipios de la Comunidad incluidos en la zona tarifaria C

B. Clasificación de los modos de transporte

Clasificación general	
Mecanizados	Modos con medios mecánicos
No mecanizados	A pie

Transporte mecanizado	
Transporte público	Metro, EMT, Cercanías RENFE, Interurbanos, otros
Transporte privado	Coche, moto, bicicleta, furgoneta, camión, tractor, ambulancia, ...

Transporte público	
Metro	Metro de Madrid, TFM, Metrosur
EMT	Líneas regulares de transporte urbano de Madrid
Cercanías RENFE	Servicios de cercanías de RENFE en la Comunidad de Madrid
Interurbanos	Líneas interurbanas de la Comunidad y líneas urbanas de los municipios de la corona metropolitana
Otros	RENFE Largo recorrido, RENFE Regional, autobuses de larga distancia, transporte discrecional, taxi

C. Unidades de medida de la movilidad

- **Viaje.** Desplazamiento realizado con un origen, un destino y un motivo específicos.
- **Etapas (también denominada etapa-línea).** Cada uno de los trayectos de un mismo viaje, realizados en vehículos (de transporte público o privado) diferentes .
- **Etapas-red.** Conjunto de trayectos realizados consecutivamente en vehículos diferentes de un mismo modo.

D. Motivos de viaje

El motivo de un viaje viene determinado por la actividad que se va a desarrollar en el destino del mismo (trabajo, estudios, ocio, etc.), excepto cuando el destino del viaje sea el domicilio habitual, en cuyo caso el motivo se corresponde con la actividad en origen.

En función de ello, la movilidad se clasifica en:

- **Movilidad obligada.** Viajes con motivo trabajo o estudios
- **Movilidad no obligada.** Viajes con motivo diferente al de trabajo y estudios

E. Comparaciones con la EDM96

Cuando se comparan con la EDM96 valores de etapas en transporte público se utilizan unidades de medida homogéneas con las utilizadas en aquella encuesta (considerando etapas-red en los modos ferroviarios), es decir:

- Metro. Etapas-red
- EMT. Etapas-línea
- Cercanías RENFE. Etapas-red
- Interurbanos. Etapas-línea

Índice detallado

Pág.

1.	PRESENTACIÓN GENERAL DEL TRABAJO	1
1.1.	Las Encuestas Domiciliarias de Movilidad como herramienta al servicio de la planificación del sistema de transportes	1
1.2.	Breve reseña histórica de las EDM en la Comunidad de Madrid	2
1.3.	Justificación de la EDM04	3
1.4.	Finalidad del trabajo y aportaciones novedosas	3
2.	ASPECTOS METODOLÓGICOS Y FICHA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1.	Descripción general de la metodología e innovaciones de la EDM04	5
2.2.	Mejoras operativas de la EDM04	6
2.3.	Estructura del equipo de campo.....	7
2.4.	Ficha técnica de la investigación.....	8
2.4.1.	Encuesta General a residentes en la Comunidad de Madrid en viviendas familiares - EGM	8
2.4.2.	Encuesta en Centros Colectivos - ECC	9
2.4.3.	Encuesta a No Residentes - ENR	10
2.4.4.	Encuesta a Conductores y Usuarios del Servicio de Taxi - ET	10
2.4.5.	Glosario de términos utilizados	11
2.5.	Cuadro-resumen.....	11
3.	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LAS MUESTRAS ...	12
3.1.	Ponderación de la Encuesta General de Movilidad – EGM	12
3.2.	Ponderación de la Encuesta en Centros Colectivos – ECC.....	12
3.3.	Ponderación de la Encuesta a No Residentes en la Comunidad de Madrid – ENR..	13
3.4.	Ponderación de la Encuesta a Usuarios y Operadores del Taxi – ET	13
4.	ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD.....	14
4.1.	Aspectos sociodemográficos	14
4.1.1.	Población.....	14
4.1.2.	Población que viajó/no viajó el día de la encuesta.....	16
4.1.3.	Hogares y tamaño medio familiar.....	16
4.1.4.	Motorización.....	17
4.1.5.	Empleo	18
4.2.	Movilidad total y relativa	20
4.2.1.	Movilidad total en día laborable	20
4.2.2.	Movilidad total de la población residente en hogares	20

