

---

# **ESTUDIO DE VELOCIDADES**

**Marta González Garrido**

**Marzo de 1999**

---



## 1.-INTRODUCCION

En el proceso de planificación de carreteras, así como para conocer el funcionamiento del tráfico, es necesario realizar medidas y estudios en las carreteras existentes. Los datos obtenidos se utilizarán como base del planeamiento y explotación de las redes viarias, las regulaciones de tráfico y para realizar investigaciones sobre el efecto de los diferentes elementos en la circulación de los vehículos.

Las principales características del tráfico que pueden estudiarse son: intensidades de circulación, velocidades y tiempo de recorrido de vehículos, origen y destino de los viajes, accidentes, etc.

La velocidad es de capital importancia para realizar cualquier tipo de estudio de tráfico, considerando que todos los conceptos fundamentales de los mismos están íntimamente ligados y relacionados con ella.

En relación con la accidentalidad la velocidad es uno de los factores más importantes, siendo **la velocidad media de recorrido** uno de los factores determinantes. En las autovías españolas pasar de una velocidad media de recorrido de 100-120 km/h a valores mayores supone un incremento de la accidentalidad en un 42 %.

La velocidad mínima del elemento más limitativo del tramo, **velocidad de proyecto**, es menos influyente que la velocidad media de recorrido, pues su variación máxima sólo aumenta el 20% el índice de peligrosidad en carreteras convencionales y nos es significativa en autovías.

Quizás la variable **velocidad media de recorrido- velocidad de proyecto** sea la más influyente en la seguridad, por lo que se está investigando en estos momentos.

Los volúmenes de tráfico, proporcionan un método para cuantificar los valores de la capacidad.

La velocidad es una medida importante de la calidad del servicio que se proporciona al usuario de la vía. Se utiliza como una de las medidas de eficacia más importante para definir los “niveles de servicio”, en muchos tipos de vía. Un conductor espera alcanzar una velocidad más alta en una autopista que en una arteria urbana. Las velocidades bajas se toleran en aquellas calzadas que presentan unas alineaciones críticas tanto en planta como en alzado. Los criterios de niveles de servicio se establecen en función de estos factores.

## **2.-NIVELES DE SERVICIO.**

Cuando la intensidad del tráfico llega a igualar la capacidad de una carretera o calle cualquiera las condiciones de operación en la misma se tornan deficientes con velocidades de circulación pequeñas y frecuentes paradas y demoras considerables en el viaje, aún cuando las condiciones de trazado y de tráfico sean ideales.

**La intensidad máxima de vehículos que puede soportar un tramo de carretera para un nivel de servicio seleccionado, es lo que se ha definido como “intensidad de servicio”.**

Se han seleccionado seis niveles de servicio para cualquier tipo de carretera o calle, en los que se identifican las condiciones existentes bajo ciertos requerimientos previos de intensidad y velocidad, que se designan de A a F.

### **- Nivel de servicio A.**

Representa las características de la circulación libre, fluida, sólo posible cuando la intensidad de servicio es pequeña y la **velocidad** del trayecto elevada, donde los conductores pueden desarrollar la **velocidad**, por ellos mismos elegida con gran libertad de maniobra.

### **- Nivel de servicio B.**

Indica la zona donde la circulación es libre pero la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Sin

embargo, los conductores aún poseen una **libertad razonable** para seleccionar su propia **velocidad** y carril de circulación.

#### - Nivel de Servicio C.

Este nivel representa aún las características de circulación estable, fluida aunque la velocidad posible a desarrollar y la libertad de maniobra de los conductores están ya más ligadas a las condiciones impuestas por el tráfico que por la propia voluntad de aquellos. La mayor parte de los usuarios encuentran **dificultades** para seleccionar su propia **velocidad**, cambiar de carril y adelantar a otros vehículos.

#### - Nivel de Servicio D.

Dentro de esta zona las condiciones de operación se aproximan a la inestabilidad, con **velocidad** real notable, aunque difícil de mantener constante a través de un trayecto largo. Los conductores encuentran poca libertad de maniobra y comodidad.

#### - Nivel de servicio E.

Determina las características de una circulación inestable con **velocidad** variable y paradas de breve duración; la velocidad oscila normalmente alrededor de los 50 km/h y las intensidades de servicio se acercan mucho más a la capacidad de la vía.

#### - Nivel de servicio F.

Representa las condiciones de tráfico de circulación forzada con **pequeña velocidad** y paradas frecuentes de menor o mayor duración, debidas a la congestión del tráfico, en casos extremos la velocidad y la intensidad de servicio pueden descender a 0.

### **3.-ESTUDIOS DE TRAFICO.**

Como se ha mencionado anteriormente el comportamiento de tráfico se estudia por medio de unas variables que recogen los aspectos más importantes del mismo:

- Intensidad
- Velocidad media de los vehículos.
- Densidad

#### **3.1-INTENSIDAD**

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria).

Proporciona una descripción muy intuitiva del comportamiento del tráfico en el momento. Para medirla se realizan aforos en determinadas secciones de la carretera, bien manualmente o bien automáticamente utilizando aparatos contadores.

La variación de la intensidad a lo largo del tiempo presenta gran importancia. Generalmente el periodo de aforos se extiende durante un año, como ocurre en la toma de datos de las estaciones permanentes y la Intensidad Media Diaria (IMD), se puede definir como el número total de vehículos que ha pasado por una sección de la carretera durante un año determinado dividido por 365.

#### **3.2-VELOCIDAD**

La velocidad en un tramo de carretera varía mucho de unos vehículos a otros. Cuando se estudia la velocidad de un solo vehículo, se ve que esta no permanece constante aún cuando el conductor procure mantener una velocidad fija.

Será más interesante estudiar valores medios de la velocidad que seguir la evolución de los distintos vehículos que circulan por un tramo. Estos valores medios pueden obtenerse de distintas formas, con resultados diferentes y para ello tenemos diferentes definiciones de velocidad.

Velocidad instantánea de un vehículo es la velocidad de un vehículo en un momento determinado.

Velocidad de recorrido es la velocidad media conseguida por el vehículo a recorrer un tramo determinado de carretera.

Velocidad media temporal es la velocidad media de todos los vehículos que pasan por un perfil fijo de la carretera en un cierto periodo de tiempo.

Velocidad media espacial es la velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo de carretera dado.

Velocidad media de recorrido es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

Respecto a la distribución de frecuencias de velocidades se pueden medir de dos formas.

Distribución temporal si se miden las velocidades de los vehículos que pasan por un perfil fijo de la carretera.

Distribución espacial si se miden las velocidades de todos los vehículos en un instante dado.

En general se utilizan distribuciones y medias temporales.

La **velocidad media temporal** es siempre superior a la **velocidad media espacial**.

### Velocidad del percentil 85

Para muchos estudios de trazado o regulación del tráfico interesa utilizar una velocidad que sea sobrepasada por un cierto número de vehículos. En este caso la velocidad correspondiente al percentil 85 es aquella que solamente es sobrepasada por un 15 % de vehículos. Suele ser alrededor de un 20 % superior a la velocidad media.

La Norma de trazado de carreteras 3.1.I.C define las siguientes velocidades, en cuanto al trazado en planta de los elementos de trazado:

- **Velocidad específica de un elemento de trazado (Ve)** .  $V_{80}$

Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de comodidad y seguridad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

Utilizada fundamentalmente para el cálculo de trazados en curva, ya sean circulares o clotoides.

