

# La congestión en los corredores de acceso a Madrid

Enero 2009

**RACC**



**Dirección técnica**

Xavier Abadía (Fundación RACC)  
Manuel Pineda (DOYMO)

**Colaboración técnica**

DOYMO  
OPINOMETRE

**Agradecimientos**

Dirección General de Tráfico  
Ayuntamiento de Madrid

© 2009 Fundación RACC

Av. Diagonal, 687  
08028 BARCELONA  
[www.fundacionracc.es](http://www.fundacionracc.es)

Diseño: Domènec Òrrit

1ª edición: Enero 2009

Depósito legal: B-3510-2009

Impresión: T.G. Alfadir, S.A.

Impreso en papel ecológico

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su transmisión por cualquier forma o medio, sin el permiso previo del editor.

# La congestión en los corredores de acceso a Madrid

Enero 2009

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> . . . . .	5	<b>3. PROPUESTAS DE ACTUACION</b> . . . . .	38
<b>2. CUANTIFICACIÓN DE LA CONGESTIÓN EN LOS ACCESOS A MADRID</b> . . . . .	8	3.1 CONDICIONANTES DE LAS PROPUESTAS . . . . .	38
2.1 EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD Y LA VELOCIDAD MEDIA . . . . .	9	3.1.1 Proyecciones . . . . .	38
2.1.1 Intensidad media de tráfico por vía . . . . .	9	3.1.2 Congestión percibida . . . . .	39
2.1.2 Velocidad media por corredor . . . . .	12	3.1.3 El fundamento de la propuesta . . . . .	40
2.1.3 El rendimiento de la red viaria analizada . . . . .	17	3.2 ACTUACIONES A CORTO PLAZO . . . . .	41
2.2 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONGESTIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS COSTES, A NIVEL DE RED VIARIA Y USUARIO . . . . .	18	3.2.1 Potenciación del transporte público . . . . .	41
2.2.1 La congestión en las vías metropolitanas . . . . .	18	3.2.2 Mejora de la gestión de la movilidad . . . . .	43
2.2.2 La congestión soportada por cada usuario afectado . . . . .	21	3.2.3 Mejora de las infraestructuras . . . . .	44
2.2.3 La congestión en itinerarios tipo . . . . .	26	3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPUESTAS . . . . .	44
2.3 LA COMPETITIVIDAD EN TRANSPORTE PÚBLICO . . . . .	29	3.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS . . . . .	49
2.3.1 Tiempos de viaje por modo de transporte . . . . .	29	<b>4. BASES METODOLÓGICAS APLICADAS</b> . . . . .	51
2.3.2 La visión del usuario . . . . .	30	4.1 ÁMBITO DE ESTUDIO . . . . .	52
2.3.3 Causas de la no utilización del transporte público . . . . .	31	4.2 FUENTES DE INFORMACIÓN . . . . .	54
2.3.4 Causas de la utilización del transporte público . . . . .	32	4.3 TRATAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN . . . . .	57
2.4 DETECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS Y RECURRENTES . . . . .	34	<b>5. RESUMEN EJECUTIVO</b> . . . . .	58
		<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> . . . . .	62

## 1. Introducción

La Fundación RACC analiza en este documento la situación del tráfico en los accesos a la ciudad de Madrid, en la línea de aplicar una metodología homogénea a los distintos fenómenos metropolitanos de nuestro país (Barcelona, Bilbao, Valencia Sevilla,...), para evaluar la congestión que el exceso de demanda de movilidad en coche determina sobre todos los usuarios en los accesos del sistema viario.

La congestión, es decir, la demora derivada de la falta de capacidad vial, es un problema importante que secuestra el tiempo del automovilista, también el del usuario del transporte público, pero que también repercute negativamente en todos los ciudadanos, tanto por el deterioro del medioambiente derivado, como por la pérdida de competitividad que ocasiona.

Por todo ello, desde la Fundación Racc, venimos realizando un denodado esfuerzo para evaluar la congestión, convencidos de que cuantificándola podremos comprenderla, informando sobre ella crearemos la complicidad social necesaria que acelere la aplicación de las soluciones adecuadas. Soluciones que buscan ineludiblemente reducir el número de vehículos en los accesos en los periodos puntas de la demanda, en base a atraer usuarios desde el coche al transporte público, o incrementar la ocupación de cada vehículo.

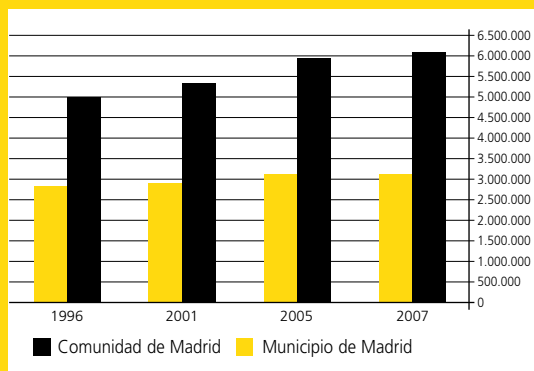
La atracción hacia los modos públicos en libertad es muy sensible a los tiempos de viaje en relación al coche, por lo que atraer querrá decir segregar el transporte para poder garantizar tiempos menores.

Sobre la promoción de la ocupación del vehículo se ha trabajado muy poco en nuestras ciudades. Madrid en los accesos de la A-6 es la única experiencia pública, por cierto positiva, sobre la que basarnos para perfeccionar la actuación. De partida los niveles de ocupación son muy bajos, por lo que pequeños incrementos reducen sensiblemente las demoras.

Así las cosas, el trabajo que se introduce persigue conocer en profundidad la situación del tráfico en los accesos a la ciudad de Madrid, lo que permitirá estimar los costes de tiempo que el desequilibrio entre la oferta y la demanda viaria determina, los ejes de penetración más afectados y las medidas más adecuadas para a corto plazo reducirlos.

La acelerada transformación demográfica, económica, social y por supuesto morfológica de la Comunidad de Madrid constituye un fenómeno singular en las ciudades europeas.

**Ilustración 1.** Evolución de la población en la Comunidad de Madrid.



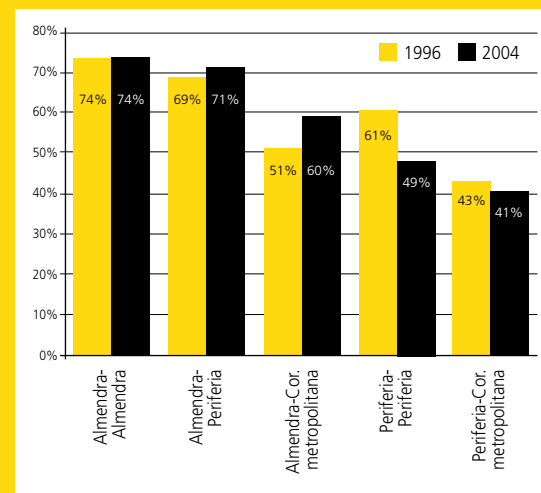
Fuente: INE, padrones municipales a 1 de enero.

Así, crecimientos de población de más de un 31% en menos de 15 años en la Comunidad, significan que el Madrid metropolitano ha crecido sin parar, fuera del Madrid ciudad, y que las necesidades de movilidad se han incrementado muchísimo. La extensión urbana y la baja densidad de muchos asentamientos metropolitanos, y la falta de alternativa competitiva convierten al coche en la forma más "inteligente" de moverse y en muchas ocasiones la más barata desde una perspectiva individual.

El importante incremento de la oferta de transporte público, principalmente por las prolongaciones de las líneas de metro, la realización de importantes intercambiadores y una medida estrategia sobre el estacionamiento ha contenido el número de desplazamientos en vehículo privado con destino al Centro del Madrid (Almendra).

Por el contrario, fuera de este ámbito (Periferia de Madrid y municipios metropolitanos) el desarrollo socioeconómico no ha ido tan emparejado con un incremento de la oferta de transporte público. Esto se plasma en el aumento del uso del coche en el viario principal del área metropolitana de Madrid. Cuantificar la incidencia de este uso en el funcionamiento económico y en la calidad de vida de los ciudadanos del Área Metropolitana de Madrid constituye uno de los principales objetivos de este estudio

**Ilustración 2.** Evolución de la utilización del transporte público, 1996-2004.



Fuente: Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

En este contexto, el trabajo que se introduce identifica siete corredores principales de acceso a Madrid, los tramifica (1 Km. por tramo) y evalúa empíricamente en cada uno, por periodos de 15 minutos, la congestión que se produce. Así, se ha obtenido una visión bastante precisa de la situación de la congestión a lo largo de un día tipo (definido éste como el día laborable en el que no se producen situaciones excepcionales que afecten al tráfico) en el viario principal de la comunidad de Madrid. Para ese día se evalúan los costes de la demora en el viaje, así como las externalidades medioambientales y el derroche energético que la misma supone.

La extensa toma de datos in situ se realizó poco después de la inauguración de los túneles de la M-30, y por tanto, puede que aún no hubiera recuperado la totalidad de tráfico anterior a las obras.

El trabajo se ha estructurado en dos partes:

- en la primera, se presenta la cuantificación de la congestión y una estimación de sus costes en diferentes escenarios de agregación territorial, estableciéndose también los indicadores de competitividad entre los distintos modos de transporte de acceso a la ciudad de Madrid.
- En la segunda parte, se plantean algunas medidas a poner en marcha a corto plazo, tanto en el ámbito del transporte privado como del transporte público, para la reducción de los niveles de congestión evaluados.

El estudio se completa con un apartado metodológico que explica el ámbito territorial de análisis y las características e idoneidad de los indicadores utilizados.

En definitiva, se ofrece una descripción detallada de la congestión, que permite evaluar los costes que conlleva para todos los usuarios del viario, sean del vehículo privado o del transporte público y, en su caso, localizar los puntos críticos en que por reducción de la capacidad, o por concentración de demanda, se genera congestión. A partir de éste análisis, y en el marco de la planificación de transporte prevista en el área territorial analizada, el estudio propone priorizar algunas medidas infraestructurales y de gestión para mejorar del conjunto del sistema a corto plazo.

La vocación divulgativa del trabajo, en orden a contribuir a la articulación del debate entorno al fenómeno de la congestión en los accesos a las ciudades, ha aconsejado la utilización de una metodología eminentemente empírica. En este sentido, no sólo se han utilizado las bases de datos disponibles facilitadas por las diferentes administraciones públicas, si no que también se han realizado, sobre el viario analizado, múltiples mediciones del tiempo de desplazamiento con vehículos propios del RACC, así como una encuesta específica a más de 3.200 conductores de la Comunidad de Madrid que se desplazan asiduamente a la ciudad. El objetivo de esta encuesta es conocer la percepción directa que el usuario tiene sobre la congestión que padece, al mismo tiempo que sus propuestas para gestionarla.

Esta presentación del trabajo desarrollado, que en su totalidad se puede encontrar en [www.racc.es](http://www.racc.es), Con esta auditoria individualizada, la Fundación RACC pretende propiciar la actuación urgente de los poderes públicos para reducir, en la medida de lo posible, esta insostenible enfermedad del sistema de movilidad de acceso a la trama urbana, facilitar la evaluación de la eficiencia de las actuaciones y, por último, aproximar a los ciudadanos de las distintas áreas metropolitanas a la gravedad de una situación que se inicia con su elección del modo de transporte.



## 2. Cuantificación de la congestión en los accesos a Madrid

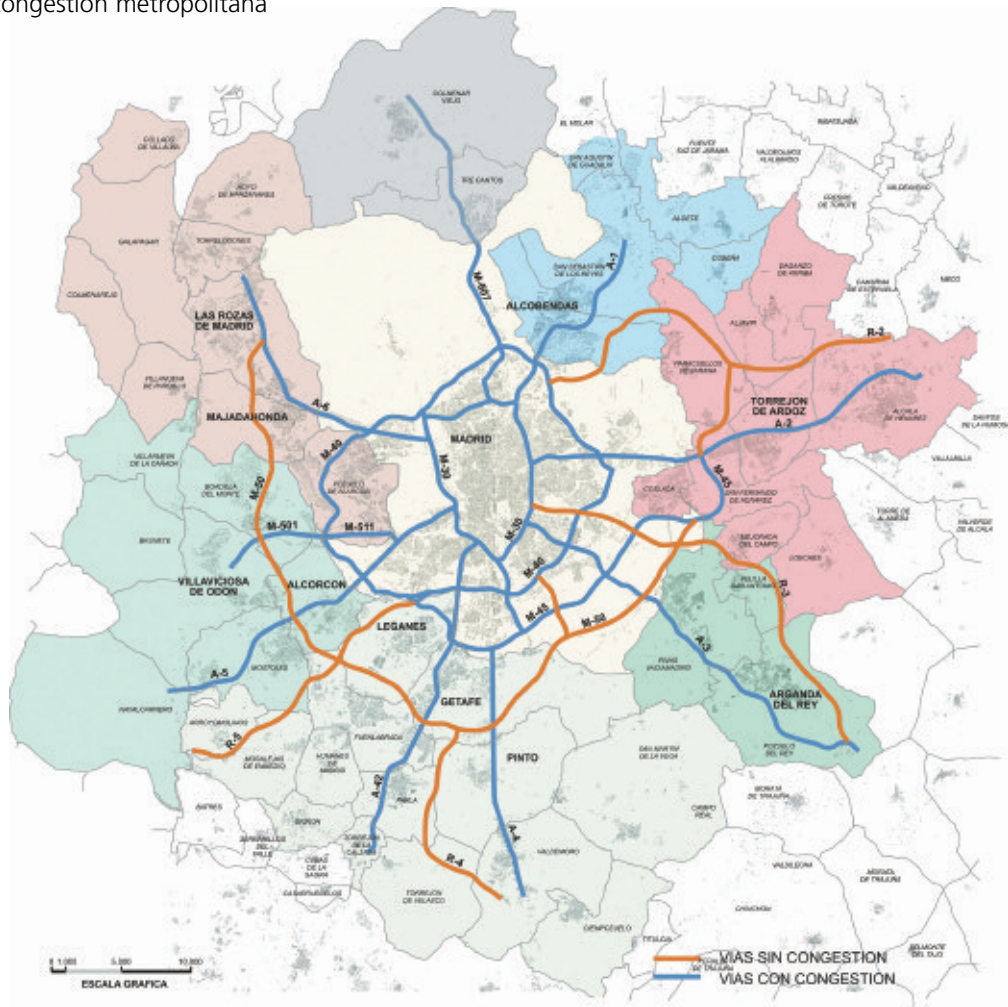
La cuantificación de los niveles de congestión en los accesos a Madrid se inicia a partir de la representación y análisis de un día tipo de circulación de la red viaria metropolitana no semaforizada de alta capacidad (autopistas o autovías). Ese análisis, realizado en el periodo comprendido entre las 6 y las 22 h, consiste en la medición cada cuarto de hora de la velocidad y de la intensidad media de los vehículos que circulan por cada una de las vías de ese viario principal (634 Km)

por tramos de 1 km. y teniendo en cuenta ambos sentidos de circulación.

La condición estándar del día tipo excluye en este análisis escenarios excepcionales de accidentalidad o de obras ya que incrementan de forma aleatoria los efectos cotidianos de la congestión. También se excluyen aquellas vías sin congestión reconocida y que afecta especialmente a las radiales de peaje y la M-50, tal como se señala en la Ilustración<sup>1</sup>.

### Ilustración 3.

Vías de congestión metropolitana



1 A partir de datos de diversas administraciones autonómicas, se estima que la contribución media a la congestión derivada de estos acontecimientos aleatorios, se sitúa en una horquilla que abarca entre el 16% y el 19% del total

## Vías analizadas

Vías radiales	Denominación
A-1	Carretera de Burgos
A-2	Carretera de Barcelona
A-3	Carretera de Valencia
A-4	Carretera de Andalucía
A-5	Carretera de Extremadura
A-6	Carretera de La Coruña
A-42, M-607, M501-511	
Vías circunvalación	
	M-30
	M40
	M-45

A partir del día tipo descrito se inicia el proceso de evaluación espacial y horaria de la circulación y en especial de la congestión, en términos de tiempo perdido y coste, tanto social (para el conjunto de los usuarios y del territorio) como individual (para el usuario particular). La representación georeferenciada de la red viaria permite además una evaluación global o específica –también en períodos temporales– de los tramos, vías o corredores que se desee, siendo posible incluso aproximar el número de usuarios afectados en cada escenario espacial y temporal de referencia. Tal y como se describirá en los siguientes capítulos, estos resultados permiten obtener:

1. Evolución de la intensidad y velocidad media del tráfico.
2. Evaluación de los niveles de congestión y estimación de los costes externos que genera, tanto para el conjunto de la red, como por usuario afectado.
3. Tiempos invertidos por el transporte público en comparación con el vehículo privado.
4. Identificación de los puntos críticos de la red en los que se concentra mayor congestión.

Los datos utilizados para obtener el día tipo provienen básicamente de los meses de Febrero, Abril y Mayo de 2007 proporcionados por el Ayuntamiento de Madrid para la M 30 y por la DGT para el resto de vías. En el caso de la M-30 se han producido correcciones con información posterior dado que la información estaba referida al cuarto mes de la inauguración, de modo que la circulación cotidiana estaba todavía en proceso de consolidación.

## 2.1 EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD Y LA VELOCIDAD MEDIA

### 2.1.1 INTENSIDAD MEDIA DE TRÁFICO POR VÍA

La evolución de la intensidad media a lo largo del día presenta un comportamiento bastante homogéneo en las distintas vías. Las variaciones de intensidad más acusadas ó períodos punta se concentran, por la mañana entre las 7 y las 10 h, y por la tarde en una doble punta, entre las 14 y las 16 h, y entre las 18 y las 20 h, coincidentes con los flujos de movilidad cotidiana debidos a los desplazamientos de trabajadores y estudiantes. Durante el resto del día, por el contrario, se registra un flujo constante.

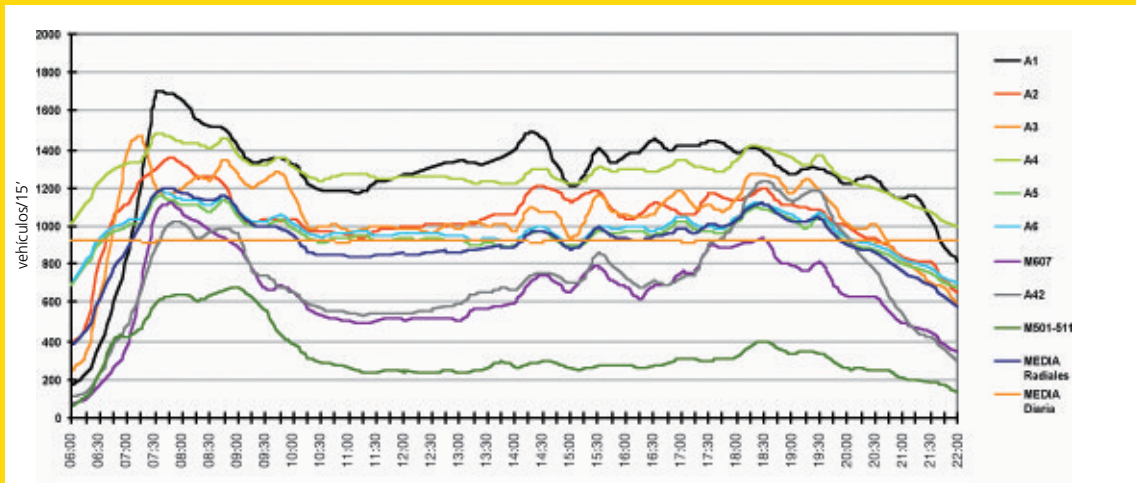
#### Nota sobre el concepto de entrada y salida:

A lo largo del presente documento se habla de entrada y salida en relación a las vías analizadas. Este concepto hace referencia al sentido de la marcha, considerándose como carriles de entrada aquellos con sentido hacia el interior de Madrid (Almendra) , y salida, aquellos en sentido opuesto hacia el exterior de Madrid.

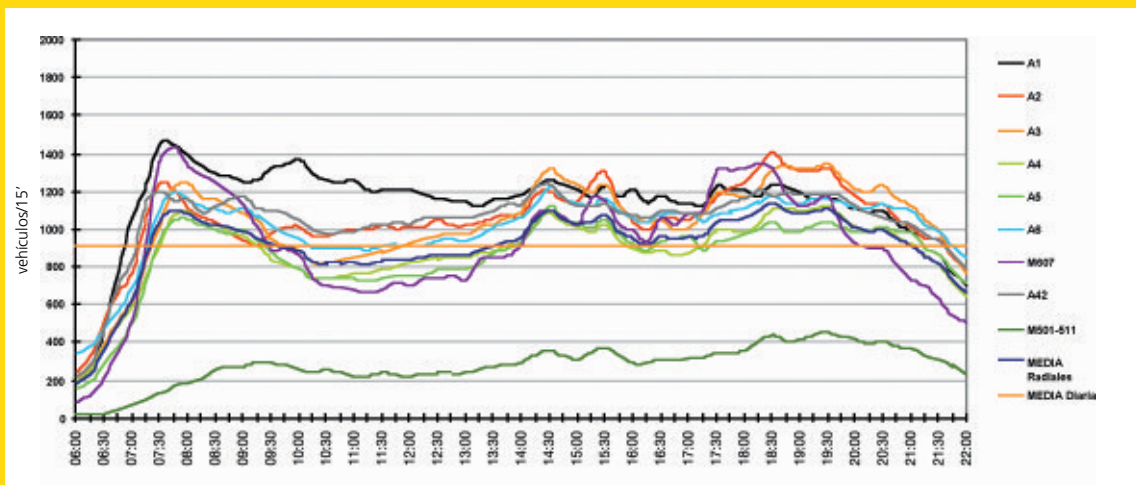
Las vías con unas puntas más acusadas de tráfico corresponden a la A1 y A4 de entrada a la ciudad durante el periodo de mañana. En el primer caso coincide con la hora de entrada a los principales edificios de oficinas que se sitúan a lo largo de la Castellana. Por lo que se refiere a la A-4 indicar que constituye una de las principales entradas a la ciudad de Madrid desde los municipios densamente poblados del sur de la ciudad. Debe destacarse que en este corredor habitan un 32% de la población metropolitana (sin considerar el municipio de Madrid).

De salida, las principales puntas de mañana, además de en la A1, en dirección a los diferentes centros terciarios e industriales de San Sebastián de los Reyes y Alcobendas, también son significativamente importantes en la M-607 vía que permite el acceso al importante complejo empresarial situado en Tres Cantos. Por el contrario, en el caso de la tarde, las mayores puntas de demanda se registran en la A2 y la A3, predominando las vueltas del trabajo hacia las distintas zonas residenciales de los municipios del corredor del Henares. Por último, indicar que el eje con menos tráfico es el correspondiente a la M501-M511.

