MOPU CARRETERAS Planificación

EN LAS TRES ÚLTIMAS PÁGINAS DE ESTE DOCUMENTO SE HA AÑADIDO UNA ACTUALIZACIÓN DE PARÁMETROS, QUE PODRÁ EMPLEARSE PROVISIONALMENTE HASTA LA NUEVA PREVISIÓN DE TRÁFICO Y DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACION ECONOMICA, COSTE-BENEFICIO. DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE CARRETERAS.

ACTUALIZACION DEL VALOR DEL TIEMPO Y COSTES DE ACCIDENTES Y COMBUSTIBLES.

Servicio de Planeamiento, Octubre de 1990

I N D I C E

Consideraciones en torno a los estudios de rentabilidad de carreteras 1

1. Identificación y definición del proyecto y su zona de influencia 2

1.1. Tramificación 2

1.2. Características geométricas de los tramos 3

2. Análisis de la demanda 4

3. Previsión de costes y beneficios. Vida útil..... 5

3.1. Vida útil 5

3.2. Costes del proyecto 5

3.2.1. Gastos de primera inversión..... 5

3.2.2. Gastos de rehabilitación y conservación..... 6

3.3.Beneficios de cada alternativa 8

3.3.1. Costes de funcionamiento..... 9

3.3.1.1. Gastos de amortización..... 9

3.3.1.2. Gastos de conservación..... 12

3.3.1.3. Consumo de combustibles 14

3.3.1.4. Gastos de lubricantes 19

3.3.1.5. Gastos de neumáticos 20

3.3.2. Coste del tiempo de recorrido 22

3.3.3. Coste de los accidentes 25

3.3.3.1. Determinación del número de accidentes 26

3.3.3.2. Coste unitario de los accidentes 30

4. Criterios e indicadores de rentabilidad económica. Tasa de actualización..... 32

4.1. Tasa de actualización o descuento 32

4.2. Indicadores 33

4.2.1. Indicadores que varían con la tasa de actualización..... 33

4.2.1.1.VAN. Valor Actualizado neto..... 34

4.2.1.2.B/C. Relación beneficio-coste 34

4.2.1.3. PRI. Período de recuperación de la inversión.... 35

4.2.2. Indicadores independientes de la tasa de actualización... 35

4.2.2.1. TIR. Tasa interna de retorno 35

4.3. Criterios de selección..... 36

- - - - - - - - - -

APENDICE I. Crecimiento y Predicción del tráfico ..... I.1.

1. Crecimiento del tráfico nacional y por corredores... I.1.

2. Predicción del Tráfico en la RIGE ..... I.14.

APENDICE II. Estimación de la estructura horaria del tráfico ..... II.1.

Ejemplo ..... II.3.

APENDICE III. Cálculo de la capacidad de la carretera y de la velocidad de operación de turismos para distintas intensidades de tráfico III.1

1. Carreteras con calzadas separadas III.1

2. Carreteras de una calzada con dos carriles III.8

APENDICE IV. Relación entre la velocidad de recorrido de vehículos ligeros y pesados ..... IV.1.

CONSIDERACIONES EN TORNO A LOS ESTUDIOS DE RENTABILIDAD EN CARRETERAS (1)

El objeto de estas notas es entresacar los aspectos más relevantes de la evaluación económica de proyectos en carreteras hasta que se produzca la aprobación definitiva del manual de evaluación.

La pauta teórica se encuentra recogida en "Metodología para la evaluación de proyectos de inversión en carreteras" publicada por el MOPU - Dirección General de Carreteras en el año 1.980.

De las fases generales de un proyecto de carreteras, entendido aquí como una inversión pública, y que reseñamos a continuación , hay que extraer los puntos que inciden directamente en la evaluación y que no tienen que reducirse a los estrictamente económicos, dado que hay variables que no son cuantificables monetariamente y que sobre proyectos con rentabilidades aceptables pueden ser relevantes a la hora de la decisión, la cual sería de tipo multicriterio.Ese conjunto de datos, cuantitativos y cualitativos, puede acompañarse en un cuadro final afectando a cada una de las alternativas.

Las fases a las que hacemos mención son las siguientes:

1.- Identificación y definición del proyecto y de su zona de influencia.

2.- Análisis de la demanda. Estudio y previsión de tráfico.

3.- Previsión de costes y beneficios.

4.- Análisis de la rentabilidad económica y financiera del proyecto.

5.- Incidencia del proyecto sobre otros objetivos de politica económica, social y sobre el medio ambiente.

Salvo en el caso de autopistas de peaje donde es fundamental el análisis de rentabilidad financiera, para el resto de las obras, sólo hay que realizar el análisis de rentabilidad económica.

EL VALOR DEL TIEMPO, ACCIDENTES Y COMBUSTIBLE están referidos a datos de 1990. Los COSTES DE CONSERVACION pueden mantenerse en 1990 con los valores que aquí fuguran y para el resto (COSTES DE FUNCIONAMIENTO) se puede actualizar multiplicando por el incremento del coste de la vida entre julio de 1988 y 1990 que es 1.14

1. IDENTIFICACION Y DEFINICION DEL PROYECTO Y DE SU ZONA DE INFLUENCIA

Obtención para cada uno de los tramos homogéneos en que se divide la situación actual y cada una de las alternativas, del conjunto de características geométricas y territoriales precisas para realizar -- la evaluación, aunque directamente en la evaluación económica sólo incidan las primeras.

1.1. Tramificación. Es la división de cada alternativa, incluída la situación actual, en el menor número posible de tramos homogéneos. Como - tal debe considerarse:

a) Zonas urbanas - Zonas interurbanas

b) Tramos en pendiente - Tramos en rampa - Tramos llanos (1)

c) Tramos de circulación libre (solo condicionada por el -- tráfico) - Puntos de parada.

d) Tramos con tráfico homogéneo.

e) Tramos con características tipológicas homogéneas (doble calzada, una calzada más carril lento, una calzada).

** Por lo general cada alternativa puede reducirse a dos o tres tramos.

** Salvo que la composición y volumen del tráfico sea diferente en los - dos sentidos de circulación, se tomará como característica la semisuma de los dos.

---

(1) Como tramos llanos suele considerarse aquellos cuya inclinación media oscila entre -2% y +2%.

1.2. Características de los tramos.

a) Geométricas(*)

- Número de carriles
- Anchura de sección, arcenes y carriles lentos
- Pendiente media
- Radios de curvatura y radio mínimo
- Distancia media a obstáculos laterales
- Distancias de visibilidad o % de longitud del tramo.
- Longitud
- Velocidad de proyecto o en situación de libre circulación en el tramo.
- Tanto por ciento de vehículos pesados.

b) Tipológicas

- Tipo de carretera en cuanto a calzada : Sentidos separados o no.
- Urbano - Interurbano
- Sociales - Territoriales - Medio ambientales

Como tal pueden recogerse en un cuadro la población directamente afectada, usos y tipo de zona pisada, impacto sociales y territoriales, cambios de actividad, problemas puntuales, interrelación con otros planeamientos (de la propia zona y con las zonas de borde en las que se engarza el proyecto).

(*) Parte de la información geométrica tiene por único fin la determinación de la capacidad y velocidad específica. El porcentaje de vehículos pesados puede extraerse de los planos de I.M.D. en la estación más próxima.

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

El tráfico a considerar en cada año sería el normal (si no hubiese más actuación que la conservación y explotación) al que se añadiría el atraído o desviado de otros modos de transporte y el generado por la nueva actuación que o bien no se produciría antes o no utilizaría este itinerario.

** La fiabilidad del estudio de rentabilidad radica fundamentalmente en la bondad de la predicción de tráfico que se efectúe. Unas hipótesis no debidamente avaladas quitan toda validez a los resultados.

** Junto a la predicción de tráfico durante el período de vida útil del proyecto conviene igualmente hacer una hipótesis alta y baja de tráfico(1) que permita conocer la sensibilidad de los resultados.

** Es de capital importancia considerar como zona de afección, en cuanto a tráfico, aquella que recoge tráficos que pertenecen al mismo corredor que el del proyecto, de manera que cualquier actuación sobre aquellos redunde en una variación de carga sobre el del estudio. Para ello es preciso disponer de unas encuestas de Origen-Destino que nos permitan conocer la distribución de tráficos en el corredor y a continuación por medio de un modelo que contemple todas las actuaciones a realizar sobre el mismo, proceder a una reasignación del tráfico.

** A falta de estudios de detalle se ha recogido en el Apendice 1 las estimaciones del : Crecimiento y predicción del tráfico donde se analiza en el primer punto el crecimiento nacional y por corredores y en segundo lugar se hace una predicción de tráfico en la RIGE.

** Para obtener los costes de funcionamiento y consumo de tiempo hay que disponer de la estructura horaria del tráfico total, ya que dichas partidas son función de la velocidad de recorrido que a su vez depende de la intensidad de tráfico.

En caso de no disponer de la misma se puede proceder a su estimación siguiendo el método indicado en el Apéndice 2.

(*) Como hipótesis alta y baja se pueden tomar los crecimientos máximos y mínimos esperados en el corredor.

3. PREVISION DE COSTES Y BENEFICIOS. VIDA UTIL

La evaluación económica tiene por objeto obtener una rela--- ción entre los costes producidos por la realización y conservación de - una obra (y afectan por tanto a la sociedad a través de la administra-- ción que invierte) y los beneficios derivados de la misma (obtenidos como disminución de los costes generales de transporte que afectan a los - usuarios) a lo largo de la vida útil de la obra.

3.1. Vida útil . Como período de análisis se suele tomar entre 20 y 30 años.

Se recomienda utilizar la última cifra (30 años) dado que para tasas de actualización bajas (6%) el valor residual de la obra --- puede despreciarse ($<15\%$) mientras que con un período de 20 años el valor residual sería superior al 30%.

3.2. Costes de proyecto. Son los recursos reales escasos consumidos a lo largo de la vida útil.

Los costes monetarios primarios son los de inversión (pri--- mer establecimiento y reposición) que comprende proyecto, dirección, compra de terrenos y expropiaciones, reposición de servicios, obra civil, - etc, los de rehabilitación y explotación que presentan un caracter cíclivo (8 y 1 años respectivamente).

3.2.1. Gastos de primera inversión. Pueden extraerse del proyecto o estudio previo, o bien de una estimación realizada a partir de los - componentes y unidades según el tipo de obra.

De las tres cantidades distintas de costes (ejecución mate-- rial, contrata y presupuesto para conocimiento de la administración), se utilizará

la segunda descontando un 12% de su valor (correspondiente a los impuestos que suponen una transferencia y no una movilización de recursos) y añadiendo los gastos de expropiaciones.

$$\text{COSTE OBRA} = \frac{1}{1,12}\ \text{COSTE CONTRATA} + \text{EXPROPIACIONES}^{(1)}$$

(Este dato, en pesetas constantes del año en que se efectua el análisis se distribuirá entre los años de realización de la obra .

3.2.2. Gastos de rehabilitación y conservación(2)

1er método Se trata independientemente los gastos de conservación de los de rehabilitación

a) carreteras de 2 calzadas

Rehabilitación: 10.10^6 ptas/km. en cada calzada cada 8 años

Conservación: 100.000 ptas./km. en cada calzada el 1er año creciendo linealmente hasta duplicarse el 7º año.

Juntando uno y otro concepto tenemos para cada km. de calzada la siguiente serie de costes (en Millones de ptas. de 1987).

COSTE REHABILITACION + CONSERVACION . DOS CALZADAS

AÑO				COSTE/Km.(10^6 Ptas)
1			.....	0.1
2	10	18	26	0.1143
3	11	19	27	0.1286
4	12	20	28	0.1429
5	13	21	29	0.1571
6	14	22	30	0.1714
7	15	23	.....	0.1897
8	16	24	.....	0.2
9	17	25	.....	10.1

(1) El presupuesto por contrata debe incluir la restitución de servidumbres, dirección de obra y la redacción del proyecto.

(2) En el caso de existencia de estructuras debe añadirse un coste anual de conservación que la OCDE cifra en un 0,5% anual sobre el coste de la obra. Fuente: L'entretien des oubrages d'art. Septiembre 81.

(El resultado total se obtiene multiplicando para cada año los valores anteriores por la suma de longitudes de las dos calzadas).

b) Carreteras de 1 calzada

Rehabilitación: 10.10^6 pts/km. cada 8 años.

Conservación: 150.000 pts/km. en el primer año creciendo linealmente hasta duplicarse el septimo año.

Juntando uno y otro concepto tenemos para cada Km. de calzada la siguiente serie de costes (en ptas. de 1987).

COSTES REHABILITACION + CONSERVACION. 1 CALZADA

AÑO				COSTE/KM (x 10^6 Ptas)
1				0.15
2	10	18	26	0.1714
3	11	19	27	0.1929
4	12	20	28	0.2143
5	13	21	29	0.2357
6	14	22	30	0.2571
7	15	23		0.2786
8	16	24		0.3
9	17	25		10.15

Para el cálculo de costes de la carretera actual habría que situar el primer año en el correspondiente al momento temporal desde la última rehabilitación.

2º método. Unir los conceptos de rehabilitación y conservación conservación considerando los siguientes costes (1):

(1) Las cifras resultantes por este método como por el anterior vienen a dar unas cifras próximas al 1,5% anual del valor de la obra, si bien el primer método se ajusta mas a la vida real de la obra y tiene su repercusión al efctuar las actualizaciones.

El valor de 1,5% anual como medio durante la vida útil es el considerado mas correcto tanto en los presupuestos de conservación y reposición del Plan General de Carreteras, así como en las ponencias de conservación de la XIII Semana de la Carretera

. 6 primeros años: 1% del coste de ejecución de la obra

. años restantes: 1,6% " " "

Caso de utilizar el 2º método el valor patrimonial de la carretera actual deberá obtenerse a partir del coste/km. de una carretera de la zona de similares características.

** Para todas las opciones, incluída la actual, deberá adoptarse el mismo método.

** Los costes totales para la evaluación de cada alternativa serán la diferencia entre las de inversión y conservación de la misma, menos los equivalentes de la alternativa actual.

3.3. BENEFICIOS DE CADA ALTERNATIVA

Son los derivados por la disminución de los costes generales de transporte al efectuar una determinada actuación.

Se obtienen para cada año como diferencia entre los costes generales de transporte en la situación actual y cada una de las alternativas.

Las componentes del coste de transporte son las siguientes:

1. Costes de funcionamiento (1)

   - Amortización
   - Mantenimiento
   - Reparaciones y repuestos
   - Consumo de combustibles
   - Consumo de lubricantes
   - Desgaste y reparación de cámaras y cubiertas

2. Costes del tiempo recorrido
3. Coste de los accidentes

Como paso previo hay que determinar para cada intensidad horaria, obtenida según se indica en el Apéndice 2, la velocidad de operación de los turismos (Apéndice 3) y en función de ésta la velocidad de los vehículos pesados (Apéndice 4).

(1) En los costes de funcionamiento no se contemplan aquellos que son independientes de la longitud recorrida como seguros, garaje, etc...

Se ha actualizado para febrero del 88 las distintas partidas de costes y los elementos precisos para su obtención.

En primer lugar y en base a las ventas producidas a lo largo de 1987 se ha obtenido el vehículo tipo representativo.

TURISMOS

CUBICAJE MEDIO: 1.440 c.c.
PRECIO FRANCO FABRICA= 1.036.500 Ptas.
COSTE MEDIO (con IVA + transporte, etc) = 1.420.000 Ptas.

CAMIONES(1)

CARGA MAXIMA AUTORIZADA= 12,4 T.
PRECIO FRANCO FABRICA: $6,8 \cdot 10^6$ Ptas.(2)

3.3.1. Costes de funcionamiento

Los distintos componentes de este coste son los siguientes:

3.3.1.1. GASTOS DE AMORTIZACION.

Salvo que haya diferencias de longitud, entre las distintas alternativas, puede eliminarse de la evaluación ya que se utilizan valores medios,

La depreciación de un vehículo viene producida, entre otros,por los siguientes factores

a) Tiempo de posesión

---

(1) El vehículo medio se ha obtenido a partir de las autorizaciones de transporte de 1983 con una carga máxima autorizada superior a 3 T.

(2) Precios proporcionados por GANVAM y referidos a los vehículos medios elegidos (PEGASOS, 1216, 1217 y 1234 y RENAULT D-210) en Diciembre de 1987 y que son a su vez representativos de la carga media.

b) Longitud recorrida

c) Características de los recorridos: Geometria y firme, urbana, interurbana, tipo de tráfico.

d) Conservación y mantenimiento.