- **Velocidad de proyecto de un tramo (Vp)**.  $V_{80}$

Velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos de trazado en condiciones de comodidad y seguridad.

La velocidad de proyecto de un tramo se identifica con la velocidad específica mínima de los elementos que lo forman.

- **Velocidad de planeamiento de un tramo (V)**.  $V_{80+20\text{KM/H}}$

Media armónica de las velocidades específicas de los elementos de trazado en planta de tramos homogéneos en longitud superior a dos km, dado por la expresión:

$$V = \frac{\sum l_k}{\sum (l_k/V_{ek})}$$

$l_k$  = longitud del elemento k.

$V_{ek}$  = velocidad específica del elemento k.

La **visibilidad mínima** en una carretera depende también de la velocidad de los vehículos y del tipo de maniobra. La Norma de trazado considera distancias de visibilidad en función de la velocidad.

- **Distancia de parada.**

La visibilidad de parada será igual o superior a la distancia de parada mínima, siendo deseable que supere la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto incrementada en 20 km/h.

- **Distancia de adelantamiento.**

Se calcula mediante la aplicación de los valores de una tabla en función de la velocidad de proyecto.

- **Distancia de cruce.**

Todas las intersecciones se proyectarán de manera que tengan una visibilidad de cruce superior a la distancia de cruce mínima, siendo deseable que supere a obtenida a partir de la velocidad de proyecto incrementada en 20 km/h.

También se definen en función de la velocidad de proyecto:

- Las longitudes máxima admisible y mínima deseable en rectas.
- Transición al peralte en las curvas.
- Valores máximos de inclinación en rampas y pendientes.

### **3.2.1-FACTORES QUE AFECTAN A LA VELOCIDAD.**

La velocidad media varía de unas carreteras a otras, y en la misma carretera depende de las condiciones del tráfico, y depende fundamentalmente de:

#### **INTENSIDAD.**

De todos los factores que más influyen sobre ella, el más importante es la INTENSIDAD. Mientras la intensidad del tráfico es baja, los conductores pueden mantener la velocidad que ellos juzgan más adecuada, mientras que cuando aumenta la intensidad la velocidad de cada conductor viene determinada en gran parte por los demás, produciéndose una disminución de la velocidad media. Cuando la intensidad es muy alta y la carretera llega a estar congestionada, la velocidad resulta poco influida por las características de la carretera e incluso es casi la misma para todos los vehículos.

#### **TRAZADO.**

Cuando la intensidad de tráfico es baja puede verse la influencia de otros factores como el TRAZADO de la misma. El trazado de una carretera se definirá en relación directa con la velocidad a la que se desea que circulen los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad

aceptables. En las carreteras de buen trazado, especialmente las autopistas, las velocidades medias de los coches sobrepasan los 100 Km/h y la velocidad de los vehículos pesados se acerca a los 80 km/h. Dadas las características de curvas e inclinación de la rasante, estas velocidades varían poco a lo largo de las autopistas. En estas vías se presentan diferencias notables de la velocidad media entre los distintos carriles de la misma calzada porque los vehículos lentos utilizan preferentemente el carril derecho y la velocidad en este es inferior a la del izquierdo.

En carreteras de dos carriles las velocidades medias varían entre 70 y 90 km/h y las de los vehículos pesados entre 50 y 70 km/h. estas velocidades medias se reducen además en curvas de pequeño radio y en las rampas.

### PAVIMENTO.

En algunas carreteras, las condiciones del pavimento obligan reducir la velocidad de los vehículos.

### ZONAS URBANAS.

En estas zonas las velocidades de los vehículos son mucho menores que en carreteras debido al mayor grado de congestión y al mayor número de obstáculos al avance (semáforos, peatones, paradas de otros vehículos).

### FACTORES CLIMÁTICOS.

Los factores climáticos desfavorables hacen disminuir la velocidad dependiendo de la intensidad de los fenómenos meteorológicos. Por la noche se observa la disminución de la velocidad media, pero también se observa que aunque algunos conductores reducen la velocidad, otros la mantienen como durante el día.

### 3.3- DENSIDAD DEL TRÁFICO.

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que existen por unidad de longitud de carretera. Esta magnitud es posible calcularla a partir de medidas de velocidad e intensidad.

Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que es cuando todos los coches están en fila, sin huecos entre ellos. En estas condiciones los vehículos estarán parados, ya que les resultaría imposible moverse incluso a una pequeña velocidad sin golpearse unos a otros.

#### 4. RELACIONES ENTRE INTENSIDAD, VELOCIDAD Y DENSIDAD.

La relación existente se manifiesta de manera que cualquier tramo de carretera tiene una circulación definida en cada momento por la triada de valores Intensidad, Velocidad y Densidad.

##### 4.1. RELACION VELOCIDAD- DENSIDAD.

Es fácil ver que tipo de relación existe entre la velocidad media de los vehículos y la densidad de tráfico. Si la densidad fuera pequeña, casi nula, los pocos vehículos que estuvieran en la carretera podrían circular muy separados y llevar la velocidad que quisieran sin que ningún otro les interfiriera. En estas condiciones, la velocidad de los coches podría ser tan alta como lo permitirían las características de la carretera y del propio vehículo. Pero al aumentar la densidad de tráfico, la velocidad disminuye.

En el límite, cuando se alcance la densidad máxima (es decir, cuando la carretera esté totalmente ocupada por vehículos), será absolutamente imposible mover un vehículo sin golpear al que le precede, y la velocidad de todos los vehículos será igual a cero.

La velocidad media resulta función de la densidad que alcanza un valor máximo cuando la densidad es casi cero y disminuye constantemente al aumentar la densidad.

La influencia del tipo de carretera será mayor cuando la densidad es baja. Cuando la densidad es alta, el conductor debe preocuparse más de las condiciones del tráfico que de la carretera.

##### 4.2 RELACION INTENSIDAD-DENSIDAD.

Cuando la densidad de vehículos en un tramo de carretera sea nula, también lo será la intensidad; y cuando la densidad alcance su valor máximo, por anularse la velocidad media, se anulará también la intensidad.

El hecho de que exista un valor máximo de la intensidad que puede circular por una carretera es de la mayor importancia.

Este valor máximo de la intensidad se conoce como **CAPACIDAD DE LA CARRETERA**, y la densidad para la que se obtiene se llama **DENSIDAD CRÍTICA**.

Cuando la densidad es superior a la crítica, las perturbaciones tienden a producir un empeoramiento de la situación que pueden llegar a la detención total del tráfico.

Se estima que la densidad crítica suele ser del orden del 30% al 40% de la densidad máxima.

#### 4.3 RELACION VELOCIDAD-INTENSIDAD. (Figura II3-1, Man. Capacidad)

Esta relación es más fácil de obtener en la práctica, ya que es más fácil medir velocidades e intensidades que densidades. La intensidad es una magnitud que define la demanda del tráfico, mientras que la velocidad es la magnitud que mejor define el funcionamiento de la circulación desde el punto de vista de los conductores.

En este caso medida que aumenta la intensidad de tráfico, disminuye la velocidad y viceversa.