**Ilustración 4.** Variaciones de intensidad media de circulación por vía radial. Intensidades medias de entrada de las vías radiales por cuarto de hora.



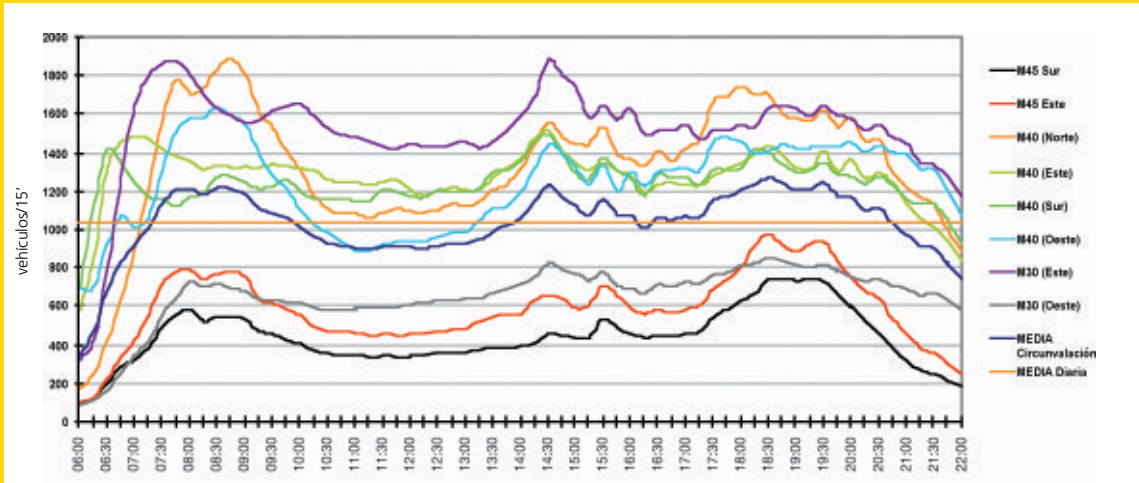
Intensidades medias de salida de las vías radiales por cuarto de hora.



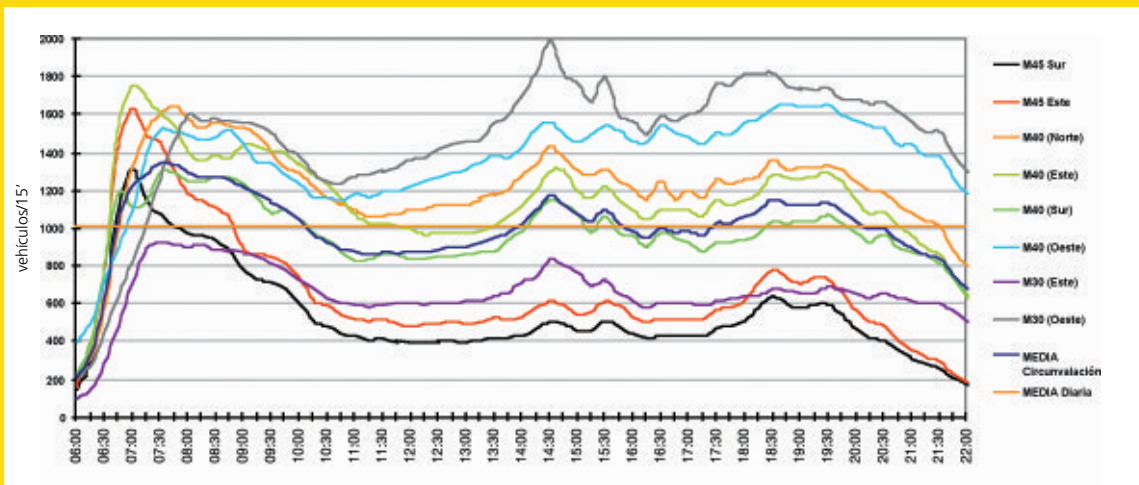
Por lo que se refiere a las circunvalaciones, las mayores intensidades se registran en la M-30 Este, con puntas muy acusadas tanto en el periodo de mañana como en el periodo de mediodía, y en la M40 Norte. Esta última vía y el nudo de Manoteras se convierten en los puntos en que se diversifica el tráfico proveniente de los corredores de la A1 y la M-607. También es muy importante

el volumen de tráfico en la M-40 Oeste que en cierta medida compensa la menor capacidad de la M-30 en este tramo. En el extremo opuesto se situaría la M-45, con intensidades de tráfico en la mayoría de horas inferior a los 800 veh/15 minutos pero con puntas muy acusadas a primera hora de la mañana (7h.).

**Ilustración 5.** Variaciones de intensidad media de circulación por vía de circunvalación. Intensidades medias de las vías de circunvalación por cuarto de hora en el sentido antihorario



Intensidades medias de las vías de circunvalación por cuarto de hora en sentido horario





### 2.1.2 VELOCIDAD MEDIA POR CORREDOR

Al igual que en el caso de la intensidad, la velocidad media presenta, en cuanto a periodo punta de tráfico, una evolución a lo largo del día bastante similar entre las distintas vías. Así, se produce una marcada disminución de la velocidad en la franja comprendida entre las 8 y las 9 horas de la mañana, ya que en este periodo se concentran los horarios de entradas a los centros escolares y de trabajo. Por la tarde, la disminución es menor, si bien se intensifica, entre las 17 y las 20 horas, consecuencia de una mayor diversidad en los horarios de finalización de la jornada laboral. Durante el resto del día, en la mayoría de vías, la velocidad es más regular, alrededor de los 80 km/h, con valores medios entre los 70 y 90 km/h en las vías de circunvalación, y entre los 90 y los 100 km/h en las carreteras radiales. En general, la velocidad media se sitúa claramente por debajo de la velocidad de diseño de la vía.<sup>2</sup>

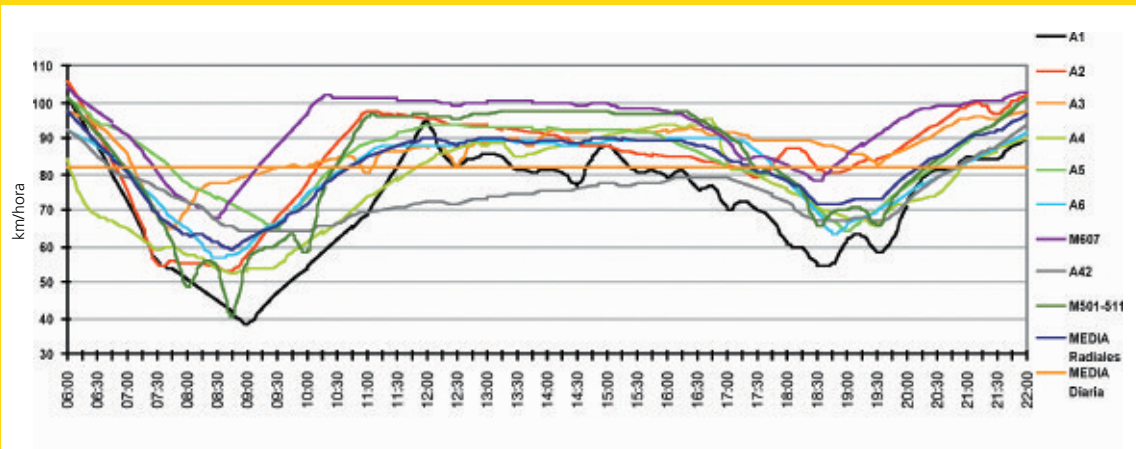
En las vías radiales las disminuciones más acusadas de velocidad se producen en el periodo de mañana en la A1, A2, A4 y A5, con una velocidad media en estas vías inferior a los 50 km/h. Debemos recordar que en la mayoría de ocasiones se tratan de las vías con una mayor intensidad de tráfico, excepto en el caso de la A5 donde se justifica esta disminución de velocidad por cambios en la capacidad: pasa de 3 a 2 carriles a partir de Móstoles.

Por lo que se refiere a las circunvalaciones, la que presenta un peor comportamiento es la M30 con velocidades medias que en algún momento del día se sitúa por debajo de los 40 km/hora. En la M-40 también se observan reducciones de velocidad significativas, principalmente en los tramos norte y este.

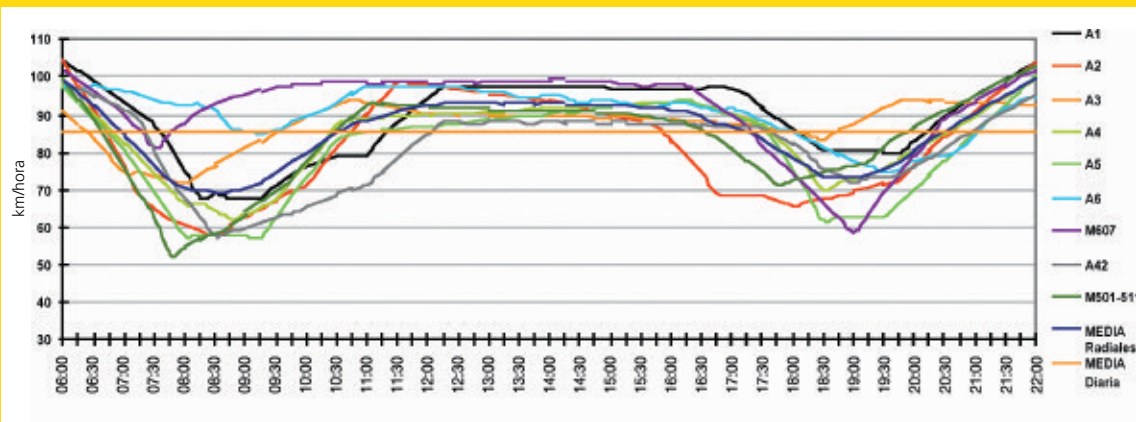
---

<sup>2</sup> Velocidad de diseño: Es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto determinan la circulación.

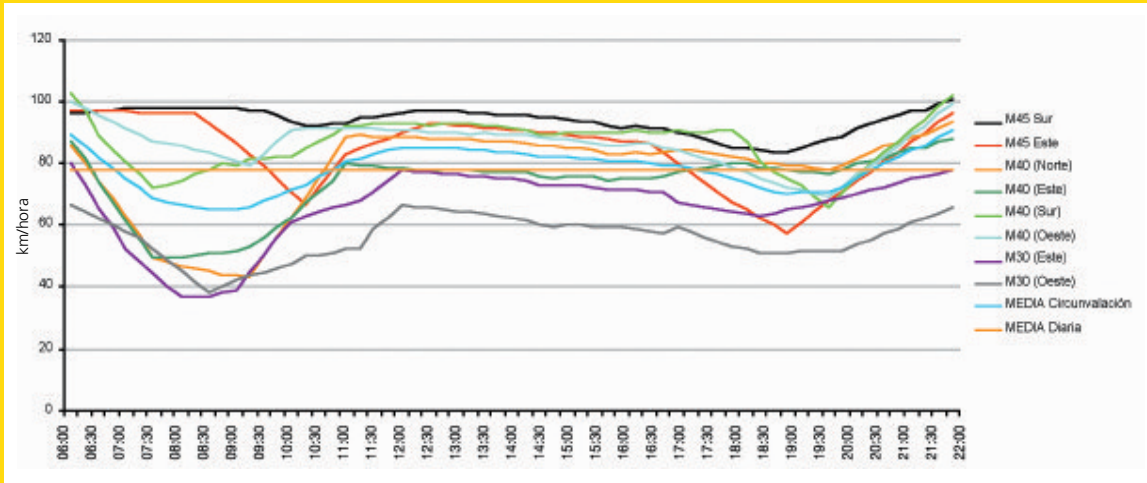
**Ilustración 6.** Variaciones de velocidad media de circulación por vía radial.  
 Velocidades medias de **entrada** de las vías radiales por cuarto de hora.



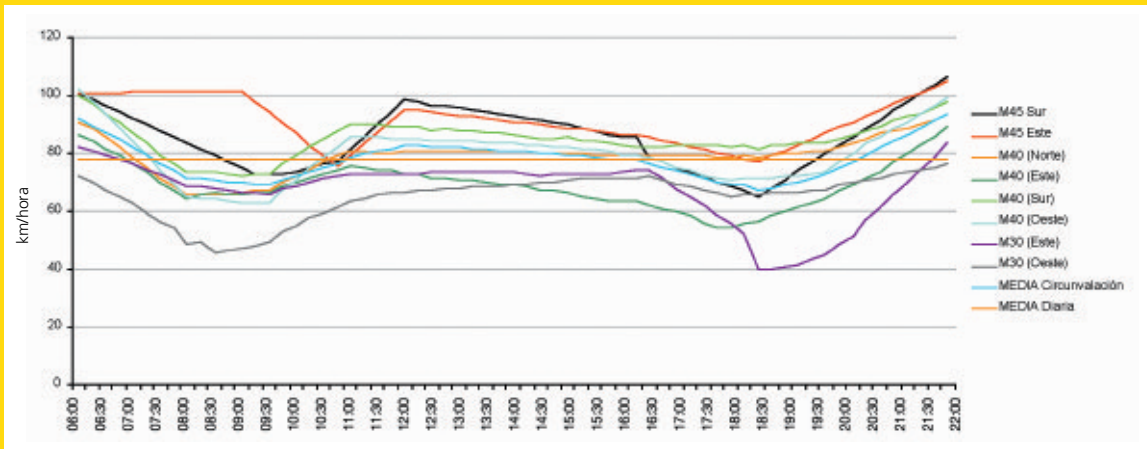
Velocidades medias de **salida** de las vías radiales por cuarto de hora.



**Ilustración 7.** Variaciones de velocidad media de circulación por vía de circunvalación. Velocidades medias de **entrada** de las vías de circunvalación por cuarto de hora.



Velocidades medias de **salida** de las vías de circunvalación por cuarto de hora.

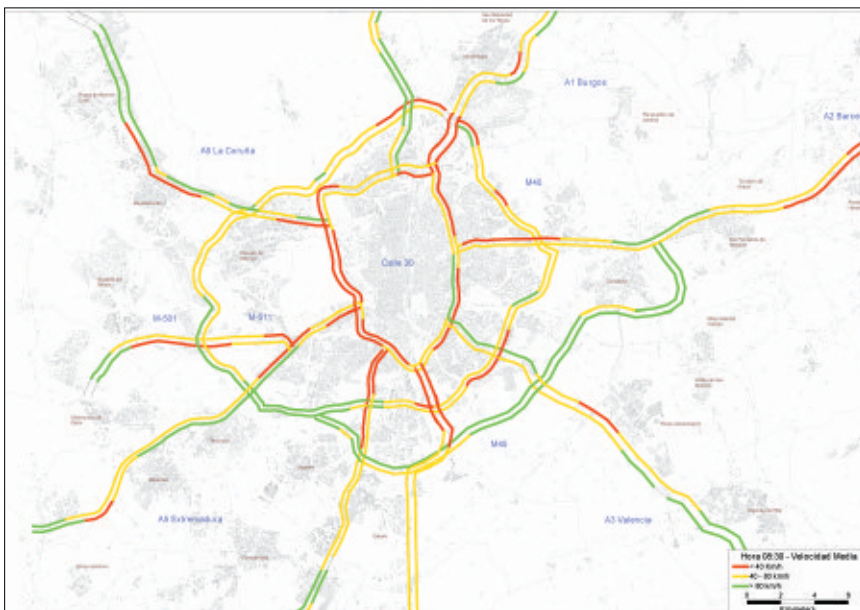


**Ilustración 8.**  
Mapas de velocidades medias de circulación (km/h)

07:00



08:30

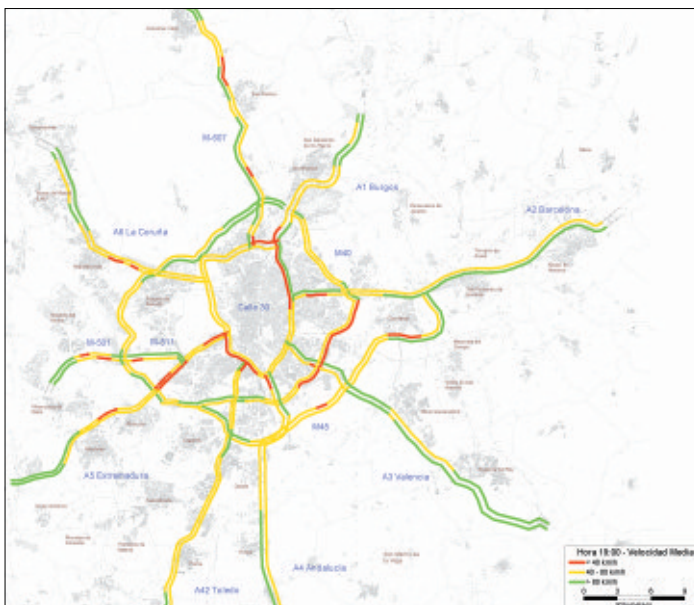




13:00



19:00



### 2.1.3 EL RENDIMIENTO DE LA RED VIARIA ANALIZADA

La velocidad media y la intensidad media proporcionan información básica de la movilidad en la red viaria de Madrid: la intensidad es una magnitud indicativa de la demanda de tráfico de cada vía, mientras la velocidad media lo es de la calidad de circulación.

Un tercer indicador de importancia es el que relaciona las condiciones de circulación de tráfico reales, a lo largo de un día tipo, y las de circulación libre<sup>3</sup>. Este indicador muestra el rendimiento de la red viaria, pudiéndose distinguir tres tipos de tramos:

**1. Tramos de alta eficiencia individual:** Son aquellos en los que la velocidad de circulación real se aproxima a la velocidad máxima permitida. El beneficio individual para el usuario es elevado, pero no así a nivel social pues el volumen de vehículos que pasan por este tipo de tramos es bajo.

**2. Tramos de alta eficiencia social:** Son aquellos en que el tráfico es continuo, sin reducciones substanciales de la velocidad de circulación. El rango de velocidades se situaría entre los 40 y los 80 km/h. No representaría pérdidas significativas en desplazamientos habituales para los usuarios y además el beneficio social es elevado ya que la cantidad de vehículos que lo utilizan es grande.

**3. Tramos de congestión:** Tramos en los que la velocidad media de circulación es inferior a los 40 km/h. Tanto el rendimiento social como el individual es bajo.

La evaluación del rendimiento de las vías, de acuerdo con estos 3 tipos de tramos, se muestra en la tabla siguiente:

**Ilustración 9.** Índices de eficiencia de la red viaria.

Índice global			Segmentos horarios			
Tipo de eficiencia	Rango de velocidad	Media diaria (16 horas)	7:00	8:30	13:00	19:00
Congestión (IC)	<40	3%	1,6%	18,6%	0,0%	6,7%
Social (IES)	40-80	35%	41,5%	47,2%	19,2%	58,8%
Individual (IEI)	>80	62%	58,9%	34,3%	80,8%	34,4%

Los tramos en congestión que afectan al conjunto de la red tan sólo constituyen un 3% de la oferta viaria disponible a lo largo del día. Sin embargo, dado que esta se concentra en períodos muy determinados, la percepción social de congestión es mayor. En este sentido, la mayoría de estos tramos (84%) se concentran en 6 horas del día tipo (de 7:00 a 10:30 y de 18:00 a

20:00). Cuando se producen las puntas de demanda, a las 8h 30', el número de tramos en congestión de ese período alcanza casi el 19% de la red. Por el contrario, aproximadamente el 62% de esa misma oferta corresponde a tramos de alta eficiencia individual. Es decir, los usuarios tienen una amplia oferta de red en términos espaciales y temporales para circular sin restricciones de velocidad excepto las que imponen las regulaciones de circulación. El resto de la oferta viaria, un 35% de los tramos considerando el día tipo de circulación presentan un alto rendimiento social, que en períodos punta aumenta hasta un 50% de la red.

<sup>3</sup> Circulación libre: velocidad de circulación sin ningún tipo de restricción (excepto la velocidad máxima regulada) donde los vehículos no sufren ningún tipo de demora. Corresponde a intensidades de mínima demanda como horas nocturnas.

Aumentar el uso social de la red viaria en horas de máxima demanda debería constituir un objetivo general de planificación y de gestión operativa dado que permite maximizar los recursos viarios disponibles y minimizar las externalidades generadas por el transporte, en especial la contaminación global y local. Sin embargo, ello requiere sistemas de gestión dinámica porque adaptan las condiciones variables del flujo viario y permiten inducir la demanda de los usuarios mejorando los efectos caóticos de la tradicional conducción espontánea, previendo además las situaciones de congestión, evitándolas, y fomentando de este modo un mayor rendimiento social.

Por otra parte, la red viaria presenta un alto grado de sensibilidad frente a pequeños incidentes: accidentes, meteorología, eventos...de tal manera que se producen cambios bruscos de rendimiento que reducen drásticamente y en pocos minutos las eficiencia de una vía, llevándola rápidamente a la congestión e incluso al colapso. Se estima que este tipo de situaciones se producen para un 20 % de la oferta viaria global. Sin embargo, se han segregado del "día tipo de circulación" entendiendo que se trata de situaciones circunstanciales que no reflejarían un funcionamiento habitual de la red y que podrían ser minimizadas a corto plazo con determinadas actuaciones puntuales de mejora de la gestión de estas situaciones. La conclusión general es que existe un amplio margen para la mejora en la gestión de los recursos viarios debido a la ineficiente distribución que presenta la demanda respecto a una oferta rígida por definición. Trabajando a medio y largo plazo en la introducción de nuevos hábitos de movilidad que consiguiesen reducir la puntas de demanda distribuyéndolas hacia otras franjas horarias, ya se conseguirían mejoras sustanciales. Por ejemplo, la redistribución horaria y espacial de la logística de mercancías, o la flexibilización de los horarios de trabajo, podrían ser medidas que favorecerían la optimización de la capacidad de las vías. Debemos recordar que un 60% de los tramos-km la velocidad media de circulación supera los 80 km/h. La evaluación del rendimiento por vías se puede consultar en el anejo correspondiente en <http://www.fundacionracc.es>.

Por último, indicar que en estos porcentajes no se tienen en cuenta las autopistas radiales de peaje, y que constituyen un complemento a la red viaria analizada, facilitando una circulación fluida inclusive en hora punta. En este sentido, se observa que únicamente un 3% del tráfico utiliza estas vías o la M-50 a pesar de constituir prácticamente un tercio de la oferta total viaria de alta capacidad de las vías de acceso a la ciudad de Madrid.

## 2.2 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONGESTIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS COSTES, A NIVEL DE RED VIARIA Y USUARIO.

