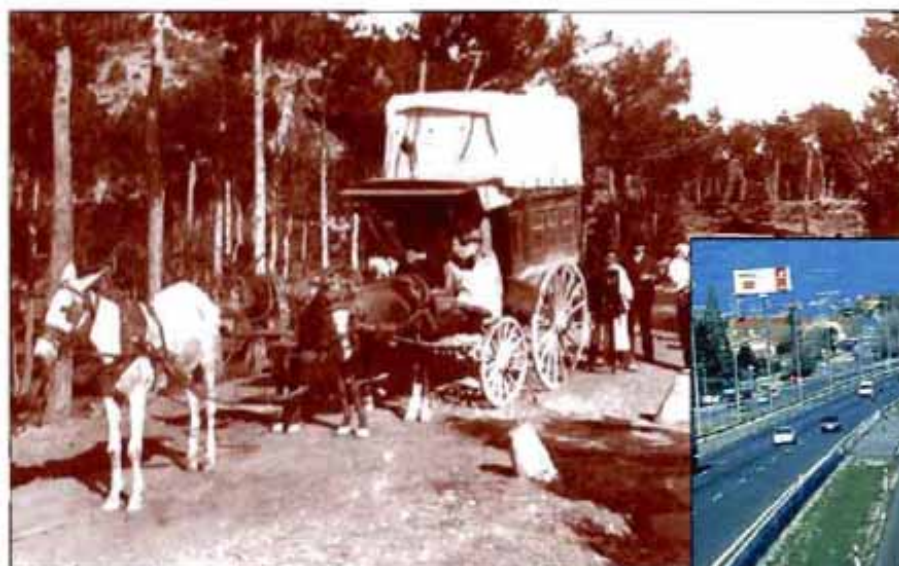


LA INFORMACIÓN SOBRE TRÁFICO EN LAS REDES DE CARRETERAS

Consideraciones históricas a partir de la publicación del Mapa de Velocidades de 1997



En menos de un siglo los viajeros han pasado de recorrer 100 km/día a 100km/hora.

POR PEDRO M. GALÁN BUENO
INGENIERO DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



El esplendor del mundo se ha enriquecido con una nueva belleza: la belleza de la velocidad (...) un automóvil de carrera (...) es más hermoso que la Victoria de Samotracia.
F.T. Marinetti "1º Manifiesto Futurista" (1909).

¿Tiene Vd. mucha prisa? Llevamos un retraso considerable (...)
A mí, realmente, me es igual -le dijo. Yo comprendo que Vd. se preocupe del horario. Pero los demás, apañados estaríamos si nos inquietáramos en esta época por tales nimiedades. Desgraciado, amigo, el que en estos tiempos que vivimos tenga prisa.
Josep Pla "Viaje en Autobús" 1942.

La irrupción de la *velocidad* en los modos de transporte, y en particular en la carretera, al dejar de ser, como veremos, un invariante, para convertirse en una variable cuantificable, modelable y objetivo de cualquier plan, ha dado lugar a un conjunto de técnicas que ha tenido por objeto la medi-

ción de todos los fenómenos que rondan en torno al tráfico rodado (Intensidad, Velocidades, Accidentes, etc.).

Así, con motivo de la aprobación del Plan de Obras Públicas del año 1960, se produce un cambio cualitativo en relación con la planificación y diseño de la carretera. Se entroniza la INGENIERÍA DE

TRÁFICO en la práctica cotidiana de la Dirección General de Carreteras, y el tráfico se ve convertido en una variable capital para la programación temporal y el dimensionamiento de las actuaciones.

Hasta ese momento, el tráfico de vehículos a motor era algo sumamente limitado, ya que en 1950 el parque de tu-



Hasta 1960, bicicletas y carros constituían una parte básica del parque circulante.

rismos (97 215) era sólo ligeramente superior al existente en 1928 (84 066). Mayor importancia tenían los autobuses, camiones y los carros (1 225 000 en 1928) para el transporte de viajeros y mercancías, siendo su circulación más conocida gracias a las tasas y tarifas a las que debían hacer frente.

Como referencia de los carros que circulaban por las carreteras citaremos las observaciones efectuadas en los accesos a Madrid en agosto del año 1909 y que dio lugar a una media de 150 colleras/km-día, lo que permite suponer al autor una media en la red de carreteras de 105 colleras* por día y kilómetro, justo la mitad de lo que en aquel tiempo soportaba la red francesa (211)¹.

En este mismo artículo (pág. 472) se indica que en idéntico periodo, el nº de vehículos al día era de 87 en la carretera de La Coruña a la salida de Madrid y de 63 en el tramo inmediato al puerto, así como de 52 vehículos en la salida de Madrid por la Carretera de Madrid a Francia por la Junquera.

Asimismo, en 1918 se hicieron nuevas observaciones en los accesos a Madrid, referidos exclusivamente al tránsito de carros, donde se comparan los resultados

de dicho año con los de 1909².

CARRETERA	Colleras/Día	
	1909	1918
Madrid a Francia por Irún	930	1 362
Madrid a La Coruña	186	682
Madrid a Toledo	130	3 688
Madrid a Francia por La Junquera	125	747
Madrid a Portugal	82	4 964
Madrid a Castellón	44	260
Madrid a Cádiz	41	1 354

Como puede observarse, el tráfico se había multiplicado con una intensidad más que notable (5 000 colleras/día a la salida de la carretera de Extremadura).

Desde principio de siglo hasta 1960, la finalidad básica de los estudios de tráfico era conseguir un dimensionamiento óptimo de los firmes que evitara su deterioro. Para ello, se requería conocer tanto el número de vehículos como su tipología (peso y tipo de llanta). Los aspectos de capacidad, congestión y velocidad deberán esperar hasta 1960 para convertirse en elementos centrales del diseño. Ello obedece tanto por la limitación del parque de vehículos, que sólo empieza a crecer de forma notable a partir de 1956, como por la propia desconsideración de la velocidad como variable pertinente debido a un conjunto de factores, entre los que sobresale el estatismo duran-

te milenios de la vida cotidiana, la práctica ausencia de movilidad en la mayoría de la población y el propio carácter invariante que había tenido la velocidad en la historia, en cada modo de transporte. (Ver punto 4 y nota 23).

Así, el Plan de firmes especiales de 1927 recoge entre sus objetivos: "... la imperiosa necesidad de cambiar el sistema técnico de la construcción de los firmes con sujeción a las características exigidas en cada localidad por la intensidad y condiciones del tráfico moderno..."

El tráfico es, por entonces, un hecho episódico, que no merece cuantificación salvo en algún caso puntual, como al plantearse en 1932 la necesidad de construir un túnel por la sierra de Guadarrama, para lo cual se acudió a una observación directa desarrollada en el mes de octubre de 1931, obteniéndose 700 vehículos/día de media, con una variación entre la punta de 1 400 veh/día en los días festivos y el mínimo de 200 veh/día. Se recoge, además, la distribución por tipo de vehículos (74 a 87% de automóviles, 6 a 12% de camiones, 10 a 15% de autobuses y 2 a 4% de motocicletas)³.