Según coinciden todos los autores, desde un punto de vista socio-económico el primer aspecto (tiempo) y sobre todo los primeros años, es el factor más determinante de la depreciación(*).

El estado de conservación y mantenimiento debido a los recorridos se imputan directamente en otro apartado en función de las características geométricas.

Queda, por tanto la parte debida a la longitud y la correspondiente a la conservación global del vehículo, pero dado la inexistencia de estudios en detalle solo se puede introducir en la evaluación con valores medios sin mayor precisión.

A modo de referencia se utilizarán las cifras obtenidas de los siguientes cálculos, efectuados sobre precios de mercado:

(*) Ello viene corroborado por los precios que oficialmente vienen publicando las casas de coches usados (GANVAM) donde existe una depreciación exclusivamente en función de la edad del vehículo.

Se ha efectuado además, un análisis sobre los anuncios de vehículos de 2ª mano, existiendo un deslizamiento al alza del 15% lo que permite converger en un precio final próximo al medio.

a) Turismos

Hipótesis:
- Recorrido medio anual: 15.000 Km.(*)
- Vida útil : 10 años
- Precio inicial: 1.036.500
- Precio final vida útil: 238.000(**)
- Depreciación imputable al recorrido: 50%.

CPK = 2,7 Pts/km.(***)

b) Camiones

Hipótesis:
- Recorrido medio anual: 73.500 Km.
- Vida útil : 8 años
- Precio inicial = $6,8 \cdot 10^6$ Pts.
- Precio final: $1,02 \cdot 10^6$ Pts.(**)
- Depreciación imputable al recorrido: 50%.

CPK = 4,91 Pts/Km,(***)

(*) Corresponden a valores medios en enero 88

El precio inicial es el P.F.F. sin impuestos ni gastos adicionales que representan en la realidad un precio final de 1.420.000 Pts.

(**) El precio final vida útil es el precio resultante de quitar un 15% (reparación + beneficio industrial) al precio de de vehículos usados.

(***) Para el usuario el coste medio es sin embargo de 7,88 Pts/Km. (turismo) y 9,82 Pts/Km(camiones).

3.3.1.2. GASTOS DE CONSERVACION(1)(2)

Como gastos de conservación tenemos los siguientes:

- Frenos
- Lubricantes
- Puesta a punto
- Pequeñas reparaciones.

A) Turismos

El coste viene dado por

$$CPK = 17,22 \cdot V^{-0,44} \quad \text{(Pts/Km enero 88)}$$

siendo v la velocidad de recorrido en Km/h(3)

Tabulando la fórmula anterior tenemos:

Velocidad	Coste(CPK) Pts/Km.
30	3,85
40	3,40
50	3,08
60	2,84
70	2,66
80	2,50
90	2,38
100	2,27
110	2,18

Su coste oscila entre 2,18 y 3,85 ptas/Km. siendo un valor medio 2,5 (a 80 Km/h).

(1) Como gastos de conservación se recogen los epígrafes mantenimiento y reparaciones y repuestos (página 8)

(2) Al igual que sucede con la amortización existe poca bibliografía sobre el tema en España, siendo preciso la pronta realización de estudios que permitan cuantificar tan importantes partidas.

(3) Velocidad media de recorrido excluyendo los tiempos de parada o velocidad específica del tramo cuando en el mismo exista una limitación legal de la velocidad (caso de travesías).

B) Pesados

Se utilizará la curva de la FIGURA 1 obtenida -- actualizando a Enero de 1988 los datos de la encuesta y Diarios de operaciones realizada para el estudio de costes de funcionamiento de turismo y camiones en España.(1) .

COSTES DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO
CAMIONES

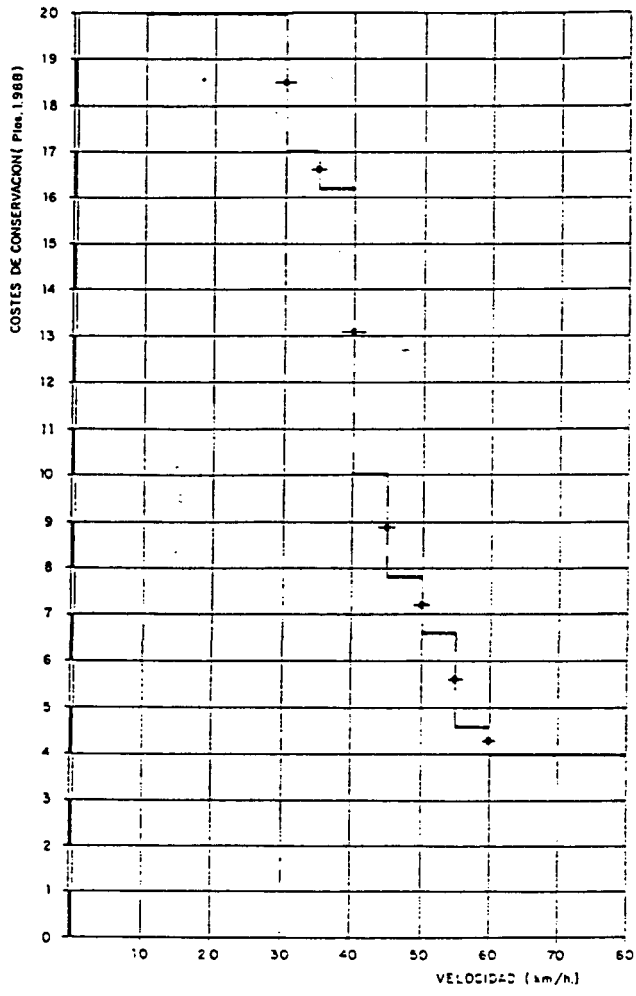


FIGURA 1

(2)

Su coste oscila entre 4 y 20 Ptas, siendo la media de 7,2 Pts/km.

---

(1) MOPU-SENDA 3. Coste de funcionamiento de vehículos en carretera.

(2) Velocidad de circulación de vehículos pesados excluyendo tiempos de parada y limitación de velocidad.

3.3.1.3.CONSUMO DE COMBUSTIBLES

3.3.1.3.1. TRAMOS INTERURBANOS.

Es junto a la partida anterior la que más variaciones presenta en función de la geometria.

De todos los estudios existentes adoptaremos las curvas del estudio mencionado de costes de funcionamiento en España, por cuanto son las primeras y únicas existentes especifícamente para nuestro parque de vehículos y nuestras carreteras, siendo las que en la actualidad ofrecen un mayor ajuste.

Las fórmulas que ligan el consumo en función de la inclinación y de la velocidad de recorrido son las siguientes:

A) TURISMOS

- Rampa ó llano

$$C=117,58-1,76\ V + 1,21.10^{-2}V^2+24,09.p-0,47.V.p+4,74.10^{-3}.V^2.p$$

C= consumo en c.c. por Km.

V= velocidad de recorrido en Km./h.

p= inclinación en % (+ ó 0)

- Pendiente

$$C=92,76-1,3.V + V^2.10^{-2}-6,77.p+0,33.p.V-2,45.10^{-3}.p.V^2$$

p = inclinación en % (-)

B) CAMIONES . Se utilizan las curvas correspondientes a media carga[1]

- Rampa ó llano

$$C=388,18-7,32.V+7.10^{-2}.V^2+p\left[101,28+1,99.10^{-2}.V+7,85.10^{-3}.V^2\right]$$

(1) Caso de disponer del porcentaje de vehículos cargados, media carga y vacios se pueden aplicar las curvas específicas para cada caso. No obstante,ésta es suficiente aproximación.

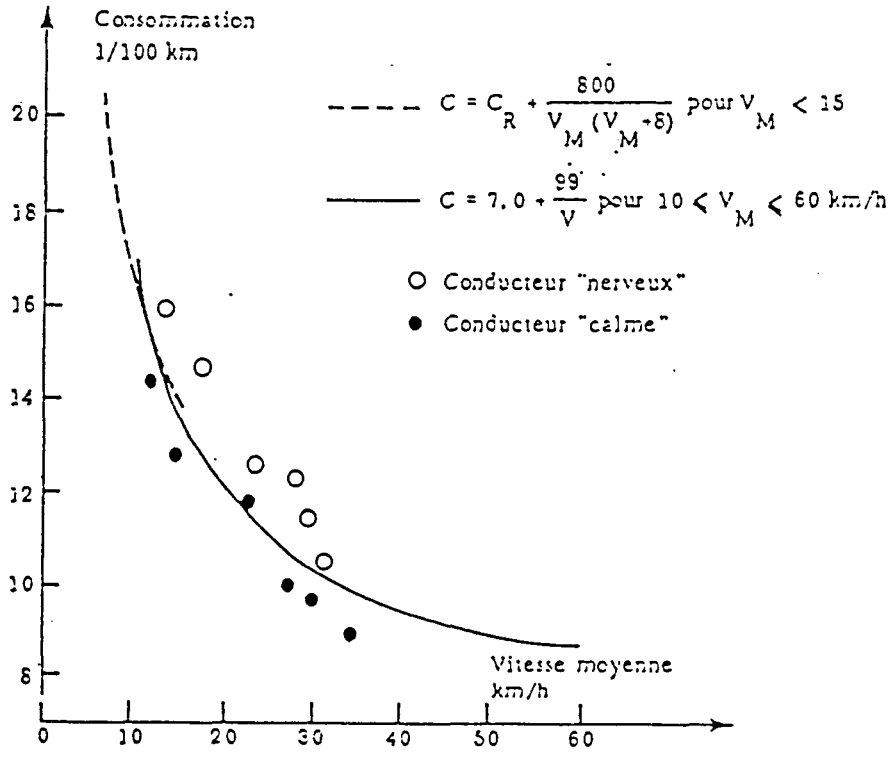
- Pendiente

$$C=213,31-6,15.V+7,42.10^{-2}.V^2+p\left[6,08+3,82.10^{-2}.V+7,27.10^{-4}.V^2\right]$$

(las variables tienen aquí idéntico significado que en el caso de turismos).

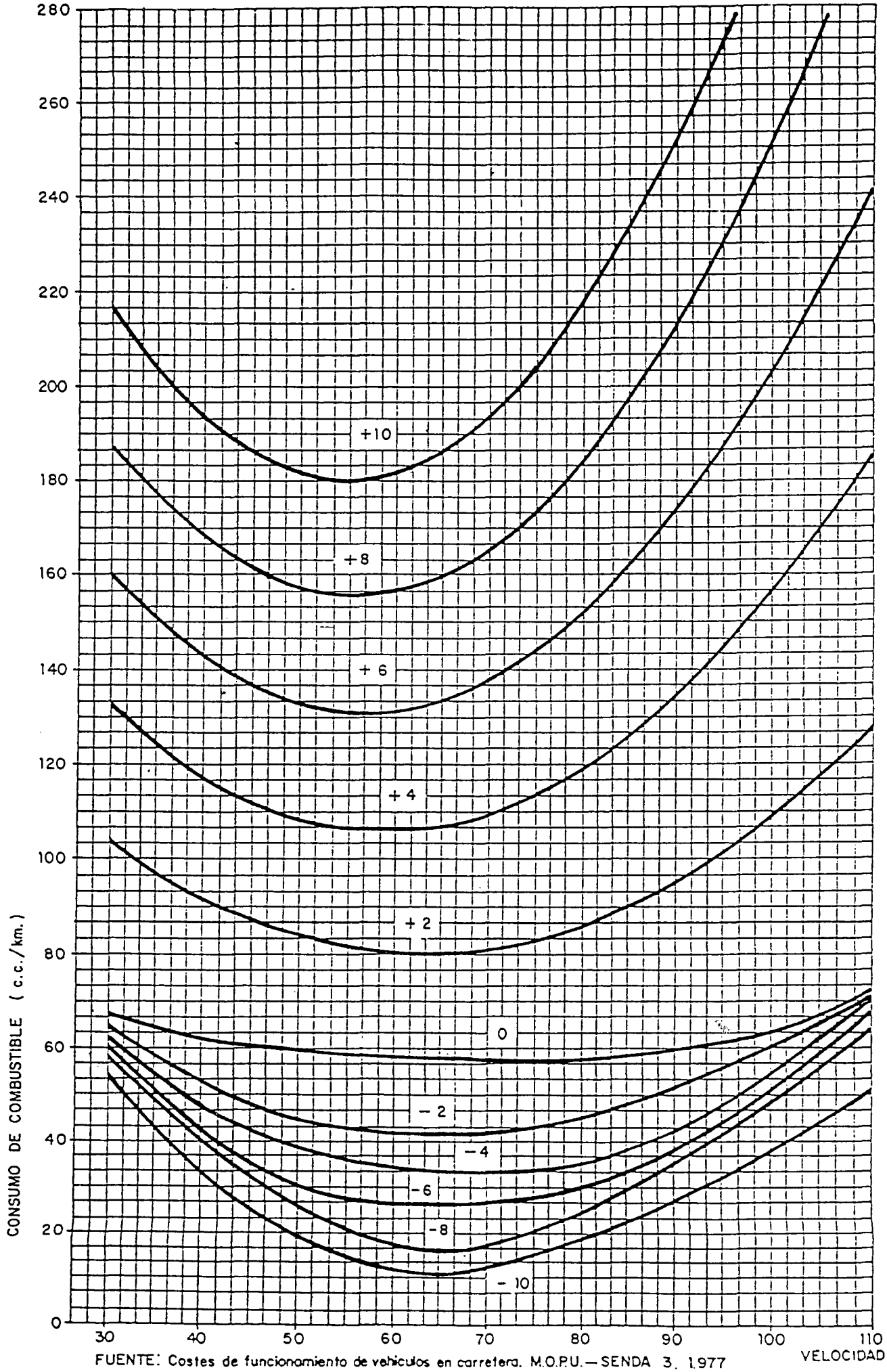
Para mayor facilidad en las páginas siguientes aparece grafiadas las curvas anteriores (FIGURA 2 : TURISMOS y FIGURA 3 : CAMIONES).

3.3.1.3.2. TRAMOS URBANOS. TURISMOS (1)



(1) Hasta nuevas investigaciones puede utilizarse esta curva obtenida para un turismo medio francés. Fuente: Consumo de carburantes -- (OCDE. 1982). Para vehículos pesados utilizan la fórmula de tra-- mos interurbanos.

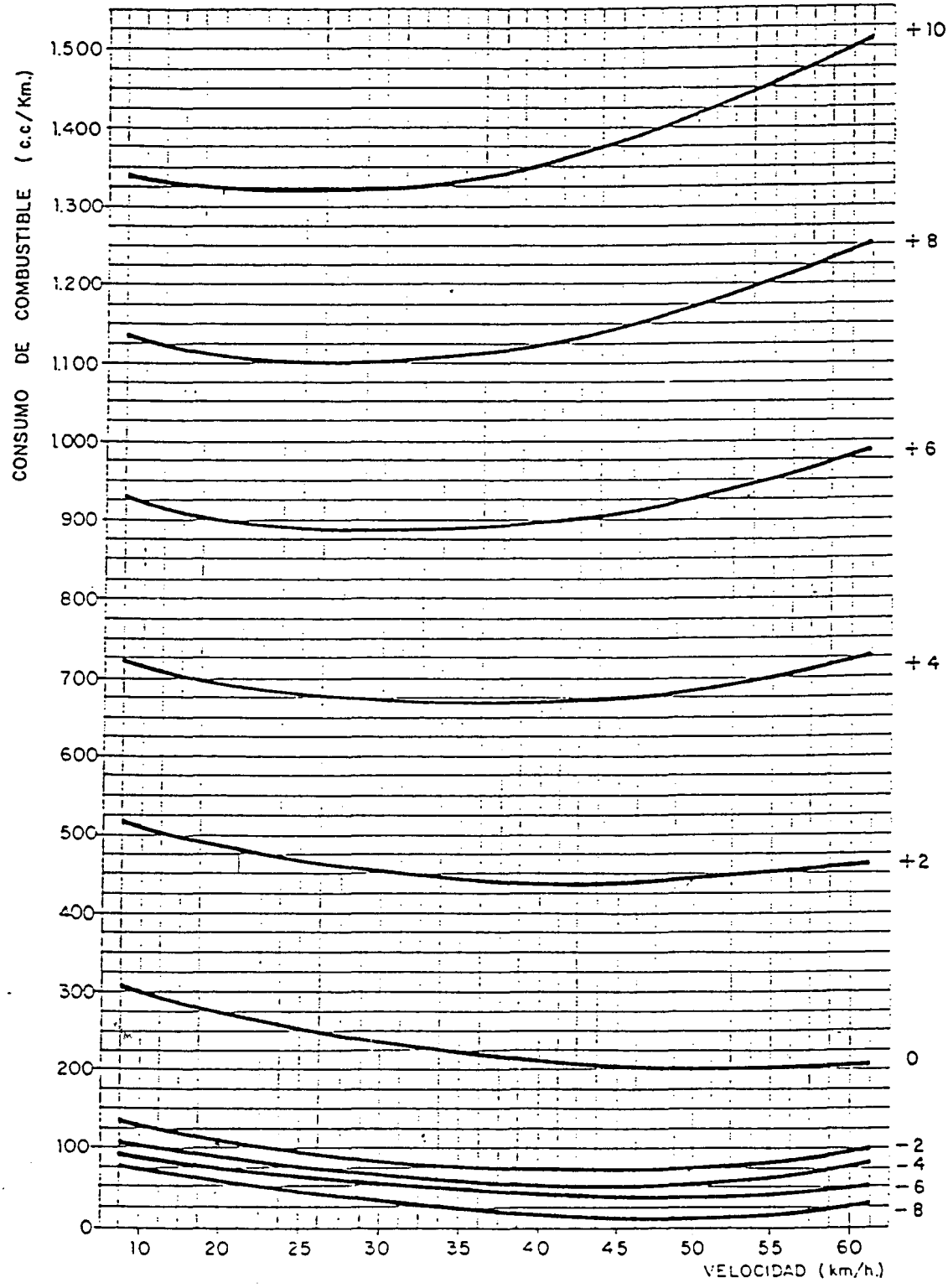
CURVAS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE TURIMOS, RAMPAS Y PENDIENTES.