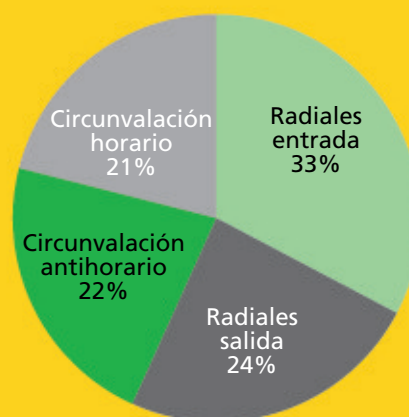
En este apartado se evalúa y cuantifica, en primer lugar, la congestión<sup>4</sup> global de todas las vías consideradas y en segundo lugar, la referenciada a los usuarios afectados.

### 2.2.1 LA CONGESTIÓN EN LAS VÍAS METROPOLITANAS

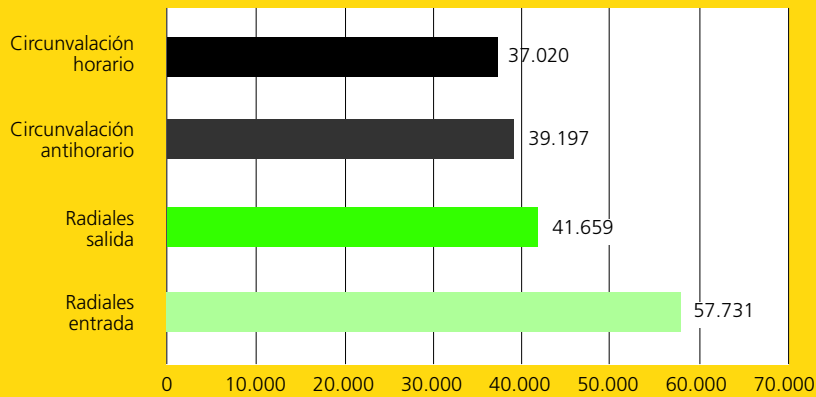
De los cerca de 1.100.000 vehículos/día y sentido que circulan por la red objeto de estudio, cerca de la mitad (532.000) soportan congestión. Traducido a usuarios, la congestión afecta, en grado diverso a casi un millón de usuarios (entre autobús y automóvil), que acceden diariamente a Madrid, lo que supone un 53% del total.

La mencionada afectación supone 329.000 horas de tiempo perdido en un día tipo, lo que representa 81,2 millones de horas perdidas al año<sup>5</sup>.

**Ilustración 10.** Distribución del tiempo perdido según estructura funcional

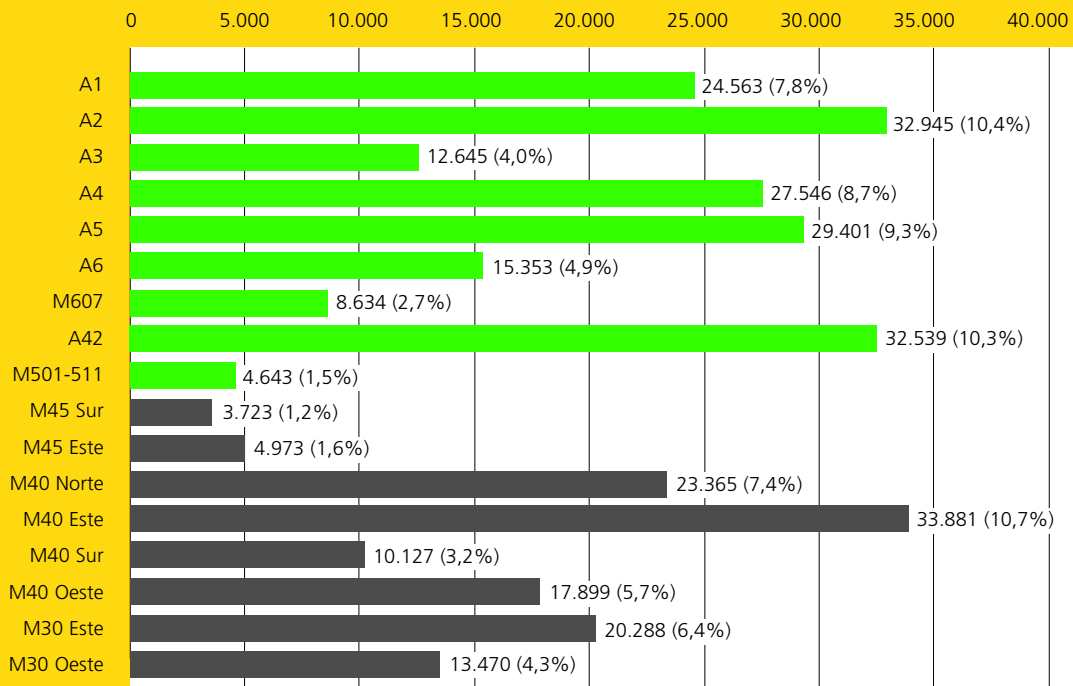


**Ilustración 11.** Horas al día perdidas según estructura funcional



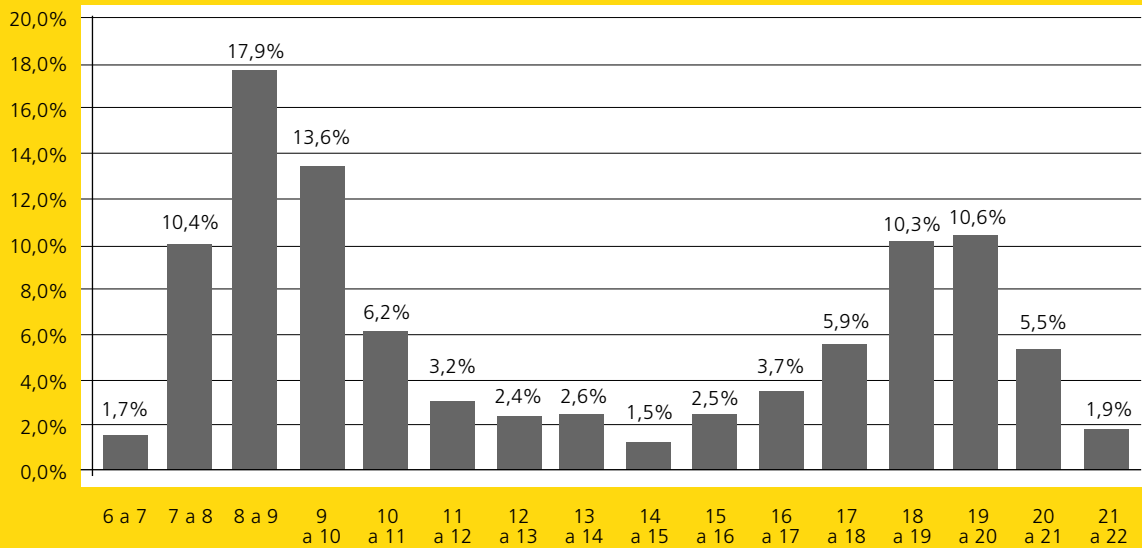
Así, el 72% del tiempo perdido en congestión se concentra en seis vías: A1, A2, A4, A5, A42 y M-40, esta última en sus tramos Norte y Este. Coinciden con los corredores más poblados (Sur y Este) o con una importante actividad terciaria (corredor de la A1).

**Ilustración 12.** Tiempo perdido por vía al día (horas/día)



Considerando las diferentes franjas horarias , el 69% del tiempo perdido en congestión se concentra en una franja crítica de 6 horas (7:00 a 10:00 y 17:00 a 20:00), principalmente en la franja matinal y en especial en el período horario de 8 a 9 de la mañana.

**Ilustración 13.** Distribución por período horario del tiempo perdido en congestión



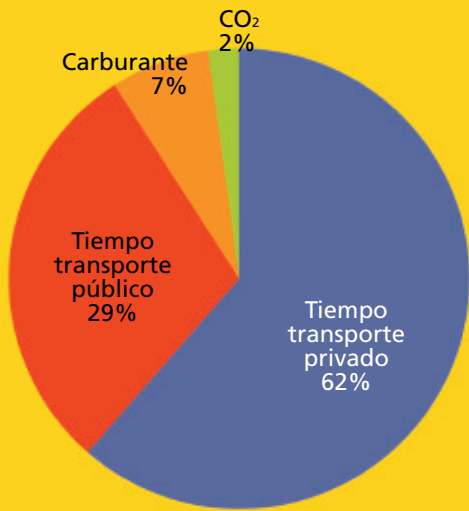
Los costes de la congestión en los accesos a Madrid se estiman en 3,4 millones de euros al día, equivalentes a 839 millones de euros al año.<sup>6</sup>

Estos costes incluyen el exceso de tiempo de viaje, más el incremento de consumo de combustible y de las emisiones de CO<sub>2</sub> (ver distribución en Ilustración 14).

Desde la perspectiva de la afectación de este coste por modo de transporte, se evidencia que la congestión la padecen todos los modos de transporte, incluso los colectivos, ya que el usuario del autobús soporta aproximadamente el 30% del total de la congestión generada.

<sup>6</sup> Esta estimación de costes es muy conservadora ya que no se consideran por ejemplo los costes derivados de la contaminación local por ejemplo. La metodología utilizada se presenta con más detalle en los anexos que se pueden consultar en formato digital ([www.fundacionracc.es](http://www.fundacionracc.es))

**Ilustración 14.** Distribución del coste total de la congestión



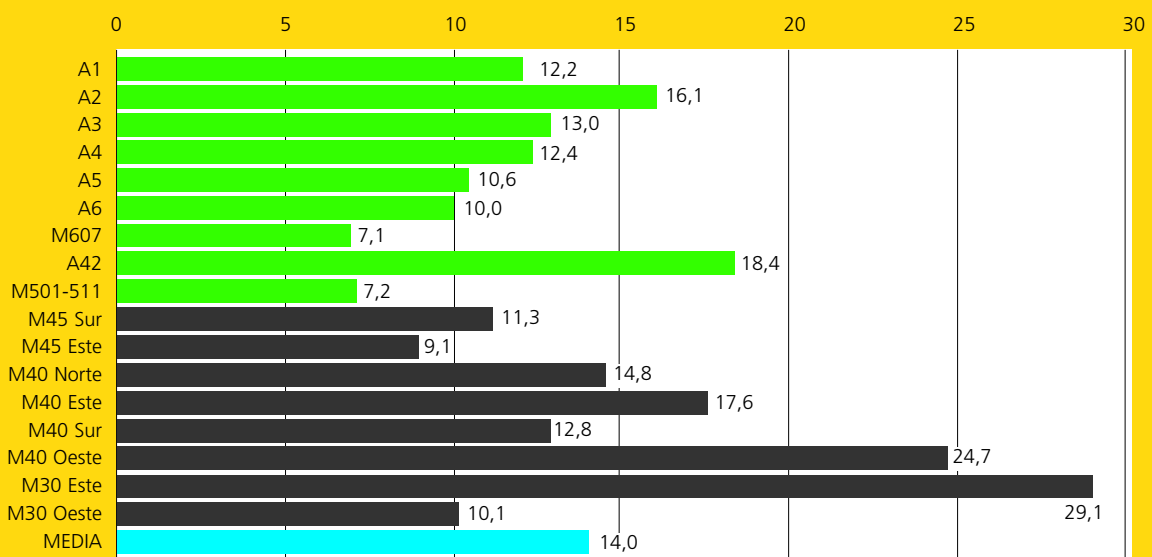
**2.2.2 LA CONGESTIÓN SOPORTADA POR CADA USUARIO AFECTADO**

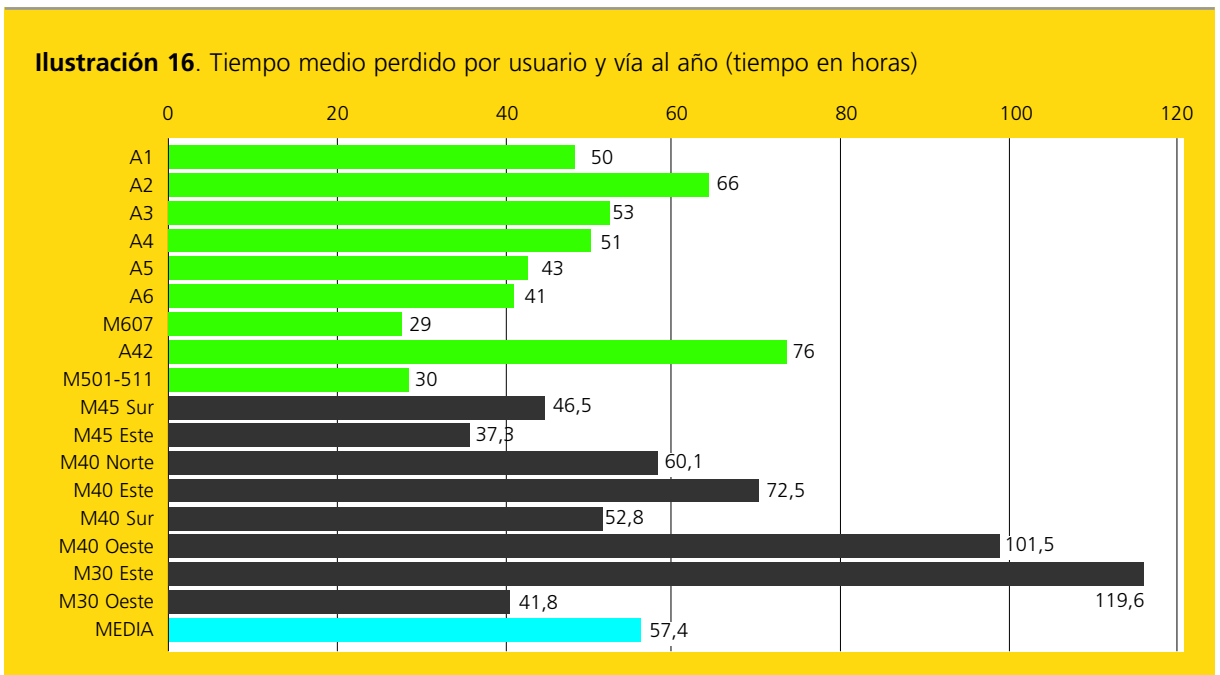
El tiempo medio perdido por cada usuario es de 14 minutos al día, equivalente a 57,4 horas al año. Este tiempo equivale a 7 días de vacaciones cada año y es de orden similar a la pérdida de tiempo debida al absentismo laboral por trabajador en España, que es de 67 horas/año.

Si nos ceñimos a la hora punta, entre 8 y 9 de la mañana, la pérdida media de tiempo por usuario supera los 35,1 minutos al día, es decir, aproximadamente 144,4 horas al año. Así, cada usuario que cotidianamente accede a Madrid en hora punta derrocha el equivalente a 18 días de vacaciones al año por causa de la congestión.

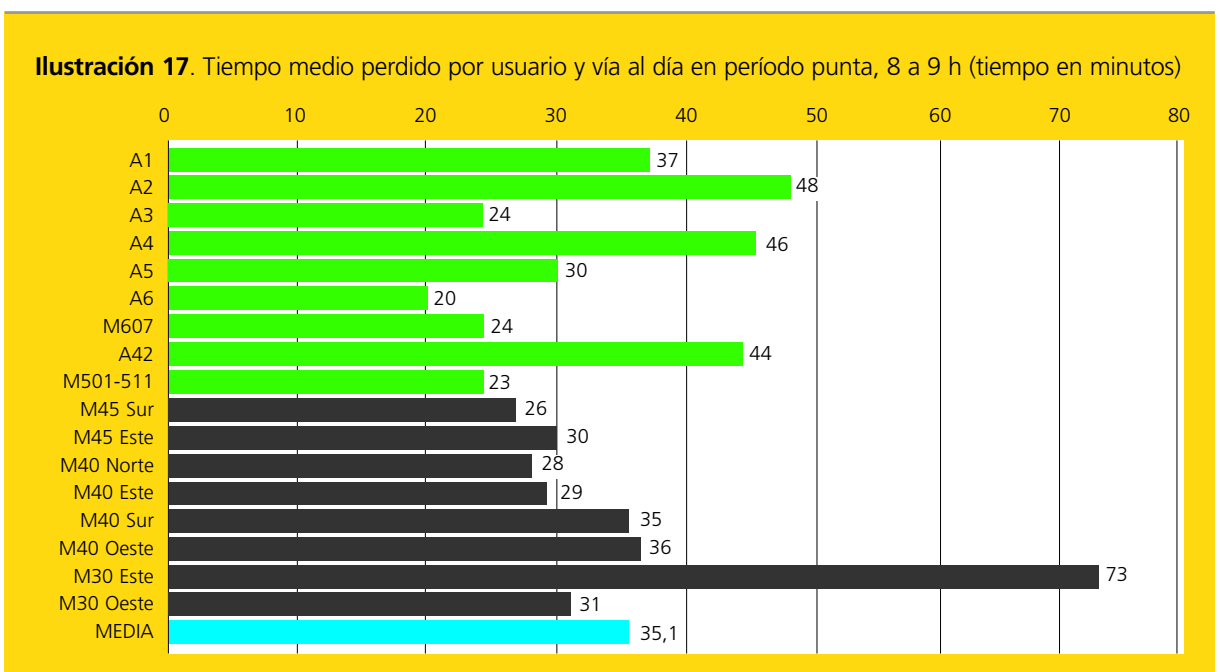
Por vías, es de destacar la congestión que soporta cada usuario en la A2 y la A42 (más de 15 minutos al día y más de 60 horas al año) por lo que se refiere a las radiales. En el caso de las circunvalaciones destacan la M-40 en su tramo Oeste y la M-30 en sus tramo Este, con una media superior a los 20 minutos.

**Ilustración 15.** Tiempo medio perdido por usuario y vía al día (tiempo en minutos)

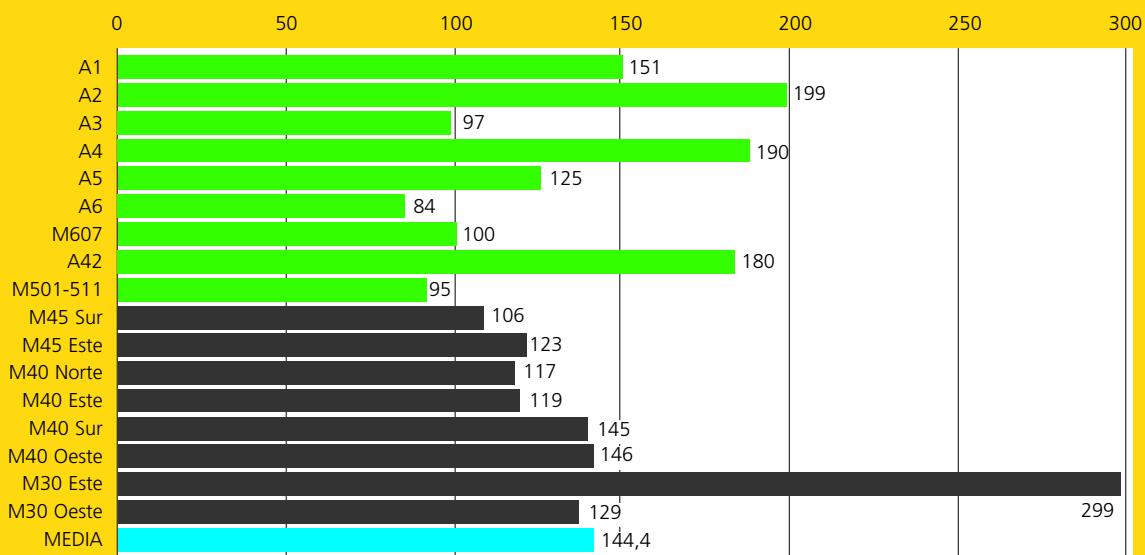




En hora punta las pérdidas de tiempo son de aproximadamente tres cuartos de hora en la A4, A2 y A42, y de más de una hora en la M-30.

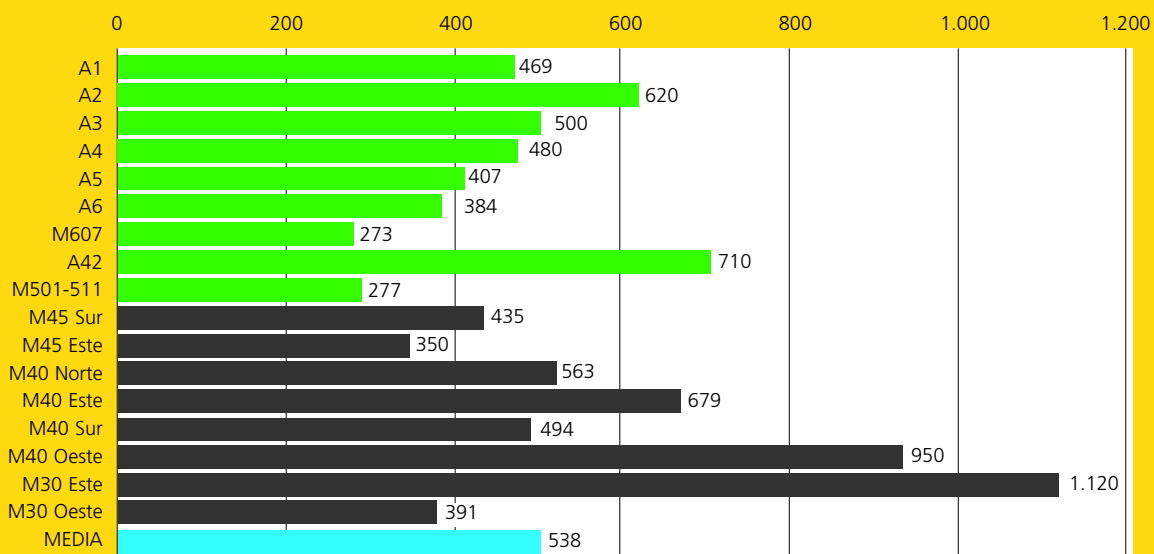


**Ilustración 18.** Tiempo medio perdido por usuario y vía al año en hora punta, 8 a 9 h (tiempo en horas)



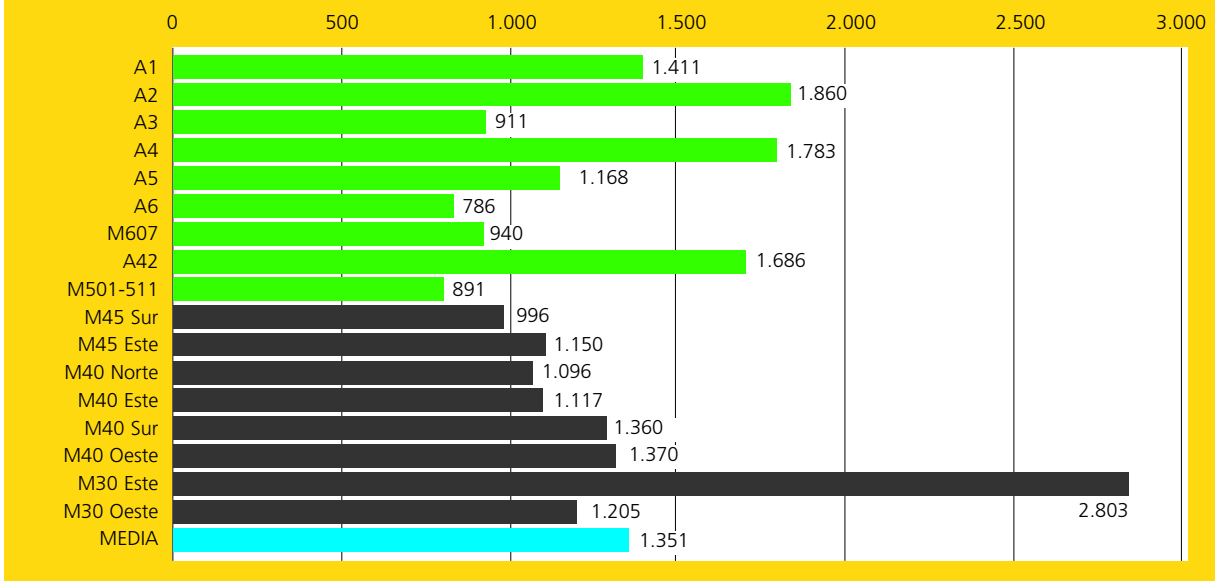
El coste medio anual por usuario asciende a 538€ (considerando únicamente el coste por tiempo perdido). Si nos referimos al usuario de hora punta, el coste originado por la congestión alcanza 1.351 €.