El Plan General de Obras Públicas del año 1941, responsable de la actual denominación de carreteras, ya indicó la necesidad de una nueva visión en la planificación de carreteras⁴... en vigor, la red de caminos no ha sido hasta ahora estudiada desde el punto de

* La collera equivale a un caballeraje por lo que un caruaje tirado por 3 caballos, equivale a 3 colleras.

(1) Francisco Terán ROP 1909, pág. 471.

(2) J. Ignacio Uriol: *La Construcción y Conservación de Carreteras 1896-1925* (pág. 55). *Revista CA. Suplemento Especial* nº 4 (1980).

(3) Emilio Kowalsky. R.O.P. 1932, pág. 260.

(4) *Plan General de Obras Públicas 1940. Tomo I. Caminos. Pág. 81.*

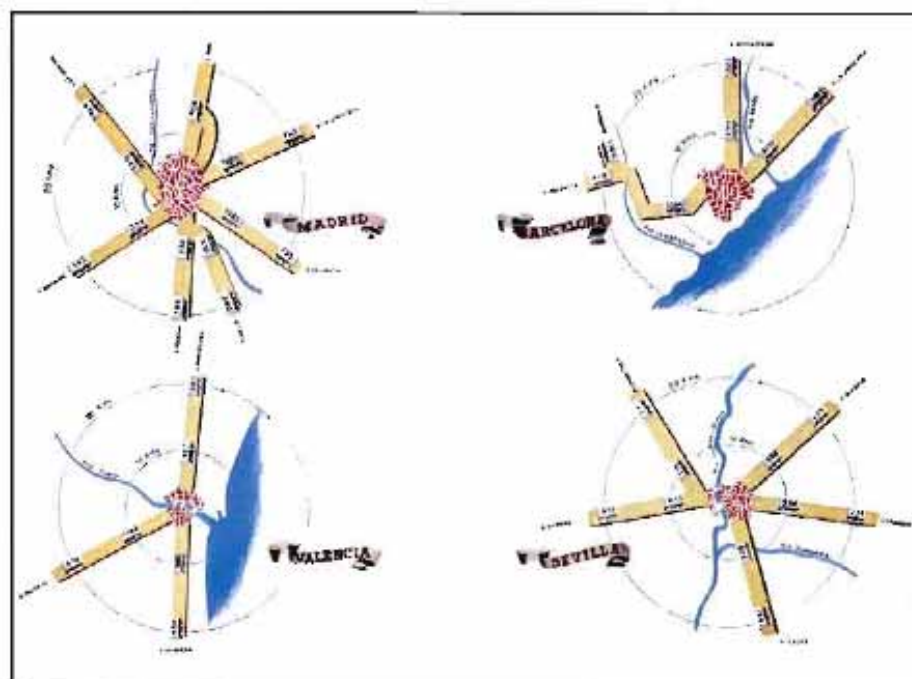


Figura 1. Plan de modernización de 1950.

vista científico...". Así, para determinar la inversión en cada provincia, fue preceptivo calcular "EL GRADO DE NECESIDAD DE LAS PROVINCIAS"⁵, siendo esto consecuencia tanto de las características de la oferta como de la demanda.

"¿Cuál es el estado de necesidad en cada provincia? ¿Cuáles son las provincias más favorecidas, cuáles son las más dotadas y qué graduación hay entre todas ellas? ¿Cuál es el número teórico de kilómetros que sería preciso construir en cada una de ellas, o qué equivalente en mejoras es preciso introducir en los caminos existentes para que se compensen las desigualdades que deben existir entre ellas?

(...) Pretender llegar a una solución matemática completamente exacta es cosa imposible.

Si se contara con estadísticas completas y seguras del tráfico que soporta cada vía, cuya obtención fue recomendada en el Congreso de Carreteras celebrado en Alemania el año 1934, el problema no sería tan complejo y cabría llegar a estudios interesantísimos y de gran utilidad de orden nacional, comarcal, local e individual por vía, pues bastaría re-

lacionar y hacer conjugar los tráfico con los diferentes medios para servirlos; pero siendo nula la existencia de tales datos hay que comenzar por cifrar su cuantía y, naturalmente, esto únicamente a base de consideraciones teóricas e indirectas es de suma dificultad" (pág. 96).

La ausencia de datos de tráfico se suplió por medio de un indicador que reflejara el grado de movilidad de cada provincia a_m y que fue definido mediante la expresión siguiente⁶:

$$a_m = \frac{M}{Q + 3q} \times \frac{C}{Q + 3q} \times \frac{S}{Q + 3q}$$

siendo en cada provincia m:

M = Población.

C = Contribución rústica e industrial.

S = Superficie.

Q = Longitud de la red de carreteras.

q = Longitud de la red ferroviaria.

No obstante, se es consciente, desde el comienzo de la circulación motorizada, del problema que representan los vehículos pesados, tanto por su peso como por su número, por su responsabilidad directa en el deterioro del firme. En relación con el primer aspecto se van sucediendo una serie de disposiciones que se inician con el "Reglamento para la circulación de vehícu-

los de motor mecánico" (23 de julio de 1918), donde el peso máximo autorizado de los camiones, en circulación era de 8 t con un máximo de 6 t de carga por eje. A ésta, le siguieron el nuevo reglamento de 1926 (8 t, requiriéndose un permiso especial para mayores cargas), el Código de la Circulación (1934) (máximo 10 t, y más con autorización) y el Decreto de 23 de abril de 1948 donde se actualizan los pesos máximos de los vehículos y sus dimensiones. Fija en 15 t el peso máximo con carácter general, pudiendo extenderse para ciertas carreteras a 19 t (2 ejes), 25 t (3 ejes) y 27 t en el caso de cabeza tractora con remolque. Al tiempo, las cargas por eje no pueden sobrepasar las 12 t en los vehículos de 2 ejes y las 10 t en los de 3 ejes.

En línea con esta preocupación, el II Congreso Nacional de Ingeniería, celebrado en mayo de 1950, recoge en una ponencia de Francisco Rodero Rodero la necesidad de proceder a unos aforos para dimensionar debidamente los firmes ("Propuesta de un sistema de valoración de los Aforos de Tráfico").

El método parte de una realización de aforos en la carretera en estudio, importando no sólo la magnitud sino su distribución por tipos de vehículos.

A continuación, a cada uno de ellos se le aplica una carga media, con lo que se obtiene por agregación la carga vertical y horizontal total que soporta el firme y que representan respectivamente el efecto de impacto de las cargas y las acciones tangenciales de rozamiento, rodadura, aceleración, etc. En función de las magnitudes de esos dos vectores, puede procederse al dimensionamiento del firme.⁷

(5) Op. Cit. - Pág. 95 a 101.

(6) Op. Cit. - Pág. 97.