### 5.- SISTEMAS DE MEDIDA DE VELOCIDADES INSTANTANEAS.

La velocidad que llevan los vehículos en la carretera permite apreciar el mejor o peor funcionamiento de la circulación. Por ello, las medidas de velocidades y los tiempos de recorrido resultan imprescindibles en los estudios de planeamiento de una red viaria y cuando se desea conocer la calidad del servicio de la misma, teniendo en cuenta la demanda que soporta.

Las medidas de velocidad se realizan con técnicas distintas, según el tipo de velocidad que se pretende medir.

- Medidas de la velocidad instantánea de los vehículos al pasar por un punto dado y a partir de ellas obtenerla distribución de velocidades de los vehículo en un punto.

- Velocidad media de un vehículo a lo largo de un itinerario, midiendo el tiempo necesario para recorrerle.

#### 5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA.\*

- Métodos indirectos:

-Medir el tiempo que tarda en pasar un vehículo entre los detectores situados a una distancia fija y conocida.

-Medir el tiempo que tarda en atravesar un coche un lazo de inducción.

- Métodos directos:
  - Medir la velocidad directamente con algún procedimiento basado en el efecto Doppler.

## 5.2 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE MEDIDA DE VELOCIDAD.

Componentes básicos del sistema empleado para la recogida de datos de tráfico:

- Dispositivo de detección. Suministra la señal de presencia y movimiento del vehículo.
- Equipo detector o intérprete. Recibe la señal iniciada por el equipo de detección, la amplifica y la interpreta.
- Registrador. Realiza los cálculos correspondientes a partir de las Señales recibidas.
- Procesador. Realiza la manipulación de los datos para su presentación del vehículo.

## 5.3.-DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE MEDIDA.

Los principales métodos indirectos de medida son el enoscopio, los equipos electrónicos y los sistemas de registro con vídeo. El principal sistema de medida directa es el radar.

### 5.3.1 PROCEDIMIENTOS MANUALES.

#### **Enoscopio.**

Es el sistema más sencillo para medida de velocidad. Se podría definir como un sistema de baja tecnología basado en la observación directa del paso del vehículo por parte de una persona, midiendo el tiempo que el vehículo tarda en recorrer una distancia conocida.

Consiste en una caja en forma de L abierta en sus extremos dotada de un espejo que permite girar 90 grados los rayos luminosos.

Para la medida de la velocidad se colocan estos aparatos a una distancia conocida. El observador, provisto de un cronómetro mide el

tiempo transcurrido entre el paso del vehículo por las dos secciones marcadas por los enoscopios. EL paso del vehículo se detecta con facilidad gracias al espejo de casa enoscopio.

### **Marcas viales.**

Procedimiento más sencillo que el anterior. Se establecen dos líneas transversales en la superficie de la carretera a distancia conocida. Un observador provisto de un cronómetro, mide el tiempo que tarda en pasar el vehículo entre ambas marcas, registrándolo para posteriormente calcular la velocidad.

### **Ventajas e inconvenientes de los sistemas manuales.**

Los dos sistemas anteriores emplean como dispositivo de detección una persona. El observador es el tipo de detector más antiguo y más empleado incluso en los estudios centrales de tráfico.

Las ventajas son la versatilidad y su capacidad de realizar tareas complejas en la identificación y clasificación de los vehículos.

El problema es la fiabilidad, ya que cuanto más horas trabaje el observador menor será su fiabilidad y precisión de sus observaciones.

Se ha observado que después de tres horas la persona debe tomar un descanso antes del tarea. Esto limita las posibilidades del sistema cuando se trata de tomar datos durante periodos largos de tiempo.

Otro inconveniente es que el registro de los datos no es instantáneo, el observador tarda tiempo desde que ve el vehículo hasta que realiza la anotación correspondiente. El tiempo de reacción se sitúa entre 0.5 sg y 2 sg. Por lo tanto en caso de tráfico intenso el observador no sería capaz de observar todo lo que deseara.

En la actualidad el desarrollo de sistemas de varios canales y la introducción de microprocesadores y ordenadores en los equipos automáticos, ha desplazado al observador humano.

### **Método del coche flotante.**

La forma más sencilla de obtener estos datos suelen ser el empleo de vehículos que circulan por la red viaria o tramo de estudio, en el que viajan observadores con instrumentos especiales.

El coche flotante trata de mantenerse flotando en la circulación, adelantando tantos vehículos como lo adelantan a él, o bien trata de circular

a la velocidad media que el conductor estima que equivale a la velocidad media del tráfico.

Para estos estudios es necesario un vehículo que efectúe varias veces el recorrido que se analiza, que conviene que tenga unas características medias representativas del parque de la zona donde se va realizar el estudio y que esté en condiciones de uso perfectas. Además del cuenta kilómetros normal el coche debe ir provisto de un odómetro, que puede apreciar decímetros con el que debe mantenerse el error de las medidas de distancia por debajo del 2%. Junto con el conductor suelen ir uno o dos observadores, que hacen las lecturas y toman nota de ellas. Las lecturas corresponden a las distancias recorridas y a los tiempos empleados.

El proceso de medida se inicia partiendo del punto de comienzo del itinerario con el odómetro en cero y poniendo en marcha el cronómetro. Cuando debido al tráfico hay que realizar una detención, se para el cronómetro que estaba en marcha y se pone en funcionamiento el otro que estaba parado. Con lo que leyendo en el odómetro se tiene la primera distancia recorrida y el tiempo empleado en ello.

Al iniciarse de nuevo la marcha se para el cronómetro que ha medido el tiempo de detección, que se anota, y se pone de nuevo en marcha el otro hasta la siguiente detención, y así sucesivamente hasta el final del recorrido. Cuando además del tramo total se quieren hacer lecturas parciales, se harán en los puntos que los separen y que sean fácilmente identificables. Una condición fundamental para la validez del estudio es que las condiciones de circulación a lo largo de todo el recorrido sean realmente representativas de la mayoría de los vehículos. Si el tráfico es intenso debe exigirse al conductor que vaya lo más rápido que pueda.

Si existe cierta posibilidad de adelantamiento y cambio de carril, se seguirá la norma del coche flotante.

Cuando la circulación es muy poco intensa el coche flotante es de difícil aplicación.

Para un determinado recorrido se obtendrá el tiempo medio. La norma es efectuar seis recorridos, hallando el tiempo medio. Las diferencias entre cada uno de los seis tiempos y la media se suman sin tener en cuenta sus signos. Si esta suma es menor que la media obtenida, se da por válido el resultado y en caso contrario se harán cuatro recorridos más. Lo que equivale a decir que la desviación media ha de ser como máximo  $1/6$  de la media.

#### 5.4.-MEDIDA DE LA VELOCIDAD INSTANTANEA MEDIANTE DETECTORES.

Nos referimos en este apartado a los métodos indirectos de medida que emplean dispositivos de detección diferentes del observador humano.

Se clasifican en dos grupos:

- Dispositivos que detectan automáticamente la presencia de la totalidad del vehículo. (lazos de inducción, cámara d vídeo).
- Detectan automáticamente el paso de algún punto del vehículo, generalmente el eje, denominados detectores puntuales.