**Ilustración 19.** Coste medio anual por usuario y vía (6 a 22 h) en euros





**Ilustración 20.** Coste medio anual por usuario y vía en período punta (8 a 9 h) en euros



**Ilustración 21.** Resumen general de indicadores evaluados

Corredores		A1	A2	A3	A4	A5	A6	M607	A42	M501-511	TOTAL/MEDIA
Usuarios afectados	Vehículo privado	62.303	56.387	34.069	81.735	58.598	43.196	37.558	38.187	21.813	433.836
	Transporte público	22.445	29.601	6.834	11.202	58.424	21.480	13.798	35.952	5.333	204.980
Tiempo total perdido	DÍA (hr/día)	18.858	21.404	10.532	24.226	14.722	10.254	6.325	14.760	3.731	126.212
	AÑO (hr/año)	4.460.302	5.336.210	2.601.464	5.983.719	3.636.389	2.532.662	1.562.374	4.139.718	921.569	31.174.406
Coste total congestión AÑO (€/año)		61.182.891	83.736.690	34.518.228	71.130.361	73.091.264	39.889.356	23.957.727	81.673.456	11.861.458	480.441.133
T. medio perdido USUARIOS-DÍA (min./día)		12,2	16,1	13,0	12,4	10,6	10,0	7,1	18,4	7,2	12,4
T. medio perdido USUARIOS-AÑO (hr./año)		50	66	53	51	43	41	29	76	30	51,0
T. perdido USUARIO/DÍA periodo punta (min./día)		37	48	24	46	30	20	24	44	23	34,0
T. perdido USUARIO/AÑO periodo punta (hr./año)		151	199	97	190	125	84	100	180	95	140,0
Coste medio USUARIO-AÑO (€/año)		469	620	500	480	407	384	273	710	277	477
Coste medio USUARIO-AÑO periodo punta (€/año)		1.411	1.860	911	1.783	1.168	786	940	1.686	891	1.310

Vía circunvalación		M45	M40	M30	TOTAL/MEDIA
Usuarios afectados	Vehículo privado	27.124	129.061	86.058	242.242
	Transporte público	9.755	82.624	18.733	111.113
Tiempo total perdido	DÍA (hr/día)	2.333	33.363	8.785	44.481
	AÑO (hr/año)	576.261	8.240.566	2.169.998	10.986.825
Coste total congestión AÑO (€/año)		24.627.188	216.138.873	118.317.485	359.083.547
T. medio perdido USUARIOS-DÍA (min./día)		10,2	17,4	19,6	16,8
T. medio perdido USUARIOS-AÑO (hr./año)		42	72	81	69,2
T. perdido USUARIO/DÍA periodo punta (min./día)		28	32	52	36,8
T. perdido USUARIO/AÑO periodo punta (hr./año)		115	132	214	151,5
Coste medio USUARIO-AÑO (€/año)		392	671	755	647
Coste medio USUARIO-AÑO periodo punta (€/año)		1.073	1.236	2.094	1.418



### 2.2.3 LA CONGESTIÓN EN ITINERARIOS TIPO

Superando el concepto clásico de desplazamiento corona exterior-centro urbano, debe considerarse además que el número de desplazamientos entre ámbitos urbanos de la corona periférica va creciendo. Sin embargo, la oferta de transporte colectivo resulta ineficiente a tenor de los resultados obtenidos. En estos casos el vehículo casi siempre resulta más competitivo incluso en horas de congestión. En algunos de ellos la transferencia intermodal (tiempo necesario

para cambiar de modo transporte o de línea) resulta determinante.

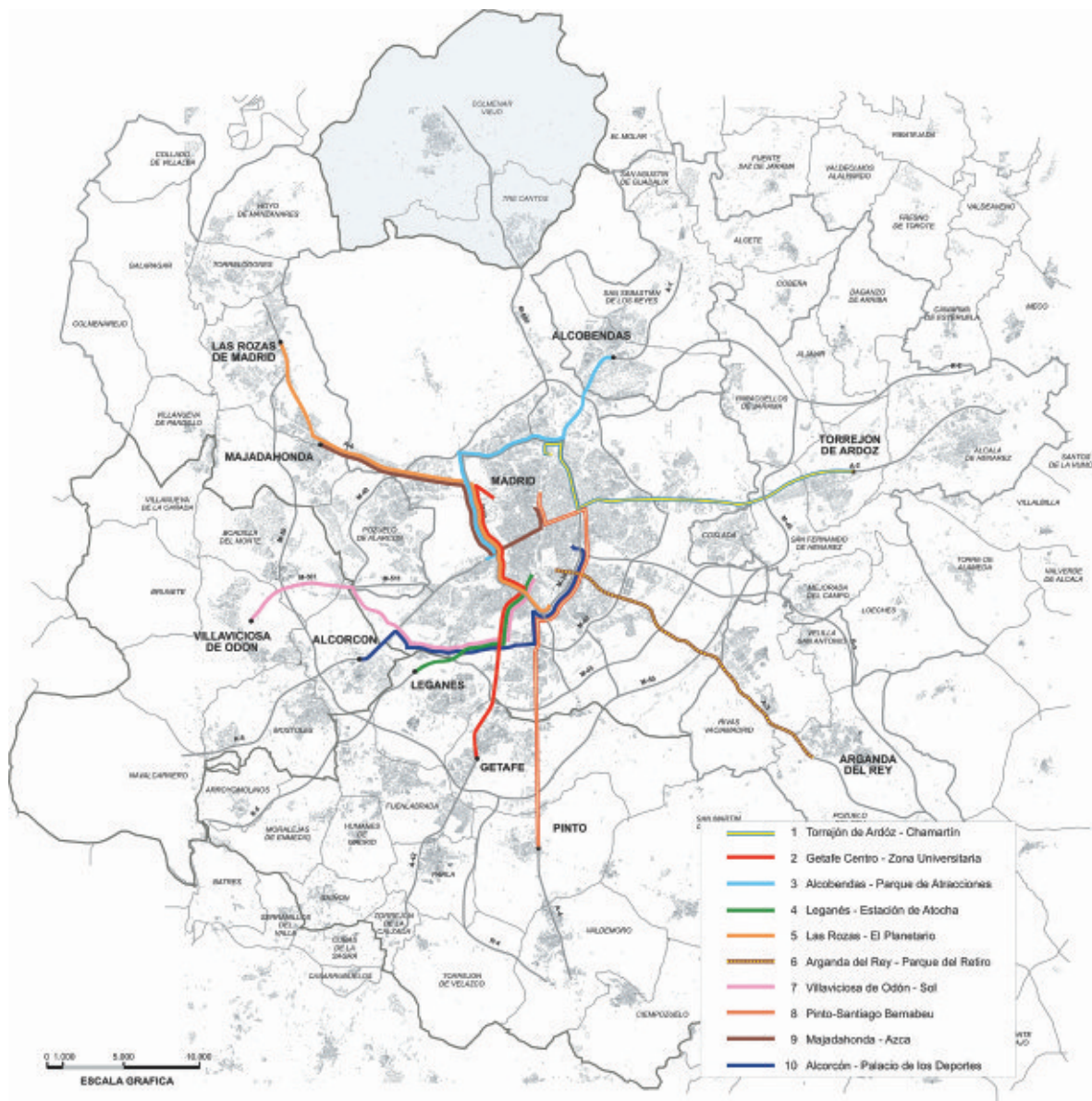
Para comprobarlo se han analizado 10 itinerarios tipo (identificando posibles motivos frecuentes de desplazamiento dentro del Área Metropolitana de Madrid). Sobre ellos se ha calibrado el tiempo de viaje perdido en diferentes periodos horarios. Los resultados son concluyentes.

	Itinerario	Motivo	Modos transporte utilizados
ITIN 1	Torrejón de Ardóz a Chamartín	Ir a coger el tren	RENFE
ITIN 2	Getafe a Zona Universitaria	Motivo educativo	RENFE+metro
ITIN 3	Alcobendas al Parque de Atracciones	Motivo Ocio	RENFE+metro
ITIN 4	Leganés a la Estación de Atocha	Ir a coger el AVE	RENFE
ITIN 5	Las Rozas al El Planetario	Motivo Ocio	RENFE+metro
ITIN 6	Arganda del Rey al Parque del Retiro	Motivo Ocio	Metro
ITIN 7	De Villaviciosa de Odón a Sol	Motivo Compras	Autobús+metro
ITIN 8	De Pinto al Santiago Bernabeu	Motivo Ocio	RENFE+metro
ITIN 9	De Majadahonda a Azca	Motivo trabajo	RENFE+metro
ITIN 10	De Alcorcón al Palacio de los Deportes	Motivo trabajo	RENFE+metro



A6, carril BUS

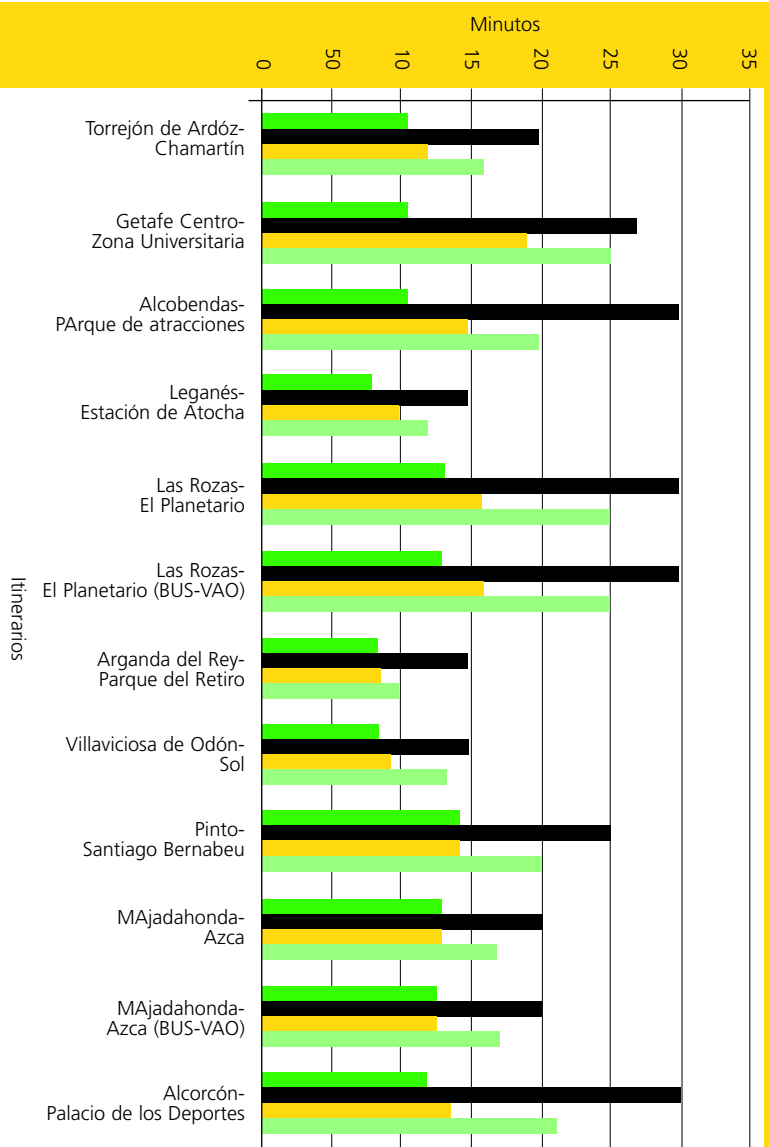
Ilustración 22. Itinerarios sobre tiempos de viaje.



El tiempo de viaje alcanza en momentos críticos duraciones del doble de tiempo en relación a periodos sin congestión y prácticamente triplicándose en algunos

itinerarios como por ejemplo desde Alcobendas al parque de atracciones.

**Ilustración 23.** Tiempos de desplazamiento por itinerarios y periodos para el vehículo privado.



### 2.3 LA COMPETITIVIDAD EN TRANSPORTE PÚBLICO

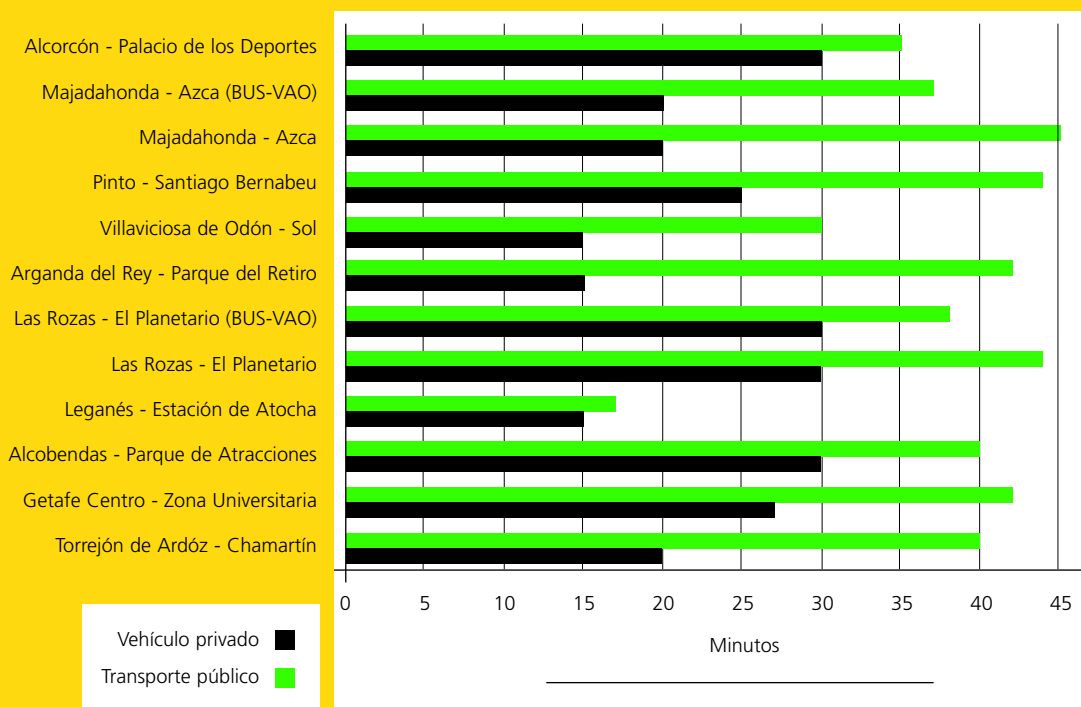
Una condición necesaria para evitar el incremento de los niveles de congestión en un escenario de movilidad creciente sería conseguir la transferencia de viajes en vehículo privado a los transportes colectivos, especialmente en los periodos punta.

#### 2.3.1 TIEMPOS DE VIAJE POR MODO DE TRANSPORTE

Si se comparan los tiempos de viaje en vehículo necesario para realizar los itinerarios anteriores con los que se emplearían en transporte público, se observa

que el tiempo necesario en algunos de los casos se llega a triplicar a pesar de que el transporte público (tren o metro) discorra de forma segregada en la mayoría de casos. Ocurre en especial en aquellos casos en que se utiliza el autobús: por ejemplo de Villaviciosa de Odón a Sol; o cuando el tren no tiene un trazado directo como puede ser el caso entre Torrejón y Chamartin (se ha de entrar por Atocha) o entre Majadahonda y Azca. También es elevado el tiempo de trayecto en transporte público en el caso de relaciones en metro de larga distancia como entre Arganda del Rey y Retiro. Por el contrario determinadas relaciones directas en tren son altamente competitivas en vehículo privado como por ejemplo entre Leganés y Atocha.

**Ilustración 24.** Tiempos de desplazamiento por itinerarios y periodos para el vehículo privado.



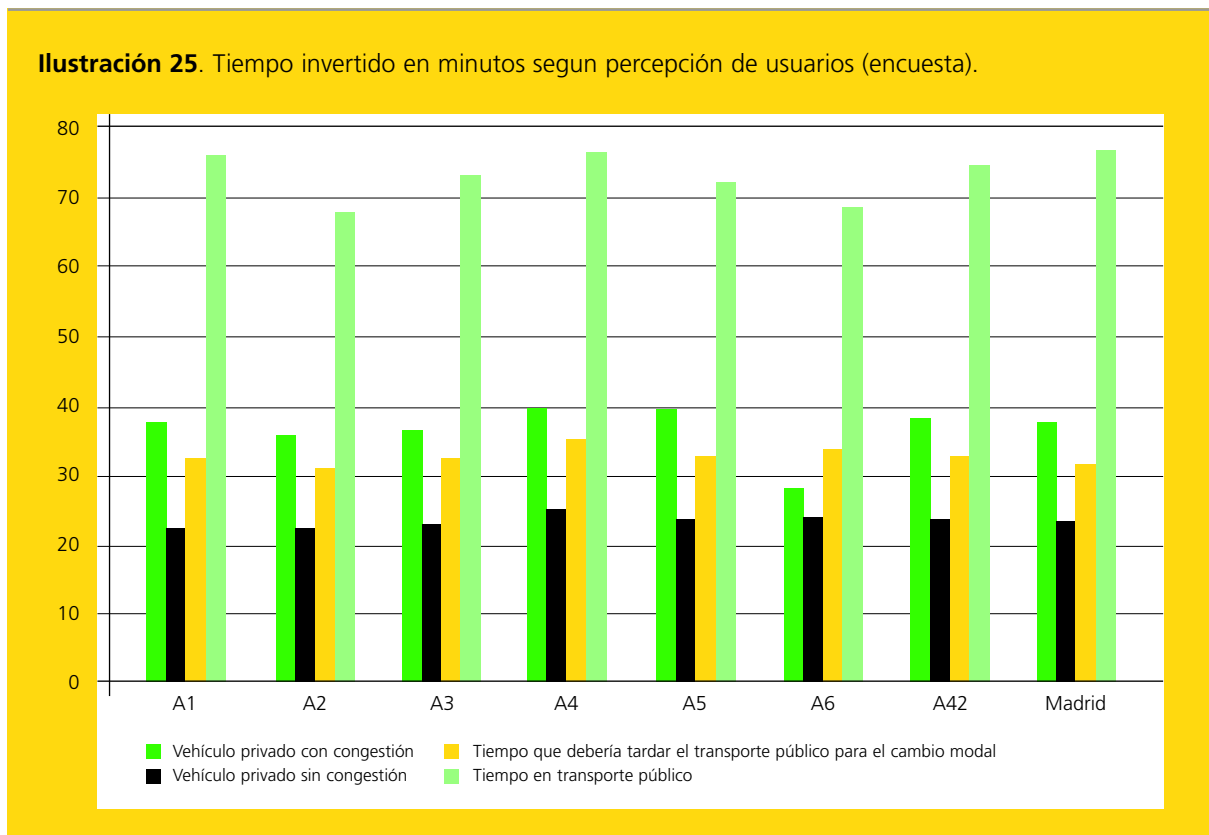
### 2.3.2 LA VISIÓN DEL USUARIO

Preguntando directamente al usuario sobre la duración del desplazamiento que percibe cuando se desplaza en coche con congestión y cuando utiliza el transporte público, se obtiene la eficiencia relativa que el usuario asigna a los modos disponibles (ver con mayor detalle Encuesta RACC de Congestión en el AM de Madrid-2008 en Anejos en [www.fundacionracc.es](http://www.fundacionracc.es)).

También se obtiene cuanto ha de tardar el transporte público para que el usuario del vehículo privado lo utilice. En este sentido, la comparación entre las demoras reales medidas sobre el terreno y las perci-

bidas por los usuarios en la encuesta arrojan una coincidencia casi generalizada. Así para todos los corredores los usuarios manifiestan invertir prácticamente el doble de tiempo si el trayecto lo realizan en transporte público que si lo desarrollan en transporte privado en congestión, confirmando los datos reales observados.

Los usuarios manifiestan a su vez una enorme sensibilidad hacia la velocidad de recorrido para su elección modal y exigen al transporte público para el cambio modal voluntario unas elevadas prestaciones situando la velocidad de competencia entre un 15% y un 20% más elevada que la del privado.



Fuente: Encuesta RACC de Congestión en el AM de Madrid (2008).