(7) Francisco Rodero Rodero. II Congreso Nacional de Ingeniería. 1950. Tomos VIII y IX, pág. 89.

VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS		VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	
CAMIONES	A	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
DEBILITADOS	B	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
MOTOS	1	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
CARROS	2	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
CAMIONES	3	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
DEBILITADOS	4	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
CAMIONES	5	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
DEBILITADOS	6	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS
AUTOMOVILES	7	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS	VEHICULOS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN LAS CARRETERAS

Figura 2. Estadillos de aforos manuales.

Si bien con la finalidad antes apuntada, dicha ponencia recoge la primera estadística completa de los aforos registrados en una provincia. Corresponde a León, en el período comprendido entre el 21 de octubre de 1948 y el 7 de octubre de 1949, escogiéndose para ello 25 puntos representativos de las carreteras de la provincia. Los principales datos obtenidos son los siguientes:

Se hace una clasificación de las vías en 3 niveles A, B y C según la intensidad del tráfico y el tipo de los vehículos (llanta de goma o metálica), basándose en la cual se establecen los criterios de dimensionamiento geométrico y velocidad.

Por primera vez se efectúan unos aforos sistemáticos en las provincias de Barcelona, Madrid, Valencia y Sevilla, que

IMD 1948-1949 en la Red de Carreteras de León							
	CAMIONES		CARROS		VEHIC. LIGEROS	AUTOBÚS	BICI MOTOS
	15t	8t	3t	1t			
MEDIA 25 AFOROS	13	64	9	43	45	8	156
MAXIMO LEÓN-TROBAJO	10	153	18	88	178	68	1 010
MÍNIMO OJEDO-RIAÑO	3	21	-	10	23	4	21
TOTAL							

Como puede observarse, las bicicletas y motos suponen el 45% del parque circulante y los carros (15%), aun siendo inferiores a los camiones (23%), todavía superan a los automóviles (13%).

El año 1950 es un precedente en la medición de tráfico, ya que se aprueba el "Plan de Modernización de la Red de Carreteras Española", y en

"obligadamente corresponden a tráficos máximos", y se presentan en la forma que conocemos en la actualidad.

Se realizan aforos a 10 y 20 km del centro de esas ciudades, y se destaca cómo los accesos costeros a Barcelona por la N-340 y la N-II tienen los tráficos más altos del país (3 334 y 3 113 veh/día, respectivamen-

te). En Madrid, el máximo no llega a 1 400 veh/día (N-II). Anecdóticamente se observa el primer gazapo en los mapas de tráfico: la N-II y N-III tienen repetidos sus datos en Madrid y, lógicamente, el error parece corresponder a la carretera de Valencia (ver figura 1).

En los EE.UU. se estaba a punto de publicar el primer Manual de Capacidad de Carreteras, y el Plan de Modernización señala que allí "una carretera de 2 carriles podría alcanzar de 3 000 a 5 000 vehículos sin serias dificultades", y en Argentina, "con gran diversidad de vehículos y caballerizas, que a veces aconsejan una tercera circulación (carril), los 2 000 veh/día dan en general, con 2 carriles, una circulación fluida".

En España, concluye esta primera incursión en los estudios de capacidad de carreteras, dado que en los mejores itinerarios (tipo A) tienen aún un 10% de tráfico con llanta metálica; "la cifra de 2 500 vehículos diarios se estima como cifra a aceptar. El máximo horario que tal cifra diaria supone sería de 280 vehículos (cifra experimental) no alcanzada sino excepcionalmente en alguna estadística".

En la actualidad, la capacidad teórica de una carretera de dos carriles es 10 veces superior (2 800 veh/hora). Téngase en cuenta que, hasta bien entrados los años 60, los carros circulaban con normalidad por las carreteras españolas, y tanto los aforos como las encuestas contemplaban esta tipología de vehículos. Por otro lado, los vehículos carecían de la capacidad de aceleración que poseen en el día de hoy todos los del mercado. A ello, añádase desde la óptica de la carretera, una franca mejoría en el diseño de los accesos, la señalización y, en general, un trazado mejor y más homogéneo.

Para conocer la importancia de los *carros y bicicletas* hay que señalar que en los estadillos de aforos manuales, reproducidos en este artículo, figuraban en primer lugar estos dos tipos de vehículos; aunque, posteriormente, los cálculos de las IMD se hicieron exclusivamente sobre los vehículos motorizados (*figura 2 de la pág. anterior*).

En 1962, se realizó un mapa de España que no llegó a ser publicado, con el tráfico (IMD) de carros y bicicletas, destacando la presencia de 500 bicicletas/día en la zona de Guipúzcoa y de 100 carros/día en la zona mediterránea (Levante y Murcia)⁸.

Por otro lado, la importancia de las bicicletas hizo que en una de las primeras autopistas de España, la Autopista del aeropuerto de Barajas en Madrid, se construyeran dos carriles-bici paralelos y separados de las calzadas. El aforo de este tipo de vehículos se abandonó definitivamente en 1968.

Tras el plan de modernización (1950), comienza a aforarse en distintas carreteras sin un plan predefinido, con la finalidad de conocer su realidad y sus necesidades futuras.

Así, en el Anteproyecto de la Autopista Transibérica, EUROPA-ÁFRICA del año 1956⁹, se hace mención de los aforos llevados a cabo en 1955 en la Red de Carreteras y, en particular, en los 23 aforos del itinerario IRÚN-MADRID-CÁDIZ-ALGECIRAS, lo que permite deducir la circulación media diaria en vehículos-kilómetro.

Sabiendo que entonces la longitud del itinerario era de 1 308,6 km¹⁰, ello nos proporci-

na una IMD de 1 115 veh/día. (En 1997, la IMD fue de 21 700 veh/día). Para este mismo itinerario y en el mismo año, se recoge la variación de las IMD entre sus distintos tramos, que oscila desde los 500 veh/día de las secciones menos frecuentadas, a los 3 000 veh/día en los tramos cercanos a Madrid de las carreteras radiales y el máximo de 9 000 veh/día entre Irún y San Sebastián en la N-I.

En el mismo anteproyecto se recoge el número total de los vehículos que anualmente pasan por las fronteras entre España y Francia y España y África¹¹.

Años	VEHÍCULOS QUE HAN PASADO DE			
	Francia a España	España a Francia	África a España	España a África
1951	135 307	133 523	8 609	11 011
1952	152 667	153 059	12 233	12 212
1953	186 848	186 819	18 125	18 330
1954	199 882	197 900	14 370	9 842

Volviendo a este primer periodo hay que destacar que la carretera, que había sido complementaria con el ferrocarril al comunicar las estaciones con los puntos de destino de viajeros y mercancías, iguala en el mismo año (1956) al ferrocarril en los dos tipos de transporte. Desde ese momento se despegará, siendo en la actualidad la relación carretera/ferrocarril, contabilizando sólo la antigua Red de Carreteras del Estado, de 15,1 en viajeros y de 18,6 en mercancías. (Para el conjunto de la Unión Europea en el año 1996, estas razones son respectivamente 14,1 y 4,7; es decir, el desequilibrio se produ-

ce en España en el transporte de las mercancías, que mueve porcentualmente por ferrocarril 4 veces menos que en la Unión Europea).