Índice detallado

	Pág.
4.2.3. Movilidad total por habitante	21
4.2.4. Movilidad total por hogar	23
4.3. Distribución modal de la movilidad	24
4.3.1. Distribución según modos mecanizados y no mecanizados	24
4.3.2. Movilidad mecanizada. Transporte público y privado.....	24
4.3.3. Modos de transporte público.....	25
4.4. Distribución espacial de la movilidad	26
4.4.1. Movilidad mecanizada.....	26
4.4.2. Movilidad en transporte público	27
4.4.3. Movilidad en vehículo privado.....	28
4.4.4. Reparto transporte público y privado	29
4.5. Distribución temporal de la movilidad	31
4.5.1. Distribución horaria	31
4.5.2. Perfil sociodemográfico.....	32
4.6. Motivo prioritario de viaje.....	33
5. PERFIL BÁSICO DEL USUARIO TIPO DE CADA MODO DE TRANSPORTE.....	34
6. CALIDAD DEL SERVICIO	36
7. MODELIZACIÓN DE LA MOVILIDAD	37
7.1. Planteamiento general. El MGM	37
7.2. Sobre las variables explicativas utilizadas en los modelos	37
7.3. Generación/atracción de viajes	38
7.3.1. Consideraciones generales	38
7.3.2. Concepción metodológica.....	38
7.3.3. Variables utilizadas	39
7.4. Distribución espacial	41
7.4.1. Planteamiento general	41
7.4.2. Concepción metodológica.....	41
7.4.3. Variables utilizadas	42
7.5. Reparto modal.....	42
7.5.1. Consideraciones generales	42
7.5.2. Concepción metodológica.....	42
7.5.3. Parámetros modelizados y variables explicativas	44
7.6. Modelo de asignación	45

Índice detallado**Pág.**

7.6.1.	Modos de transporte	45
7.6.2.	Red base	45
7.6.3.	Líneas de transporte público.....	50
7.6.4.	Matrices de viajes	58
7.6.5.	Procedimiento de asignación	60
7.7.	Otros productos del proceso de modelización.....	62
7.7.1.	Modelo de movilidad sostenible	62
7.7.2.	Modelo de accesibilidad	62
8.	SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	64
9.	SERVICIO DE INFORMACIÓN	65
	Anejo. Glosario de términos utilizados	66

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla nº 1. Principales características de las anteriores EDM realizadas en la Comunidad de Madrid	2
Tabla nº 2. Universo de la EGM (EDM04).....	8
Tabla nº 3. Parámetros muestrales de la EGM (EDM04)	8
Tabla nº 4. Visión comparada de la EDM04 en relación con las cuatro ediciones anteriores del trabajo	9
Tabla nº 5. Clasificación de centros colectivos (EDM04).....	9
Tabla nº 6. ENR. Distribución de la muestra (EDM04).....	10
Tabla nº 7. Resumen de personas entrevistadas	11
Tabla nº 8. Estimación del universo. Encuesta en Centros Colectivos	13
Tabla nº 9. Principales cifras de población de la EDM04	14
Tabla nº 10. Comparación entre la población empadronada total y mayor de cuatro años 1996-04 (EDM04).....	14
Tabla nº 11. Variación de la población total de la Comunidad de Madrid por coronas 1996-2004 (EDM 04).....	15
Tabla nº 12. Comparación entre la población de la Comunidad de Madrid mayor de cuatro años según hubiera viajado o no el día de la encuesta (EDM04)	16
Tabla nº 13. Comparación entre el número de hogares por coronas 1996-2004 (EDM 04).....	17
Tabla nº 14. Comparación entre el tamaño medio familiar por coronas 1996-2004 (EDM 04)	17
Tabla nº 15. Comparación por coronas de los puestos de empleo de los residentes en la Comunidad de Madrid 1996-2004 (EDM04).....	18
Tabla nº 16. Comparación entre el índice de empleo por habitante 1996-2004 (EDM 04).....	19
Tabla nº 17. Comparación entre el cociente %empleos/% población 1996-2004 (EDM 04).....	19
Tabla nº 18. Movilidad total en día laborable (EDM 04)	20
Tabla nº 19. Comparación entre el número total de viajes (mecanizados y no mecanizados) 1996-2004 (EDM 04).....	21
Tabla nº 20. Comparación entre el reparto de los viajes totales según viajes mecanizados y no mecanizados 1996-2004 (EDM 04).....	21
Tabla nº 21. Comparación entre los viajes totales por persona 1996-2004 (EDM 04).....	22
Tabla nº 22. Evolución de la movilidad mecanizada por habitante	22
Tabla nº 23. Comparación entre los viajes totales por hogar 1996-2004 (EDM 04)	23

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla nº 24. Comparación entre el reparto de etapas mecanizadas y no mecanizadas 1996-2004 (EDM 04).....	24
Tabla nº 25. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público y privado 1996-2004 (EDM 04).....	24
Tabla nº 26. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público 1996-2004 (EDM 04).....	25
Tabla nº 27. Comparación entre los viajes entre coronas en modos mecanizados 1996-2004 (EDM04).....	26
Tabla nº 28. Comparación entre los viajes entre coronas en transporte público 1996-2004 (EDM04).....	27
Tabla nº 29. Comparación entre los viajes entre coronas en transporte privado 1996-2004 (EDM04).....	28
Tabla nº 30. Comparación entre el reparto público/privado en las relaciones entre coronas 1996-2004 (EDM04).....	29
Tabla nº 31. Comparación entre el reparto de viajes totales según movilidad obligada y no obligada 1996-2004 (EDM 04).....	33
Tabla nº 32. Atributos de la red de transporte privado.....	49
Tabla nº 33. Tarifas modos Interurbanos.....	57
Tabla nº 34. Funciones de la red de transporte público.....	58
Tabla nº 35. Matrices de viajes – Año 2004.....	60
Tabla nº 36. Pesos modos auxiliares.....	61
Tabla nº 37. Pesos en asignación.....	61