##### **Lazos de inducción.**

Aprovecha las propiedades electromagnéticas de una bobina de cable enterrado debajo de la superficie del firme o montada encima del pavimento. Se tienen que colocar dos lazos en cada carril. Por el lazo circula corriente alterna, que genera un campo magnético alterno. Al pasar el elemento conductor la masa metálica del motor de un vehículo sobre el lazo inducen unas corrientes en este que modifican su conductancia.

Este cambio dependerá:

- Tamaño del objeto.
- Proximidad al cable.
- Grado con que cubra el lazo.

Y permite la estimación de la longitud del vehículo y por consiguiente una clasificación en categorías.

La forma más simple de medir la velocidad de los vehículos al pasar por un tramo de la carretera es establecer dos marcas en la calzada y medir el tiempo que tarda el vehículo en pasar de una a otra. La distancia entre estas marcas dependerá de la precisión con que se pueda medir el tiempo.

##### **Detección Basada en vídeo.**

Consiste en una cámara de vídeo situada a cierta altura sobre la carretera, que graba el paso de los vehículos. Un sistema informático posterior permite el análisis de las imágenes y la obtención de datos sobre trayectorias, intervalos, intensidades y velocidad.

### **Detectores puntuales.**

Estos sistemas son capaces de detectar el paso de un elemento del vehículo. En general sus ruedas. Por ello se denominan también, detectores de ejes. Pueden ser:

- Tubos neumáticos.
- Detectores ópticos
- Interceptores.
- Cables piezoeléctricos.
- Cables tubo eléctricos

### **5.5 MEDIDA DIRECTA DE LA VELOCIDAD INSTANTANEA.**

#### **Radar.**

Tiene la ventaja de no necesitar detectores en la carretera. El aparato lleva incorporada una antena que envía un haz de ondas que se reflejan en el vehículo y son recogidas de nuevo en el aparato. A causa del efecto Doppler el haz de ondas reflejado tiene una frecuencia distinta de la del haz reflejado, siendo directamente proporcional la diferencia de frecuencias a la velocidad del vehículo.

#### **Fotografías aéreas.**

Obteniendo fotografías sucesivas de la carretera y midiendo la distancia recorrida entre dos fotografías sucesivas. En este caso se miden las velocidades de los vehículos en un momento dado. Este método se emplea raras veces.

En los sistemas anteriores se miden las velocidades de los vehículos en un punto dado.

La velocidad en un tramo de carreteras varía mucho en función de unos vehículos a otros. Incluso cuando se estudia la velocidad de un solo vehículo, se ve que esta no permanece constante aún cuando el conductor quiera mantener una velocidad fija.

## 6. ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LA SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN.

### 6.1 ANTECEDENTES.

Con objeto de observar las velocidades de circulación de los vehículos de la R.C.E, así como las variaciones que experimentan en los diversos periodos de tiempo, la Subdirección General de Planificación en el año 1992 programó la toma de velocidades en una serie de estaciones de aforo que fueran representativas, en cuanto a resultados, de la circulación en zonas urbanas e interurbanas.

Los datos se empezaron a tomar en el cuarto trimestre de 1991 en unas estaciones situadas en autovías, volviendo a tomar datos en las mismas en el primer trimestre de 1992 y en el segundo trimestre de 1993.

En este estudio se pretendía hacer una recopilación de todos los resultados y analizar la evolución de los mismos en el tiempo.

Se seleccionaron 4 estaciones ubicadas en autovías y 8 estaciones ubicadas en carreteras convencionales.

Los datos tomados en cada una de las estaciones, fueron de una semana completa, procurando que en estas semanas no hubiera días festivos entre lunes y viernes.

Actualmente el objetivo básico, al igual que en los años anteriores, es el conocimiento del tráfico a nivel provincial en los tramos de la R.C.E. a través de los datos de velocidad, IMD y composición del tráfico facilitado por las diferentes estaciones de aforo.

Existen alrededor de unas 200 estaciones permanentes de las cuales 7 estaciones nos envían los datos en tiempo real, y como veremos más adelante, en el tratamiento informático de la información, en las estaciones en tiempo real situadas en Madrid, se ha hecho una división de 15 intervalos de velocidad, para poder captar los vehículos tanto de alta como de baja velocidad.

Tenemos alrededor de unas 300-400 estaciones primarias y de unas 400-500 estaciones secundarias.

## 6.2-OBJETIVOS .

El objetivo básico que se ha pretendido en 1998, al igual que en años anteriores, es el conocimiento del tráfico a nivel provincial en los tramos de la R.C.E. a través de los datos de intensidad y composición facilitados por las estaciones de aforo.

El segundo objetivo principal para el año 1998 ha sido disponer de suficientes datos en una toma de velocidades en las estaciones de aforo, para la confección un mapa de velocidades en la R.C.E., complementado con una toma de velocidades de recorrido, realizada mediante el método del coche flotante.

## 6.3- TOMA DE DATOS DE VELOCIDADES.

### 6.3.1 ESTACIONES SELECCIONADAS.

En el Plan de aforos del año 1998, se seleccionaron de todas las estaciones de aforo que estaban en funcionamiento en la fecha 13 estaciones permanentes, para continuar con el estudio de las velocidades, estudiando y teniendo en cuenta previamente el diferente comportamiento de las estaciones a seleccionar para que abarcasen los diferentes comportamientos del tráfico en nuestras carreteras, como se puede ver en la gráfica nº1 y gráfica nº2.

- En la Primera fase puesta en práctica el 1 de enero de 1998, se solicitaba la toma de datos en las siguientes estaciones permanentes.

### ESTACIONES SELCCIONADAS EN CARRETERAS CONVENCIONALES

ESTACION	PROVINCIA	CARRETERA	P.K	POBLADO MAS PROX.
E-191	Albacete	N-322 (C)	296.3	Los Chospes
E- 69	Tarragona	N- 340 (C)	1129.4	Hospitalet
E- 116	Teruel	N- 420	585,5	Teruel
E- 17	Valladolid	N- 601 (C)	260.4	Becilla
E- 1	Zaragoza	N- 2 (C )	374,4	Bujalaroz

### ESTACIONES SELECCIONADAS EN AUTOVIAS.

E- 193	Almería	N-340 (A)	536.6	Vera
E- 142	Avila	N- VI (A)	131.0	Arévalo
E-208	Badajoz	N- 5 (A)	377.0	Talavera . Real
E-132	Madrid	N- 3 (A)	47,0	Villarejo
E- 21	Murcia	N- 340 (A)	626.1	Alhama
E- 16	Toledo	N- 4 (A)	122.8	Madridejos.
E –121	Zamora	N- 6 (A)		Castrogonzalo

En el resto de estaciones permanentes y en todas las estaciones primarias existentes en cada provincia, se tomarán datos de velocidades una semana completa al trimestre.

En la 2ª fase llevada a cabo con la instalación de los nuevos aparatos y a realizar este año, se tomarán datos de velocidades en:

- Las mismas estaciones con los mismos periodos y frecuencias que en la primera fase.
- En todas las estaciones permanentes y primarias nuevas, datos durante una semana completa cada trimestre.
- En todas las secundarias de cada provincia, se tomarán datos durante dos días laborables completos al trimestre.

#### **6.3.2- EQUIPO Y PROGRAMA UTILIZADO.**

Los equipos utilizados en la toma de datos en estas estaciones permanentes estaban compuestos por un sistema de bucles de inducción magnética, ya instalados en las estaciones de aforo, y un sistema de contador o registrador marca TRAFICOM III, que permite configurar una serie de programas con los que se realiza la toma de datos.