1. El tráfico como referencia

El Plan General de Obras Públicas de 1960 supuso un cambio radical en la consideración de la carretera, al no ser contemplada únicamente desde la oferta (¿qué se tiene?, ¿qué se hace?, ¿qué características tendrá?), sino también desde la de la demanda (¿cuántos usua-

rios?, ¿cuándo?). Al igual que sucedió en otros sectores, la obra pública empieza a dejar de ser buena por sí misma, y comienza a ser contemplada en función del servicio que presta.

Este cambio se vio favorecido por la presencia en los EE.UU. de un conjunto de técnicos españoles que adaptaron para España todas las metodologías que se estaban empleando allí, que no eran otras que las derivadas de un conocimiento exhaustivo tanto de la oferta como de la demanda, y ésta no sólo referida al momento actual, sino a la que se iría produciendo durante la vigencia del plan.

(8) Javier Guillén y Mariano Bulnes. *Servicio de Datos Básicos*.

(9) *Autopista Transibérica Europa-África. 1956. Anteproyecto (pág. 7)*.

(10) *Plan de Modernización 1950. Anejos Itinerarios Radiales*.

(11) *Autopista Transibérica... pág. 9*.

CIRCULACION MEDIA DIARIA (veh-km) en la ctra. Irún-Madrid-Algeciras año 1955

ORIGEN	Motocicl.	Turismos	Camiones	Autobuses	TOTALES
Espanoles	229 250	474 750	459 000	69 000	1 232 000
Extranjeros	8 750	210 500	3 750	4 250	227 250
TOTALES	238 000	685 250	462 750	73 250	1 459 250



El estudio del tráfico hasta 1960 tenía como objetivo principal el dimensionamiento de los tramos ante el efecto de los cargos de carros y camiones.

A la vista de ello, el Plan de Carreteras de 1960 se fundamentó en el comportamiento de la demanda "... dos aspectos que se estiman fundamentales: el conocimiento de las necesidades globales para *adequar las carreteras al tráfico al cabo de 16 años*" (Conveniencia del Plan).

"... Ha sido necesario determinar el nivel de servicio adecuado para los proyectos de nuevas carreteras, variantes y acondicionamientos, en función de la I.M.D. del año horizonte ..."

En los objetivos del Plan se recogen estos aspectos de una forma más fehaciente.

"(Al final del 1º cuatrienio) se habrá conseguido la perfecta adecuación entre el estado de las carreteras y las exigencias de tráfico que previsiblemente, han de soportar en aquella fecha".

Y aún más importante: "(las inversiones se acomodarán cada año) procurando que guarde relación con el índice de crecimiento de tráfico".

Para llevar a cabo estos cometidos, se creó una División de Planes y Tráfico¹² con los cometidos siguientes¹³.

- Realización de un Plan anual de aforos.
- Realización de encuestas de tráfico de origen-destino.
- Realización de un inventario de carreteras.
- Realización de estudios básicos.
- Coordinación de normas técnicas.

Para facilitar las tareas se adquirió un primer IBM 1620, sustituido después por el primer ordenador de 3ª generación que vino a España (un 360 de 64 K), que supuso una inversión de 60 Mpta de 1965, con un incremento de 20 Mpta para ampliar la memoria a 128 K, lo que supone 1 400 Mpta al valor actual. Con este ordenador se inició la mecanización del Plan de Aforos en 1966.

Por aquella época el Banco Mundial (1962) realizó un informe sobre las perspectivas del desarrollo español y, en el caso de las carreteras, recomendó una serie de estudios

esenciales, que además deberán estar permanentemente actualizados:

- Volúmenes de tráfico.
- Encuestas de origen-destino (pantalla y cordón).
- Parque de vehículos.
- Consumo de combustibles.
- Accidentes.
- Inventario de carreteras.
- Previsiones de tráfico.
- Riqueza y variaciones del tráfico producidas por las actuaciones en carretera.

La similitud entre ambas propuestas (Plan y Banco Mundial) es notoria y, de hecho, a partir de ese momento, la obtención y actualización de datos básicos se ha mantenido hasta nuestros días.

Otra consecuencia del impulso tecnológico derivado de la nueva organización y exigencias del Plan es la aprobación de una nueva Instrucción de Carreteras (1961) que sustituyó a la ya obsoleta de 1939.

El Plan Nacional de Aforos fue uno de los objetivos básicos de la nueva organización y como tal se recogía de la memoria del Ministerio de aquel año¹⁴. Desde entonces, se publica con carácter anual con indicación de la tipología, información que obtener etc., en cada una de las provincias.

"De los dos estudios básicos necesarios (aforos e inventario) para poder elaborar con datos objetivos los planes futuros de carreteras, el primero fue ini-

(12) Reorganización de la Dirección General de Carreteras según Orden Circular nº 76 de 12 de agosto de 1960. La Dirección General de Carreteras está constituida además de la Dirección por la Subdirección, tres Divisiones (Planes y Tráfico, Proyectos y Obras y Conservación y Vialidad), un Gabinete de Estudios y una Sección de Contratación y Asuntos Generales.

(13) Memoria del M.O.P. 1957-1960. Tomo I pág. 260.

(14) Memoria del M.O.P. 1957-1960. Tomo I pág. 265.

ciado en el año 1959 (O.C. 42/1959)" (pág. 262).

"Objetivos inmediatos del Plan son:

- Obtener el tráfico medio diario de cada año (intensidad, carácter y composición en cada zona de carretera).
- Determinar las variaciones típicas del tráfico en determinados períodos.
- Ordenar las horas del año en orden decreciente de intensidades, para elegir la hora más adecuada como base de proyectos.
- Obtener la posible correlación del tráfico con otros factores (uso del suelo, renta por habitante, población, etc.), a los efectos de obtener elementos de juicio para la previsión del tráfico futuro" (pág. 262).

Estos objetivos se cumplieron a partir de 1962 tras la instalación de 30 estaciones permanentes. En 1960 se compraron 51 contadores de registro horario, 263 totalizadores para un determinado período de aforo y 12 básculas para el pesaje de camiones, todo ello extraído del fondo de la ayuda americana.

No obstante, en 1960 todos los aforos se realizaron manualmente.



Figura 3. Primer mapa de aforos (1960).

El número de estaciones establecidas en este primer año fue el siguiente:

- 750 estaciones de control para determinar las leyes de variación del tráfico y con ello obtener los coeficientes que permitieran extender los datos obtenidos en las estaciones de cobertura. De ellas, 259 estaciones de control primario y 491 de control secundario, que se distinguen fundamentalmente por obtenerse en las prime-

ras los coeficientes de tráfico de sábados y domingos.