FUENTE: Costes de funcionamiento de vehiculos en carretera. M.O.P.U.—SENDA 3. 1977

FIGURA: 2

CURVAS DE COSUMO DE COMBUSTIBLE CAMIONES CON CARGA MEDIA RAMPAS Y PENDIENTES..



FUENTE: Costes de funcionamiento de vehiculos en carretera.
M.O.P.U.—SENDA - 3. 1.977

FIGURA: 3

PRECIOS DE COMBUSTIBLES

Al igual que en el resto de los apartados el precio de los combustibles es sin impuestos (Impuesto sobre hidrocarburos e IVA), ya que dichos impuestos son meras transferencias entre sectores económicos y no suponen un consumo de recursos para la colectividad.

Los valores a aplicar en la actualidad(1) son los siguientes:

Gasolina	41,1	Pts/l. (2)
Gas-Oil	34,1	Pts/l.

(Precios de 2 de Octubre de 1990)

COSTES DE COMBUSTIBLES

$$CPK = C \cdot Precio$$

CPK = Coste / Km.

C = Consumo en c.c. según las fórmulas y gráficos anteriores.

P = Precio en Ptas/c.c.

* Como ordenes de magnitud señalaremos que los turismos presentan un coste de 2 Pts/Km.(a 70 Km/h y pendiente 0%) pudiendo llegar a 6 Pts/Km.(90 Km./h y rampa del 6%).

* Los camiones presentan un coste medio de 7,1 Pts/km. (0% de pendiente, media carga y velocidad entre 40 y 60 Km/h) pudiendo alcanzar las 75 Pts/Km. (rampa de +6% y plena carga).

---

(1) Fuentes: "Memoria del Gabinete de Estudios de la Delegación del Gobierno en Campsa" y la propia Delegación.

(2) El precio de la gasolina se obtiene como media ponderada de los precios sin impuestos de la SUPER (44,5 Pts/l) y de la NORMAL (38,5 Pts/l.) siendo sus consumos respectivos el 88,87 y el (11,13%)

3.3.1.4. GASTOS DE LUBRICANTES

El consumo de aceite está relacionado directamente con el consumo de combustible y empíricamente responde a las siguientes expresiones:

A) TURISMOS

$$C.P.K. = 0{,}012 \cdot C \cdot PA$$

siendo C.P.K. = Coste de aceite por kilómetro en turismos.

C = Consumo de gasolina según 3.1.1.3. en litros

PA = precio de aceite sin impuestos= = 340 Pts/l. (Enero 88).

B) CAMIONES

$$C.P.K. = 0{,}008 \cdot C \cdot PA$$

siendo C.P.K.= coste de aceite por Km. en camiones.

C = consumo de gas-oil según 3.1.1.3. en litros.

PA = precio de aceite sin impuestos=380 Pts/l.

* Como ordenes de magnitud indicaremos que el coste de aceite del turismo es 0,24 pts/Km (a 90 Km/h y pendiente 0%) y en los camiones de 0,64 pts/km (a 40 Km/h, media carga y pendiente 0%).

3.3.1.5. GASTOS DE NEUMATICOS

Aunque pueden utilizarse valores medios (40.000 Km. - turismos y 65.000 Km - camiones) en la página siguiente se ha recogido para turismos y para camiones (Tabla 1) el recorrido para el cambio de neumáticos (R) según la velocidad básica de la carretera, el nivel de servicio y el tipo de terreno(1).

El coste por kilómetro viene dado por:

A) TURISMOS

$$CPK = \frac{P_4}{R_r}$$

CPK = coste por kilómetro

P_4 = precio de 4 ruedas. Las 4 ruedas de los vehículos-tipo (165 x 70 x 13) tienen un precio de - 31.144 pts. (Enero 88. Sin impuestos).

R_r = recorrido entre cambios de ruedas. Tabla 1

B) CAMIONES

$$CPK = \frac{P_6}{R_c}$$

CPK= coste por kilometro

P_6 = Precio sin impuestos de las 6 ruedas tipo del - vehículo= 426.834 pts (enero 88)

R_c= recorrido medio. Tabla 1

(*) Como orden de magnitud señalaremos que los turismos presentan un coste medio de 0,78 pts/km y los camiones de 6,6 pts/km.

---

(1) Costes de funcionamiento de vehículos por carretera.

TABLA 1 . - CAMBIO DE NEUMATICOS SEGUN CARACTERISTICAS DE TRAFICO Y DE LA CARRETERA

A) TURISMOS

VELOC. BASICA	NIVEL DE SERVICIO	CAMBIO DE NEUMATICOS (KM) - R_T			
		RECTO Y LLANO	RECTO Y ONDULADO	CURVAS Y ACCIDENT.	MUCHAS CURVAS Y MUY ACCIDENTADO
30	A	100000	100000	55600	32300
	B-C	77000	77000	50000	28600
	D	50000	43500	25600	15900
40	A	100000	77000	55600	30300
	B-C	77000	66700	43500	25000
	D	43500	40000	26300	15400
50	A	77000	77000	50000	28600
	B-C	77000	67000	43000	25000
	D	50000	43000	30000	17200
60	A	66700	66700	43500	23000
	B-C	66700	55600	40000	22000
	D	43000	40000	25000	15700
70	A	55600	55600	33300	20000
	B-C	55600	50000	33300	18900
	D	40000	35700	23250	13300
80	A	50000	43500	28600	15900
	B-C	50000	43500	28600	15900
	D	35700	33300	20800	12050
90	A	40000	35700	22222	-
	B-C	43500	40000	25000	-
	D	33300	30300	20000	-
100	A	28600	26300	-	-
	B-C	33300	30300	-	-
	D	28600	25000	-	-

B) CAMIONES

VELOC. BASICA	NIVEL DE SERVICIO	CAMBIO DE NEUMATICOS (KM) - R_C			
		RECTO Y LLANO	RECTO Y ONDULADO	CURVAS Y ACCIDENT.	MUCHAS CURVAS Y MUY ACCIDENTADO
30	A	166.700	125.000	71.400	41.700
	B-C	142.900	111.100	66.700	37.000
	D	90.900	66.700	38.500	22.000
40	A	166.700	125.000	66.700	38.500
	B-C	125.000	90.900	52.600	29.400
	D	76.900	58.800	32.300	18.900
50	A	142.900	111.100	58.800	34.500
	B-C	125.000	90.900	52.600	30.300
	D	83.300	62.500	35.700	20.400
60	A	125.000	90.900	50.000	29.400
	B-C	111.100	83.300	45.500	26.300
	D	71.400	55.600	32.300	18.500
70	A	100.000	76.900	41.700	24.400
	B-C	90.900	71.400	40.000	22.700
	D	66.700	52.600	29.400	16.700

3.3.2. Coste del tiempo de recorrido

La disminución del tiempo de recorrido es el aspecto más relevante de la serie de beneficios generado por realizar un nuevo proyecto pudiendo alcanzar en ocasiones el 70 - 80 % de los mismos.

La expresión del coste es para cada alternativa la siguiente:

$$C\ P\ T = T \cdot P$$

CPT	Coste por tiempo del tramo
T	Tiempo de recorrido del tramo en horas
P	Valor del tiempo en Pts/hora.

El tiempo, como beneficio, es la consecuencia de las mejoras introducidas en cada una de las alternativas sobre la situación actual. Esa disminución del tiempo de recorrido se traduce en una mejora en unos casos directamente cuantificable (viajes de trabajo) y en el resto como la cantidad que los usuarios están dispuestos a pagar por los beneficios derivados. Estos no se reducen exclusivamente al tiempo ya que su disminución es debido a un aumento en la calidad de la oferta que a su vez se traduce en un mejor nivel de servicio y por ende mayor comodidad y seguridad.

- El tiempo invertido (ligeros y pesados) se tiene en las características generales de cada alternativa.

- Como valor del tiempo se adoptarán los siguientes (1)

(1) Siendo el valor más determinante es sin embargo el que presenta una una mayor dificultad su cuantificación y en particular el caso de los turismos.

Por ello es importante proceder a un análisis de sensibilidad sobre el valor del tiempo (± 20%) en los turismos.

A) TURISMOS.

A lo largo de 1989 se ha realizado un trabajo de campo para actualizar el valor del tiempo en vehículos ligeros.

Se ha comparado la distribución para, orígenes destino comunes, el tráfico que capta una autopista de peaje y la carretera convencional alternativa.

EL VALOR DEL TIEMPO INCLUYE LAS MEJORAS SUBJETIVAS PERCIBIDAS POR EL USUARIO (SEGURIDAD, COMODIDAD ETC.).

P = 1.225 PTA./veh.-hora	(1)

B)) PESADOS.

Como valor del tiempo de vehículos pesados se adopta el fijado oficialmente por el Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones como coste de una hora de vehículo parado (B.O.E. 4 de marzo de 1989.; 5001 Orden de 10 de febrero de 1989).

P = 2.100 pta./ veh-hora

(1). Servicio de Planificación. D.G.C. 1990. Estudio pendiente de publicación.

3.3.3. Coste de los accidentes

Los accidentes representan uno de los elementos negativos - más importantes asociados al transporte y que en consecuencia hay que minimizar.

Su consideración a la hora de abordar un nuevo proyecto de carreteras se efectúa de una doble forma:

a) CUANTITATIVA: Supone la imputación a cada uno de las alternativas de los costes reales por accidentes que se producen en las mismas y de las que se hacen cargo los usuarios directamente y subdidiariamente a través del seguro obligatorio y de los seguros privados concertados.

Su valoración entra en el análisis Coste-Beneficio para cada año y alternativa de la forma siguiente:

$$CPA = NM \cdot CM + NH \cdot CH$$

CPA = Coste por accidentes en el tramo completo durante 1 año

NM = Nº de muertos durante un año en el tramo

NH = Nº de heridos " " " "

CM = Coste unitario medio un muerto

CH = " " " " herido

B) CUALITATIVA: Viene dada por la propia seguridad que ofrece la carretera y por tanto es inversamente proporcional al nº de accidentes que se producen en la misma.

Este aspecto quedará recogido como una más de las caracterís cas que tiene cada alternativa al efectuar su descripción global.

Hay que tener en cuenta que su cuantificación (punto a) es

sólo el aspecto económico que además es poco relevante en el conjunto del coste-beneficio, mientras que su importancia social trasciende lo estrictamente monetario.

3.3.3.1. DETERMINACION DEL NUMERO DE ACCIDENTES

Resulta preferible determinar directamente el nº de muertos y heridos que los índices de peligrosidad y mortalidad porque los costes unitarios están referidos a los primeros.

Hipótesis: El nº de accidentes para cada año y alternativa son los producidos en el año base multiplicados por el incremento de tráfico (Esta hipótesis equivale a decir que los índices de peligrosidad y mortalidad no varian a lo largo del período de análisis).

A) SITUACION ACTUAL

El nº de muertos y heridos de la carretera actual puede determinarse de la siguiente forma:

A.1. Consultando los partes de tráfico de los cinco últimos años y haciendo una media del nº de muertos y de heridos en el tramo.

Dichos partes son remitidos por los distintos Servicios de Carreteras y están archivados en el Servicio de Seguridad Vial de la Dirección General de Carreteras.

Es el método optimo por cuanto tenemos el conocimiento exacto.

A.2. Utilizando las Memorias de Accidentes de la Dirección General de Carreteras.

Para ello se debe utilizar el RESUMEN DE ACCIDENTES CON VICTIMAS donde viene el nºde accidentes, muertos y heridos por carretera y provincia, pudiendo mejorarse esta información con los puntos que tienen más de tres accidentes.Se ajustan los valores medios de la carretera en la provincia con las singularidades (más de 3 accidentes) del tramo concreto.

B) NUEVAS ALTERNATIVAS

Disponemos de dos métodos

B1. ESTADISTICO

Aplicar según el tipo de carretera (Autopista peaje, libre, carretera convencional con y sin travesias) y provincia el índice -- mortalidad y peligrosidad medio.

En la página siguiente se ha recogido (Tabla 2) estos datos figurando entre paréntesis los índices de mortalidad (IM) y peligrosi-- dad (IP) en la RIGE sin autopistas de peaje y excluyendo las travesias.

A partir de estos indices IM e IP determinamos el nº de -- muertos (NM) y de heridos (NH) mediante las expresiones

$$NM = 365.IMD.L.IM.10^{-8}$$

$$NH = N.K = K.365.IMD.L.IP.10^{-8}$$

siendo N el nº de accidentes, K el nº de heridos por -- accidente y L la longitud del tramo.

T I P O	$K = \frac{\text{nº heridos}}{\text{nº accidentes}}$
Carretera convencional	1,76
Autopista libre	1,72
Autopista peaje	1,69
TOTAL RIGE	1,75

(Memoria de Accidentes de la D.G.C. 1987. Resumen General).