El programa utilizado, y configurado en el contador, fue el de toma de velocidades combinado con el tipo de vehículo. Es decir especifica la velocidad distinguiendo los vehículos entre ligeros y pesados.

Los intervalos de velocidad programados fueron:

Menor de 80 km/h.

Entre 80 y 100 km/h.

Entre 100 y 120 km/h.

Entre 120 y 140km/h.

Entre 140 y 160 km/h.

Entre 160 y 200 km/h.

Actualmente y como se ha indicado anteriormente las estaciones de las que se obtienen datos en tiempo real, el programa diferencia 15 intervalos de velocidades, para tener también la clasificación en las velocidades bajas y altas.

### 6.3.3.- RESULTADOS OBTENIDOS.

De los datos existentes en ficheros de ordenador para cada uno de los trimestres en los que se realizó la toma de datos y por aplicación de programas específicos de ordenador, se ha obtenido los resultados que se exponen a continuación, haciendo la distinción entre autovías y carreteras de dos carriles.

#### AUTOVÍAS

En el total de estaciones y para el primer trimestre de 1998 y 1999, así como en el segundo trimestre de 1998, se ha podido observar que la estación de aforos en la que se detectan mayores porcentajes de vehículos ligeros y pesados, que circulan a más altas velocidades es la E-121 en la N-VI en Castrogonzalo (Zamora). En el segundo trimestre de 1999 la estación E- 193 en la N-340 en Vera (Almería).

#### CARRETERAS CONVENCIONALES

En el total de estaciones y para 1º y 2º trimestre y de 1998 y 1999, respectivamente se ha podido observar que la estación de aforos en la que se detectan mayores porcentajes de vehículos ligeros y pesados, que circulan a más altas velocidades es la E-18 en la N-2 en Bujalaroz (Zaragoza).

#### 6.4 MAPA DE VELOCIDADES.

La última incorporación de estudios de tráfico de la R.I.G.E. ha sido la publicación el año pasado de la 1ª edición del “Mapa de velocidades de recorrido y velocidades puntuales en las estaciones permanentes”. Continuando así la pauta iniciada en años anteriores de completar la información en lo referente al tráfico de carreteras.

Para realizar el estudio se utilizó la “velocidad media de recorrido”, que es una de las variables básicas, para estudiar los comportamientos del tráfico, mediante el método del coche flotante.

Para la toma de datos por el “método del coche flotante” se realizan un conjunto de itinerarios, recorridos de acuerdo con los siguientes criterios:

1. En condiciones de tráfico medio se adelanta a tantos vehículos ligeros como adelantan al 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 permitida en condiciones de seguridad empleando como tope máximo la velocidad legal.

El método de trabajo en la confección del mapa se inicia estableciendo una serie de itinerarios a recorrer por el vehículo que está realizando la toma de datos. Para la toma de datos el equipo necesario además del cuenta kilómetros normal, el coche debe ir provisto de un odómetro, que pueda apreciar decámetros. Se toman nota de los tiempos empleados para recorrer una distancia concreta que en general suele ser cada 10 km, haciéndolo coincidir con cada hito kilométrico. Reflejando también en la toma de datos puntos notables como:

- Intersección con otras carreteras.
- Inicio y final de travesías de poblaciones

Reflejando en las hojas de toma de datos cualquier anomalía que se haya podido producir en la realización del trayecto, tales como obras, retenciones, malas condiciones climatológicas, accidentes etc, que hagan

reducir considerablemente la velocidad. Una vez realizados todos los itinerarios los resultados obtenidos son tratados por medio de un programa informático que calcula la velocidad media de los tramos, teniendo en cuenta además el número de veces que han sido tomando datos en un determinado tramo, teniendo en cuenta para asignar la longitud de los mismos la longitud del "Inventario de carreteras", ya que de todos es sabido que las longitudes entre hitos kilométricos, existen gran parte de casos en las que no son exactas.

Además de la representación de las velocidades medias de recorrido en el mapa quedan reflejadas las velocidades instantáneas en las estaciones de aforo permanentes, tanto de vehículos ligeros como de vehículos pesados, figurando además el % de desviación típica respecto a la velocidad media y la I.M.D., datos sacados de uno de los informes que se llevan a cabo en la "Subdirección General de Planificación".

De las dos campañas realizadas, una para la ejecución del mapa del año 1997 y otra para el futuro mapa de velocidades del año 1998, se pueden sacar los siguientes datos interesantes:

1. Mapa de velocidades del año 1997.

Velocidad media en autopistas de peaje	129.3 km/h.
Velocidad media en autopistas libres y autovías	108.7 km/h.
Velocidad media en carreteras convencionales	85.7 km/h.

2. Mapa de velocidades del año 1998.

Velocidad media en autopistas de peaje	130.9 km/h.
Velocidad media en autopistas libres y autovías	114.6 km/h.
Velocidad media en carreteras convencionales	92 km/h.

3. Velocidad media de los datos año 1998-1999.

Velocidad media en autopistas de peaje	131.1 km/h.
Velocidad media en autopistas libres y autovías	119.5 km/h.
Velocidad media en carreteras convencionales	90.4 km/h.

De estos datos se desprende que ha habido un ligero aumento de velocidades medias de recorrido del año 1998 respecto al año 1997, que es más acusado en las autopistas libres y autovías que en carreteras convencionales, y además que la velocidad media en las autopistas está por encima de la velocidad legal, que son 120 km/h. Mientras que en la carretera convencionales siendo superior a la velocidad legal no es tan acusado este aumento de la velocidad como en las autopistas de peaje.

Por otra parte se puede observar también que por lo general la velocidad media de recorrido es inferior a la velocidad puntual en las estaciones de aforo permanente.

# INDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. NIVELES DE SERVICIO

## 3. ESTUDIOS DE TRÁFICO

### 3.1 Intensidad

### 3.2 Velocidad. Diferentes conceptos de velocidad

#### 3.2.1 Factores que afectan a la velocidad

### 3.3 Densidad de tráfico

## 4. RELACIÓN ENTRE INTENSIDAD, VELOCIDAD Y DENSIDAD

---

Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

## 5. SISTEMAS DE MEDIDA DE VELOCIDADES INSTANTÁNEAS

5.1 Clasificación de los sistemas de medida

5.2 Configuración del sistema de medida de velocidad

5.3 Descripción de los principales sistemas de medida

5.3.1 Procedimientos manuales

5.4 Medida de la velocidad instantánea mediante detectores

5.5 Medida directa de la velocidad

## 6. ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LA SUBDIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN

6.1 Antecedentes

6.2 Objetivos

6.3 Toma de datos de velocidades

6.3.1 Estaciones seleccionadas

6.3.2 Equipo y programa utilizado

6.3.3 Resultados obtenidos

6.4 Mapa de velocidades

# VELOCIDAD

1/2

- 1- La velocidad dentro del proceso de planificación
- 2- La velocidad como objetivo → CUADRO1 + Informe
- 3- La velocidad como indicador de la oferta y de la demanda → CUADRO2
- 4- Conceptos de velocidad NORMA 31 I C