- 3000 estaciones de cobertura para estimar la intensidad media diaria en cada sección de carretera (pág. 263)¹⁵.

La red objeto de atención era la Red de Carreteras del Estado que en 1960 tenía 80 403 km. De ella, fueron aforadas el primer año 55 032,5 km y se obtuvo la 1ª distribución de carreteras en función del tráfico¹⁶.

La Dirección General de Carreteras, en su memoria del año 1960, resumía en una sola página los resultados del primer año de funcionamiento del Plan Nacional de Aforos¹⁷. Calculaba los vehículos-kilómetro producidos en cada una de las redes: 6 899 millones de vehículos-kilómetro en la red principal y 3 603 millones de vehi-

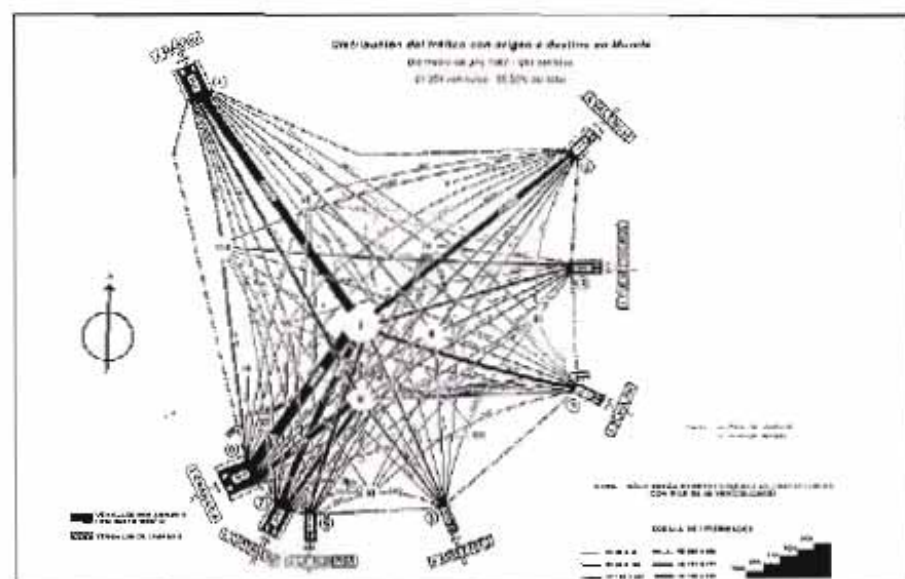


Figura 3.1. Resultados de la encuesta de origen-destino en Murcia. Año 1962.

(15) El Plan de Aforos de 1959 contempla la toma de datos en 2 525 estaciones (210 permanentes, 152 primarias, 367 secundarias y 1796 de cobertura).

(16) Memoria del M.O.P. Años 1957-1960. Tomo I, pág. 265.

(17) Memoria de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales. Año 1960. Cuadro 15.

culos-kilómetro en la red secundaria, lo que equivale a unas IMD de 1 425 veh/día en la red principal y de 147 veh/día en la red secundaria. En 1966, el tráfico en la red de carreteras interurbanas fue de 180 971 millones de veh/km (Ver cuadro del punto 2).

Se trata, por tanto, de la primera cuantificación del tráfico total producido en la Red de Carreteras del Estado, información que se mantendría en las sucesivas memorias de la Dirección General hasta 1990; fecha a partir de la cual se publicaron los datos en la memoria del Ministerio, en la memoria de Datos Básicos y en el "Informe Anual. Los Transportes y las Comunicaciones".

Complementariamente se publicó en ese año de 1960 el primer mapa de tráfico que, posteriormente y de una forma ininterrumpida, se ha venido editando con carácter anual. (Ver figura 3).

En relación con este plano y los datos de tráfico publicados en la Memoria de la Dirección General de Carreteras cabe destacar los siguientes aspectos.

1. El 69% de la red principal (13 263 km) en 1960 tenía un tráfico comprendido entre 500 y 2 000 veh/día. En 1997, un 24 % de los tramos tenía un tráfico comprendido entre 2 000 y 4 999 veh/día y un 26% entre 5 000 y 10 000 veh/día. Por encima de 20 000 veh/día había 2 245 km lo que significa un 11 % de la red.
2. El máximo tráfico en España en aquel año y el único que superó los 20 000 veh/día, fue en Madrid la salida de la N-II (c/ María de Molina entre Castellana y Cartagena) con 21 188 veh/día. En la actualidad, el máximo se registra en la M-30 entre la N-II y N-III con 250 411 veh/día (1997).

CIRCULACIÓN EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO. AÑO 1960			
IMD km	Red principal km	Red secundaria km	Total
0 a 100	-	18 700,5	18 700,0
100 a 250	164,3	12 902,5	13 066,8
250 a 500	2 111,2	7 377,8	9 489,0
500 a 1 000	4 839,4	2 257,1	7 096,5
1 000 a 2 000	4 338,4	456,4	4 794,8
2 000 a 5 000	1 527,9	71,7	1 599,6
5 000 a 10 000	213,6	1,0	214,6
10 000 a 15 000	41,7	2,5	44,2
15 000 a 20 000	24,0	-	24,0
Más de 20 000	2,5	-	2,5
Sin clasificar	-	25 370,8	25 370,8
TOTALES	13 263,0	67 140,3	80 403,3

3. En la red secundaria, el 65% tenía un tráfico inferior a 100 veh/día.

4. El mapa recoge en cada estación la *distribución por tipo de vehículo* (motos-vehículos ligeros y vehículos pesados) y destaca la gran importancia que motos y vehículos pesados (que incluía los autobuses) tenían en la circulación rodada.

5. La memoria de la Dirección General de Carreteras de 1961 recoge, además del tráfico total (11 359 millones de veh-km), la distribución por tipos de vehículo:

Motocicletas	20,3 %
Coches	40,4 %
Autobuses	2,9 %
Camiones	36,3 %

6. En 1996, las motocicletas tenían una participación inferior al 1 % (0,8 %), los camiones entre el 16 % de la Red de Carreteras del Estado y el 9 % de la Red Autonómica, con una media para los 95 000 km de un 12,8 %, y los vehículos ligeros un 86,2 %.

Otros datos de tráfico, como las distribuciones por tipo de vehículo, tipo de red, etc., fueron recogidos de una toma exhaustiva en las Memorias de Datos Básicos (anuales desde 1961).

Desde 1960 comenzó, por otro lado, a estudiarse los orí-

genes-destino, bien de un conjunto de secciones de un itinerario (encuesta de pantalla), bien de todas las carreteras que conflúan en una población (encuesta de cordón). Además de los orígenes-destino se estudiaba el motivo de viaje, la longitud de viaje, el tipo de vehículo, etc. Como ejemplo se acompaña la figura 4 con la distribución del tráfico en la encuesta de origen-destino de la ciudad de Murcia del año 1962.