Para aquellas provincias que carezcan de información pueden utilizarse las medias nacionales

	Autopistas y Autovias	RIGE sin autopistas	
		Con travesias	Sin travesias
IP	24	46	38
IM	2,69	5,49	5,03

INDICES DE MORTALIDAD POR PROVINCIAS 1.987

IM

	Nº DE MUERTOS RIGE.					INDICES DE MORTALIDAD		
	AUTOPISTAS PEAJE	AUTOPISTAS LIBRE	RESTO ESTADO	DE ELLOS (TRAVESIAS)	TOTAL RIGE	RIGE SIN A. PEAJE	AUT. PEAJE	R.I.G.E. SIN A. PEAJE
ALAVA	5	--	---	---	5	---	3,16	---
ALBACETE	-	---	45	(2)	45	45	--	5,09 (4,86)
ALICANTE	6	---	49	(9)	100	94	2,41	5,18 (4,68)
ALMERIA	-	--	29	(5)	29	29	--	3,90 (3,23)
AVILA	1	--	22	(5)	23	22	0,79	6,28 (4,55)
BADAJOZ	-	--	28	(0)	28	28	--	3,66 (3,66)
BALEARES	-	--	---	---	---	---	--	---
BARCELONA	11	4	66	(10)	81	70	0,63	3,02 (2,76)
BURGOS	7	--	95	(13)	102	95	4,13	9,05 (7,79)
CACERES	-	--	21	(1)	21	21	--	3,16 (3,02)
CADIZ	2	--	43	(9)	45	43	3,47	4,07 (3,87)
CASTELLON	19	--	32	(0)	51	32	5,10	4,21 (4,21)
CIUDAD REAL	-	--	78	(4)	78	78	--	10,29 (9,76)
CORDOBA	-	--	37	(1)	37	37	--	5,55 (5,43)
LA CORUÑA	2	--	70	(7)	72	70	1,52	7,32 (6,58)
CUENCA	-	--	53	(5)	53	53	--	6,86 (6,22)
GERONA	13	--	33	(2)	46	33	2,75	5,77 (5,63)
GRANADA	-	--	53	(0)	53	53	--	7,53 (7,53)
GUADALAJARA	-	--	42	(0)	42	42	--	8,32 (8,32)
GUIPUZCOA	4	--	---	---	4	---	1,36	---
HUELVA	-	--	32	(1)	32	32	--	6,64 (6,44)
HUESCA	10	--	40	(2)	50	40	7,94	6,39 (6,07)
JAEN	-	--	40	(1)	40	40	--	5,64 (5,50)
LEON	6	--	68	(20)	74	68	10,69	7,34 (6,19)
LERIDA	8	--	42	(2)	50	42	4,55	5,36 (5,12)
LA RIOJA	12	--	57	(10)	69	57	11,08	12,08 (9,96)
LUGO	-	--	42	(5)	42	42	--	5,76 (5,09)
MADRID	1	1	155	(7)	157	156	1,26	2,32 (2,22)
MALAGA	-	--	109	(14)	109	109	--	6,99 (6,09)
MURCIA	-	0	73	(10)	73	73	--	6,03 (5,71)
NAVARRA	2	--	---	---	2	---	4,19	---
ORENSE	-	--	82	(6)	82	82	--	15,85 (14,69)
ASTURIAS	0	6	88	(9)	94	94	0,00	6,38 (5,77)
PALENCIA	-	--	36	(2)	36	36	--	9,22 (8,71)
LAS PALMAS	-	--	---	---	---	---	--	---
PONTEVEDRA	0	--	65	(1)	65	65	0,00	7,55 (7,43)
SALAMANCA	-	--	29	(2)	29	29	--	5,36 (4,99)
STA. CRUZ	-	--	---	---	---	---	---	---
CANTABRIA	-	0	31	(13)	31	31	--	3,01 (1,86)
SEGOVIA	6	--	29	(1)	35	29	4,76	8,28 (7,99)
SEVILLA	4	--	58	(3)	62	58	4,68	5,31 (5,03)
SORIA	-	--	17	(0)	17	17	--	4,32 (4,32)
TARRAGONA	13	--	49	(4)	62	49	4,12	5,24 (4,81)
TERUEL	-	--	24	(2)	24	24	--	6,01 (8,01)
TOLEDO	-	--	111	(11)	111	111	--	7,46 (6,93)
VALENCIA	6	6	109	(5)	141	135	2,46	6,08 (5,85)
VALLADOLID	-	--	62	(4)	62	62	--	7,29 (6,82)
VIZCAYA	3	--	---	---	3	---	1,17	---
ZAMORA	-	--	38	(4)	38	38	--	6,43 (5,75)
ZARAGOZA	4	11	68	(6)	83	79	1,95	4,77 (4,41)
	165	28	2.404	(218)	2.597	2.432	2,69	5,49 (5,03)

INDICES DE PELIGROSIDAD POR PROVINCIAS 1.987

IP

	ACCIDENTES CON VICT. R.I.G.E.						INDICES DE PELIGROSIDAD R.I.G.E.	
	AUTOP. Peaj	AUTOP. Lib.	RESTO ESTADO	DE ELLOS (Travesías)	TOTAL R.I.G.E.	RIGE SIN A. PEAJE	AUT. PEAJE	RIGE SIN AUT. PEAJE
ALAVA	36	--	---	---	36	---	23	---
ALBACETE	--	---	326	(23)	326	326	--	37 (34)
ALICANTE	61	--	814	(173)	875	814	24	45 (39)
ALMERIA	--	--	543	(170)	543	543	--	73 (60)
AVILA	--	--	180	(30)	184	180	11	61 (48)
BADAJOZ	--	--	314	(165)	314	314	--	41 (30)
BALEARES	--	--	--	--	--	--	--	--
BARCELONA	298	149	1.189	(366)	1.636	1.337	17	61 (44)
BURGOS	55	--	707	(213)	762	707	32	67 (47)
CACERES	--	--	310	(110)	310	310	--	32 (30)
CADIZ	15	--	445	(59)	445	437	26	45 (37)
CASTELLON	138	--	399	(41)	537	399	37	53 (47)
CIUDAD REAL	--	--	365	(17)	365	365	--	46 (46)
CORDOBA	--	--	325	(26)	325	325	--	49 (44)
CORUÑA	39	--	606	(100)	645	606	30	63 (55)
CUENCA	--	--	409	(47)	409	409	--	53 (47)
GERONA	69	--	403	(110)	472	403	15	70 (61)
GRANADA	--	--	357	(26)	357	357	--	51 (47)
GUADALAJARA	--	--	231	(5)	231	231	--	46 (45)
GUIPUZCOA	59	--	---	---	59	---	30	---
HUELVA	--	--	226	(19)	226	226	--	47 (43)
HUESCA	47	--	244	(43)	291	244	37	40 (33)
JAEN	--	--	475	(13)	475	475	--	67 (65)
LEON	30	--	469	(172)	491	469	39	51 (32)
LERIDA	41	--	428	(77)	469	428	28	57 (49)
LA RIOJA	65	--	236	(36)	301	236	30	50 (40)
LUGO	--	--	357	(29)	357	357	--	49 (45)
MADRID	18	38	1.463	(53)	1.497	1.461	20	22 (21)
MALAGA	--	--	558	(199)	558	558	--	58 (45)
MURCIA	--	--	447	(211)	475	475	--	46 (39)
NAVARRA	22	--	---	---	22	---	46	---
ORENSE	--	--	360	(63)	360	360	--	70 (57)
ASTURIAS	8	72	765	(145)	845	837	40	57 (47)
PALENCIA	--	--	211	(28)	211	211	--	54 (47)
LAS PALMAS	--	--	--	--	---	---	--	---
PONTEVEDRA	9	--	515	(69)	524	515	10	60 (52)
SALAMANCA	--	--	432	(197)	432	432	--	80 (43)
STA. CRUZ	--	--	---	---	---	---	--	---
CANTABRIA	--	10	609	(132)	619	619	--	64 (50)
SEGOVIA	32	--	204	(24)	236	204	23	69 (68)
SEVILLA	18	--	506	(100)	524	506	21	46 (37)
SORIA	--	--	196	(33)	196	196	--	50 (41)
TARRAGONA	193	--	482	(63)	680	482	25	52 (45)
TERUEL	--	--	212	(24)	212	212	--	53 (45)
TOLEDO	--	--	522	(48)	522	522	--	74 (70)
VALENCIA	63	62	869	(58)	994	931	26	42 (33)
VALLADOLID	--	--	296	(50)	296	296	--	35 (29)
VIZCAYA	62	--	---	---	62	---	24	---
ZAMORA	--	--	259	(36)	259	259	--	49 (43)
ZARAGOZA	63	71	465	(53)	599	536	31	32 (29)
	1.440	384	20.063	3.630	21.894	20.447	24	46 (38)

TABLA 2

B2) CON MODELO DE ACCIDENTES

Aplicando un modelo de accidentes que relacione la geometría de cada una de las alternativas nuevas con la de la situación actual[1]

El incremento de accidentes ($\triangle$) así obtenido se multiplica por el nº de muertos y heridos de la situación actual para obtener los de la alternativa en estudio.

$$\triangle = (P_2/P_1)^{0,5305} \times (FP_2/FP_1)^{0,5594} \times (A_2/A_1)^{0,9647} \times$$

$$\times (FC_2/FC_1)^{-0,5639} \cdot (R_2/R_1)^{-0,4702}$$

siendo

P= inclinación longitudinal media

FP= Cambios de rasante/Km.

A = Anchura total. Nº calzada x (ancho calzada + arcenes)

FC= Nº de curvas /Km.

R= radio de curvatura.

Los subíndices 1 y 2 corresponden respectivamente a la carretera actual y a las nuevas alternativas.

---

(1) Antonio Serrano. Análisis y Evaluación de las Denventajas Sociales de los Accidentes en carretera. Tesis doctoral. Madrid 1978.

3.3.3.2. COSTE UNITARIO DE LOS ACCIDENTES

Los valores a emplear es la predicción existente para 1990[1] a partir de datos de 1989 por lascompañías de seguros[2].

No obstante estas cantidades tendrán que ir incrementándose en los próximos años para adaptarse a las existentes en Mercado Común - Europeo que llega a ser 10 veces superior a las españolas.

Los valores a emplear varían de unas zonas a otras de España en función de las primas concertadas.

En la figura de la página siguiente se recogen geográficamente las 4 zonas en que está dividido el teritorio español.

ZONA	MUERTO (M)	HERIDO (H)
TODAS	11.000.000 ptas.	3.300.000 ptas.

VALORES PROVISIONALES 1990 (3) y (4)

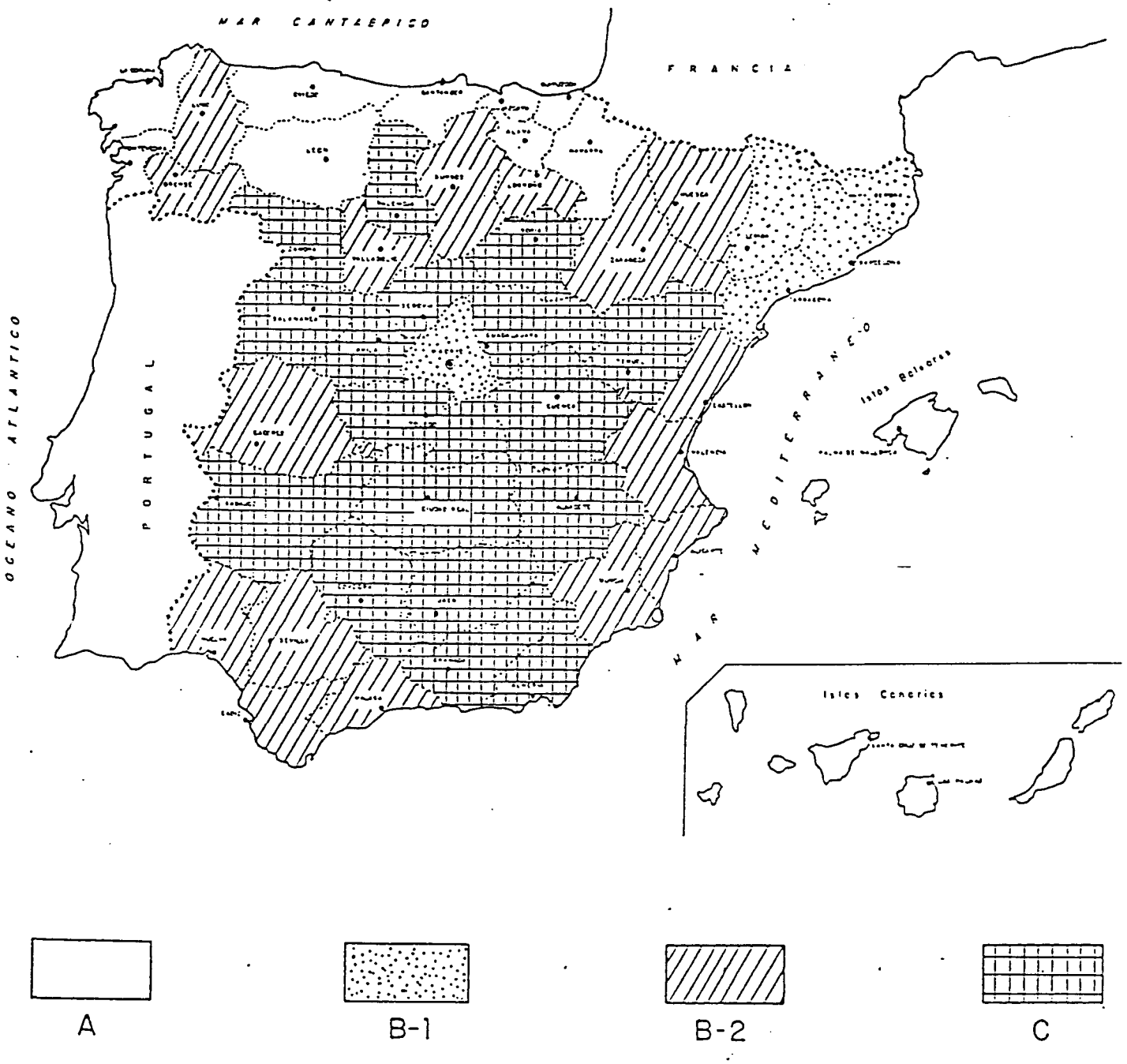
(1) El incremento supuesto respecto a 1989 es de un 10%

(2) Unión y El Fenix, UNESPA, ICEA

(3) Los costes del herido medio se hacen en función de la frecuencia de cada caso (hay 12 tipos de secuelas) o por la forma de acuerdo --- (transacción voluntaria o por sentencia judicial) y recogen la indemnización, baja laboral y baja hospitalaria.

(4) Destacan estos datos reales con los normalmente utilizados que son muy superiores.

ZONAS GEOGRAFICAS - ACCIDENTES



A B-1 B-2 C

4. CRITERIOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD ECONOMICA. TASA DE ACTUALIZACION

Para cada uno de los años de vida útil del proyecto se ha determinado, conforme a lo indicado en el punto, 3 los costes y beneficios de cada alternativa.

El coste anual C_i de cada alternativa es la diferencia entre el coste de inversión, conservación, etc de ese año, entre la alternativa analizada y la opción cero (Alternativa o situación actual).

El beneficio anual b_i de cada alternativa es la diferencia entre los costes generalizados de transporte (. funcionamiento, tiempo y accidentes) para cada año entre la opción cero y la alternativa en estudio.

La serie de costes y beneficios se hacen en pesetas constantes del año en que se realiza o calcula el proyecto[1]

Pese a estar toda la serie (de costes y beneficios) en pesetas constantes (idéntico poder adquisitivo) hay que proceder a situar esas cantidades en su auténtico valor preferencial en el tiempo. Ello quiere decir que es preferible una liquidez en el momento presente con una cantidad menor, que disponer de la cantidad completa al cabo de un tiempo. Por ello se procede a actualizar o descontar al año cero del proyecto todas las cantidades que constituyen la serie temporal.

4.1. Tasa de actualización o descuento

Dicho valor debiera ser determinado por el Mº de Economia y

---

(1) Este año no tiene porqué coincidir con el año de puesta en servicio. Solamente habrá que indicar a que año están referidas la unidad monetaria elegida (pesetas).

Podría hacerse los cálculos en pesetas corrientes de cada año lo cual introduciría una mayor complejidad en los cálculos.

Hacienda pero ante la ausencia del mismo, el valor a adoptar en proyectos de carreteras es del 6%.

TASA DE ACTUALIZACION = 0,06 (6%)

la justificación de dicho valor es la siguiente:

1. En el mercado bursátil de Deudas del Estado las emisiones que se mantienen en paridad (100) son aquellas cuyo interés, restando la inflacción del año, se aproximan al 6%(1) (2).

2. Es la tasa adoptada en el resto de manuales del sector transportes en España (puertos, aviones, ferrocarril).

4.2. Indicadores

Los indicadores de rentabilidad económica a utilizar se pueden dividir en dos grandes grupos: 1) los que dependen de la tasa de actualización, 2) Los que no dependen.

4.2.1. Indicadores que varían con la Tasa de Actualización:

Son las siguientes:

VAN=VALOR ACTUALIZADO NETO

B/C = RELACION BENEFICIO - COSTE

P.R.I. = PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION

---

(1) Cotización del 12 a 22 de enero de 1988. Las obligaciones con fecha de emisión 30-7-86 e interés nominal 10,65% se cotizaban a la par. 10,65% -4,6% = 6,05%. Dicho análisis se ha mostrado valido durante el primer trimestre del año 88, oscilando la tasa resultante entre 5,2% y 6,1%. Puede hacerse un análisis de sensibilidad con tasas del 5 y 7%

(2) Dicho argumento situa la tasa de descuento como interés del dinero en el mercado libre y por tanto permite comparar proyectos de la Administración y empresa privada. No obstante debiera disponerse del valor real del COSTE DE OPORTUNIDAD para así contemplar las necesidades que debe cubrir el Estad

4.2.1.1. VAN. VALOR ACTUALIZADO NETO

El VAN se define como diferencia entre el beneficio actualizado neto y el coste actualizado neto.

$$VAN = BAN - CAN = \sum_{1}^{n} \frac{b_i}{(1+r)^{i-1}} - \sum_{-to}^{n} \frac{C_i}{(1+r)^{i-1}}$$

BAN = Beneficio actualizado neto(de la alternativa frente a la opción cero).