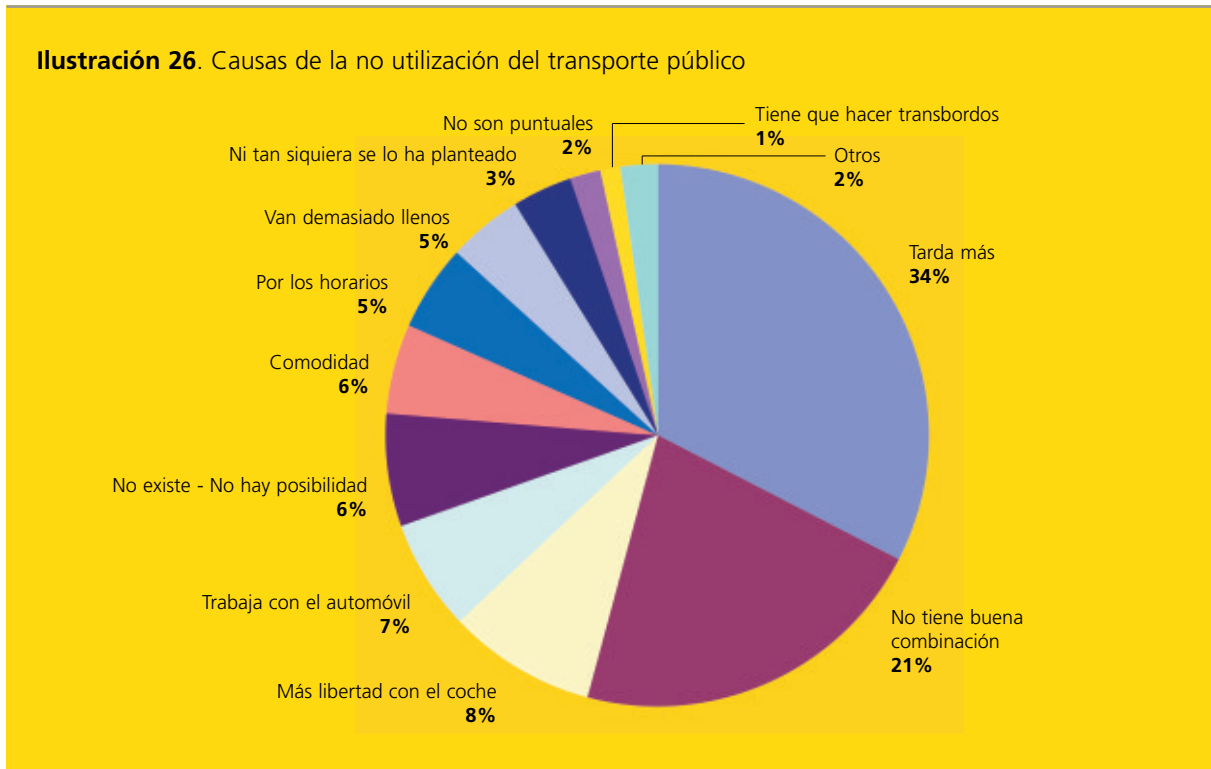
Debe destacarse que los menores tiempos de trayecto se producen por ejemplo en el corredor de la A2,

donde existen trenes directos de cercanías (civis) y en la A6, el único que dispone de Bus-VAO.

2.3.3 CAUSAS DE LA NO UTILIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

El conductor encuestado justifica la no utilización del transporte público fundamentalmente por la falta de oferta o por la deficiencia de la misma. Esto revela la existencia de un déficit importante real o percibido del modo alternativo al coche. También el usuario señala el excesivo tiempo de trayecto como barrera para la utilización del transporte público.

Así, este déficit de referencia es señalado por más de dos tercios de los conductores lo que debe propiciar una reflexión profunda sobre la realidad de los modos públicos en el Área Metropolitana, su adaptación a la demanda y especialmente sobre la visión que los ciudadanos no cautivos tienen del mismo.

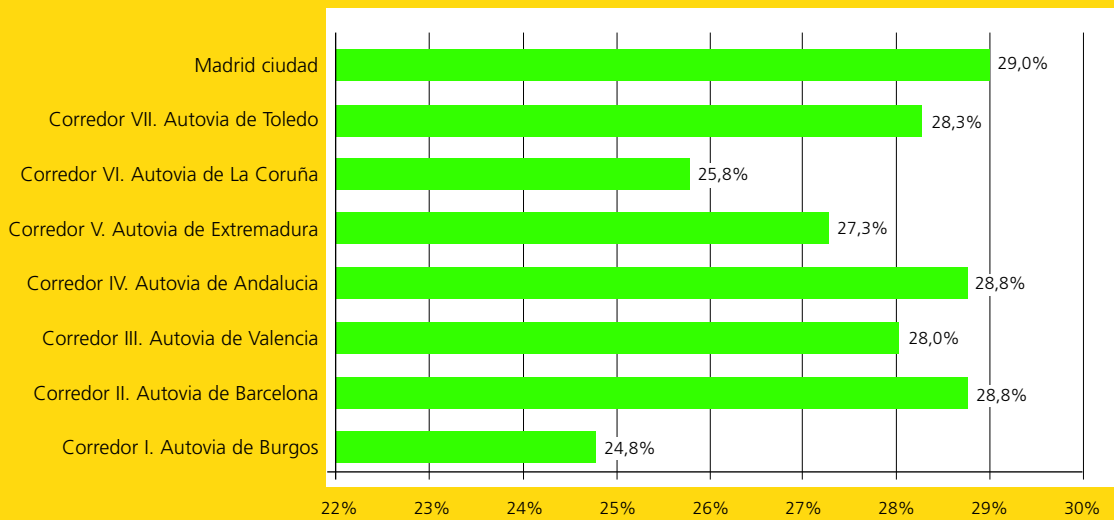


Fuente: Encuesta RACC de Congestión en el AM de Madrid (2008).

El análisis de la encuesta por corredores revela que los porcentajes relativos a motivos de falta de accesibilidad en transporte público – no existe línea regular o no hay buena combinación –, resultan similares para todos los corredores de acceso, entre el 25% y el 29%, siendo el corredor I (autovía de Burgos) y el VI (autovía de La Coruña), donde más se alega este tipo de motivo para no desplazarse en transporte público (ver Ilustración 27).



**Ilustración 27.** Distribución por corredores de las causas de no utilización del transporte público “No tiene buena combinación” y “No existe – No hay posibilidad”.



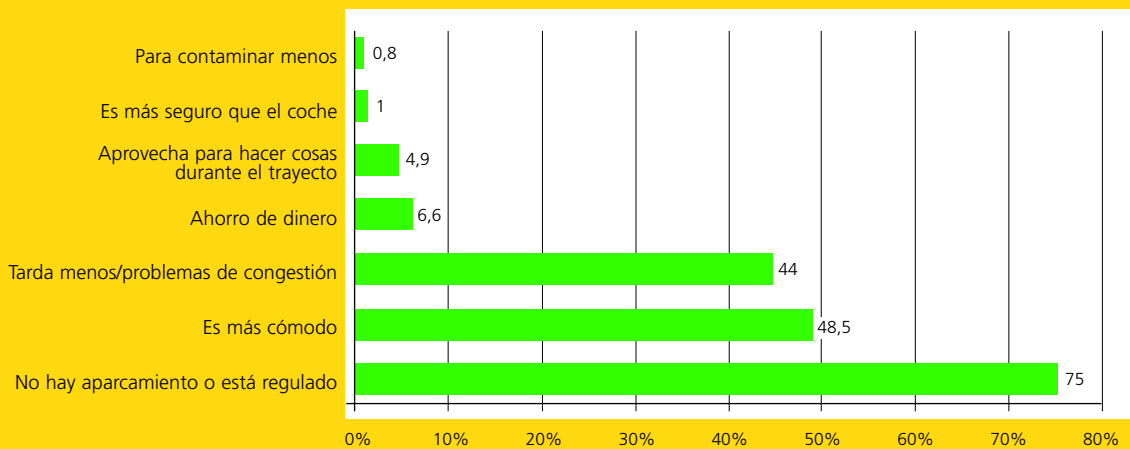
### 2.3.4 CAUSAS DE LA UTILIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Cuando por el contrario se pregunta a usuarios habituales del transporte público del Área Metropolitana de Madrid (sin ser cautivos del mismo ya que disponen de vehículo pero no lo utilizan como modo habitual), más del 75% de los encuestados indican como motivo principal para utilizar el transporte público la falta de aparcamiento en su lugar de destino en Madrid ciudad, o el coste del mismo (por estar regulado).

Este porcentaje tan elevado convierte al aparcamiento en un peaje urbano, disuasor de los viajes en coche a los centros de la Ciudad y por lo tanto en un instrumento principal de la descongestión viaria.



**Ilustración 28.** Causas de la no utilización del vehículo privado (multirespuesta).



Fuente: Encuesta RACC de Congestión en el AM de Madrid (2008).

Así mismo merece destacarse que casi el 50% de los usuarios del transporte público lo utiliza por ser más cómodo. Existe un segmento de la población que no disfruta de la conducción, más si cabe si soporta congestión. El aumento del confort del transporte público debería ser considerado un objetivo prioritario para conseguir una transferencia de usuarios hacia los modos colectivos de transporte. En especial el tiempo necesario y la comodidad de los transbordos modales de transporte en un mismo itinerario, debería ser considerado un objetivo prioritario para conseguir una transferencia de usuarios hacia los modos colectivos de transporte.



## 2.4 DETECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS Y RECURRENTES

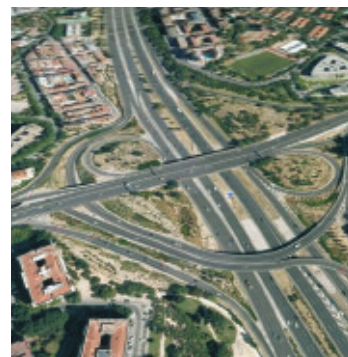
Las variaciones de la velocidad de recorrido para cada una de las vías objeto de estudio que pueden observarse gracias a los planos georeferenciados elaborados según períodos de 15', permiten detectar los principa-

les problemas recurrentes de congestión y el periodo del día en que se produce. Estos problemas para la punta de la mañana se localizan en:

Periodo	Puntos críticos
7h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comienza a registrarse tráfico denso de entrada en todas las nacionales registrándose congestión en la A2, A3 y A4.</li> <li>• Se registran tráfico denso la M-30 y la parte occidental de la M-40.</li> </ul>
7h.30'	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se genera congestión en la A1 de entrada, así como de salida en diversos tramos de la A2, A3 y M-607.</li> <li>• Se observa congestión en la M-40 entre la A4 y la M-607, principalmente en el sentido anti-horario.</li> </ul>
8h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congestión generalizada en todas los accesos, tanto de entrada como de salida.</li> <li>• Se observa una significativa congestión en la M-30.</li> </ul>
8h.30'	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hora punta, con mayor número de tramos con congestión, conviene destacar el aumento importante de esta en vías como la M-30, principalmente en el tramo Este, o los accesos desde la A1, A4 y A42.</li> </ul>
9h.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligeros descensos de los niveles de congestión aunque aún es bastante importante en la A1, la A2 a la altura de Alcalá, A4, A42, A5, M-30 en el sector Oeste y la M-40 en el norte.</li> </ul>
10h.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperación cierta normalidad excepto en la entrada de la A1, la A2 a la altura de Alcalá, la M-30 en el nudo sur y el acceso con la A6 y algún tramo de la M-45</li> </ul>

En relación al periodo punta de la tarde los principales problemas observados se sitúan en:

Periodo	Puntos críticos
17h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menores niveles de congestión que durante el periodo de mañana destacándose únicamente congestión crítica en la M-30 (nudo sur y de Manoteras) así como en la A4 de entrada</li> </ul>
17h.30'	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparecen problemas de salida en la M-607</li> </ul>
18h.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de congestión en la A1 y en la A2 a la altura d Alcalá</li> </ul>
18h.30'	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparecen problemas de congestión en la M-40 y en la M45</li> </ul>
19h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparecen problemas de congestión en la A3, A5 (de salida) y A6</li> </ul>
20h.30'	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se agudizan los problemas de congestión en la A5</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desaparecen la congestión crítica en la mayoría de vías, manteniéndose en algún tramo de la A2 y la M-30</li> </ul>

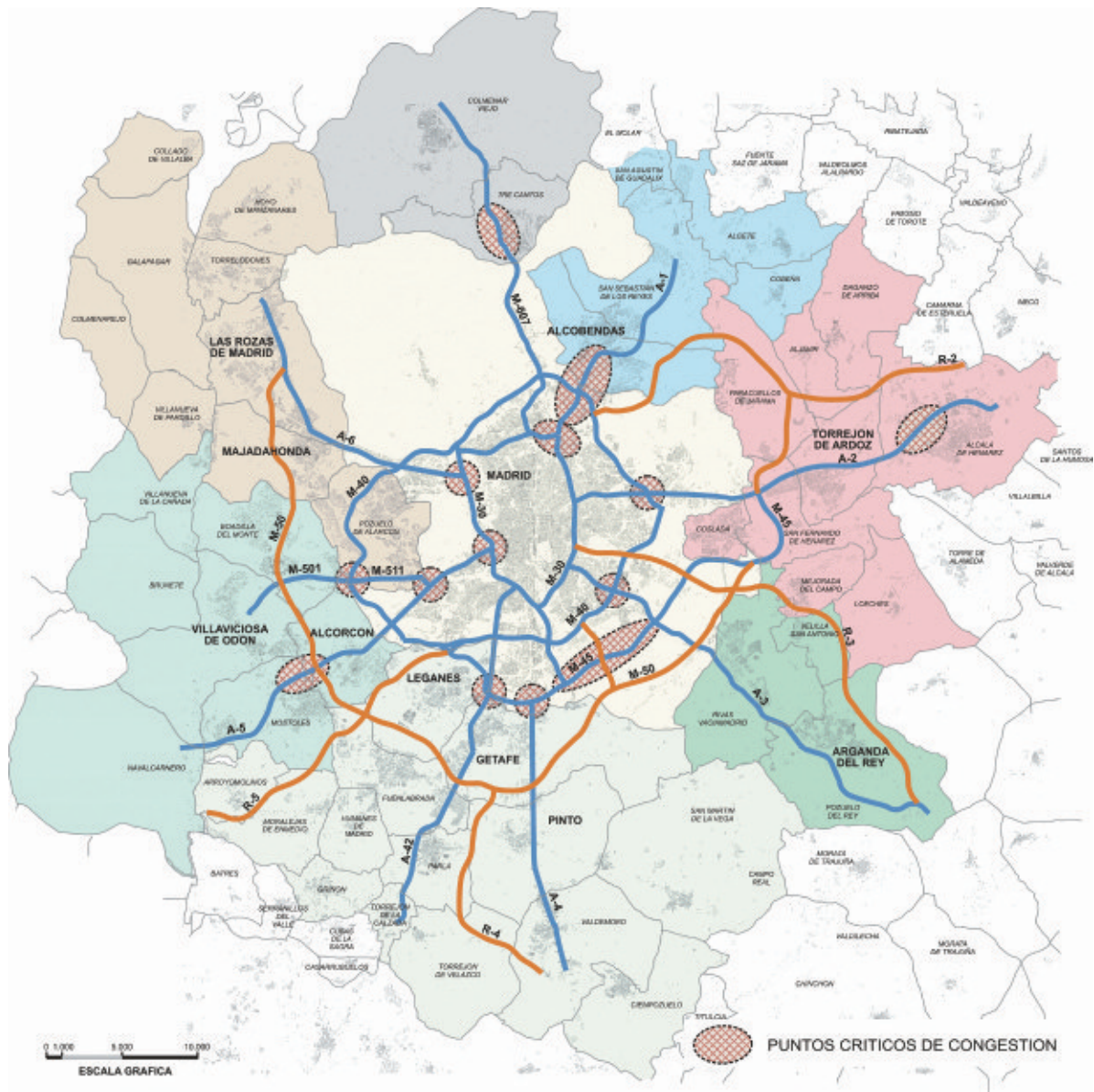


Enlace A2-M30

A continuación detallamos los principales tramos y enlaces en los que se registra congestión.

<b>Tramos de recurrente Congestión</b>	<b>Motivo</b>
A1 (San Sebastián de los Reyes-M-30)	Capacidad insuficiente de acceso a la ciudad de Madrid, que se agudizará con el desarrollo terciario que se está produciendo en el final del Pº de la Castellana
A2 (Alcalá de Henares-M30 a Madrid)	Son especialmente críticos el tramo a la altura de Alcalá de Henares cuando se pasa de 3 a 2 carriles y en el enlace de la M-40 (se ha de realizar de forma indirecta)
A3 (Arganda del Rey-M-30)	Especialmente conflictivo el enlace con la M-40
A4 y A42 (entre la M-30- y la M40)	Especialmente conflictivos los enlaces con la M-45
A5 (entre antes de Móstoles y M30)	Especialmente conflictivos los enlaces con M-511 y con la M-30, así como la reducción de capacidad que se produce a la altura de Móstoles
M-511-501 (Villaviciosa de Odón- M30)	Especialmente conflictivo el enlace con la M-40
A6 (Majadahonda-M-30)	Especialmente crítico el enlace con M-30
M607 (Colmenar Viejo- M-30)	A destacar la disminución de capacidad que se produce a la altura de Tres Cantos.
M-45	Especialmente conflictivo el tramo comprendido entre la A3 y la A4
M-40	Mayor congestión en el tramo Este
M-30	Mayor congestión en el tramo Este (de menor capacidad) y en los enlaces norte (Manoteras) y sur

Ilustración 29. Puntos críticos de congestión.



### 3. Propuestas de actuación

#### 3.1 CONDICIONANTES DE LAS PROPUESTAS

Evaluados en los apartados anteriores los niveles de congestión actuales, la prognosis futura ofrece escenarios nada halagüeños. Así, en la mayoría de los casos, si no se actúa ya, los costes de congestión podrían triplicarse en 10 años.

Por otro lado, los usuarios del transporte público de superficie también se verán afectados por las demoras que genera la congestión. En cierto modo, se trata de una congestión oculta, que es difícil de medir, pero que el ciudadano sufre diariamente y que condiciona gravemente su derecho social a moverse. La falta de competitividad del transporte público respecto al privado además condiciona las posibilidades de la mejorar de la eficiencia del viario.

Existen numerosos planes y programas de actuación que, desde una perspectiva del medio-largo plazo, pretenden abordar y solucionar estos problemas<sup>7</sup>, considerando la sostenibilidad como objetivo general fundamental.

No obstante, la Fundación RACC aborda el reto del corto plazo, proponiendo la aplicación de medidas compatibles con los proyectos aprobados, que en algún caso prevén la priorización de alguno de sus aspectos pero que nunca los sustituyen, aportando además como criterio general de fondo un planteamiento que tenga en consideración el carácter sistémico del transporte y en concreto las evidentes interrelaciones entre los modos colectivos de transporte y las redes de transporte privado, que requieren, por consiguiente, planteamientos integrados.

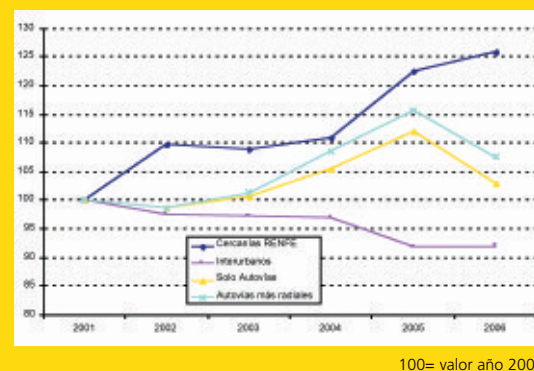
Se trata pues de conseguir una mejora de la movilidad, así como una gestión de la demanda en destino que estimule a corto plazo el cambio modal voluntario de un número relativamente reducido de usuarios del coche, en los periodos de mayor congestión; atraídos, a su vez, por la puesta en servicio de más oferta de transporte público de superficie, como por ejemplo, el

metro-bus ya planteado por la Comunidad de Madrid, la habilitación de aparcamientos de disuasión que eviten la penetración en el viario principal de acceso, la potenciación de mayores ocupaciones de los vehículos y por último la información y concienciación de los ciudadanos de la Comunidad de Madrid.

##### 3.1.1 PROYECCIONES

El crecimiento anual del tráfico en los accesos de Madrid ha sido entre 2002 y 2005 de un 4,4 % anual (sin considerar el nuevo tráfico generado por las autopistas radiales). Por el contrario, en el año 2006 se produjo una significativa disminución del tráfico, provocada quizás por el nivel de saturación de las vías libres de peaje, mientras la radiales de pago no han cumplido las expectativas previstas. A pesar de la congestión parece existir una alta resistencia individual a pagar por mejorar esas condiciones, cosa que también se ha visto reflejada en la encuesta realizada a usuarios.

**Ilustración 30.** Tendencias en la utilización del vehículo privado (veh/día en los accesos) y el transporte público (índice relativo de viajeros/km)<sup>8</sup>.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Consorcio de Transportes de Madrid y del Mapa de tráfico del Ministerio de Fomento

<sup>7</sup> En especial el Plan de Transporte 2007-2011 de la Comunidad de Madrid, así como el PEIT, principalmente por lo que se refiere a la creación de carriles-bus en las diferentes carreteras de acceso a Madrid.

### 3.1.2 CONGESTIÓN PERCIBIDA

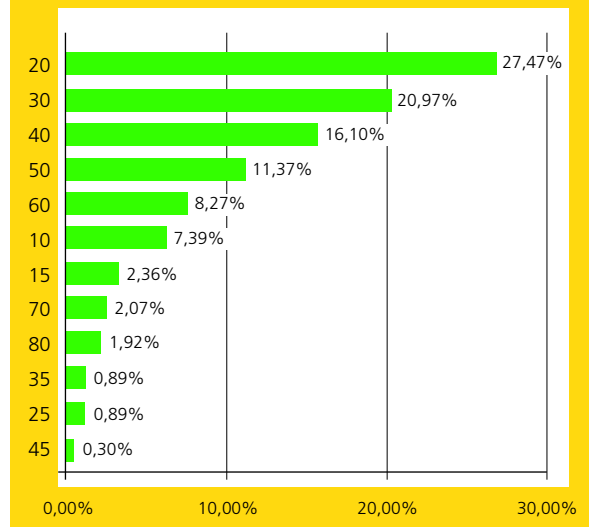
Debe señalarse que la congestión cuantificada hasta el momento (en tiempo y coste) es aquella entendida como la diferencia entre el tiempo efectivamente invertido en un recorrido determinado y el que se invertiría en ese mismo recorrido en una situación de circulación libre (que denominamos Congestión efectiva).

La apuesta tradicionalmente aplicada para anular la congestión de la red viaria se ha basado en una ampliación creciente de los corredores o vías a remolque de la demanda, una vez alcanzan niveles elevados de congestión reiterada. Sin embargo, redimensionar un viario para absorber las puntas de demanda (congestión) se ha demostrado como un reto no sólo inútil sino además social y económicamente ineficiente, sino va acompañada de una visión integrada del transporte mínimamente alineada a su vez con una estrategia territorial de crecimiento urbano. Técnicamente está demostrado y reconocido que los beneficios sociales de una ampliación del viario sin gestión de la demanda son consumidos cada vez con mayor rapidez por la atracción creciente de nueva demanda que indefectiblemente finaliza en un nuevo punto de equilibrio de congestión, pero cuantitativamente superior.

Para evaluar los umbrales de congestión aceptables se ha consultado al usuario para que establezca el punto de equilibrio en el que perciben que se inicia la congestión. Los resultados señalan que casi tres cuartas partes de los entrevistados identifican la congestión con situaciones de paradas intermitentes, en tanto que el resto la relaciona con la existencia de caravana con paradas. Así, el usuario siempre que exista una situación de tráfico razonablemente fluido, considera que no hay congestión aunque las velocidades sean inferiores a las de circulación a flujo libre.