Oferta - V.específica  $\geq$  V. Proyecto

Demanda - MANUAL DE CAPACIDAD



Carretera Convencional  
Autovía

## 5- Velocidades a obtener en Datos básicos

V50- Velocidad de recorrido

V- Instantánea	V99
	V98
	V87

---

Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

## 6- Aplicaciones

Tiempos de congestión  
Funcionamiento de la Red  
Velocidad de ligeros  
Velocidad de pesados  
Velocidad de dimensionado óptimo

- Obtener a partir de las velocidades instantáneas: V50, V80, V90
- Obtener para España las curvas reales de comportamientos a emplear en el Manual de Capacidad

### 6.1 ¿Cómo es España ?

### 6.2 Comportamiento de las estaciones. Mapa Velocidades

## 7- Límites de velocidad en Europa

# Distribución de medias de velocidades

- **Velocidad media espacial.** Valor medio de las velocidades de los vehículos que en un cierto instante se encuentren en un determinado tramo de carretera.
- **Velocidad media temporal.** Media de las velocidades que lleven los vehículos al atravesar una determinada sección de carretera.
- **La velocidad media temporal es siempre superior a la velocidad media espacial.**

# FACTORES QUE AFECTAN A LA VELOCIDAD.

- **INTENSIDAD.**

Mientras la intensidad de tráfico es baja, los conductores pueden elegir la velocidad que ellos juzgan más adecuada.

- **TRAZADO.**

En autopistas las velocidades medias de los coches se acercan a los 100 km/h y la de los vehículos pesados a los 80 km/h.

En carreteras convencionales la velocidades medias de los coches varían entre 70 y 90 km/k, y las de los vehículos pesados entre 50 y 70 km/h.

- **PAVIMENTO.**

Las condiciones del pavimento obligan a reducir la velocidad de los vehículos.

# FACTORES QUE AFECTAN A LA VELOCIDAD.

- **PAVIMENTO.**

Las condiciones del pavimento obligan a reducir la velocidad de los vehículos.

- **ZONAS URBANAS.**

Las velocidades son mucho menores que en las carreteras debido al mayor grado de congestión.

- **FACTORES CLIMATICOS.**

Hacen disminuir la velocidad dependiendo de la intensidad de los fenómenos meteorológicos.

Por la noche se observa una disminución de la velocidad media, aunque si bien algunos conductores reducen la velocidad, otros la mantienen durante todo el día.

# RELACION VELOCIDAD-INTENSIDAD-DENSIDAD.

## • RELACION VELOCIDAD-DENSIDAD.

Al aumentar la densidad del tráfico, la velocidad media disminuye.

Si la densidad es pequeña, casi nula los vehículos pueden llevar la velocidad que deseen sin más limitación que la del trazado de la vía.

En el límite, cuando la densidad se hace máxima, la velocidad delos vehículo será igual a cero.

## • RELACION INTENSIDAD-DENSIDAD.

Cuando la densidad sea nula, también lo será la intensidad.

Cuando la densidad alcance su valor máximo, por anularse la velocidad media se anulará también la intensidad.

El valor máximo de la intensidad se conoce como capacidad de la carretera.

La densidad para la que se obtiene se llama densidad crítica.

Cuando la densidad es superior a la crítica, puede llegarse a la detención total del tráfico.

Se estima que la densidad crítica suele ser del orden del 30 al 40% de la densidad máxima.

# **DISTINTOS CONCEPTOS DE VELOCIDAD.**

- **VELOCIDAD INSTANTANEA.**

Velocidad de un vehículo en un momento determinado.

- **VELOCIDAD DE RECORRIDO.**

Velocidad media conseguida por un vehículo al recorrer un tramo determinado de carretera.

- **VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL.**

Velocidad media de todos los vehículos que pasan por un perfil fijo de carretera en un cierto periodo de tiempo.

# **DISTINTOS CONCEPTOS DE VELOCIDAD.**

- **VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL.**

Es la velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo de carretera dado.

- **VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO.**

Es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

---

**Autor: Marta González Garrido**  
**Ingeniero Técnico de Obras Públicas.**

# DISTINTOS CONCEPTOS DE VELOCIDAD.

La Norma de trazado de carreteras 3.1.I.C define las siguientes velocidades en cuanto al trazado en planta, para la realización de un proyecto de carreteras.

- VELOCIDAD ESPECÍFICA DE UN ELEMENTO DE TRAZADO.
- VELOCIDAD DE PROYECTO DE UN TRAMO. ( $V_p$ )
- VELOCIDAD DE PLANEAMIENTO DE UN TRAMO. ( $V$ ).

La visibilidad mínima en una carretera depende también de la velocidad de los vehículos y del tipo de maniobra

# **DISTINTOS CONCEPTOS DE VELOCIDAD.**

Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de comodidad y seguridad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones mete

# DISTINTOS CONCEPTOS DE VELOCIDAD.

La visibilidad mínima en una carretera depende también de la velocidad de los vehículos y del tipo de maniobra. La Norma de trazado considera distancias de visibilidad en función de la velocidad.

- DISTANCIA DE PARADA.
- DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO.
- DISTANCIA DE CRUCE.

También se definen en función de la velocidad de proyecto:

- Las longitudes máxima admisible y mínima deseable en restas.
- Transición al peralte en las curvas.
- Valores máximos de inclinación en rampas y pendientes.

# ESTUDIOS DE TRAFICO

El comportamiento del tráfico se estudia por medio de unas variables que recogen los aspectos más importantes del mismo.

- INTENSIDAD
- VELOCIDAD MEDIA DE LOS VEHÍCULOS.
- DENSIDAD.

---

Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras  
Públicas.

# CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE MEDIDA DE VELOCIDAD.

Consta de los siguientes componentes básicos:

- Dispositivo de detección.
- Equipo detector o intérprete.
- Registrador.
- Procesador.

# DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE MEDIDA DE LA VELOCIDAD INSTANTÁNEA.

Atendiendo al procedimiento de medida:

- Indirectos:

- \* Enoscopio.
- \* Sistemas electrónicos.
- \* Sistemas de registro con vídeo.

- Directos:

- \* Radar.

## Procedimientos manuales:

- Enoscopio.
- Marcas Viales.

### Ventajas:

- **Versatilidad y Capacidad** de realizar tareas muy complejas en la identificación y clasificación de vehículos.

### Desventajas:

- **Fiabilidad.**
- **Método del coche flotante.**

# MEDIDA DE LA VELOCIDAD INSTANTÁNEA MEDIANTE DETECTORES. Métodos indirectos.

- Dispositivos que detectan automáticamente la presencia de la **totalidad** del vehículo:
  - Lazos de inducción.
  - Cámara de vídeo.

Detectores puntuales o detectores de eje: detectan automáticamente el paso de **un elemento** del vehículo, generalmente las ruedas.

- Tubos neumáticos.
- Interceptores.
- Detectores ópticos.
- Cables tuboeléctricos.
- Cables piezoeléctricos.

# Medida directa de la velocidad

## Radar

- **Emite** ondas de alta frecuencia hacia el vehículo.
- **Mide** la variación de frecuencia entre la onda transmitida y  
reflejada ( efecto Doppler ).

# UNIDAD DE REGISTRO Y PROCESAMIENTO.

Clasificación atendiendo al sistema de registro:

- Sistemas manuales.
- Sistemas automáticos simples.
- Analizadores de tráfico.