CAN = Coste actualizado neto(de la alternativa frente a la opción cero)

n = vida útil (en general 30 años)

r = tasa de actualización (6%)

b_i = beneficios en el año i de la alternativa (3er párrafo del punto 4).

C_i = costes " " " " (2º párrafo del punto 4).

t_o = año en que comienza la inversión (1ª anualidad) y que dura hasta el año cero, fecha de terminación de la obra,

El VAN se expresa en millones de ptas. del año que se efectua el análisis y actualizado en el año en que entra en funcionamiento la obra[1].

4.2.1.2. B/C. RELACION BENEFICIO - COSTE

Es la relación entre el beneficio actualizado neto y el coste actualizado neto.

(1) Si se quiere referir la obra al momento presente para PROGRAMAR situarlo en el tiempo el momento optimo de las inversiones, basta actualizar al año de análisis y no al año de puesta en funcionamiento.

Es una cantidad adimensional que expresa el rendimiento ob-- tenido por cada peseta invertida.

$$B/C = \frac{BAN}{CAN}$$

4.2.1.3. P R I..PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION

Es el año para el cual el conjunto de beneficios actualizados hasta la fecha iguala y supera a los costes actualizados.

$$PRI = j \left| \sum_{1}^{j} \frac{b_i}{(1+r)^{i-1}} = \sum_{-to}^{j} \frac{C_i}{(1+r)^{i-1}} \right.$$

4.2.2. Indicadores independientes de la Tasa de Actualización.

El más importante es la tasa interna de Retorno (TIR)

4.2.2.1. TIR. TASA INTERNA DE RETORNO

El TIR es aquella tasa de actualización o descuento para la cual el VAN es nulo o lo que es lo mismo se iguala el beneficio actua-- lizado neto (BAN) con el coste actualizado neto (CAN).

$$TIR = r \left| \sum_{1}^{30} \frac{b_i}{(1+r)^{i-1}} = \sum_{-to}^{30} \frac{C_i}{(1+r)^{i-1}} \right.$$

4.3. Criterios de Selección

Para que una alternativa sea rentable económicamente:

TIR $\geq$ r	... siendo r la tasa de descuento mínima (6%)
VAN $\geq$ 0	
B/C $>$ 1	
PRI $<$ n	...siendo n la vida útil (30 años)

Una vez excluídas las alternativas que no cumplan alguna de las condiciones anteriores se proceda a la jerarquización de las alternativas restantes[1].

1. El TIR presenta la ventaja que es independiente de la tasa de actualizaciôm. A mayor TIR mayor seguridad.

2. El VAN es el criterio optimo siempre que existan recursos suficientes. Ahora bien en una economia de recursos limitados donde existen muchas necesidades de inversión y no alcanzan los recursos es preferible utilizar la relación B/C por cuanto para cada proyecto (necesidad de inversión) se optimiza el rendimiento de cada peseta. En línea con lo anterior sucede igual con el PRI , período de recuperación de la inversión, en relación con el VAN[2] [3]

. . . . . .

(1) Esta fase es lógicamente posterior al análisis de sensibilidad efectuado en cada alternativa a las variables o parámetros más aleatorios (tráfico, valor de tiempo, etc).

(2) Por lo general las alternativas presentan una alineación de los indicadores PRI y B/C frente al VAN.

(3) Dado que la situación real, aún con los incrementos de inversión debido a los distintos planes de carreteras (Estado, autonómicas, etc), es de recursos escasos, el beneficio global se consigue por medio del indicador B/C en cada proyecto.

En cualquier caso los criterios de rentabilidad económica - permite desechar aquellos proyectos o alternativas dentro de un proyecto, que no resulten rentables. Para el resto se puede proceder a una primera jerarquización estrictamente económica en base a los criterios arriba -- indicados. No obstante, razones de otra índole (territorial, impactos, socio-económicas, etc) pueden aconsejar seleccionar entre las alternativas una que siendo rentable económicamente no presente en cambio los mejores indicadores. La elección deberá acompañarse con la debida justificación y es por lo que resulta interesante presentar cada alternativa en un cuadro con el conjunto de características e impactos más relevantes.

APENDICE I. CRECIMIENTO Y PREDICCION DE TRAFICO

1. Crecimiento del tráfico nacional y por corredores
2. Predicción del tráfico en la R.I.G.E.

APENDICE I. CRECIMIENTO Y PREDICCION DE TRAFICO.

Este apéndice recoge el crecimiento del tráfico en la red estatal durante el periodo 1976-1987 y el crecimiento por corredores en el período 1976-1986, así como la predicción de tráfico en la red estatal (RIGE) a partir de 1.988 en base a los crecimientos previstos del producto interior bruto.

1.- CRECIMIENTO DEL TRAFICO INTERURBANO EN LA RIGE POR CORREDORES.

Dado que una función básica de la RIGE es dar cabida a los viajes de largo recorrido conviene separar de la red aquellas zonas de influencia urbana donde a los viajes anteriores, se añaden otros viajes recurrentes que modifican sustancialmente la composición y distribución del tráfico y que fundamentalmente tienen una especificidad propia, por lo que cada uno requiere un tratamiento diferenciado.

La tramificación empleada es la utilizada en el Servicio de Datos Básicos en 1.977 (actualmente en revisión) y que definía el carácter urbano o rural de cada estación de aforo. (2)

La red finalmente utilizada suma una longitud de 12.819 km. subdividiéndose en los corredores de transporte empleados en el Plan de Carreteras 1984-1.991.

---

(1) "Normas y Parámetros a emplear en la evaluación económica, coste-beneficio, de estudios y proyectos de carreteras". Marzo 1.988. Servicio de Planeamiento. En proceso de actualización.

(2) Uno de los objetivos del estudio de variables básicas radica en diferenciar los dos tipos de tráfico: interurbano y urbano-periurbano. Se está realizando además con motivo del Plan General de Carreteras 1992-2.000 unos estudios de movilidad en medio urbano para todas las ciudades mayores de 50.000 habitantes.

En el cuadro 1 se recoge el crecimiento por corredores del tráfico total en el periodo 1.976-1.988 y el crecimiento nacional de tráfico total, vehículos ligeros y vehículos pesados en idéntico período (1).

Como valor del tráfico se ha obtenido la IMD media del corredor.

El crecimiento total en el periodo 1.976-1.988 ha sido de un 3,65% A.A creciendo los vehículos ligeros un 4,07% A.A y los pesados un 1,96% A.A.

Por corredores, el tráfico total varía entre el máximo (14,15%) producido en el corredor del Mediterráneo y el mínimo (2,82% A.A) es el Corredor Madrid-Aragón-Cataluña.

2. PREVISION DE TRAFICO INTERURBANO EN LA RIGE

Se ha procedido a relacionar en el período 1.976-1.988 el tráfico total, tráfico de vehículos ligeros y pesados con el Producto Interior bruto (PIB), variable fuertemente representativa de la actividad económica, y por tanto causa de la movilidad interurbana.

Las correlaciones obtenidas han sido efectivamente altas, lo cual prueba la dependencia causal prevista:

- Tráfico total R= 0,94
- Tráfico ligeros R= 0,94
- Tráfico pesados R= 0,85

la serie histórica empleada para el tráfico total es la siguiente:

AÑO	P.I.B. (10^{9} Pts.Constantes 1980) (2)	IMD en RIGE
1.976	14.397	6.611
1.977	14.829	7.176
1.978	15.044	7.615
1.979	15.023	7.970
1.980	15.209	7.990
1.981	15.171	8.173
1.982	15.356	8.396
1.983	15.633	8.369
1.984	15.914	8.282
1.985	16.281	8.401
1.986	16.818	8.847
1.987	17.694	9.469
1.988	18.578	10.163

(1) Las motos se han incluído en los vehículos ligeros.

(2) Fuente PIB a precios de mercado en Ptas. constantes de 1.980 "Contabilidad Nacional 1.970-1.987" e "Informe de Coyuntura Económica" (Abril 1.989).

	AÑO													CRECIMIENTO (% A.A.)
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1976 - 1988
Corredor de Levante														
Madrid - Levante	8.712	9.900	10.122	10.954	11.163	11.130	11.053	11.721	10.830	10.777	12.070	12.001	13.933	3,99
Crecimiento anual (%)		13,7	2,2	8,2	1,9	-0,3	6,6	-1,2	-7,6	-0,5	11,0	0,4	15,2	
Corredor del Norte														
Madrid-País Vasco y Cantabria	7.216	7.052	8.224	8.337	8.001	8.466	8.012	8.514	8.506	8.772	8.047	9.150	10.427	3,11
Crecimiento anual (%)		8,9	4,6	1,4	- 3,7	5,8	3,7	-3,4	1,0	2,1	8,0	3,5	14,0	
Corredor de Extremadura														
Madrid-Extremadura	6.336	6.074	7.220	7.000	7.061	8.700	8.035	8.670	8.130	8.560	8.062	9.536	9.779	3.66
Crecimiento anual (%)		8,2	5,6	5,8	2,4	10,8	1,5	- 1,9	- 6,1	5,2	1,1	10,2	2,5	
Corredor de Aragón														
Madrid-Cataluña	17.17X	17.064	19.040	20.000	21.500	21.197	21.304	21.587	21.513	21.167	22.000	22.704	23.960	2,82
Crecimiento anual (%)		4,0	11,1	4,9	3,7	-1,9	0,9	0,9	-0,3	-1,6	3,9	3,6	5,2	
Corredor de Andalucía														
Madrid-Andalucía	5.277	6.079	6.457	6.000	6.675	7.002	7.196	6.970	6.931	7.100	7.510	9.000	9.336	4,08
Crecimiento anual(%)			6,2	3,7	-0,3	6,3	1,5	-3,5	-0,3	3,6	4,6	20,5	3,2	
Corredor del Noroeste														
Madrid-Galicia y Asturias Irún- Fuentes de Oñoro	6.949	7.544	7.792	8.079	7.900	8.000	8.305	8.291	8.467	8.791	8.963	9.800	10.701	3,66
Crecimiento anual (%)		8,6	3,3	3,7	-1,4	0,9	4,3	-1,1	2,1	3,8	2,0	9,7	8,9	
Corredor del Mediterráneo(no														
Andalucía-Levante	6.260	6.847	7.201	7.700	7.122	8.016	8.450	8.610	7.990	8.616	8.807	9.276	9.747	3,75
Crecimiento anual (%)		9,3	7,0	0,7	2,5	2,5	5,5	1,9	- 7,2	7,7	2,6	5,0	5,1	
Corredor del Nolit.(norte)														
La Junquera y Portbou-Murcia	20.705	21.300	22.000	24.250	24.720	24.002	25.600	25.562	24.666	25.161	27.270	30.000	33.851	4,15
Crecimiento anual (%)		2,6	7,0	6,3	2,0	- 0,3	4,0	0,3	- 3,5	2,0	8,4	10,0	9,8	
Corredor del Cantábrico														
Galicia y Costa Cantábrica	4.300	4.000	4.920	4.996	5.000	5.106	5.256	5.374	5.401	5.401	5.702	6.419	6.891	3,97
Crecimiento anual (%)		6,6	7,1	1,3	0,3	3,6	0,9	2,7	0,6	1,0	5,1	11,0	7,4	
Corredor de la Plata	5.000	5.377	5.641	6.007	5.971	5.911	5.991	6.010	6.000	6.131	6.536	7.237	7.915	3,80
Crecimiento anual (%)		6,5	4,9	6,5	-0,6	- 0,5	0,9	0,5	- 0,2	2,0	6,6	10,7	9,4	
T O T A L	6.611	7.176	7.615	7.970	7.990	8.173	8.396	8.369	8.202	8.401	8.847	9.469	10.163	3.65
Crecimiento anual (%)		8,6	6,1	4,7	0,3	2,3	2,7	-0,3	1,3	1,4	5,3	7	7,3	

LIGEROS Crecimiento anual (%)	5.159	5.727 5,2	6.050 5,0	6.404 5,7	6.524 1,9	6.566 0,6	6.735 2,6	6.721 -0,2	6.659 -0,9	6.831 2,6	7.235 5,9	7.713 6,6	8.330 8,0	4,07
PESADOS Crecimiento anual (%)	1.452	1.449 -0,2	1.557 7,5	1.566 0,6	1.466 -6,4	1.607 9,6	1.661 3,4	1.648 -0,8	1.623 -1,5	1.570 -3,3	1.612 2,7	1.756 8,9	1.833 4,4	1,96

Servicio de Planificación

Agosto-1989

Igualmente se utilizaría con idénticos valores del PIB la serie de tráfico de ligeros y pesados (Cuadro 1).

Para el período 1.989-2.000 se ha efectuado una previsión de tráfico en base a los crecimientos previstos en el PIB que son los siguientes:

AÑO	PIB	
1989	4,4%	(1)
1990	3,6%	(1)
1991	3,8%	(1)
1992	4,4%	(1)
1993	4,5%	(1)
1994-2000	2,5%	(2)

Con los valores obtenidos se ha procedido a un ajuste parabólico (correlación 0.99) obteniéndose la serie tendencial final 1.988-2.020.

En los gráficos de las páginas siguientes se recoge para los tres tipos de tráfico (total, ligeros y pesados) y en tres hipótesis (media, alta y baja) (3) los crecimientos previsibles de tráfico.

El resumen global es el siguiente:

TOTAL

AÑOS	MEDIA	MAX.	MIN.
1988 - 1995	4.65 %	6 %	3.93 %
1996 - 2000	3 %	3 %	2.1 %
2001 - 2010	1.1 %	1.1 %	1.4 %
2011 - 2020	0.5 %	0.5 %	0.5 %

LIGEROS

AÑOS	MEDIA	MAX.	MIN.
1988 - 1995	4.9 %	6.6 %	3.4 %
1996 - 2000	3.22 %	3.04 %	2.6 %
2001 - 2010	1.2 %	1 %	1.66 %
2011 - 2020	0.5 %	0.5 %	0.57 %

PESADOS

AÑOS	MEDIA	MAX.	MIN.
1988 - 1995	3 %	3.81 %	2 %
1996 - 2000	1.8 %	1.92 %	1.68 %
2001 - 2010	0.56 %	0.65 %	0.7 %
2011 - 2020	0.2 %	0.2 %	0.2 %

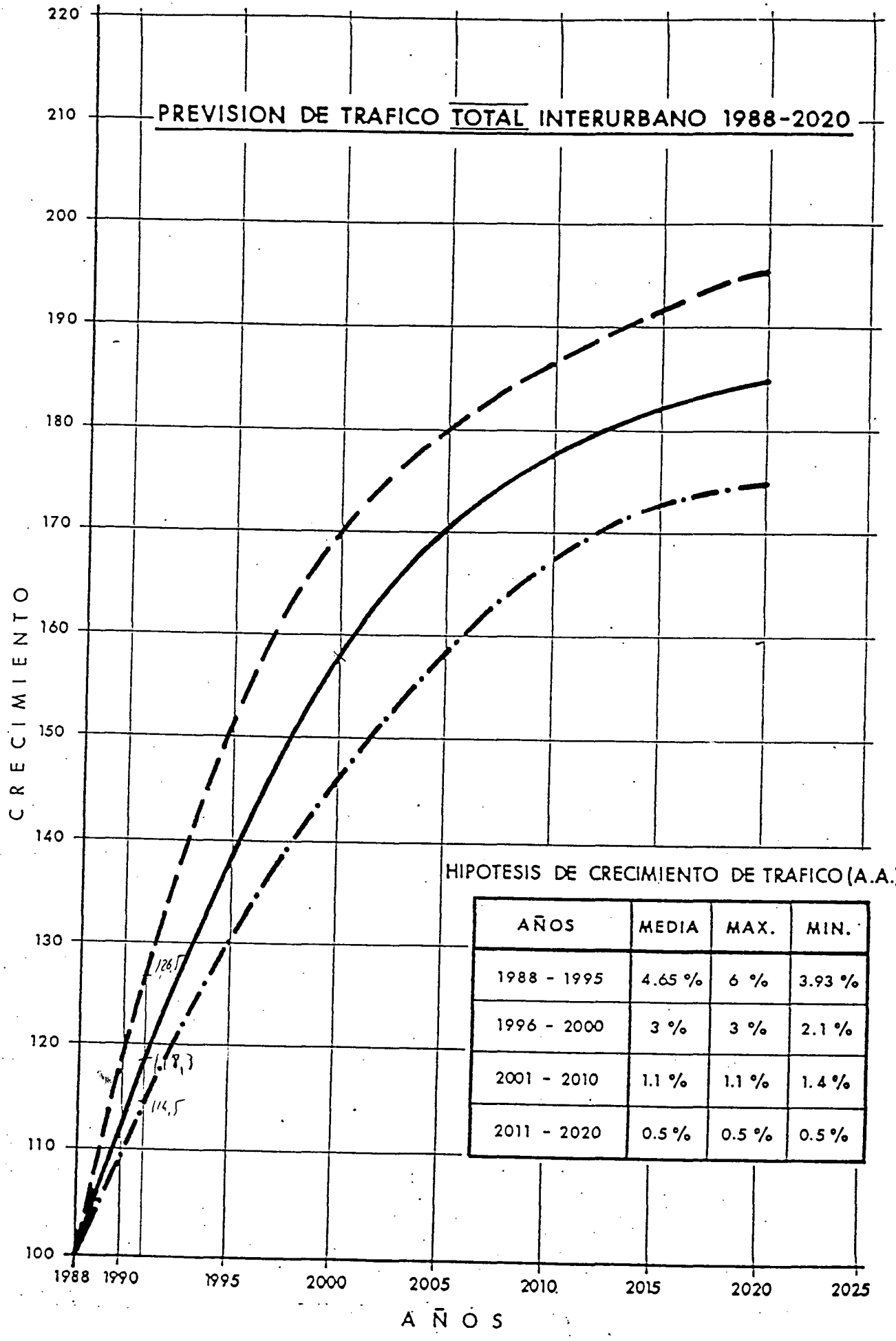
---

(1) Plan de Desarrollo Regional de España 1.989-1.993. Nº de Economía y Hacienda (Mayo 1.989).