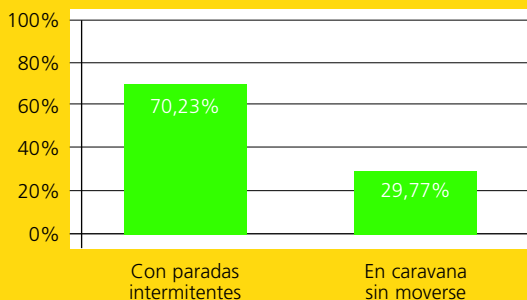
De hecho, en la cuantificación de la velocidad de inicio de congestión la mediana se situaría alrededor de los 40 Km/h, si bien la dispersión de la respuesta es muy amplia, como se puede apreciar en el gráfico adjunto.

**Ilustración 32.** Percepción de la velocidad de congestión según los usuarios



La percepción social observada refuerza la idea de que un objetivo razonable debe ser actuar a corto plazo para minimizar e incluso eliminar la congestión percibida por los usuarios y a su vez gestionar la red para maximizar en los períodos de máxima demanda, aquella congestión efectiva que la mayoría de usuarios están dispuestos a tolerar, y que se corresponde con los tramos de alta eficiencia social evaluados en el capítulo 2.1.3 (cuyas velocidades medias se encuentran dentro del intervalo de 40km/h a 80 km/h).

**Ilustración 31.** Percepción de la congestión según los usuarios.



¿A partir de que situación considera que hay congestión?

No debe olvidarse sin embargo que la variabilidad es una condición inherente a la percepción social. Por consiguiente, la congestión percibida puede variar con el tiempo. Aun así, el objetivo planteado puede representar un horizonte cualitativo factible a alcanzar a corto plazo y, en cierto modo, asimilable a una congestión socialmente aceptable. Esta puede constituir una condición imprescindible para que las medidas aplicadas por los gestores de la movilidad viaria tengan éxito y además induzcan a cambio de hábitos sociales en la conducción.



### 3.1.3 EL FUNDAMENTO DE LA PROPUESTA

Antes de entrar a especificar las medidas propuestas, conviene realizar algunas consideraciones, que ayudaran a entender la estrategia subyacente en las mismas. Estas consideraciones son las siguientes:

**1. La congestión no es un fenómeno lineal:** no existe una relación proporcional constante entre el número de vehículos que circulan y su velocidad media. El tráfico presenta cierto grado de sensibilidad, de modo que a partir de un nivel de congestión, un pequeño aumento del tráfico puede provocar un descenso importante de la velocidad de circulación. De igual manera, una ligera reducción del volumen de tráfico puede traducirse en mejoras sustanciales de los niveles de congestión. De ahí que una batería de pequeñas medidas, como las que se proponen a continuación, puedan acabar teniendo un impacto notable en la reducción de la congestión.

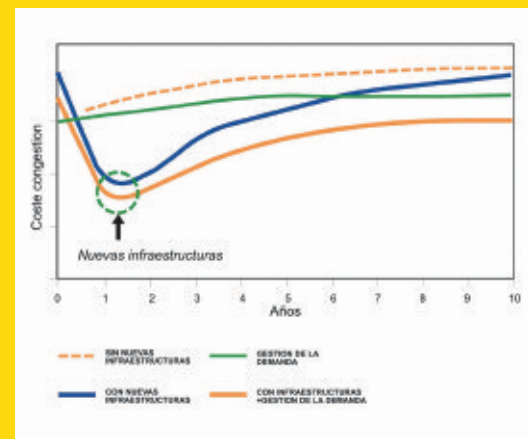
**2. Necesaria visión integrada de la movilidad:** sólo desde una perspectiva multimodal integrada es viable la reducción de la congestión en las Áreas Metropolitanas. Para ello, es fundamental la reducción de los tiempos de viaje en transporte público y especialmente su equiparación en tiempo de viaje, confort y regularidad con los del vehículo privado. La exigencia de servicio del usuario del Área Metropolitana de Madrid para el cambio modal es un reto importante que implicará inversiones cuantiosas en este modo colectivo previstas en la planificación existente por la Comunidad de Madrid.

**3. La gestión de la movilidad como objetivo primordial:** aunque la construcción de nuevas infraestructuras viarias es necesaria para completar la red y evitar tráficos inducidos y cuellos de botella, la gestión de la demanda es condición necesaria para el reparto modal sostenible.

La experiencia de muchas ciudades muestra que, a largo plazo, las medidas que mejoran estratégicamente la gestión de la movilidad son indispensables si se quiere mantener la eficiencia de las infraestructuras en el tiempo. En este sentido, las autopistas

radiales existentes en la actualidad constituyen una importante reserva de capacidad del área metropolitana de Madrid y evita la completa saturación de la red viaria en hora punta.

**Ilustración 33.** Impacto en el tiempo de medidas para paliar la congestión.



4. La actuación sobre la congestión debe ser reducirla hasta que el coste de exceda los beneficios que determina. Esta regla puede dar una orientación sencilla de los recursos que, desde un punto de vista social, vale la pena invertir en reducir los niveles de congestión.

### 3.2 ACTUACIONES A CORTO PLAZO

A continuación se propone una batería de medidas que se pueden ejecutar a corto plazo, pero cuyos efectos sobre los niveles de congestión serán importantes y duraderos en el tiempo. Las medidas que se proponen abarcan tres grandes ámbitos: la potenciación del transporte público (3.2.1), la mejora de la gestión de la movilidad (3.2.2) y, la mejora de ciertas infraestructuras (3.2.3).

El carácter de las propuestas no pretende ser exhaustivo, sino sugerir algunos ámbitos de actuación en los que actuaciones acotadas determinan importantes beneficios

La descripción algo más detallada se expone en el apartado 3.3 de descripción de las propuestas (fichas).

#### 3.2.1 POTENCIACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO

A tenor de los resultados del capítulo 2.3 la falta de competitividad del transporte público en el territorio de Madrid resulta notoria, y en especial en relaciones transversales. Además, debe recordarse que un 29% de los usuarios afectados por la congestión van en transporte público, porcentaje que se eleva al 34% en el caso de las carreteras radiales, sin olvidar el porcentaje de población que es cautiva de este modo, bien por motivos económicos, por no disponer de carnet o por edad.

El objetivo en este ámbito, según pide el usuario es doble: por un lado remediar la carencia de conexión digna que todavía existe entre determinados espacios del Área Metropolitana y de otro reducir sustancialmente los tiempos de trayecto en los distintos corredores de acceso a Madrid. En este sentido un planteamiento de red territorial del transporte público (en vez de una suma de líneas y modos) ofertada mediante un tiempo garantizado al público de desplazamiento en horas de congestión (territorialmente homogéneo) representaría una estrategia altamente atractiva para atraer y fidelizar al transporte colectivo usuarios del transporte privado, cuyo tiempo de transporte resulta a menudo aleatorio debido a la variabilidad de determinados factores como es la demanda, las condiciones climatológicas o la accidentalidad.

Para conseguir estos objetivos se plantean las siguientes medidas:

Potenciar el servicio de autobús, tanto Exprés de acceso a Madrid, como discrecional a los polígonos industriales y parques empresariales. Estos servicios podrán beneficiarse de la creación de distintos carriles BUS-VAO, de uso exclusivo para autobuses o vehículos privados de alta ocupación (mínimo 3 personas). También se plantea la priorización en la implantación de servicios ya planificados como el metrobús o la "M-35" de transporte público; por su alta efectividad y su rapidez de implantación en relación a otras infraestructuras. Estas actuaciones hacen que el transporte público sea más competitivo en relación al vehículo privado.

##### A. Creación de carriles BUS-VAO

Se considera urgente la realización de los 7 carriles BUS previstos en el PEIT y aún no iniciados en las diferentes autovías de acceso a la ciudad. Aunque están previstos inicialmente únicamente como carriles-bus, no debe desestimarse que puedan destinarse también a los vehículos de alta ocupación hasta las vías distribuidoras como la M-30 o la M-40, por lo menos en los corredores con una menor oferta de transporte público de superficie como por ejemplo el de la Carretera de Valencia (A3).

En este sentido, vale la pena remarcar la experiencia en la propia comunidad de Madrid en este tipo de gestión de los carriles. Así, su implantación en el corredor de la carretera de La Coruña (A6), ha supuesto un aumento notable de la ocupación media por vehículo, que pasó de 1'36 personas/vehículo a 1'56 personas/vehículo. Asimismo, el BUS-VAO ha servido para aumentar en ese corredor el porcentaje de viajeros que acceden a Madrid en transporte público, pasando de un 24% antes de la implantación del BUS-VAO a un poco más del 35% después de la implantación del mismo.

Por último, indicar que estos corredores, para que sean efectivos deben tener continuidad en el viario de la ciudad mediante el establecimiento de los carriles-bus correspondientes hasta los distintos intercambiadores existentes en el perímetro de la M-30.

### *B. Refuerzo BUS-Express*

Se plantea un refuerzo de las líneas BUS-Exprés a Madrid por los corredores de la A1 (ctra. de Burgos), A2 (Ctra. de Barcelona) y A4 (Ctra. de Andalucía) vías donde se concentra buena parte de la congestión detectada. Estos servicios se verían favorecidos por el BUS-VAO, y por tanto supondría un incremento relativo de la competitividad del autobús frente al coche privado. Se estima que este refuerzo del autobús podría materializarse en que casi 16.000 usuarios diarios hiciesen el cambio modal desde el coche privado.

Es especialmente importante el tratamiento de la intermovilidad en este tipo de servicios, ya que siempre que hay que hacer un cambio de modo de transporte se pierde cierto grado de competitividad frente al vehículo privado, y esto se acentúa más en el caso de los servicios directos, razón por la cual estas expediciones han de tener su fin en un nodo intermodal donde el cambio sea directo, claro, accesible y tenga un alto grado de coordinación horaria con el resto de servicios que lo complementen.

### *C. El metrobús y la creación de la M-35 de transporte público*

La Comunidad de Madrid plantea la creación de diferentes líneas de metro-bus en distintas zonas de la comunidad. En este estudio se plantean como prioritarios los de Villaviciosa de Odón - Alcorcón para descongestionar la A5 (Ctra. de Extremadura) y cubrir de este modo las zonas de poblamiento más disperso de los municipios del oeste de Madrid.

Por otro lado, el Ayuntamiento de Madrid, con el fin de potenciar el transporte público en los desplazamientos que se realizan fuera de la Almendra, plantea lo que se denomina la M-35 del transporte público. La actuación consistiría en la mejora del transporte público de superficie (oferta y velocidad comercial) en la periferia, principalmente en el arco Este, y sustentado en intercambiadores de tipo medio como el de Canillejas, Mar de Cristal o Puerta de Arganda. Esta nueva oferta constituirá la base para una nueva línea circular de metro.

Por otro lado, para las circulaciones transversales más externas (fuera del propio municipio), la Comunidad de Madrid plantea también un servicio de Metro-Bus que desde los nuevos desarrollos urbanísticos previstos al sureste del municipio de Madrid conecte con Coslada y Torrejón de Ardoz. Como mínimo, 22.000 usuarios de este nuevo servicio provendrían de conductores que actualmente sufren congestión.

### *D. Aumento de los servicios discrecionales y lanzaderas a polígonos*

También se plantea la potenciación de los servicios discrecionales y lanzaderas a polígonos o parques empresariales a través de autobuses u otras formas de servicios colectivos similares. Se plantea de forma prioritaria en el Corredor del Henares y en los diferentes parques empresariales e industriales de Alcobendas y San Sebastián de los Reyes o Tres Cantos entre otros. También se plantea este tipo de actuaciones para cubrir los diferentes polígonos industriales de Arganda del Rey o las urbanizaciones de Rivas Vaciamadrid. Se estima que aproximadamente 15.000 usuarios podrían beneficiarse de estos nuevos servicios. Para el éxito de estas medidas se considera indispensable la participación de las empresas y sindicatos en su implantación.

### *F. Incremento de los aparcamientos de intercambio modal*

La Comunidad de Madrid, prevé la construcción de 50 aparcamientos de intercambio modal en los próximos 12 años. En este sentido, en este estudio se plantea priorizar la construcción de 5.000 plazas en los diferentes corredores de entrada a la ciudad de Madrid, en espacios próximos a la red viaria y con una buena conexión a la red de transporte público (San Sebastián de los Reyes, Alcala, Arganda del Rey...). Con esta actuación, se estima que aproximadamente 5.500 usuarios podrían hacer uso de estos espacios.

### 3.2.2 Mejora de la gestión de la movilidad

En este ámbito se proponen dos tipos de medidas: las que promueven el crecimiento del índice de ocupación de los vehículos privados; y las que permiten gestionar la demanda en destino.

#### *A. Incremento de la ocupación media del vehículo privado.*

Consiste en fomentar la eficiencia del coche, promoviendo y primando una ocupación elevada. Se estima que ésta podría aumentar entre un 5% y un 10%<sup>8</sup>. Para conseguir esta mejora, la creación de los nuevos carriles BUS-VAO por corredor supone un estímulo indispensable. La disminución de los peajes para los vehículos de alta ocupación en las autopistas radiales también constituiría un elemento que favorecería este aumento de la ocupación del vehículo.

El elevado porcentaje de usuarios que en la encuesta responde afirmativamente sobre su disposición a compartir coche, más del 70%, dibuja un horizonte prometedor, que en cualquier caso la mayor parte de las grandes capitales europeas lo están planteando. Estas proporciones aumentan cuando se comenta a los entrevistados la posibilidad no sólo de reducir costes sino también de ahorrar tiempo, debido a la posibilidad de utilizar el carril BUS-VAO.

#### *B. Utilización de tecnologías inteligentes*

La utilización de tecnologías inteligentes para la gestión del tráfico es un instrumento cada vez más extendido en los países de nuestro entorno y que presenta un amplio margen de actuación en nuestro país. Particularmente la aplicación de la denominada señalización variable de la velocidad máxima de circulación se ha demostrado muy útil a la hora de reducir la congestión (e indirectamente las emisiones contaminantes y los accidentes de tráfico). Estudios recientes muestran que la utilización de la señalización variable puede comportar un aumento de hasta un 15% de la capacidad del vial y una disminución de la congestión de un 25%.

#### *C. Fomento de viajes en periodos de baja demanda.*

Tal y como se ha comentado con anterioridad, la congestión se concentra en unos periodos muy determinados del día, y especialmente en el período comprendido entre las 7h.30 y las 9h. Potenciar que una parte de estos desplazamientos se realice en otras horas supone una notable mejora de la eficiencia de la red. En este sentido, son dos los campos en donde es más factible esta actuación: la potenciación de la distribución de las mercancías durante el periodo nocturno y la flexibilización de los horarios de entrada y salida a las oficinas. En relación al primer aspecto, hemos de destacar las experiencias positivas que están llevando a cabo diferentes cadenas de supermercados y equipamiento personal para realizar durante la noche la distribución urbana de mercancías. Por lo que se refiere a las oficinas, la flexibilización de horarios como por ejemplo dejar comenzar antes de las 7h.30' el horario de trabajo permitiría disminuir la congestión y que, por lo tanto, los trabajadores tarden menos tiempo en acudir a su puesto de trabajo.

Es evidente que el éxito de estas medidas depende de la concertación entre empresarios y sindicatos bajo el impulso y el incentivo por parte de la administración.

Se considera que un 10% de los vehículos que circulan entre las 7h.30' y las 9h (9.000) podrían desplazarse a otras franjas horarias menos problemáticas, disminuyendo de forma sensible la congestión en estos puntos.

#### *D. Gestión de la demanda en destino.*

Ha quedado evidenciada en la encuesta la función disuasoria de la movilidad en coche que establece la gestión del aparcamiento en destino. La estrategia tarifaría en los aparcamientos en los centros de la ciudad y las limitaciones que las zonas reguladas representan para el estacionamiento de larga duración, en expansión en todas las áreas metropolitanas europeas, deben ser complementadas con mejores sistemas de distribución de mercancías.

<sup>8</sup> En Madrid la ocupación media aumentó un 15% con la puesta en marcha del Carril Bus-VAO en el corredor de la A-6.

### 3.2.3 Mejora de las infraestructuras

Tal y como ha quedado reflejado a lo largo del estudio, el aumento de las infraestructuras viarias, por si solo, no permite una reducción de los niveles de congestión. No obstante, pequeñas actuaciones, sin aumentar notablemente la capacidad, pueden permitir un funcionamiento más eficiente de la red. A continuación detallamos algunos tramos y puntos de especial atención.

#### *A. Ampliaciones a 3 carriles de la A2, M-607 y A5 en los tramos más externos*

Se han detectado cuellos de botella en las transiciones de 3 carriles a 2 que se producen en la A2 (Alcalá de Henares), A5 (Móstoles) la M-607 (Tres Cantos). La ampliación a 3 carriles, en algunos casos ya prevista, como en la A2, mejoraría notablemente la congestión en estos puntos: desde Alcalá a Guadalajara en la A2, desde Tres Cantos a Colmenar Viejo en el caso de la M-607 y desde Móstoles a Navalcarnero en el caso de la A5.

#### *B. Solución y gestión de nudos*

Del análisis de congestión realizado, se ha observado que en muchos casos los problemas de congestión se derivan o se producen en los nudos o enlaces, (M-40 con A2, nudos norte de las M-40 y M-30, la M-45 con la A4 y A42, etc...). Una gestión de la demanda con señalización variable que indique salidas alternativas, e incluso pequeñas intervenciones que permitan agilizar determinados movimientos, son soluciones que deberían ser analizadas por parte de las administraciones públicas.

### 3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPUESTAS

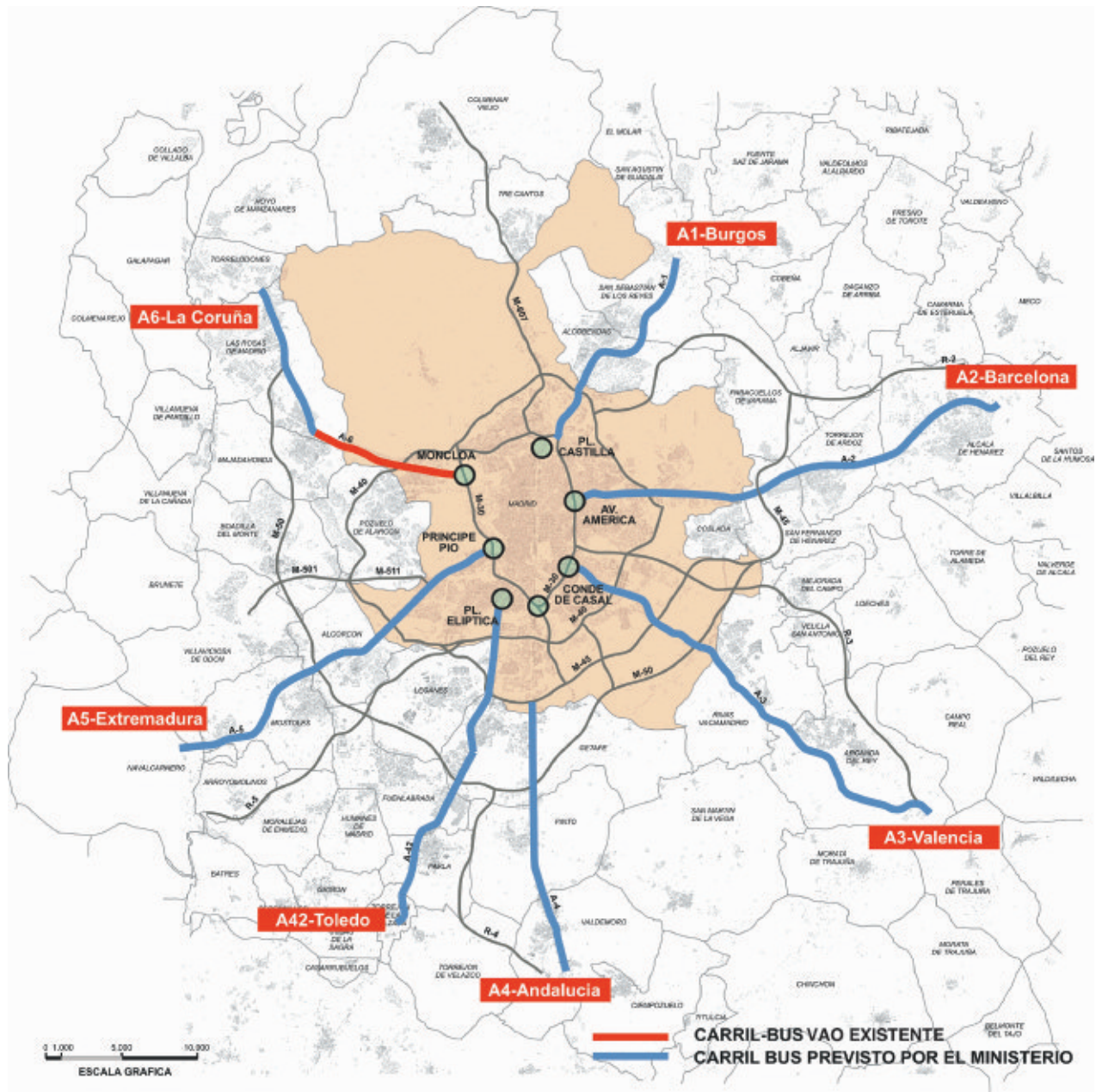
#### FICHA 1: CREACIÓN DE CARRILES BUS-VAO

El Ministerio tiene planificado la realización de los siguientes carriles Bus-VAO

- A1 (10km). Desde San Sebastián de los Reyes hasta el Pº de la Castellana (intercambiador de Castilla)
- A2 (17km). Desde Torrejón de Ardoz hasta la Av. América (intercambiador de Av. América).
- A3 (18km). Desde Arganda del Rey hasta Atocha (intercambiador de Conde Casal)
- A4 y A42 (36km). Tendrían su origen en Valdemoro y Parla respectivamente y entrarían a Madrid por la A42 hasta el intercambiador de Pl. Elíptica
- A5 (16km). Se iniciaría en Móstoles y finalizaría en la Av. Portugal en Madrid.
- A6 (9km). Se ampliaría el Bus-VAO actual hasta Galapagar.

Los nuevos carriles se crearían a partir de medianas y arcenes manteniéndose la capacidad actual para el vehículo privado. En la ciudad estos carriles-bus han de tener continuidad hasta los distintos intercambiadores.

Ilustración 34.



**FICHA 2: REFUERZO BUS-EXPRESS**

**A1 (Ctra. de Burgos)**

El carril Bus-VAO permitiría aumentar la oferta de autobuses de entrada a Madrid así como de su tiempo de trayecto. La propuesta consiste en añadir un autobús más cada de 10 minutos en hora punta en las dos líneas principales que conectan Alcobendas y San Sebastián de los Reyes con Madrid (72 nuevas expediciones). Considerando una ocupación de 60 viajeros, este aumento de frecuencia permitiría dar servicio a aproximadamente 4.000 viajeros.