# TIPOS DE DETECTORES:

- Observación directa por una persona.
- Dispositivos que detectan la presencia de la totalidad del vehículo.
- Dispositivos que detectan la presencia de algún punto del vehículo.

# CARACTERISTICAS DEL TRAFICO Y VELOCIDAD

1/2

- Las principales características del tráfico que podemos estudiar son:
  - Intensidades de circulación.
  - Velocidades y tiempo de recorrido de los vehículos.
  - Origen y destino de los viajes.
  - Accidentes etc.

---

**Autor: Marta González Garrido**  
**Ingeniero Técnico de Obras Públicas**

# CARACTERISTICAS DEL TRAFICO Y VELOCIDAD

2/2

- La velocidad es de vital importancia para cualquier estudio de tráfico, ya que todos los conceptos fundamentales están relacionados con ella.
- En relación con la accidentalidad, la velocidad media de recorrido es un factor determinante.
- En autovías, el pasar de una velocidad de recorrido se 100-120 Km/h a valores mayores supone un incremento de la accidentalidad de un 42%.
- La velocidad es una medida importante de la calidad del servicio que se proporciona al usuario de la vía.
- Se utiliza como una de las medidas de mas eficacia para definir niveles de servicio.

---

Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas

# VELOCIDAD DE PROYECTO

La velocidad de proyecto de un tramo de carretera es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos de trazado en condiciones de comodidad y seguridad.

## VELOCIDAD ESPECIFICA

Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado y las condiciones meteorológicas son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

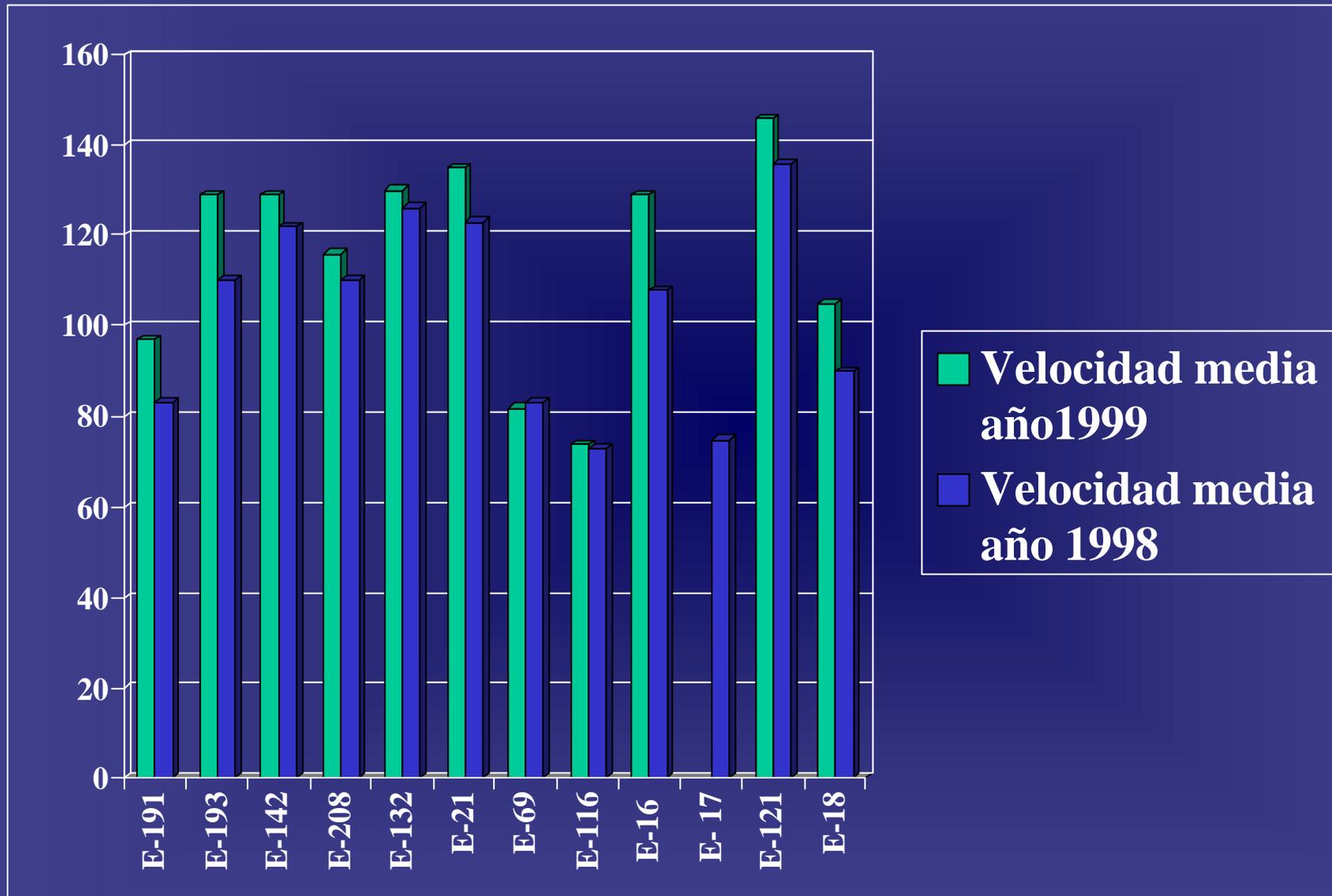
## VELOCIDAD DE RECORRIDO

Se basa en un vehículo representativo que circule en todo lugar a la velocidad máxima que le permiten tanto sus propias prestaciones como las limitaciones que represente los elementos de trazado. No podrá superar nunca la específica