La finalidad de todos ellos era proceder a un diseño y dimensionamiento óptimo de vías nuevas y los enlaces necesarios para captar la mayor cantidad de tráfico.

Entre 1961 y 1977 se realizaron 97 encuestas dirigidas desde los servicios centrales de la Dirección General de Carreteras. Posteriormente, con motivo del Plan General de Carreteras, se realizaron 28 encuestas interurbanas en 1983 y 55 en 1989, a las que hay que añadir las 67 encuestas codificadas en el medio periurbano en 1990¹⁸.

(18) Existen, no obstante, unas encuestas incluidas junto a las mencionadas en "Necesidades de Actuación en Medio Urbano", desarrolladas por Demarcaciones para la elaboración del Plan Sectorial 1992-2000. Área de Planificación, 1990.

2. La actualidad. Nuevas necesidades de información

Desde 1960 a 1996, el tráfico carretero se ha multiplicado por 17, el parque oficial de vehículos ha aumentado en 20 veces (hasta 1997) y el de turismos, en particular, en 53 veces. Se ha pasado de 1 turismo cada 100 habitantes en 1960 a 39 turismos cada 100 habitantes en 1997¹⁹.

Este incremento tan notable del parque de vehículos y del tráfico va unido a unos profundos cambios en la sociedad que, en relación con el tema que nos ocupa, puede agruparse en los siguientes aspectos:

1) *Mayor cantidad de Unidades Administrativas con responsabilidad en el tema de tráfico.* A la Dirección General de Carreteras se han añadido las Comunidades Autónomas, la Dirección General de Transportes por Carretera y la propia Dirección General de Tráfico que ha ido ampliando progresivamente sus competencias en materia de explotación e información. En este sentido, desde la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se ha ido procediendo a unificar y publicar los resultados de los Planes de Aforos de todas las Administraciones, desde 1990 de una forma parcial, y desde 1995 de forma ya sistematizada.

2) *Mayor dispersión de la información,* lo que obliga a un importante esfuerzo de coordinación. A la existencia de mayor número de Unidades Administrativas se añade el procedimiento cada vez más generalizado de Asistencias Técnicas, cuya información utilizada rara vez se puede integrar en bases de datos más generales.



Los aforos manuales en las encuestas de vehículos en carretera y los primeros aparatos totalizadores del MOP de 1970.

3) *Mayor exigencia de calidad y prontitud en el tiempo de respuesta.* Si a comienzos de los 80 los equipos de inducción magnética, colocados bajo la capa de rodadura (TRAFICOM I) supusieron un avance sobre los equipos anteriores (mayor fiabilidad, conocimiento de la distribución de tráfico, etc.), los progresivos avances en microinformática han hecho que los equipos actuales (TRAFICOM III), con doble sistema de espiras y posibilidad de programación, ofrezcan otras informaciones como la velocidad instantánea por tipo de vehículo y el almacenamiento de la información en discos flexibles directamente tratables en un ordenador.

La última innovación ha sido conectar en línea un conjunto de estaciones permanentes por medio de la telefonía móvil (sistema GSM) con un ordenador de los Servicios Centrales de la Dirección General de Carreteras, de manera que se tiene toda la información que se desee, puntual o de un período cualquiera, en el momento que quiera utilizarse.

Este sistema se piensa extender a lo largo de 1999 al conjunto de las 210 esta-

ciones permanentes colocadas en la Red de Carreteras del Estado.

4) *Diferencias entre los datos para regular la circulación en la vía y la información al público y los datos para proyectos de conservación y explotación.* Son, en definitiva, la diferencia entre los datos obtenidos por la Dirección General de Tráfico y los obtenidos por las Direcciones Generales de Carreteras de los distintos Organismos. Los primeros se extienden al conjunto de accesos de las grandes ciudades, obteniendo no sólo una imagen, sino una cuantificación de los tráficos y velocidades en los troncos y ramales, que permita tanto una correcta explotación de la vía como una buena información al

(19) Datos del Área de Planificación. En el tráfico se ha incluido el que se recoge en todo el viario interurbano incluyendo Estado, CC.AA., Diputaciones y Red Interurbana de Ayuntamientos. Si se compara sólo con la antigua Red del Estado, el tráfico ha crecido hasta 1997, 13,8 veces. El parque oficial se estima que estaba sobrevalorado en 1992 un 21 %. En la actualidad pendientes de una revisión del modelo de parque esta sobrevaloración puede ser del 18 %.

LONGITUD, TRÁFICO Y CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LA TOTALIDAD DEL VIARIO
(Urbano e Interurbano)

		Longitud 1997 (km)	I.M.D.	Tráfico 1996			Cons. carburantes	
				Total	% INT.	% Total	Gasolina	Gasóleo
Interurbano	Red de Carreteras del Estado	23 397	10 708	85 614	47,3	32,5	25,5	37,8
	Comunidades Autónomas	72 444	2 758	72 841	40,3	27,7	20	29,7
	Diputaciones y Cabildos	66 954	623	15 233	8,4	5,8	4,4	6,5
	Ayuntamientos Pavimentados	109 984	125	4 987	2,8			
	No pavimentados	251 208	25	2 297	1,2	2,8	2,2	3,2
	Otro viario	11 355						
Total Interurbano		535 342		180 971	100	68,8		
Urbano	Ayuntamientos	128 949	1 739	82 068		31,2	47,9	22,8
	Total Urbano	128 949	1 739	82 068		31,2	47,9	22,8
Total Urbano e Interurbano		664 291		263 039		100	100	100

público. Interesa no sólo lo que está pasando, sino lo que pueda pasar en un breve espacio temporal para, además de regular el tráfico, informar desde la carretera (paneles de información variable), desde los medios de comunicación o telefónicamente.

La transmisión (tanto de tráfico como meteorológica) se hace por medio de un cable de fibra óptica, utilizando sólo equipos GSM (telefonía móvil) en los casos de difícil acceso al cableado.

Para los estudios y proyectos de carreteras se precisa, en cambio, una información muy sintetizada de series anuales, con distribuciones por tipos de vehículos y por series temporales (época del día, semanas, meses, etc.). No se requieren tantos puntos de aforo, pero se tiene que tener una información homogénea de toda la red.

En la actualidad se está formalizando una colaboración entre la Dirección General de Carreteras y la Dirección General de Tráfico, para poder emplear los dos organismos toda la información generada por ambos.

5) Nuevas necesidades de información.

Entre ellas cabe reseñar:

a) Avance de resultados y previsiones. INFORMES DE COYUNTURA.

Normalmente, la validación de los datos que deben ser supervisados en las Unidades originarias hace que las informaciones sintetizadas puedan tardar tiempo en producirse; con lo cual resulta cada vez más imprescindible disponer de este tipo de informes.

El Área de Planificación inició este tipo de informes en 1989, y en la actualidad tienen carácter trimestral, recogiendo la información más relevante de tráfico, matriculaciones de vehículos, consumo de combustible y comportamiento de las variables macroeconómicas.