**A2 (Ctra. de Barcelona)**

Al igual que en el caso anterior, la realización del BUS-VAO permitirá mejorar la eficiencia de los servicios de bus Express ya existentes. Se plantea reforzar con un autobús más cada 10 minutos las principales líneas de conexión con Torrejón, Alcalá, Azuqueca y Guadalajara (144 expediciones). Esta actuación permitiría dar servicio a prácticamente 8.000 usuarios.

**A4 y A42 (Ctra. de Andalucía y Ctra. de Toledo)**

Se plantea la creación de un refuerzo mínimo de 72 expediciones en hora punta para los servicios express con destino Parla, Pinto o Valdemoro. Este aumento podría permitir aumentar en 4.000 viajeros la capacidad de estas líneas.



**FICHA 3: EL BUS-VAO EN LOS ACCESOS A MADRID**

**El BUS-VAO en los accesos a Madrid**

Hasta el momento, la única experiencia de este tipo en España corresponde a la infraestructura implantada en la A6 en el año 1995.

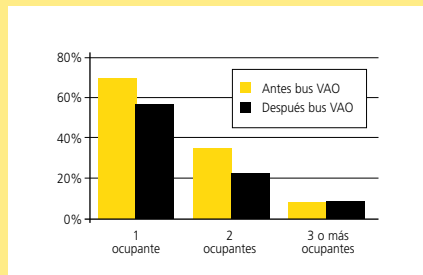
**Características:**

Esta infraestructura se compone de dos tramos:

- Un primer tramo de 12,3 km., que consta de una calzada central reversible de dos carriles de circulación y unos ocho metros de anchura, separada por barreras de hormigón de los carriles convencionales, y reservada para la circulación de autobuses y vehículos de alta ocupación con un número mínimo de ocupantes (2). A la calzada bus/vehículo de alta ocupación puede accederse únicamente en los embarques previstos para ello, cuyo número es reducido.
- Un segundo tramo de 3,8 km., que consiste en un carril reversible de circulación rodada, de unos cinco metros de anchura, construido en el centro de la carretera, separado por barreras de hormigón del resto de los carriles.

Los dos tramos se construyeron ampliando la anchura de la A-6 y mantuvieron, por tanto, el número de carriles convencionales anteriormente existentes en cada sentido.

Como elementos complementarios, el sistema cuenta con un área de control de vehículos, localizada en el punto de contacto entre la calzada bus/vehículo de alta ocupación y el carril-bus, consistente en un carril supletorio de más de 200 m de longitud.



Fuente: El sistema de autobuses rápidos y el caso de Madrid, Carlos Cristóbal.

Ello supuso una reducción aproximada de un 14% del número de vehículos privados en circulación por ese corredor, aunque esa reducción ha sido más pequeña con el paso de los años.

Asimismo, hay que destacar que el carril Bus-VAO parece haber propiciado un aumento notable de los viajes en transporte público. Como muestra el cambio adjunto, si en 1991 el 23'5% de los viajeros que accedieron a Madrid por la A-6 lo hicieron en autobús, esa proporción se situaba por encima del 35% en 2001.

El Bus-VAO habría así aumentado la competitividad de transporte público frente el vehículo privado.

Año	Nº de autobuses	% viajeros
1991	244	244
1995	360	360
2001	606	606

Fuente: El sistema de autobuses rápidos y el caso de Madrid, Carlos Cristóbal.



#### FICHA 4: AUMENTO DE LOS SERVICIOS ESPECIALES A POLÍGONOS Y PARQUES EMPRESARIALES

##### A1 (Ctra. de Burgos)

Se plantea crear o reforzar 4 líneas de transporte público que den servicio a los diferentes parques empresariales e industriales de los municipios de Alcobendas y San Sebastián de los Reyes (Arroyo de la Vega, Valportillo, Moscatérales...). En concreto, se plantea crear 144 expediciones adicionales, que con una capacidad media de 40 viajeros por autobús permitirían dar servicio a más de 5.000 usuarios.

##### A2 (Ctra. de Barcelona)

El corredor del Henares es una de las zonas industriales más importantes de España, la creación de servicios especiales de transporte público en hora punta se considera imprescindible para conseguir un modelo de movilidad más sostenible en éste ámbito. Se plantea la realización de un mínimo de 80 expediciones adicionales que permitirían dar servicio a aproximadamente 3.000 usuarios que actualmente sufre congestión

##### A3 (Ctra. de Valencia)

Se plantea la realización de aproximadamente 80 expediciones adicionales en hora punta para dar servicio a los trabajadores de los diferentes polígonos industriales de Arganda del Rey, lo que permitiría crear una oferta adicional para 3.000 viajeros.

Para que estas actuaciones sean realmente efectivas, se requiere la implicación y participación de las empresas. En este sentido, se considera necesaria la realización de planes de transporte de empresa y el impulso de la figura del Gestor de la Movilidad con objeto de que se lleven a cabo las medidas complementarias que viabilicen la operación.

#### FICHA 5: CREACIÓN DEL METROBUS Y LA "M-35" DE TRANSPORTE PÚBLICO

##### A5 (Ctra. de Extremadura) y A6 (Ctra. de la Coruña): Metrobus Villaviciosa de Odón

La Comunidad de Madrid prevé la creación de un metro-bus que conecte Majadahonda con Alcorcón, pasando por Villanueva del Pardillo, Villanueva de la Cañada, Brunete y Villaviciosa de Odón. Especialmente prioritario se considera el tramo comprendido entre este último municipio y Alcorcón con objeto de descongestionar la A5.

##### Metrobús Perimetral externo

La Comunidad de Madrid también prevé la realización de un metrobús que conecte de forma directa Getafe (El Casar) con San Fernando de Henares a través de los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en la zona sudoriental del municipio. Esta actuación permitirá descongestionar la M-40 y especialmente la M-45.

##### M-35 de transporte público

El Ayuntamiento prevé la creación de diferentes líneas de autobús transversales (Ej: Mar de Cristal-Fin de Semana). La combinación de estas con el refuerzo de otras ya existentes permitirán crear una potente oferta de transporte público transversal que permita descongestionar tanto la M-30 como la M-40.

**FICHA 6: APARCAMIENTO DE DISUASIÓN**

**A1 (Ctra. de Burgos)**

Se propone la creación de un aparcamiento de gran capacidad en San Sebastián de los Reyes, junto a la estación de metro de Hospital del Norte. También se considera conveniente crear un aparcamiento de disuasión en Alcobendas, próximo a alguna de las estaciones de metro existentes. Con esta actuación se que evitaría la entrada a la ciudad de Madrid de cerca de 2.000 vehículos.

**A2 (Ctra. de Barcelona)**

Se plantea la creación de aparcamientos de disuasión de gran capacidad en Alcalá de Henares y San Fernando (capacidad para aproximadamente 500 vehículos). Se deberá analizar si este aumento de capacidad de aparcamiento podrá ser absorbido por la oferta de trenes actual.

**A3 (Ctra. de Valencia)**

En este corredor se plantea la ampliación de los aparcamientos de disuasión tanto en Rivas, Vaciamadrid y Arganda del Rey, relacionados con la línea 9 de metro. Se plantea una capacidad potencial de 1000 plazas.

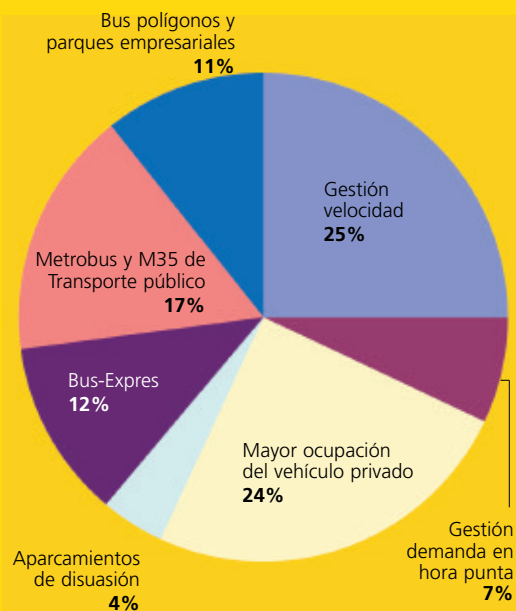
**M-607**

Se propone la ampliación de los aparcamientos de disuasión de Colmenar Viejo y Tres Cantos, con objeto de dar cabida a 1.500 vehículos más.

**3.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

El cálculo del impacto sobre la congestión de cada una de las medidas propuestas se ha realizado en base a su contribución en la disminución del tráfico en los periodos punta:

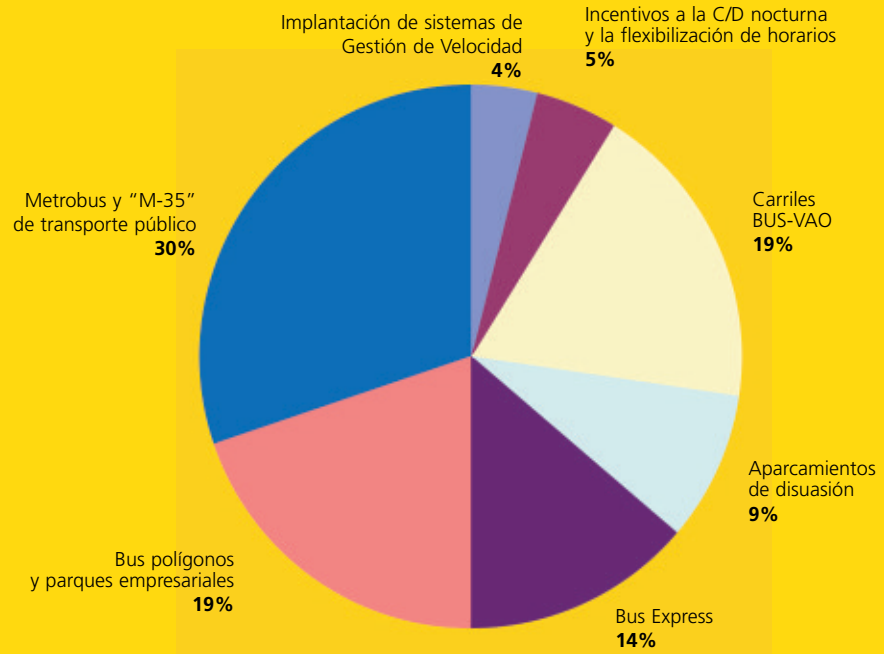
**Ilustración 35.** Participación en la disuasión de cada una de las medidas previstas para disminuir la congestión.



A partir de costes unitarios y de las previsiones presupuestarias de los diferentes planes aprobados se ha aproximado una cifra<sup>10</sup> estima del coste de cada una de las actuaciones alcanzando. Así se considera una inversión global de 1.150 M€ y aproximadamente 15 M€ de explotación al año. Considerando un periodo de amortización de 15 años, la distribución del coste de las diferentes medidas se muestra en la gráfica y la tabla siguiente.

<sup>10</sup> Esta cifra es estimativa. Su objetivo es dar un orden de magnitud del coste de las medidas propuestas.

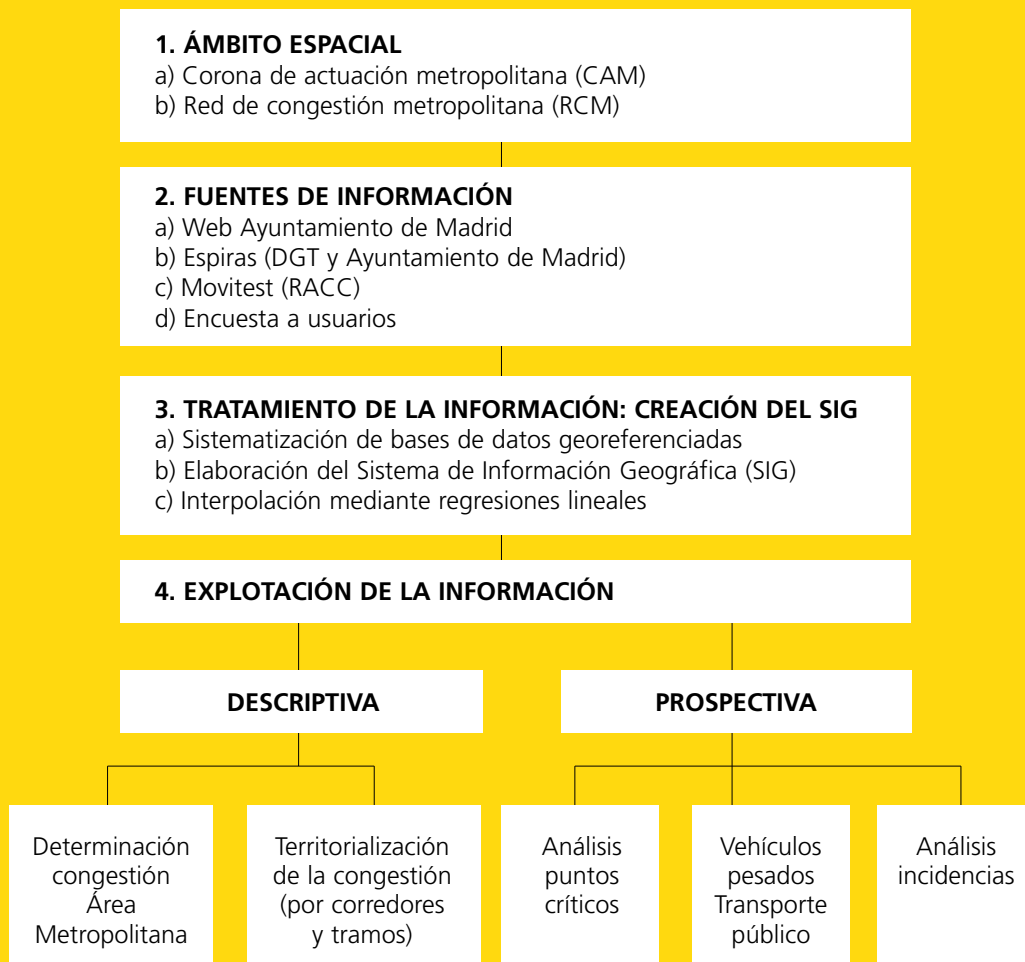
**Ilustración 36.** Distribución del coste de las medidas propuestas.



## 4. Bases metodológicas aplicadas

Los resultados obtenidos en este trabajo se basan en la aplicación del siguiente proceso metodológico y que puede consultarse con más detalle el Anejo I ([www.fundacionracc.es](http://www.fundacionracc.es))

**Ilustración 37.** Organigrama metodológico.



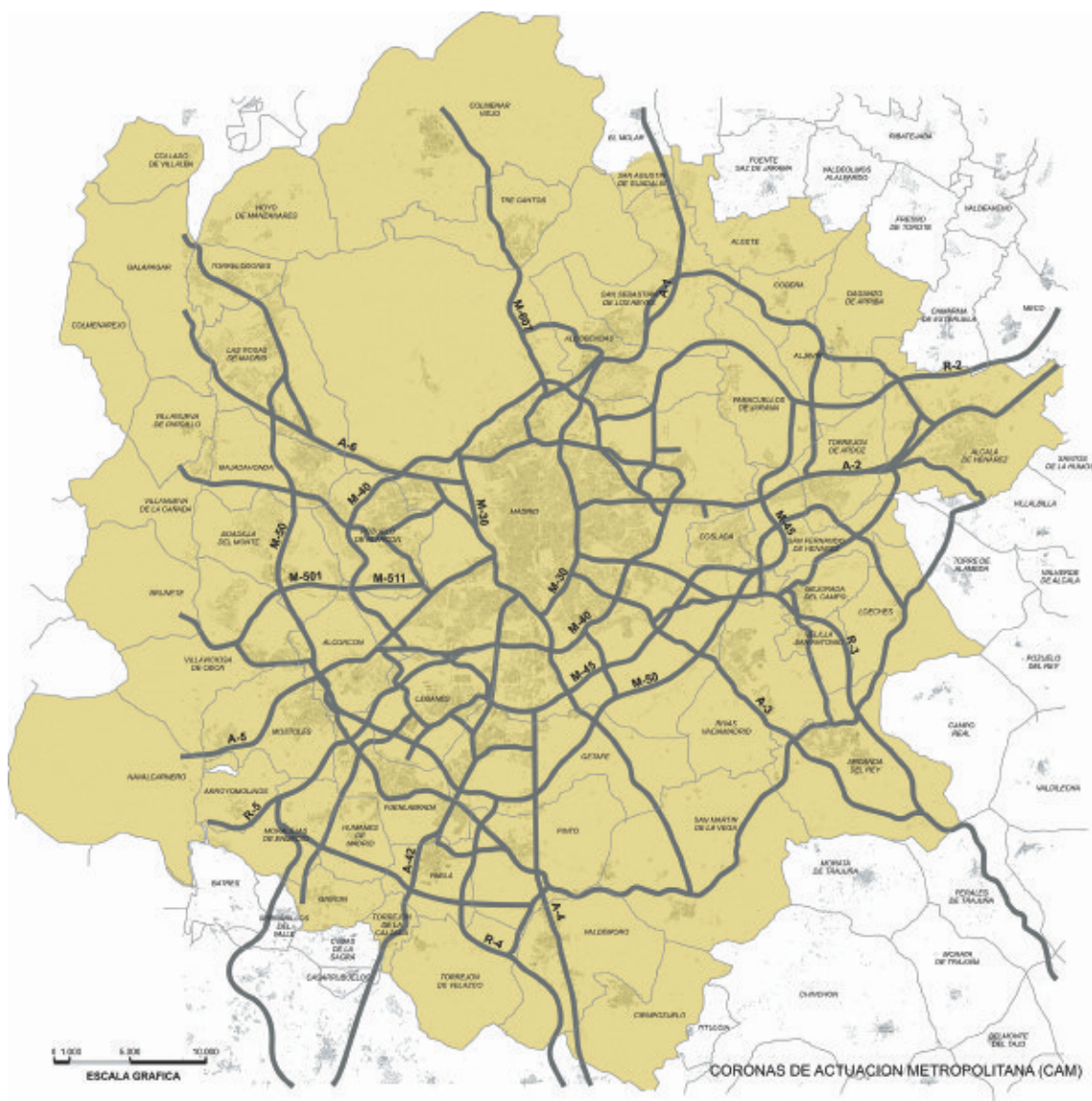
#### 4.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

Para establecer el ámbito de análisis se considera la conjunción de dos ámbitos de afectación:

- *Corona de Afectación Metropolitana (CAM)*: El ámbito en que residen o trabajan la gran mayoría de los ciudadanos que se ven afectados recurrentemente

por la congestión. El límite exterior de la CAM se situaría aproximadamente en un radio de 30 kilómetros desde el Centro de Madrid, incluyendo los municipios hasta Algete, Alcalá de Henares, Ciempozuelos Navalcarnero, Collado de Villalba, Colmenar Viejo y Algete.

**Ilustración 38.** Corona de actuación metropolitana (CAM).





## 4.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

### a) Información estadística

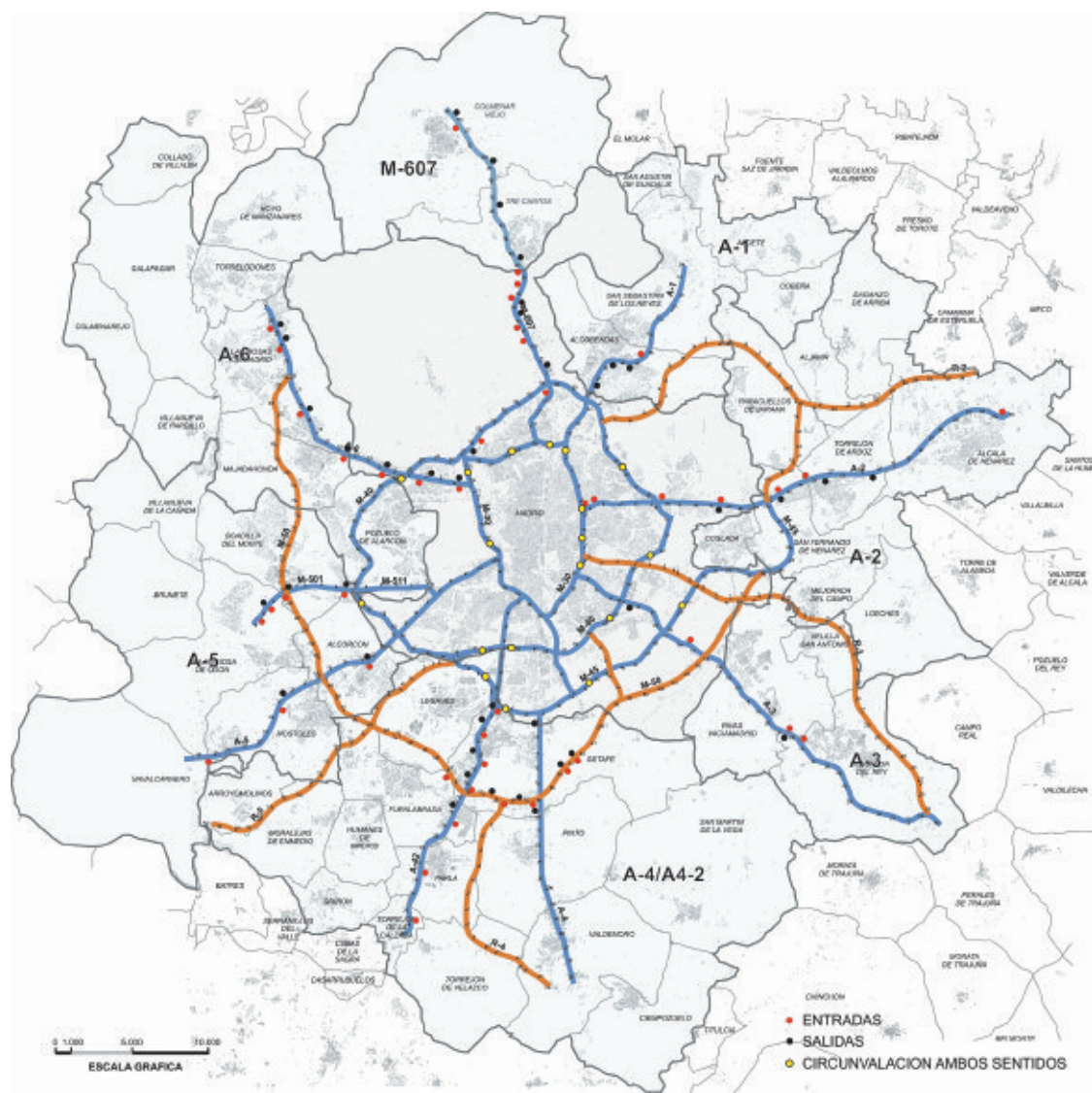
Para el cálculo de la Corona de Actuación Metropolitana (CAM) y de las Vías de Congestión Metropolitana se han utilizado tres fuentes de información:

- 1) Información estadística correspondiente al Censo del 2001, disponible en internet en la web del INE
- 2) Información de tráfico creada en el RACC pero parte de la cual proviene de la Dirección General de Tráfico a través de su página web

### b) Afors permanentes (Espiras)

La Base de datos inicial se nutre de la información proporcionada por la Dirección General de Tráfico así como del Mapa de Tráfico: La información esta compuesta básicamente por medias de intensidad de vehículos y velocidad, ambas analizadas por franjas de cuarto de hora.