## VELOCIDAD DE PLANEAMIENTO

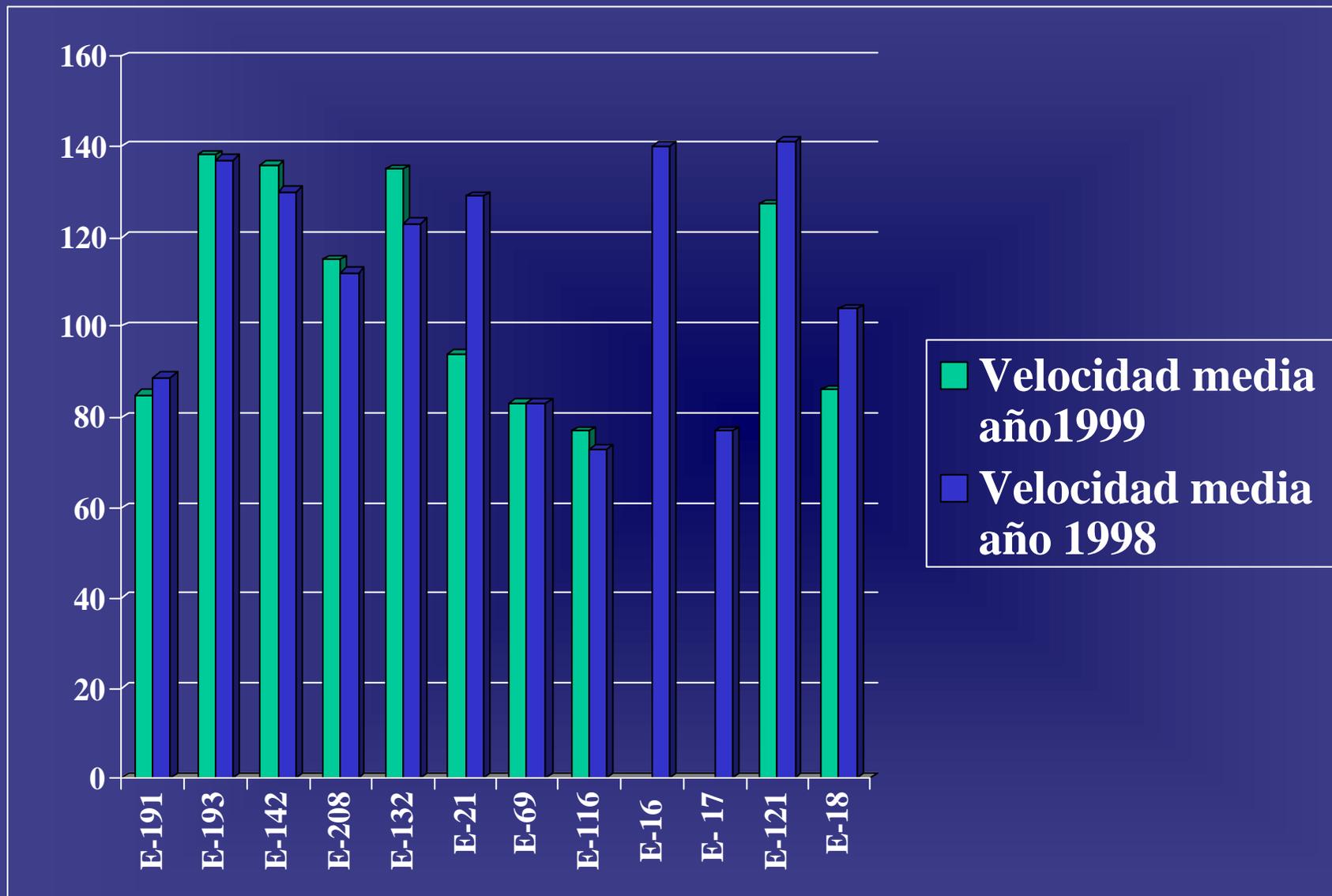
Media armónica de las velocidades específicas de los elementos de trazado en planta de tramos homogéneos de longitud superior a dos kilómetros.

# VELOCIDADES MEDIAS DEL PRIMER TRIMESTRE DE LOS AÑOS 1998 Y 1999



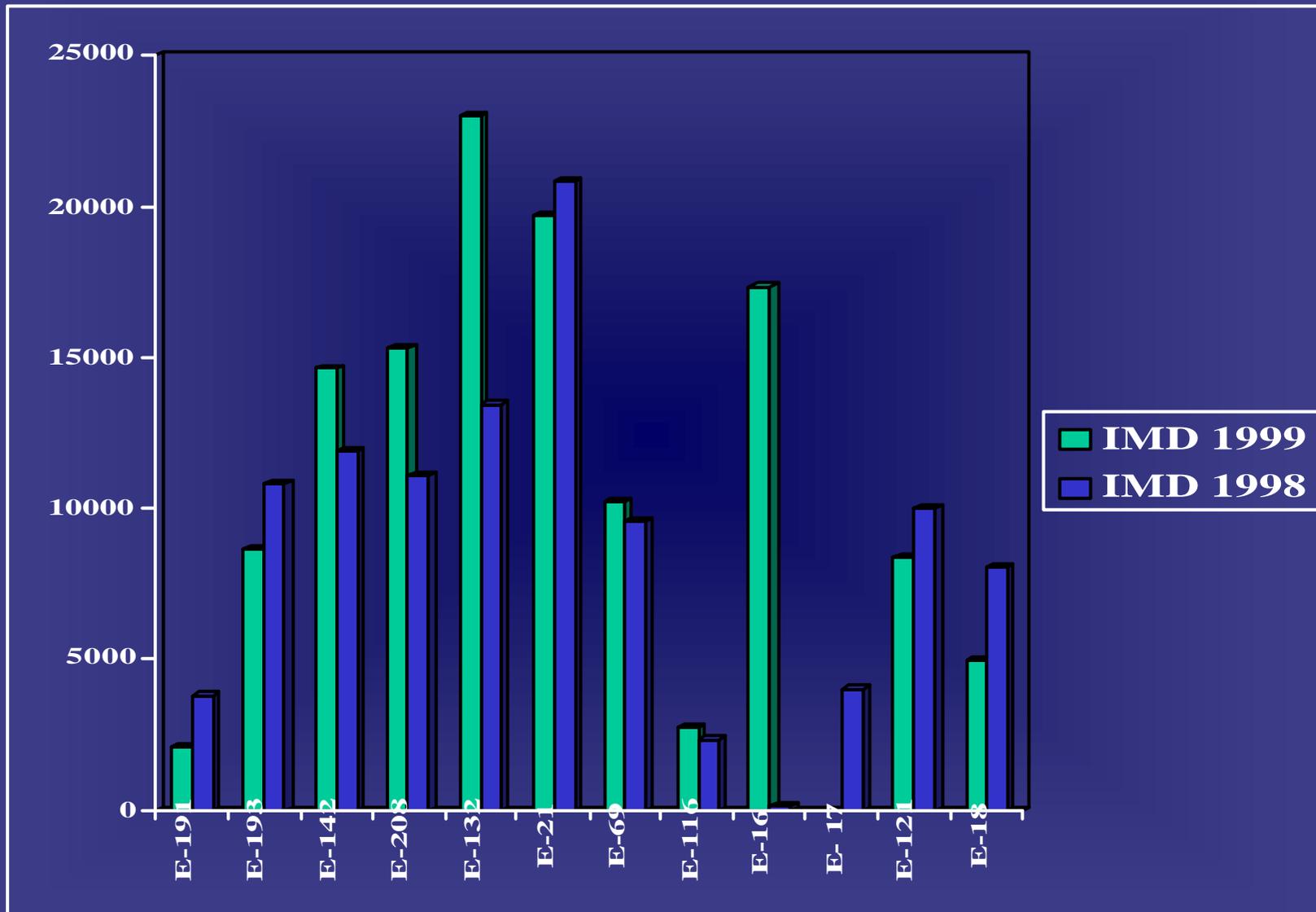
Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

# VELOCIDADES MEDIAS DEL SEGUNDO TRIMESTRE DE LOS AÑOS 1998 Y 1999



Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

# I.M.D DEL PRIMER TRIMESTRE DE LOS AÑOS 1998 Y 1999



Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

## VELOCIDADES PERCENTILES DE LAS VELOCIDADES MEDIAS DE RECORRIDO AÑO 1998.

TIPOS DE RED	V <sub>1</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>50</sub>	V <sub>80</sub>	V <sub>85</sub>	V <sub>90</sub>	V <sub>99</sub>
AUTOPISTAS LIBRES Y AUTOVIAS	39.35	39.78	120.36	134.07	138.35	144.00	163.58
AUTOPISTAS DE PEAJE	91.01	109.93	129.59	142.11	144.62	147.49	162.3
CARRETERAS CONVENCIONALES	23.63	47.43	83.72	104.6	108.74	115.64	146.78

---

Autor: Marta González Garrido  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.