Índice de Gráficos

	Pág.
Gráfico nº 1. Las Encuestas de Transporte en el marco de la Política de Transportes	1
Gráfico nº 2. Estructura del equipo de campo (EDM04).....	7
Gráfico nº 3. Organigrama del equipo de campo (EDM04).....	7
Gráfico nº 4. Comparación entre la población empadronada total y mayor de cuatro años 1996-04 (EDM04).....	15
Gráfico nº 5. Población de la Comunidad de Madrid con edad igual o mayor de cuatro años según situación de empadronamiento (EDM04).....	15
Gráfico nº 6. Variación de la población total de la Comunidad de Madrid por coronas 1996-2004 (EDM 04).....	16
Gráfico nº 7. Comparación entre la población de la Comunidad de Madrid mayor de cuatro años según hubiera viajado o no el día de la encuesta (EDM04)	16
Gráfico nº 8. Comparación entre el tamaño medio familiar de los hogares de la Comunidad de Madrid por coronas 1996-2004 (EDM04).....	17
Gráfico nº 9. Comparación entre el índice de motorización personal por coronas 1996-2004 (EDM 04).....	18
Gráfico nº 10. Comparación entre el índice de motorización familiar por coronas 1996-2004 (EDM 04). 18	18
Gráfico nº 11. Comparación entre el empleo de los residentes en la Comunidad de Madrid 1996-2004 (EDM 04).....	18
Gráfico nº 12. Comparación entre la distribución por coronas de los puestos de empleo de los residentes en la Comunidad de Madrid 1996-2004 (EDM04).....	19
Gráfico nº 13. Comparación entre el cociente %empleos/% población 1996-2004 (EDM 04).....	20
Gráfico nº 14. Comparación entre el número total de viajes y etapas 1996-2004 (EDM04).....	21
Gráfico nº 15. Comparación entre el número de etapas por viaje según modos mecanizados y no mecanizados 1996-2004 (EDM04).....	21
Gráfico nº 16. Comparación entre los viajes totales por persona 1996-2004 (EDM 04).....	22
Gráfico nº 17. Evolución de la movilidad mecanizada por habitante	22
Gráfico nº 18. Comparación entre los viajes totales por hogar 1996-2004.....	23
Gráfico nº 19. Comparación entre el reparto de etapas mecanizadas y no mecanizadas 1996-2004 (EDM 04).....	24
Gráfico nº 20. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público y privado 1996-2004 (EDM 04).....	25
Gráfico nº 21. Comparación entre el reparto de etapas en transporte público 1996-2004 (EDM 04).....	25

Índice de Gráficos

	Pág.
Gráfico nº 22. Comparación entre la participación del transporte público en los viajes según coronas 1996-2004 (EDM 04)	29
Gráfico nº 23. Comparación entre la participación del transporte privado en los viajes según coronas 1996-2004 (EDM 04)	30
Gráfico nº 24. Flujos entre coronas y reparto público/privado (EDM04)	30
Gráfico nº 25. Comparación entre los flujos entre coronas 1996-2004 (EDM04).....	31
Gráfico nº 26. Viajes según hora natural (EDM 04)	32
Gráfico nº 27. Viajes según motivo prioritario (EDM 04).....	33
Gráfico nº 28. Comparación entre el reparto de viajes totales según movilidad obligada y no obligada 1996-2004 (EDM 04)	33
Gráfico nº 29. Valoración de los modos de transporte mecanizado (EDM 04)	36
Gráfico nº 30. Estructuración del modelo de reparto modal.....	44
Gráfico nº 31. Red viaria de Madrid Municipio.....	46
Gráfico nº 32. Detalle de Alcobendas-San Sebastián de los Reyes con la zonificación	46
Gráfico nº 33. Detalle del Nudo de Manoteras de la M-30	47
Gráfico nº 34. Red de Metro y Cercanías	47
Gráfico nº 35. Líneas de EMT del centro de Madrid.....	50
Gráfico nº 36. Red de Metro	51
Gráfico nº 37. Red de Cercanías	52
Gráfico nº 38. Línea de autobús Interurbano de Alcobendas	53
Gráfico nº 39. Estación de Valdeacederas	54
Gráfico nº 40. Estación de Canal	54
Gráfico nº 41. Estación de Recoletos	55
Gráfico nº 42. Estación de Villaverde Bajo.....	55
Gráfico nº 43. Estación de Chamartín.....	56