La distribución mensual del tráfico se hace a partir de un muestreo estratificado con los datos mensuales de las estaciones permanentes, sobre la distribución completa de tráfico del año anterior.

b) Nuevos datos y precisiones en el mapa de tráfico.

La mayor demanda de información ha dado origen en una serie de mejoras en

el mapa de tráfico. Entre ellas cabe señalar:

- MAPA DE VEHÍCULOS PESADOS (desde 1996).
- MAPA DE MERCANCÍAS PELIGROSAS (1996; en 1997 está recogido en el parque de vehículos pesados).

- MAPA DE VELOCIDADES DE RECORRIDO (ver punto 5).

- Disquete con todos los datos y coeficientes de expansión de la totalidad de las estaciones, ya que los datos de las estaciones de cobertura no figuran en el plano (desde 1993).

- Información sobre el tiempo de funcionamiento de la estación y nivel de fiabilidad.

c) La información del futuro. CD-ROM con Segmentación Dinámica.

En la actualidad se está procediendo a unificar la información del tráfico, vehículos ligeros, vehículos pesados, velocidades, y accidentes en toda la Red de Carreteras del Estado, de forma que por medio de un S.I.G se pueda consultar, si se desea, gráficamente la localización de una estación cualquiera, y conocer en un entorno el comportamiento de todas

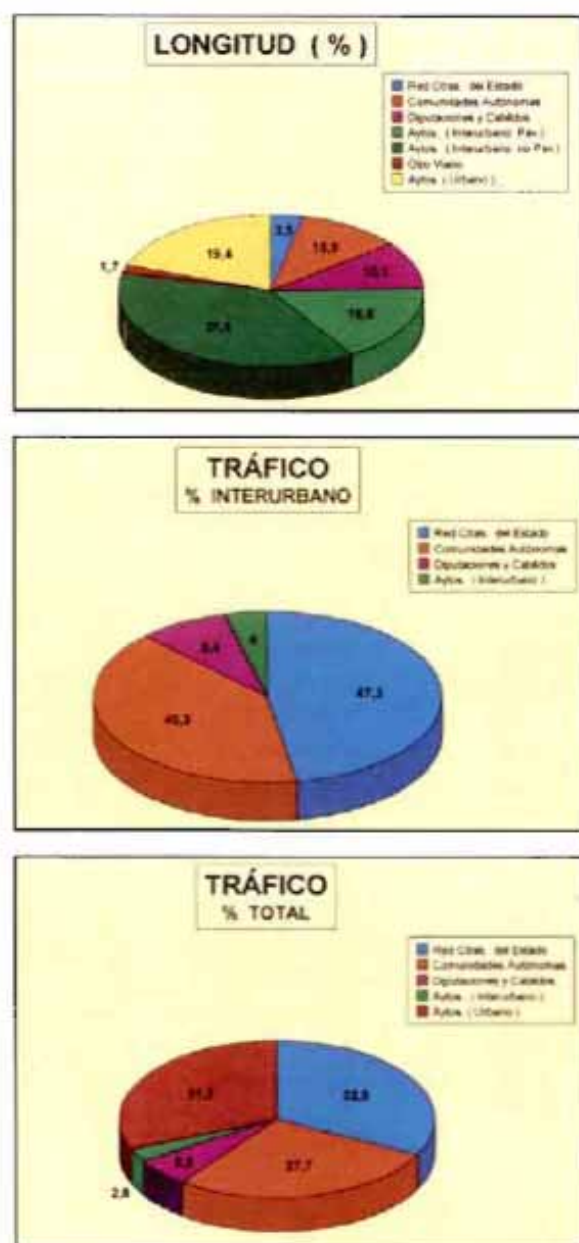


Figura 5. Longitud (1997) y tráfico (1996) en la totalidad del viario.

las variables arriba indicadas; o bien seleccionar un tramo o itinerario y obtener las características puntuales y medias de la selección efectuada.

d) La información de otros organismos de Carreteras. EL VIARIO TOTAL DE ESPAÑA.

Toda la información histórica del tráfico se ha referido a los sucesivos Planes de Aforos llevados a cabo en la Red de Carreteras del Estado. En 1984, tras las trans-

ferencias a las Comunidades Autónomas, se mantuvo la serie histórica a partir de algunos aforos puntuales en la red transferida y los datos de la propia Dirección General de Carreteras; pero, transcurridos unos años, esta información dejó de ser homogénea, y se pasó a una labor de coordinación con los auténticos gestores del tráfico: las Comunidades Autónomas y las Diputaciones. Gracias a ello y tras unos intentos en 1990 y 1991, se pasó de una manera decidida a la obtención de esos datos en 1995, habiéndose producido en estos 4 últimos años unos notables progresos en cuanto a información y calidad.

Los datos correspondientes a 1996 quedan recogidos en la figura 5 y cuantificados en el cuadro

de la pág. anterior⁽²⁰⁾.

Por otro lado, siempre se ha conocido la Red de Carreteras que forman Estado, Comunidades Autónomas y las Diputaciones. En cambio, existe otro viario interurbano que ha desaparecido de las estadísticas oficiales. En efecto, el Plan de Vías Provinciales, dirigido en 1974 por la entonces Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, tuvo como primera tarea la realización de un in-

ventario que confirmó la existencia de 168 185 km²¹ correspondientes a Ayuntamientos, ICONA, IRIDA, etc.

A sugerencia de la Dirección General de Carreteras, la Subdirección General de Estadística del Ministerio de Fomento ha realizado en estos últimos 4 años un inventario de las carreteras urbanas e interurbanas de los Ayuntamientos, confirmando que en la actualidad su longitud es de 361 192 km interurbanos, por lo que la longitud total interurbana es de 535 342 km. Además, se ha cuantificado el viario urbano, que suma 128 949 km²².

3. El mapa de velocidades de 1997

La última variable incorporada a la información que elabora la Dirección General de Carreteras para su mapa de tráfico es la de *velocidades medias de recorrido y velocidades puntuales en las estaciones permanentes*. Continúa así la pauta iniciada en años anteriores de completar la información del tráfico. Primero fue en 1993 con un disquete con los datos de todas las estaciones; después en 1996 con los mapas de vehículos pesados y mercancías peligrosas, tal y como hacíamos mención en el punto anterior.

(20) El Consumo de Combustible estimado por el Área de Planificación. Informe de Coyuntura nº 17, marzo de 1993.

(21) Catálogo de Vías Provinciales. 1997. Plan de Vías Provinciales DGP-MOP.

(22) Inventario de Carreteras de los Ayuntamientos. Febrero 1999. Subdirección de Estadística. Ministerio de Fomento.

La velocidad media de recorrido es una de las variables básicas con la que proceder en cualquier modelo de tráfico para conocer los repartos de tráfico que tendrá la red tras someterla a cualquier modificación. En particular, es el atributo esencial de cada tramo de la red para aplicar cualquier programa de ACCESIBILIDAD o de caminos mínimos.