Ilustración 40. Localización de las Espiras.

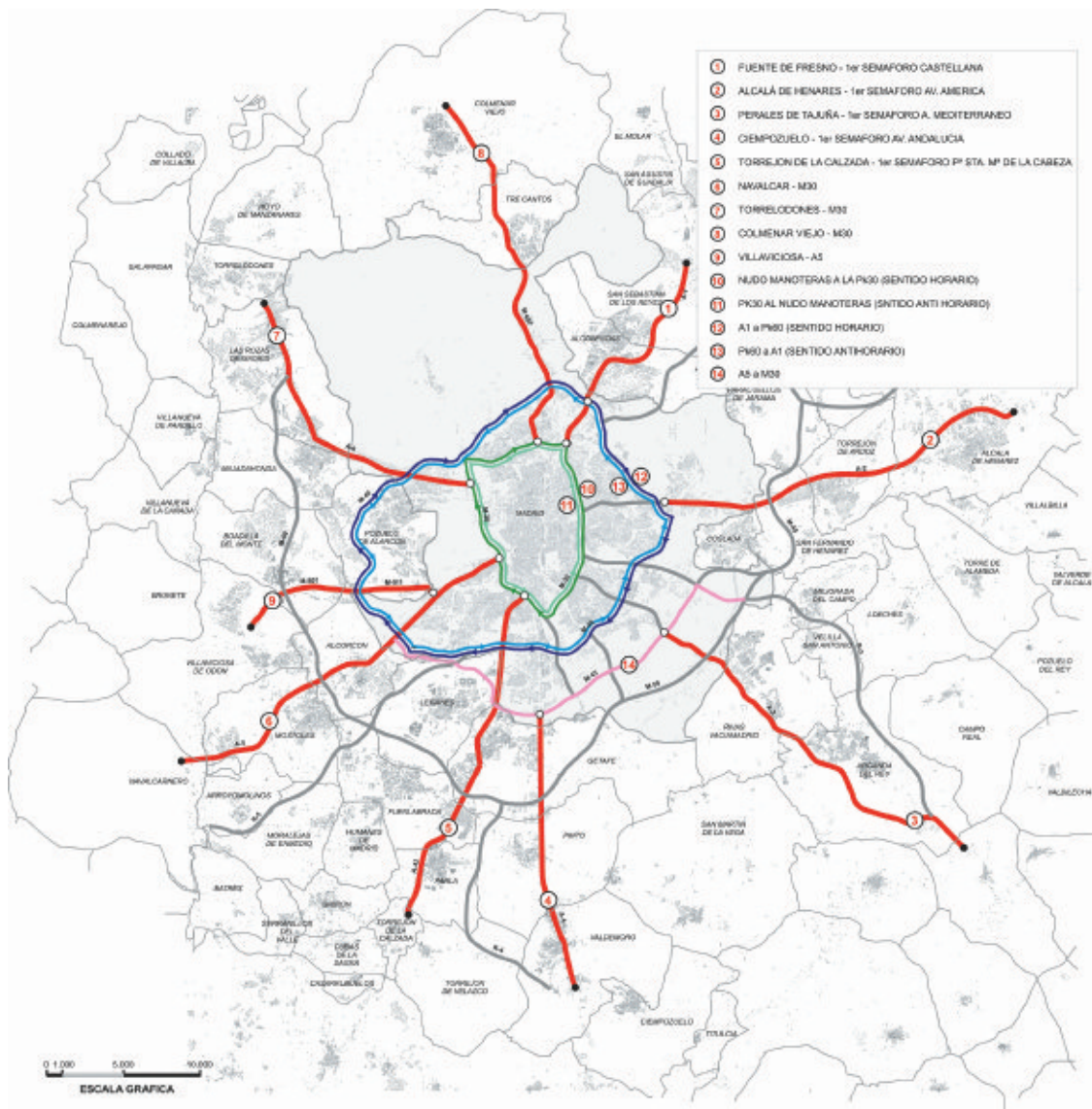


c) *Itinerarios con vehículo flotante (información de campo)*

La distribución de los puntos de aforo permanente no es homogénea, motivo por el cual la información de

campo (obtenido mediante los vehículos laboratorio Movitest del Racc) ha sido indispensable para extrapolar datos o completar la información permanente allí donde era escasa o no fiable.

**Ilustración 41.** Itinerarios realizados por el vehículo Movitest-RACC.



La recogida de datos se realizó entre las 7h. y las 13h.30' y entre las 17h. y las 21 h. La recogida de información se

desarrolló en el siguiente periodo: Semana del 11 al 13, del 16 al 19 y del 23 y 24 de abril del 2007.



**Ilustración 42.** Vehículos Movitest para obtener información de campo.



d) *Encuestas a usuarios*

Se ha realizado una encuesta telefónica a 5.300 residentes en el ámbito CAM hasta identificar 3.200 que realizan su desplazamiento más o menos regular en vehículo privado a Madrid. Las 2.100 personas restantes han aportado información valiosa sobre los modos alternativos de desplazamiento cotidiano y sus motivaciones de uso. Todos los resultados de la encuesta a usuarios se detallan en el Anejo III (vid [www.racc.es](http://www.racc.es)). La ficha técnica de la encuesta es la siguiente:

**Ilustración 43.** Datos técnicos de la encuesta realizada

- Universo: 4.923.536 residentes en la comunidad de Madrid de 18 y más años.
- Muestra: 3.200 encuestas telefónicas
- Margen de confianza: 95,5% (2 sigmas)
- Error muestral:  $\pm 1,73$  % para el conjunto de la muestra.
- Varianza: máxima indeterminación ( $p=q=50\%$ )
- Metodología: Encuesta telefónica asistida por ordenador (sistema CATI)
- Período realización de encuestas: Junio de 2008
- Trabajo de campo telefónico: Instituto Opinometre
- Grabación y creación de base de datos: Instituto Opinòmetre

### 4.3 TRATAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los *Indicadores*, contruidos a partir de las variables de información recogida: número vehículos y velocidad media por cuarto de hora y sentido de circulación; geometría de la red viaria y opinión de usuarios, constituyen “per se” una evaluación cuantitativa y cualitativa del estado de congestión de una red viaria determinada.

Los *Indicadores* escogidos permiten la monitorización de la evolución de la congestión de cada red viaria, y su posible comparación con otras redes viarias, independientemente de su tamaño.

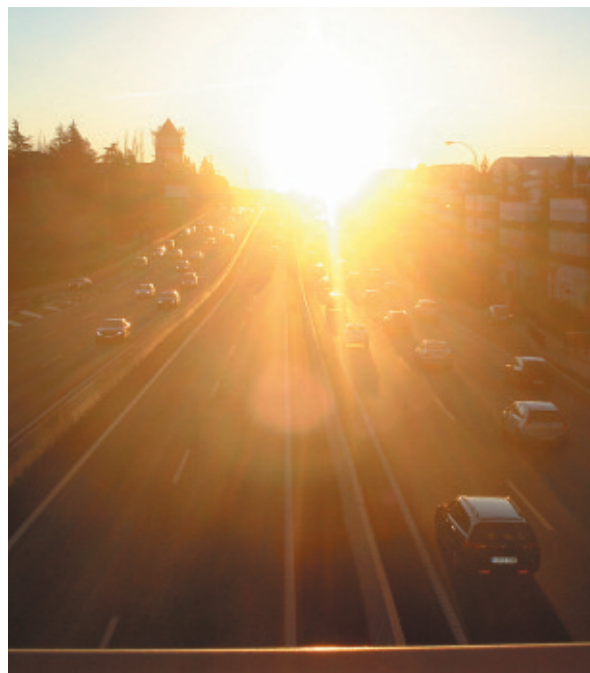
La desagregación realizada de la red mediante un Sistema de Información Geográfico –SIG- por tramos ha permitido obtener Indicadores sobre aspectos muy específico, por tramos de 1km. La agregación selectiva de esos tramos permite obtener indicadores de mayor ámbito: por vías, corredores, hasta disponer de la red completa analizada.

Su definición y forma de calcularlos se describen con detalle en el ANEJO I (vid [www.racc.es](http://www.racc.es)) . Se elaboran a partir de variables de lugar o ámbito (red completa, corredor, vía.), período temporal (anual, diario, franja horaria) o del tipo de individuos involucrados (vehículos, usuarios...). Las unidades básicas de valoración son dos: *Tiempo perdido* y *Coste económico*.

Los parámetros utilizados en la elaboración de los indicadores son los siguientes:

Parámetros considerados para crear los Indicadores

ÁMBITO (donde)	PERIODO (cuando)	CAMPO (de quien)
Red total	Franja horaria	Vehículos
Corredor	Día	Usuarios
Vía	Año	Habitantes
Funcional		



## 5. Resumen ejecutivo

### 1. OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es ofrecer una descripción detallada de la congestión, que permita evaluar los costes que la misma supone para todos los usuarios del viario, sean del vehículo privado o del transporte público y, en su caso, localizar los puntos críticos en que por reducción de la capacidad o por concentración de demanda ésta se genera. A partir de este análisis, y en el marco de la planificación de transporte prevista en el área territorial analizada, el estudio propone algunas medidas infraestructurales y de gestión de mejora del conjunto del sistema a corto plazo.

### 2. METODOLOGÍA

Se entiende por congestión la diferencia de tiempo efectivamente invertido en un recorrido determinado y el tiempo que se invertiría en ese mismo recorrido en una situación de circulación libre.

La cuantificación de los niveles de saturación en los accesos a la ciudad de Madrid que ha realizado la fundación RACC, ha supuesto la creación de un procedimiento empírico para el tratamiento sistemático de la información de intensidad y velocidad de tráfico por tramo. El resultado es la evaluación de los tiempos de viaje perdidos por exceso de demanda en el viario metropolitano.

Las fuentes de información utilizadas proceden de la Dirección General de Tráfico y el Ayuntamiento de Madrid y han sido completados mediante la realización de itinerarios en el vehículo de mediciones de tráfico de la fundación RACC (movitest), siguiendo la técnica de vehículo flotante.

La cuantificación de la congestión realizada para el escenario actual se ha contrastado con la percepción que de la misma tienen los usuarios de la Comunidad de Madrid, mediante la consulta directa a más de 5.300 ciudadanos.

### 3. RESULTADOS

#### a/ Valoración global

- Cerca de un millón de personas, un 53% del total, soportan congestión en los accesos a Madrid durante las seis horas en las que se concentra la congestión circulatoria, una parte importante de ellos usuarios del autobús (32%) y otros de su propio vehículo (68%).
- Diariamente se pierden a causa de la congestión 330.000 horas sobre el viario de acceso a la ciudad de Madrid aproximadamente.
- Anualmente la congestión efectiva de acceso a Madrid es la responsable de la pérdida de 81 millones de horas, lo que supone un coste de 840 M€, equivalentes al 0,6% del PIB de la Comunidad de Madrid.
- En términos de pérdida de jornadas laborales, por conductor afectado por la congestión, la demora equivale anualmente a 7 días de trabajo, lo que representa un coste anual de 538€.
- Para los trabajadores que acceden en hora punta (de 8h. a 9h.) a Madrid, la demora promedio que se ha calculado supera los 30 minutos.

#### c/ Valoración por itinerarios

- El 72% de la congestión se concentra en las vías que pasan por los corredores más poblados (A2, A4 y A42) o con una significativa actividad terciaria (A1) y en los tramos Norte y Este de la M-40.

#### 4. PROPUESTA DE MEDIDAS

Únicamente desde un planteamiento realista que contemple los diferentes factores que intervienen en la movilidad, que asegure la concertación entre los diferentes agentes sociales involucrados, mejore las alternativas en transporte público, complete la red viaria, perfeccione los puntos críticos de la red y conciencie a los usuarios sobre los costes individuales y colectivos derivados será posible reducir eficazmente los niveles de congestión. Es este contexto, la propuesta de la Fundación RACC plantea a corto plazo:

##### 1. *Potenciación del transporte público*

- Realización de los carriles Bus-VAO previstos por el Ministerio de Fomento (aproximadamente 100 km) en todas las carreteras nacionales de acceso a Madrid
- Aumento de aproximadamente 700 expediciones diarias de autobús en sus diferentes modalidades: Refuerzo Bus – Express aprovechando estos nuevos carriles, y permitiendo de este modo aumentar notablemente la velocidad comercial en los desplazamientos en transporte público con poblaciones tan importantes como Alcalá de Henares, Alcobendas o Pinto. También se plantea el incremento de los servicios especiales a polígonos industriales y a parques empresariales (Corredor del Henares, Arganda del Rey...)
- Creación acelerada de al menos 4.500 plazas en aparcamientos de disuasión en los puntos de conexión de la red viaria con las terminales de transporte público (San Sebastián de los Reyes, San Fernando de Henares...)
- Puesta en servicio de las propuestas de Metro-bus diseñadas por el Consorcio de Transporte (especialmente las correspondientes a los municipios del oeste de la Comunidad) y potenciación de las líneas transversales por parte de la EMT (M-35 de transporte público).

##### 1. 2. *Utilización más eficiente del vehículo privado*

- Incremento de la ocupación media del vehículo privado (potenciándolos entre otras medidas con carriles bus-VAO)
- Gestión de la velocidad con señalización variable
- Disuasión de los desplazamientos en la hora punta de mañana mediante incentivos a las empresas
- Gestión de la demanda en destino.

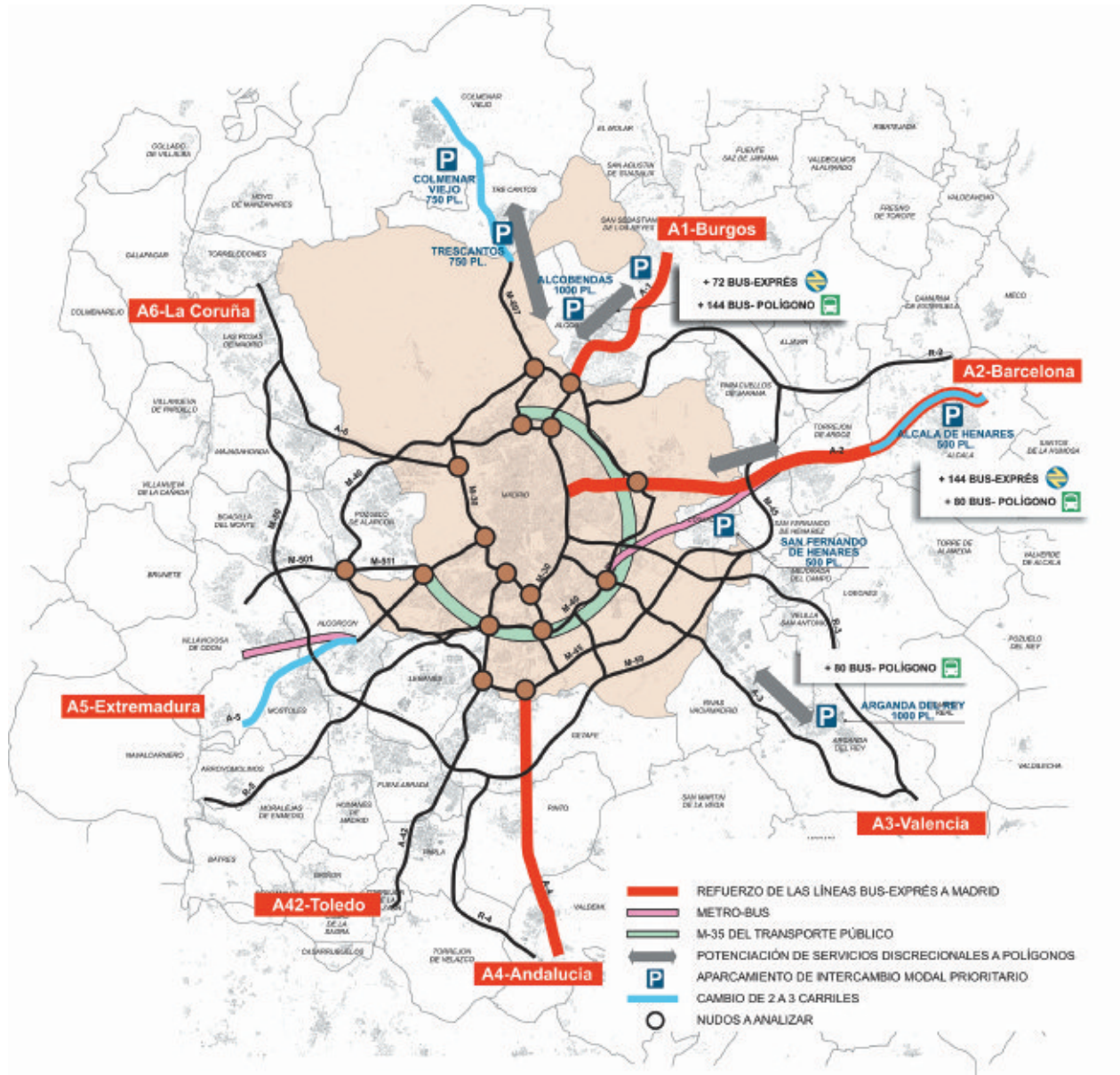
##### 3. MEJORAS INFRAESTRUCTURALES PARA EL COCHE

- Corregir la disminución de capacidad que se produce en algunas vías (de 3 a 2 carriles (A2, A5 y M-607). Debe indicarse que ya existe proyecto de aumento de capacidad de la A2 entre Alcalá de Henares y Guadalajara.
- Mejoras de enlaces especialmente conflictivos, especialmente los relacionados con la M-40.

Tabla de indicadores principales.

		Madrid
<b>Marco de referencia</b>		
CAM	Corona de Actuación Metropolitana (hab.)	5.508.036
VCM	Vías de Congestión Metropolitana (km)	317
VCM	Total de vías, incluyendo vías de peaje y M-50 (km)	490
<b>Valores absolutos</b>		
CCM	Coste de la congestión metropolitana (millones de €/año)	839,52
TCM	Horas perdidas en congestión metropolitana (millones de horas/año usuarios del vehículo privado)	55,1
VA	Núm. vehículos afectados	531.994
Vahp	Núm. vehículos afectados hora punta	87.164
UA	Núm. usuarios afectados	992.171
<b>Indicadores de eficiencia social (territorial)</b>		
IET	Índice de eficiencia territorial (social) de la red viaria (tramos-km)	35,96%
ICT	Índice de congestión territorial de la red viaria (tramos-km)	3,96%
ICCM <sub>t</sub>	Índice de coste congestión metropolitana territorial (millones de €/año por km de vía analizada)	1,324
ITCM <sub>t</sub>	Índice de tiempo en congestión metropolitana territorial (h/año por km de vía analizada)	86.909
<b>Indicadores de eficiencia individual</b>		
IEI	Índice de eficiencia individual de la red (tramos-km)	60,08%
ICCM <sub>u</sub>	Índice de coste congestión metropolitana usuario (€/año por usuario sólo tiempo)	538
ITCM <sub>u</sub>	Índice de tiempo en congestión metropolitana por usuario (h/año por usuario)	57,4

Ilustración 43. Resumen de propuestas.



## 6. Bibliografía

Adaptación del estudio de costos sociales y ambientales del Transporte de la DGPT en la Región Metropolitana de Madrid (Sener, 2006) Autoritat del Transport Metropolità (ATM)

Cain, S., Hass-Klau, C., Goodwin, P. (1998). Traffic impact of highway capacity reductions: assessment of the evidence. London, Landor Publishing.

Cal y Mayor, Rafael. Ingeniería de Tránsito (1984), Séptima edición, México.

Chrobok, R., O. Kaumann, J. Wahle y M. Schereckenberg (2004), Different methods of traffic forecast based on real data. European Journal of Operational Research 155, pp. 558-568.

Daganzo, C. Garcia, R. " A Pareto-Improving Strategy for the time-dependent Morning commute Problem" Transportation Science, v.34 n° 3, Agosto 2000.

Daganzo C, Erera A, Lawson T. Método simple y generalizado para el análisis de colas de tráfico aguas arriba de un cuello de botella.

Daganzo C, "Restricting Road Use Benefit everyone" y "Restricting Road use Benefit everyone – Part II: time of day Restrictions that encourage earlier arrivals", Institute of transportation studies Research Report UCB-ITSRR-92-6, y Working paper UCB-ITS-WP-92-8, University of California, Berkeley, CA, December 1992.

Daganzo, C. "A Pareto Optimum Congestion Reduction Scheme", Transportation Research, v.29B, n° 2, April 1995.

Decreto de Medio Ambiente, Departamento de medio ambiente de la Generalitat de Catalunya.

Encuesta Domiciliaria de Movilidad del 2004 en la Comunidad de Madrid. Consorcio Regional de Transportes.

Kendal, D.C (1975) Carpooling: Status and Potencial, U.S. Departmente of transportation, Washington D.C.

Las cuentas del transporte de viajeros en la Región Metropolitana de Madrid (UPC, 1998) Autoritat del Transport Metropolità (ATM)

Newman, Leonard (1987) Design of bus and carpool facilities: A Technical Investigation, Research Report 87-15, Institute of Transportation Studies, University of California Berkeley.

Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT). 2004. Ministerio de Fomento

Plan de Infraestructuras del Transporte de la Comunidad de Madrid 2007-2011. Comunidad Autónoma de Madrid

Plan Director de Infraestructuras (PDI) 2001-2010, Ministerio de Fomento. Abril 2002

Robuste, F. y Monzon, A. Una metodología simple para estimar los costes derivados de la congestión de tráfico en ciudades, aplicación a Madrid y Madrid. V congreso nacional de economía. Las Palmas de Gran Canaria, Diciembre 1995. Vol.3, 117-123.

Romana García, M y et. Estimación del porcentaje de vehículos demorados en función de variables de la circulación en carreteras convencionales de doble sentido. Revista de Obras Públicas. N° 3.359, Noviembre, 1996. Pp. 85- 93.

SERTI Project (2001), Travel time estimation (Avignon, 8-9 novembre 2001) European Workshop, organised by the SERTI project an initiative BY ten-t Euro-Regional Project.

Turner, S. M., W.L Eisele, R.J.Benz y D.J. Holdener (1998), Travel time data collection handbook. Texas Transportation Institute. Federal Highway Administration. Final Report FHWA-PL-98-035.

Victoria transport Policy Institute, Transportation Costs and Benefit Analysis.

Wirkungspotentiale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur – und verkehrsmittelnutzung" Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau – und Wohnungswesen, Berlin (FE-Nr.96584/1999)

### Paginas Web

Dirección General de tráfico. [www.dgt.es](http://www.dgt.es)