(2) "Perspective Economique Generale jusque l'annee 2000". Naciones Unidas (1.988).

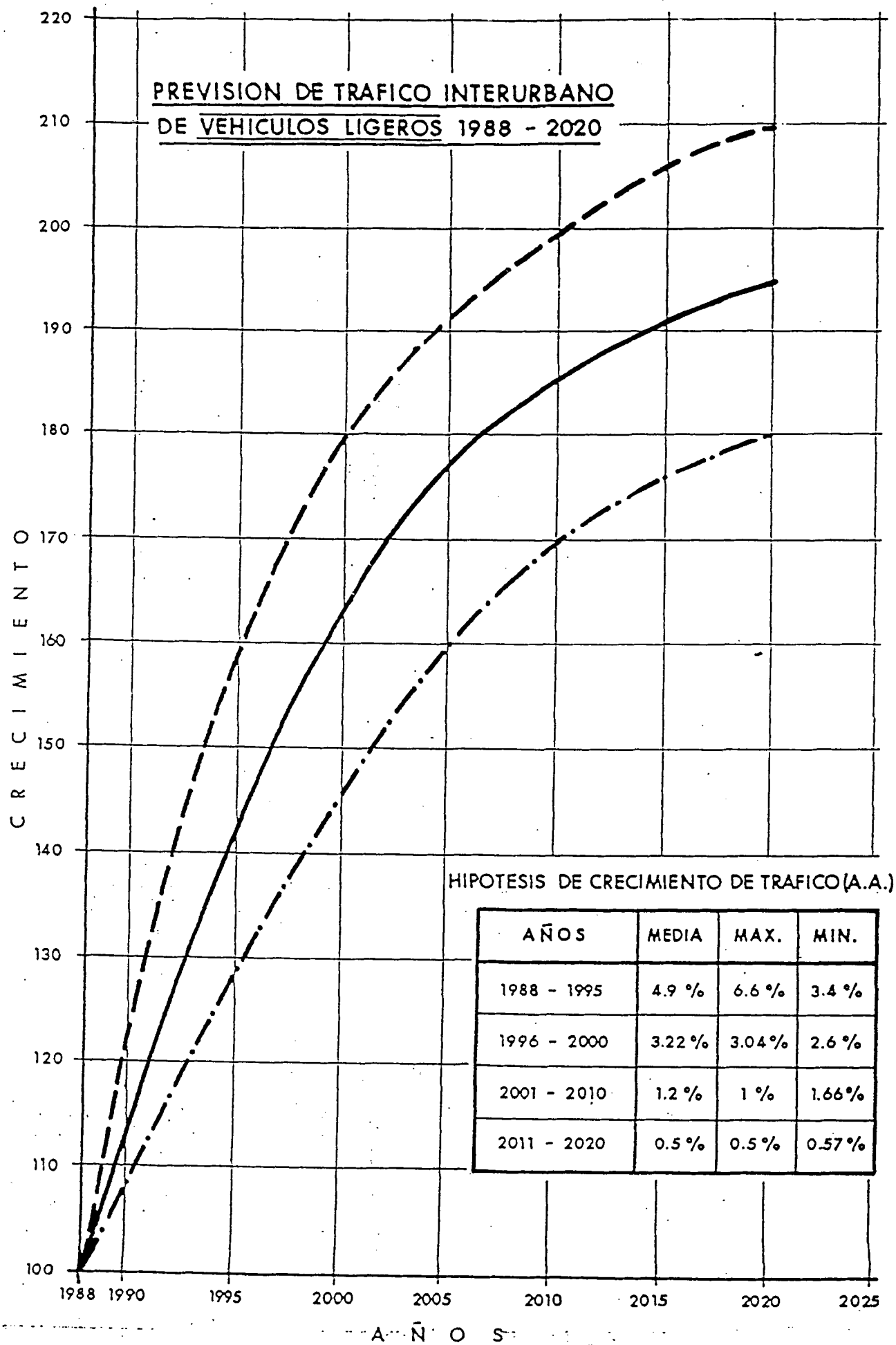
(3) Las hipótesis alta y baja corresponden al intervalo de confianza del 95% al efectuar la previsión.

La desagregación anual en el primer período 1.988-1.995,



HIPOTESIS DE CRECIMIENTO DE TRAFICO (A.A.)

AÑOS	MEDIA	MAX.	MIN.
1988 - 1995	4.65 %	6 %	3.93 %
1996 - 2000	3 %	3 %	2.1 %
2001 - 2010	1.1 %	1.1 %	1.4 %
2011 - 2020	0.5 %	0.5 %	0.5 %



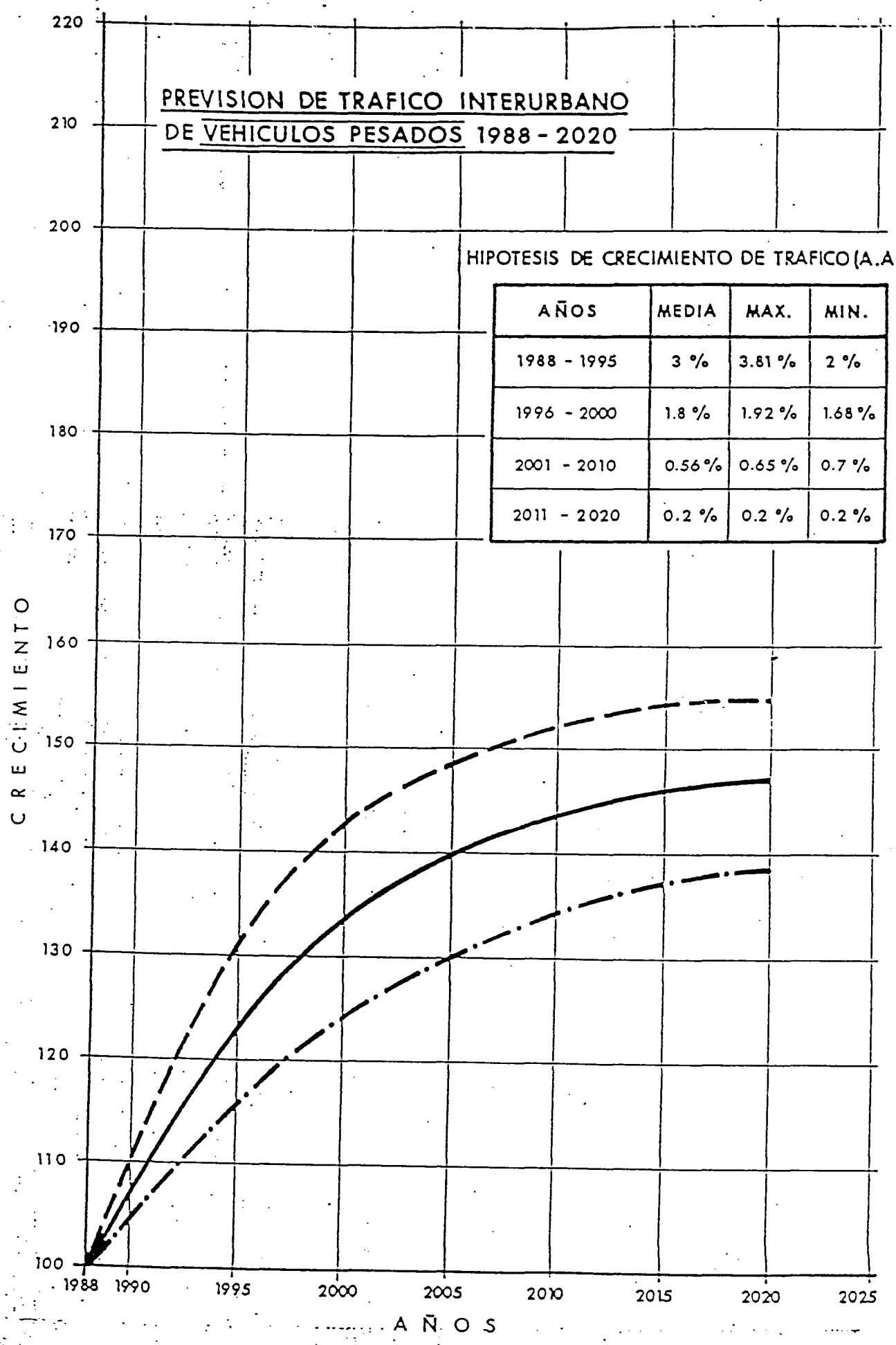
HIPOTESIS DE CRECIMIENTO DE TRAFICO (A.A.)

AÑOS	MEDIA	MAX.	MIN.
1988 - 1995	4.9 %	6.6 %	3.4 %
1996 - 2000	3.22 %	3.04 %	2.6 %
2001 - 2010	1.2 %	1 %	1.66 %
2011 - 2020	0.5 %	0.5 %	0.57 %

PREVISION DE TRAFICO INTERURBANO DE VEHICULOS PESADOS 1988 - 2020

HIPOTESIS DE CRECIMIENTO DE TRAFICO (A.A.)

AÑOS	MEDIA	MAX.	MIN.
1988 - 1995	3 %	3.81 %	2 %
1996 - 2000	1.8 %	1.92 %	1.68 %
2001 - 2010	0.56 %	0.65 %	0.7 %
2011 - 2020	0.2 %	0.2 %	0.2 %



AGOSTO 1989

para en la hipótesis media es la siguiente:

	TOTAL	LIGEROS	PESADOS
1.989	6,4	6,9	4,2
1.990	5,7	6,1	3,8
1.991	5,2	5,5	3,5
1.992	4,7	5	3,2
1.993	4,3	4,6	2,9
1.994	3,9	4,1	2,6
1.995	3,5	3,8	2,4

APENDICE II. Estimación de la estructura horaria del tráfico. —

APENDICE II. ESTIMACION DE LA ESTRUCTURA HORARIA DEL TRAFICO.

En general es una distribución desconocida, si bien para próximos años se incorporará en la información que suministra el Servicio de Datos Básicos de la Dirección General de Carreteras.

Para su estimación hay que buscar una estación permanente de aforos afín a la zona del proyecto y de la misma utilizar las siguientes distribuciones de intensidades[1].

- Distribución horaria del día medio (Anejo II. Tomo 2)...H(I)
- Distribución diaria de la semana media (Cap.3.1.1. Tomo 1)...D(J)
- Distribución semanal del tráfico a lo largo del año (Anejo III.Tomo 2)...S(K)
- I.M.D. del año base del estudio.

Se supone que existe en la actualidad una distribución análoga de tráfico a la del último año del que se dispongan datos. Lo cual queda avalado en cada estación por la similitud de las curvas de distribución en el período referido de los ocho años.

A continuación se obtienen las intensidades horarias[2] mediante la fórmula

$$\bar{I}_h = H(I) \times D(J) \times S(K) \times 10^{-4};\ I=1 \text{ a } 24,\ J=1 \text{ a } 7,\ K=1 \text{ a } 52$$

---

(1) Los últimos datos publicados por la Subdirección de Planificación están recogidos en dos tomos. "Estaciones Permanentes de aforos de carreteras, Resultados generales,1976-1983", Dirección General de Carreteras, M.O.P.U. Madrid, 1985.

(2) Todas las intensidades a las que se hace mención en este Apéndice se denominan también Volúmenes.

Se clasifican las 8.736 horas para lo cual se recomienda la -- utilización de cualquier miniordenador que directamente vaya acumulando las $\bar{I}_h$ obtenidas en la clase correspondiente a la intensidad horaria.

Se procede después a ajustar los resultados con la IMD real. Para ello se han clasificado los resultados en n clases, cada una de las cuales tiene una intensidad media $\bar{I}_h^{\,i}$ y una frecuencia de N_i, con lo que tenemos:

$F. \sum_{i}^{n} \bar{I}_h^{\,i} N_i = IMD.365$; siendo F el factor de ajuste. Por lo general F oscila entre 0,9 y 1,1 lo cual prueba la bondad del método empleado.

La intensidad horaria real[1] correspondiente a cada intervalo es

$$I_h^i = \bar{I}_h^i \cdot F$$

siendo

I_h^i = Intensidad horaria correspondiente a la clase i real

$\bar{I}_h^i$ = " " " " aproximada

F = factor de ajuste

Finalmente se obtienen la distribución de frecuencias absolutas y/o acumulada de las Intensidades horarias.

En base a ellas se reduce toda la distribución en 5 o 6 clases homogéneas a las que se asignan la Intensidad horaria media correspondiente a las mismas.

A modo de ejemplo se incluye el desarrollo del cálculo de las intensidades horarias de una zona de la N-IV próxima a Despeñaperros.

---

(1) Esta intensidad horaria real o volumen correspondiente a cada clase es la que dividida por el Factor de hora punta nos da la intensidad de -- servicio (IS) correspondiente (Apéndice III. pág. III.3).

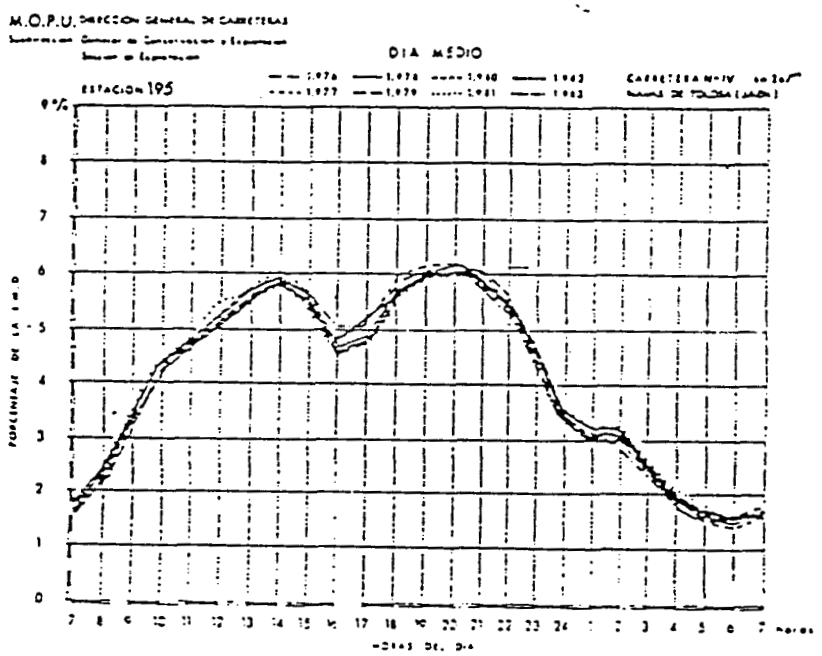
EJEMPLO: Cálculo de la estructura horaria en las proximidades de Despeñaperros en la N-IV.