Por otro lado, la velocidad es uno de los mejores indicadores de la calidad de la oferta y del comportamiento real que se observa en cada punto.

Históricamente, el conocimiento de la velocidad se reducía a unos itinerarios determinados o bien a la información proporcionada por los viajeros en sus recorridos por España, o bien en los tiempos concertados en los viajes en diligencias, postas o mercancías. Como señalo en un trabajo reciente,²³ LA VELOCIDAD HA SIDO UN INVARIANTE HISTÓRICO HASTA LA LLEGADA DEL FERROCARRIL y hasta ese momento el medio más eficiente en coste, tiempo de recorrido y mercancías o viajeros transportados era el MEDIO MARÍTIMO.

Hasta 1848 las velocidades medias de recorrido eran:

Cuadro 2		Longitud	V. ligeros	V. pesados
1970	Red básica	18 840	70,96	53,72
	Red complementaria	19 888	58,45	43,82
	Red total	38 728	64,54	48,64
1982	Red básica	40 000	70,34	
1997	Autovías y autopistas libres	4 476	108,7	
	Autopistas de peaje	1 752	129,3	
	Red convencional	16 478	85,7	
TOTAL			92,3 km/h	

• POSTAS Y DILIGENCIAS < 100 km/día.

• MERCANCÍAS < 40 km/día.

• BARCO: 160 km/día.

Desde 1848, las velocidades de los viajeros se multiplicaron por diez gracias al ferrocarril.

Desde 1900, la información que se dispone es sólo la de algunos itinerarios como Madrid-Irún, Madrid-Zaragoza-Barcelona, Madrid-Córdoba-Sevilla, Madrid-Talavera-Mérida-Sevilla, que el Plan de firmes especiales (1927) permitía hacer a una media entre 60 y 65 km/h²⁴.

No obstante, no ha habido una información sistematizada de toda la red hasta los trabajos emprendidos con motivo de la realización del Plan Nacional de Autopistas de Peaje (1970), Plan de Carreteras 1984-1991 (1982) y Mapa de Tráfico 1997.

La velocidad media de recorrido se obtiene mediante el método del coche flotante, haciendo un conjunto de recorridos de acuerdo con los siguientes criterios:

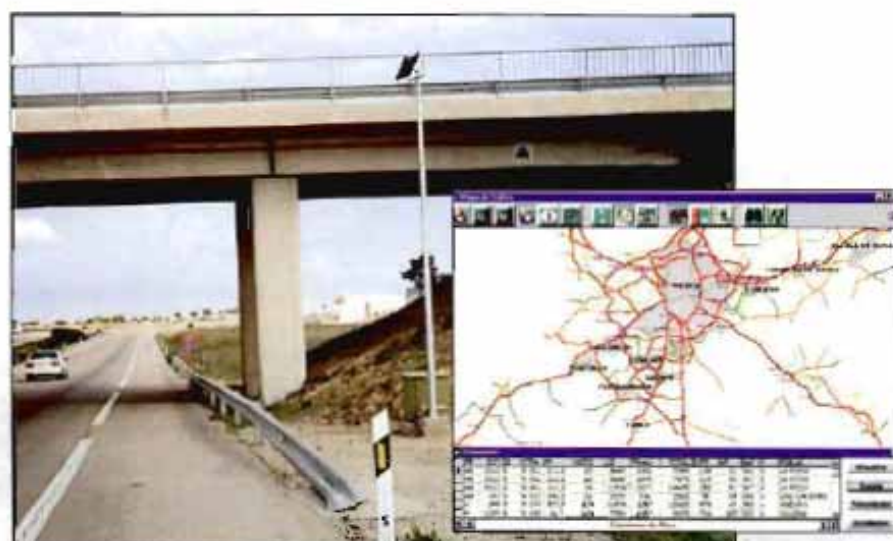
1. En condiciones de tráfico medio, se adelanta a tantos vehículos ligeros como vehículos adelantan al coche propio.
2. En condiciones de tráfico denso, donde no hay adelantamientos, la velocidad es la del flujo circulatorio.
3. En caso de inexistencia de tráfico, la velocidad es la velocidad máxima en condiciones de seguridad, empleando como tope máximo el de la velocidad legal.

Tras esta campaña, que se actualizará en años sucesivos, el comportamiento histórico de este tipo de velocidades es el que aparece en el cuadro 2:

En el Plano realizado (ver Mapa adjunto) se ha agrupado por tramos coincidentes con los del Inventario de Características Geométricas, que tienen una homogeneidad (límites de provincia, intersección con otras carreteras de R.C.E. y capitales de provincia). No obstante se dispone de una segmentación más extensa.

(23) Pedro Galán: Accesibilidad territorial y Carreteras locales. XV VYODEAL, Málaga, Marzo 1999.

(24) Una fuente de información básica está en las Revistas de Obras Públicas. Una selección de ellas se puede encontrar en Historia de los Caminos en España. Tomo II. José Ignacio Uriol Salcedo.



Las nuevas tecnologías: Los nuevos aparatos transmiten los resultados en tiempo real y los resultados globales se presentan en un CD-ROM.





El Plano se completa con una información de las *velocidades puntuales*²⁵ de todas aquellas estaciones permanentes que tuvieran datos en 1997, y que tras la instalación de nuevos equipos en 1998 se extenderá en 1999 al conjunto de estaciones permanentes, primarias y secundarias²⁶ que disponen ya de los nuevos equipos TRAFICOM III aptos para esta toma de datos.

Los datos obtenidos de velocidades en las 82 estaciones permanentes son los siguientes:

1. Número de estación.
2. Número de días en funcionamiento.
3. Intensidad media diaria de vehículos ligeros.
4. Velocidad media de vehículos ligeros.
5. Porcentaje de la desviación típica respecto de la velocidad media.
6. Porcentaje de variación anual entre 1996 y 1997.
- 7 a 10. Id. id. para vehículos pesados.

Como consecuencia de ello, se podrá tener en cada punto una relación entre la velocidad media de recorrido, la V_{50} , la V_{80} (velocidad de proyecto) y la V_{90} (velocidad de seguridad)²⁷. En la actualidad, se está llevando

(25) Aunque el programa que se aplica en los aparatos de aforos admite hasta 15 intervalos de velocidades, que se emplean para estudios específicos como el que se hace mención al final del artículo, en la práctica los datos se van agrupando por tipos de vehículo y por horas en los siguientes intervalos <80 km/h, 81-100, 101-120, 121-140, 141-160 y >160 km/h.

(26) Según el Plan de Aforos de 1999, el número de estaciones en la R.C.E. que tienen que tomar tanto datos de tráfico como de velocidades son: 210 estaciones permanentes, 150 estaciones primarias y 367 estaciones secundarias.

(27) En España la V_{80} parece superar en 30 km/h a la V_{50} cuando en el resto de países europeos esa diferencia es tan sólo de 20 km/h.