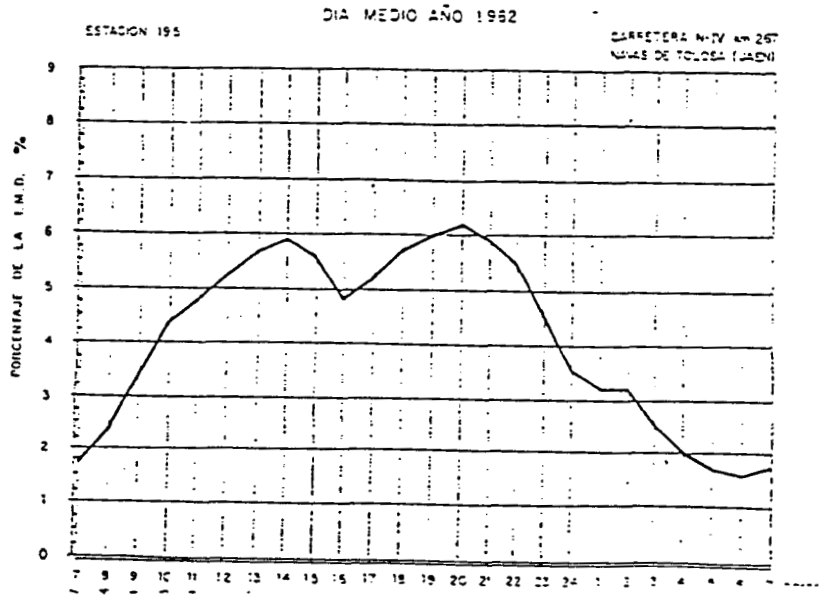
El proceso es el siguiente:

1. Estación Afín: NAVAS DE TOLOSA (Jaén) Km.267. N-IV. Estación E-195
   Por destacar más hemos utilizado los datos referidos a 1982.

2. Distribución horaria del día medio(Pag. 115) (Anejo II. Tomo 2)
   En la parte inferior está tabulado el porcentaje de IMD que denominaremos H (I) ; I = 1 a 24.

   (El gráfico superior es el extraído del libro citado y en el inferior se ha destacado la distribución correspondiente al año 82, tabulando sus porcentajes).





3. Distribución diaria de la semana media (Pag. 106.Cap.3.1.1. Tomo 1)

TRAFICO (IMD) IMD

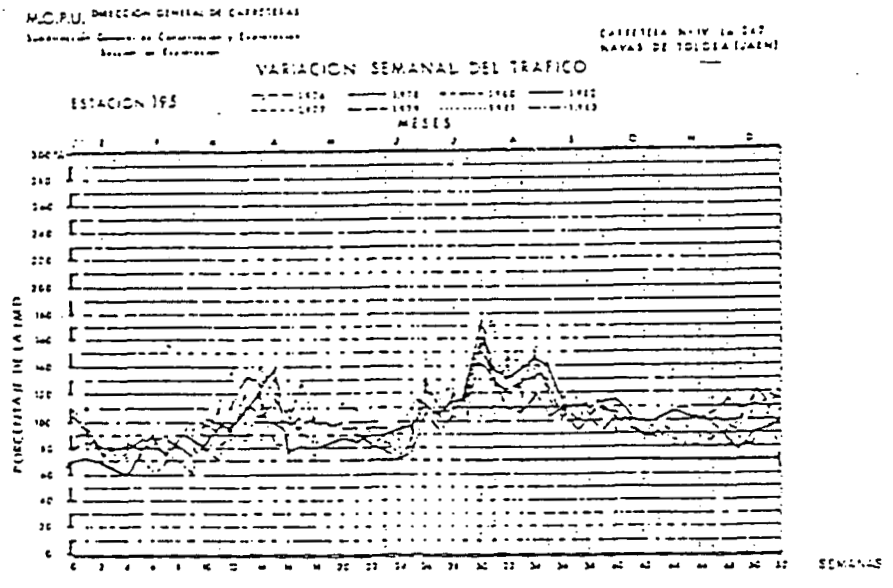
Estación	Laborables L	M	X	J	V	Sábados	Domingos	
E-195		10.871				8.784	9.866	10.429

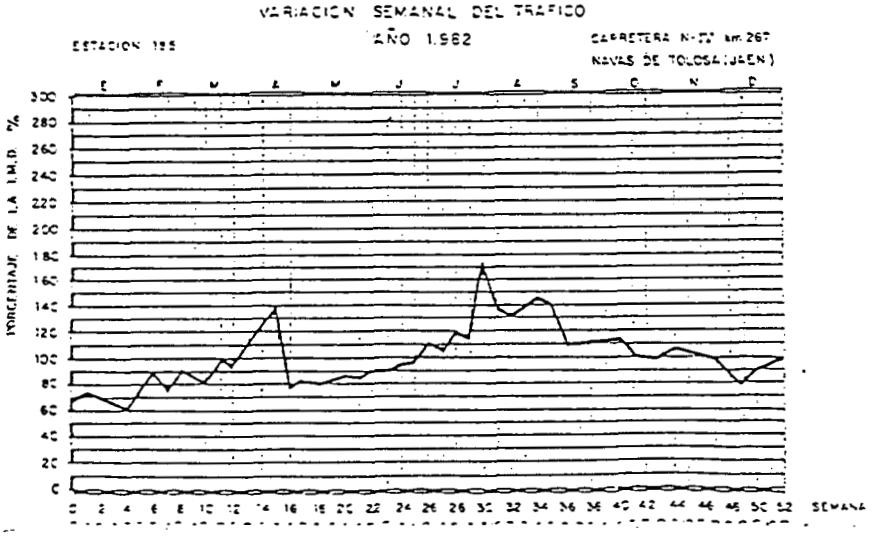
Este tráfico lo denominaremos D(J) ; J= 1,..... 7

4. Distribución semanal del tráfico a lo largo del año) Pag. 195. Anejo III. Tomo 2).

A este tráfico lo denominaremos S(K) ; K = 1 a 52

(El gráfico superior es el extraído de la memoria citada y a partir del cual se ha elaborado el inferior en el que se ha destacado y tabulado la curva interesada).





5. Cálculo de las intensidades horarias simuladas

$$\bar{I}_h = H(I) \times D(J) \times S(K) \times 10^{-4} \quad I = 1 \text{ a } 24 \quad J = 1 \text{ a } 7 \quad K = 1 \text{ a } 52$$

Se han ordenado los valores resultantes en las siguientes clases de intensidad horaria

INTERVALO	NO. DATOS	IH MED. $\bar{I}_h$
0- 99	8	92.76
99- 199	1100	161.71
199- 299	1309	248.27
299- 399	1364	349.94
399- 499	1560	450.01
499- 599	1580	545.55
599- 699	966	642.98
699- 799	476	737.37
799- 899	247	850.35
899- 999	82	938.16
999- 1099	24	1063.70
1099- 1199	20	1136.70

6. Se obtiene el factor de ajuste entre la intensidad media real y la obtenida por el modelo

$$F = \frac{\text{IMD. } 365}{\sum N_i . \bar{I}_h^i} = 0.993$$

(La I.M.D. de ajuste corresponde al año 1.986 y su valor es de 10.508)

7. Se obtienen las intensidades reales correspondientes a cada clase

$$I_h^i = \bar{I}_h^i \cdot F \qquad (I_h^1 = 91{,}8,\ I_h^2 = 156{,}8, \ldots, I_h^{12} = 1.133{,}4)$$

8. Se procede a su representación gráfica (absoluta y/o acumulada) (Ver FIGURAS 1 y 2 en la página siguiente.)

9. Se eligen intervalos homogéneos (se pueden elegir los correspondientes a las 13 clases iniciales).

   En este caso se pueden reducir a los 6 indicados en las curvas de frecuencias acumuladas (página siguiente), debido a que existe una continuidad en la distribución, sin singularidades.

FRECUENCIA ABSOLUTA

NUMERO DE HORAS PARA CADA INTENSIDAD(IH)

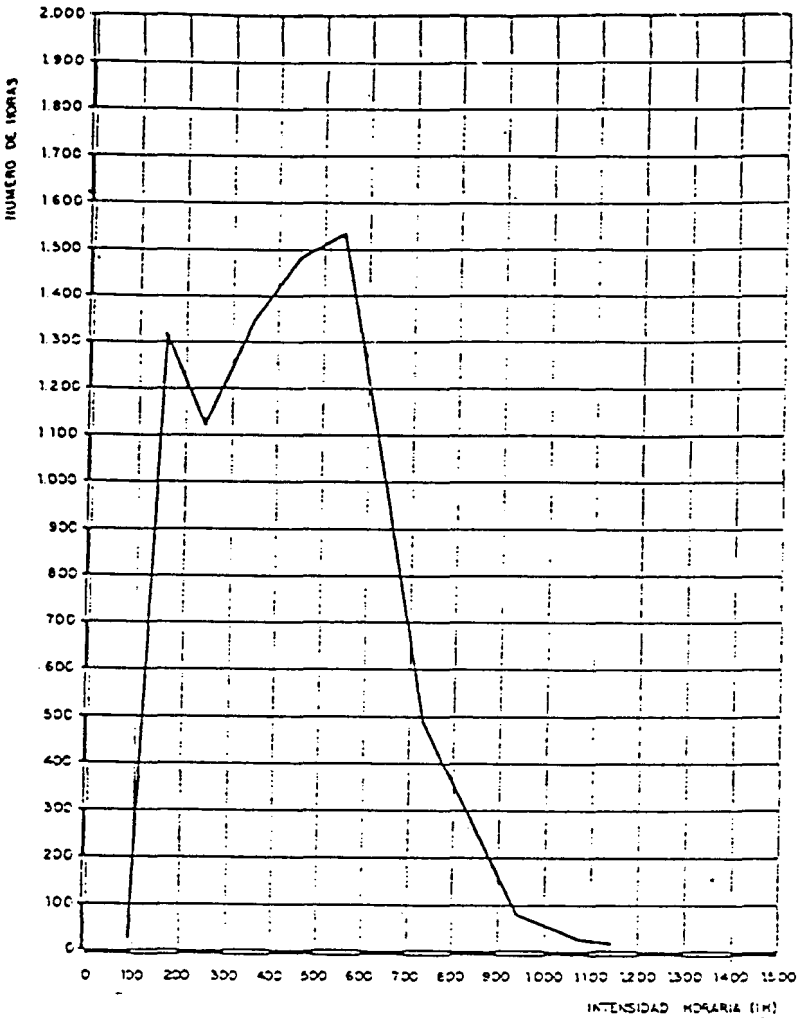
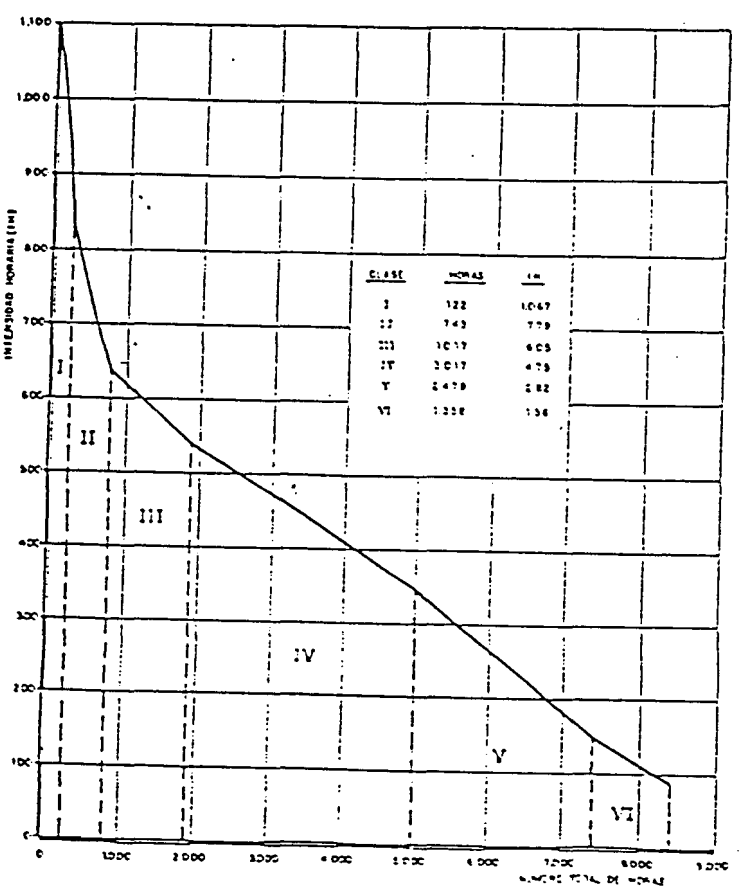


FIGURA 1

NUMERO TOTAL DE HORAS (ABSCISAS) CON TRAFICO SUPERIOR AL INDICADO EN ORDENADAS.



APENDICE III. Cálculo de la capacidad de la carretera y de la velocidad de operación de turismos para distintas intensidades de tráfico.

1. Carreteras con calzadas separadas

2. Carreteras de una calzada con dos carriles.

APENDICE III. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA CARRETERA Y DE LA VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO DE VEHICULOS LIGEROS PARA LAS DISTINTAS INTENSIDADES DE TRAFICO[1]

Hay que obtener la capacidad de cada uno de los tramos homogéneos que definen cada alternativa, ya que al variar las características geométricas y en particular el tipo de terreno varía la capacidad.

A continuación y para cada uno de los volumenes de tráfico representativos de la distribución horaria del mismo (ver Apéndice II) se estima la velocidad de circulación de vehículos ligeros, que nos permite en función de la misma el cálculo de los consumos de carburante, lubricante y gastos de mantenimiento así como la obtención de los tiempos de recorrido.

La velocidad de circulación de vehículos pesados se determina en función de la de vehículos ligeros tal y como se indica en el Apéndice IV.

1.- CARRETERAS DE DOBLE CALZADA[2]

Se completa la información del impreso adjunto que nos permite obtener para cada volumen de tráfico la velocidad de circulación

---

(1) Se resume el proceso de cálculo de la capacidad para los casos más generales según lo hace el nuevo "Manual de Capacidad de Carreteras" (versión española del "Highway Capacity Manual", 1985), Dirección General de Carreteras, M.O.P.U., Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, 1987.

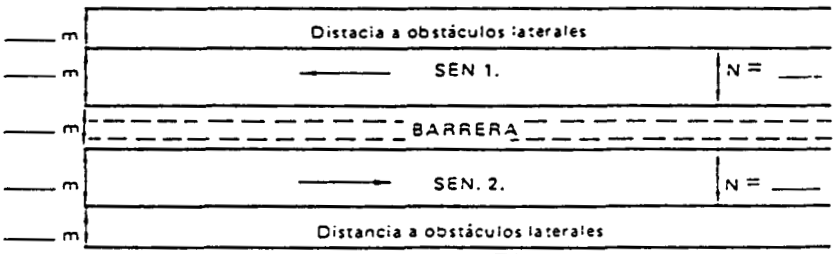
(2) La metodología corresponde al cálculo de autopistas que coincide con la de carreteras multicarril salvo por la exclusión del factor de entorno (f_E). No obstante se ha recogido éste (tabla 6.1) para su utilización en los casos necesarios. En particular las autovías programadas en el P.G.C. tendrán consideración de vía multicarril en aquellos casos en que la antigua calzada tenga un número de accesos o intersecciones no reguladas por semáforo superior a 6 por km., por lo cual es válido en general la exclusión de este factor F_E.

CALZADAS SEPARADAS

Tramo de la vía: _____

Fecha: _____ Hora: _____ (de la toma de datos)

I. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS



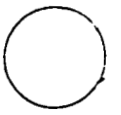


TABLA 1

	Velocidad de proyecto (km/h)	Anchura de carril (m)	Tipo de terreno (LI, O u M)	o Inclinación (%)	Longitud (km)	Tipo de barrera
Sen. 1						
Sen. 2						

II. VOLUMENES

TABLA 2

	Vol. (v/h)	FHP	IS = Vol./FHP	% Camiones	% Buses	% VRs	Tipo de conductor
Sen. 1							☐ Lanzadera o ☐ Otros pendulares
Sen. 2							☐ Lanzadera o ☐ Otros pendulares

III. ANALISIS

$I/c = IS/(c_j \times N \times f_A \times f_{VP} \times f_C)$

$c = c_j \times N \times f_A \times f_{VP} \times f_C$

$f_{VP} = 1/[1 + P_C (E_C - 1) + P_B (E_B - 1) + P_R (E_R - 1)]$

$I/c = IS \;/(c_j \times N \times f_A \times f_C \times f_{VP})$

			Tabla 3		Tabla 4	Tabla 5		E_C	E_B	E_R
								TABLA 6		
Sen. 1										
Sen. 2										

	c	I/c	NS (Tabla 3)	Velocidad (Fig. 1)	Densidad (Fig. 3-3)
Sen. 1					
Sen. 2					

Nombre: _____ Fecha: _____

Examinado por: _____

PROCESO DE CALCULO

1.DATOS GEOMETRICOS

El tipo de terreno (LL,O, M) condiciona los parámetros a utilizar. El tipo de terreno figura en la tabla 1 según la inclinación y longitud de la rampa.

2. DATOS DE TRAFICO

V = Volumenes - Corresponde a cada una de las intensidades de tráfico seleccionadas.(1)

IS = Intensidad de servicio (horario). Es la relación entre el volumen y el factor de hora punta (FHP).

El FHP puede determinarse empíricamente o bien puede emplearse, según el nivel de servicio, los valores de la TABLA 2.

$$IS = V/FHP$$

3. ANALISIS

Determinación de la relación Intensidad/Capacidad

$$\frac{I}{C} = \frac{IS}{C_J \times N \times f_A \times f_{VP} \times f_C} \quad (2)$$

---

(1) El volumen de tráfico V es la intensidad horaria I_h^c obtenida para cada clase c en el apéndice anterior.

(2) En carreteras multicarril existe un nuevo factor f_E (Tabla 6.1.), factor de entorno, que convierte la relación $\frac{I}{C}$ en la siguiente:

$$\frac{I}{C} = \frac{IS}{C_J \times N \times f_A \times f_{VP} \times f_C \times f_E}$$

- Capacidad por carril C_j para nivel E. TABLA 3.
- N = Nº de carriles por sentido
- f_A = Factor de ajuste por anchura de carril y obstáculos laterales. Tabla 4.
- f_G= factor de ajuste según el carácter del tráfico. Tabla 5.

  Si el tráfico es homogéneo y en general no es turístico utilizar f_C= 1.
- f_{VP} = Factor debido a la existencia de camiones, autobuses y vehículos de recreo en función del tipo de terreno. Tabla 6
- f_E = factor de entorno f_E (tabla 6.1) que tiene en consideración el carácter rural o urbano de la carretera y la existencia o no de mediana. Para carreteras multicarriles.
- $\frac{I}{C}$ = La relación I/c nos proporciona el nivel de servicio. Tabla 3
- VELOCIDAD. Viene dada en función de $\frac{I}{C}$ y de la velocidad de proyecto. FIGURA 1. Para el resto de velocidades de proyecto hay que interpolar.

TABLAS Y FIGURAS PARA CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS

TABLA 1.- Tipo de terreno según inclinación y longitud media de la rampa.

LLANO - Pendiente $\leq$ 2%

ONDULADO - Pendiente 3–4% y Longitud $<$ 1.000 m.
- Pendiente 5–6% y Longitud $<$ 500 m.

MONTAÑOSO - Resto

TABLA 2.- Factor de hora punta (FHP) según el nivel de servicio.

NS	A	B	C	D	E
FHP	0,91	0,92	0,94	0,95	1

TABLA 3.- Niveles de Servicio para tramos básicos de autopista y Capacidad por carril (IMS[a])

Nivel de Servicio	Densidad (vl/km/c)	Velocidad de Proyecto 112 Km/h			Velocidad de Proyecto 96 Km/h			Velocidad de Proyecto 80 Km/h		
		Velocidad[b] (km/h)	I/c	IMS[a] (vl/h/c)	Velocidad[b] (km/h)	I/c	IMS[a] (vl/h/c)	Velocidad[b] (km/h)	I/c	IMS[a] (vl/h/c)
A	< 7	>96	0,35	700	–	–	–	–	–	–
B	<12	>91	0,54	1.100	>80	0,49	1.000	–	–	–
C	<19	>86	0,77	1.550	>75	0,69	1.400	>69	0,67	1.300
D	<26	>74	0,93	1.850	>67	0,84	1.700	>64	0,83	1.600
E	<42	>48	1,00	2.000	>48	1,00	2.000	>45	1,00	1.900
F	⩾42	⩽48	c	c	⩽48	c	c	⩽45	c	c

a Intensidad máxima de servicio por carril en condiciones ideales.

b Velocidad media de recorrido.

c Altamente variable, inestable.

NOTA: Todos los valores de la IMS están reondeados a los 50 vl/h más cercanos.

(1) Recomendación extraida de la fig. 1-3-2 de la versión española del manual (pag. 129). Para mayor precisión deberá consultarse aquella.

(2) Como capacidad se considera la correspondiente al nivel E . Para velocidades de 90, 100 y 110 se adoptará C_E = 2000 v/h.c. Esta tabla nos permite - además conocer el nivel de servicio en el que realmente se está para cada intensidad (tiene su incidencia en la elección del FHP).

TABLA 4.- FACTORES DE AJUSTE POR ANCHURA DE CARRIL Y OBSTACULOS LATERALES (F_A)

DISTANCIA DESDE LA CALZADA (a) (m)	FACTOR DE AJUSTE, f_A							
	OBSTACULOS A UN SOLO LADO DE LA CALZADA				OBSTACULOS A AMBOS LADOS DE LA CALZADA			
	ANCHURA DE CARRIL (m)							
	3.6	3.3	3.0	2.7	3,6	3,3	3,0	2.7
	AUTOPISTA DE 4 CARRILES (2 carriles por sentido)							
⩾ 1.8	1,00	0,97	0,91	0.81	1,00	0,97	0,91	0,81
1.5	0,99	0,96	0,90	0,80	0,99	0,96	0,90	0,80
1.2	0,99	0,96	0,90	0,80	0,98	0,95	0,89	0,79
0.9	0,98	0,95	0,89	0,79	0,96	0,93	0,87	0,77
0.6	0,97	0,94	0,88	0.79	0,94	0,91	0,86	0,76
0.3	0,93	0,90	0,85	0,76	0,87	0,85	0,80	0,71
0	0,90	0,87	0,82	0.73	0,81	0,79	0,74	0,66
	AUTOPISTA DE 6 A 8 CARRILES (3 ó 4 carriles por sentido)							
⩾ 1.8	1.00	0,96	0,89	0,78	1,00	0,96	0,89	0,78
1.5	0,99	0,95	0,88	0,77	0,99	0,95	0,88	0,77
1.2	0,99	0,95	0,88	0,77	0,98	0,94	0,87	0,77
0.9	0,98	0,94	0,87	0,76	0,97	0,93	0,86	0,76
0.6	0,97	0,93	0,87	0,76	0,96	0,92	0,85	0,75
0,3	0,95	0,92	0,86	0,75	0,93	0,89	0,83	0,72
0	0,94	0,91	0,85	0,74	0,91	0,87	0,81	0,70

TABLA 5.- FACTOR DE AJUSTE SEGUN EL TIPO DE CONDUCTORES (f_C)

TIPO DE CONDUCTORES	FACTOR, f_c
Conductor pendular a otros usuarios regulares	1,00
Conductor en recorrido de recreo a otros usuarios no regulares	0,75-0,90

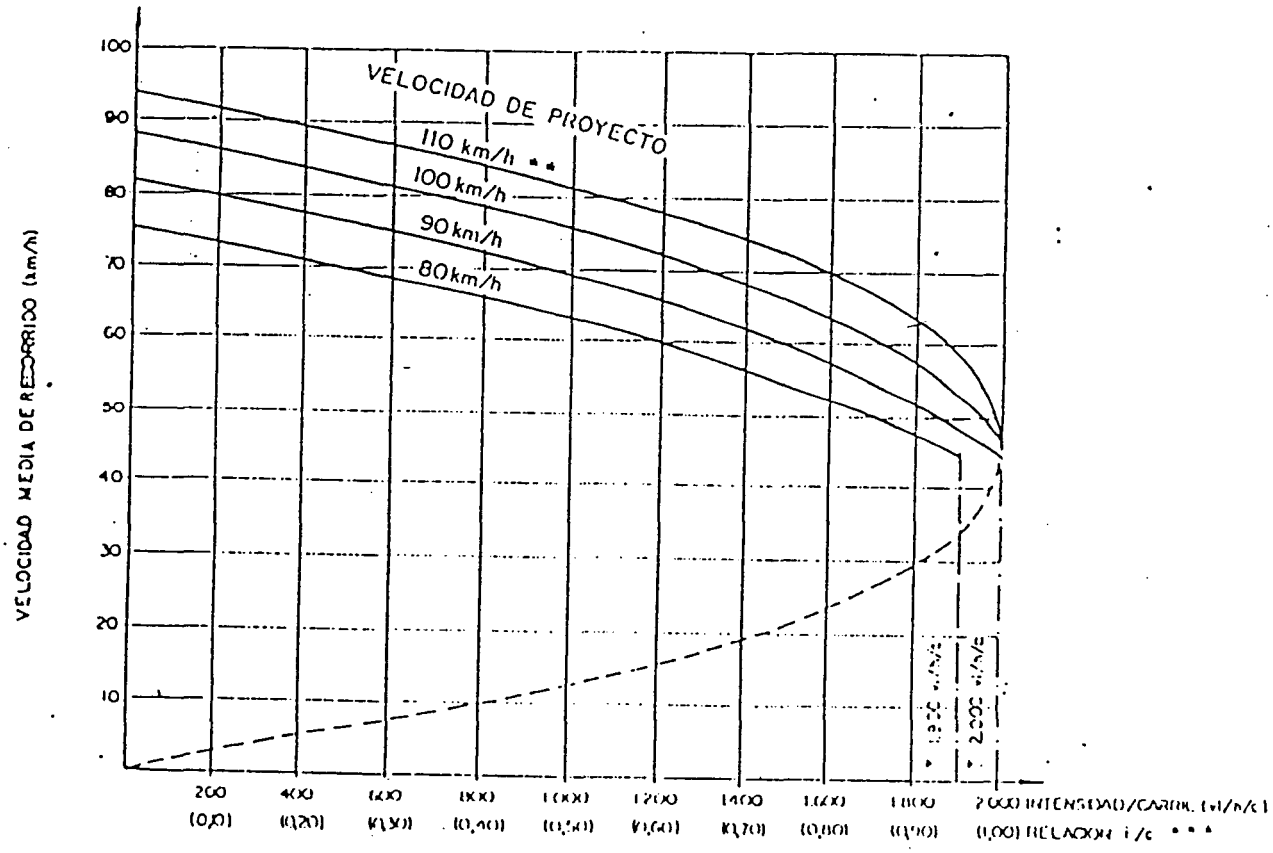
TABLA 6.- FACTOR DE AJUSTE DEBIDO A LA EXISTENCIA DE CAMIONES; AUTOBUSES Y VEHICULOS DE RECREO (E_C, E_B y E_R)

Factor	TIPO DE TERRENO		
	Llano	Ondulado	Montañoso
E_C para camiones	1.7	4.0	8.0
E_B para autobuses	1.5	3.0	5.0
E_R para vehículos de recreo (VR)	1.6	3.0	4.0

TABLA 6.1. FACTOR DE AJUSTE SEGUN MEDIANA Y CARACTER RURAL O URBANO DE LA ZONA ATRAVESADA EN CARRETERAS MULTICARRILES (F_{E_1})

TIPO	CON MEDIANA	SIN MEDIANA
Rural	1,00	0,95
Suburbano	0,90	0,80

FIGURA 1.- RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DE CIRCULACION Y LA INTENSIDAD (I/C) PARA CADA VELOCIDAD DE PROYECTO.



* capacidad

** refleja el límite de velocidad de 88 km/h

*** relación i/c basada en la capacidad de 2.000 veh. ligeros/h-carril; se aplica sólo para las velocidades de proyecto de 96 y 112 km/h y en España 90, 100 y 110 km/h

Figura 7-2. Características de velocidad-intensidad para segmentos de carreteras multicarriles con circulación continua

Fuente: "Highway Capacity Manual", Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985

2.- CARRETERAS DE UNA CALZADA CON DOS CARRILES.

El método es análogo al empleado en carreteras con dos calzadas.

PROCESO

I. DATOS GEOMETRICOS

- anchura de calzada y arcenes
- velocidad de proyecto
- % de longitud sin adelantamiento (longitud de visibilidad = 450 m.).
- Longitud del tramo
- Tipo de terreno (LL,O,M) Tabla 1.

II. DATOS DE TRAFICO

- Volumen total de calzada I_h v/h (corresponde a cada una de las intensidades horarias elegidas como significativas en la distribución horaria de la misma (Apéndice 1).
- Factor Hora punta en función de la intensidad horaria o del nivel de servicio. Tabla 7.
- Reparto por sentidos
- Composición del tráfico. Caso de no disponer utilizar
  - Pesados $P_C = 0,14$
  - Recreo $P_R = 0,04$
  - Autobuses $P_B = 0$
- IS = INTENSIDAD = Volumen /Factor hora punta = IS

3.- ANALISIS

$$\frac{L}{C} = \frac{IS}{2800 \times f_e \times f_A \times f_{vp}}$$

- IS - Intensidad de servicio obtenido en el punto anterior.
- F_R - Factores de asjute por reparto de tráfico. TABLA 8.
- F_A - " " " efecto de anchura de carriles y arcenes. TABLA 9.
- F_{Vp} - Factor combinado por existencia de camiones, autobuses y vehículos de recreo.

$$f_{up} = \frac{1}{1+P_C(E_c-1) + P_R(E_R-1)+P_B(E_B-1)}$$

Los equivalentes en vehículos ligeros de camiones (E_c), vehículos de recreo (E_R) y autobuses (E_B) vienen en función del tipo de terreno. TABLA 10.

- La velocidad de circulación de ligeros(*) se determina por medio de la relación $\frac{I}{C}$ y la velocidad de proyecto. Para cada velocidad específica de la carretera el cuadro de la FIGURA 2 permite obtener la velocidad de recorrido en función del tráfico (I/C)

(*) Servicio de Planeamiento. Dirección General de Carreteras. M.O.P.U. (Abril 1989)

TABLAS Y FIGURAS PARA CARRETERAS DE UNA CALZADA Y 2 CARRILES

TABLA 1.- Tipo de terreno según inclinación y longitud de la rampa.

LLANO	Pendiente $\leqslant$ 2%
ONDULADO	Pendiente 3-4% Long. $<$ 1.000 m
	Pendiente 5-6% " $<$ 500 m
MONTAÑOSO	Resto

TABLA 7. FACTOR HORA PUNTA EN FUNCION DE LA INTENSIDAD HORARIA

A. CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

INTENSIDAD HORARIA TOTAL DE CALZADA (v/h)	FACTOR DE HORA PUNTA FHP	INTENSIDAD HORARIA TOTAL DE CALZADA (v/h)	FACTOR DE HORA PUNTA FHP
100	0.83	1.000	0.93
200	0.87	1.100	0.94
300	0,90	1.200	0.94
400	0,91	1.300	0.94
500	0.91	1.400	0.94
600	0,92	1.500	0.95
700	0,92	1.600	0.95
800	0,93	1.700	0.95
900	0,93	1.800	0.95
		$\geqslant$ 1.900	0.96

B. CALCULO DE LAS INTENSIDADES DE SERVICIO

NIVEL DE SERVICIO	A	B	C	D	E
FACTOR DE HORA PUNTA	0.91	0.92	0.94	0.95	1.00

TABLA 8. FACTOR DE AJUSTE PARA REPARTO DEL TRAFICO EN LOS DOS SENTIDOS (f_r)

REPARTO POR SENTIDOS	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
FACTOR DE AJUSTE, f_R	0,71	0,75	0,83	0,89	0,94	1,00

TABLA 9. FACTOR DE AJUSTE POR EL EFECTO COMBINADO DE ANCHURA Y ARCENES (f_A)

Anchura útil del arcén[a]	CARRILES 3,6 m[b]		CARRILES 3,3 m[b]		CARRILES 3 m[b]		CARRILES 2,7 m[b]	
	NIVEL SERV.		NIVEL SERV.		NIVEL SERV.		NIVEL SERV.	
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-D	E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0,76
1.2	0,92	0.97	0.85	0,92	0,77	0,85	0.65	0,74
0.6	0.81	0.93	0,75	0,88	0,68	0.81	0.57	0,70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0,49	0,66

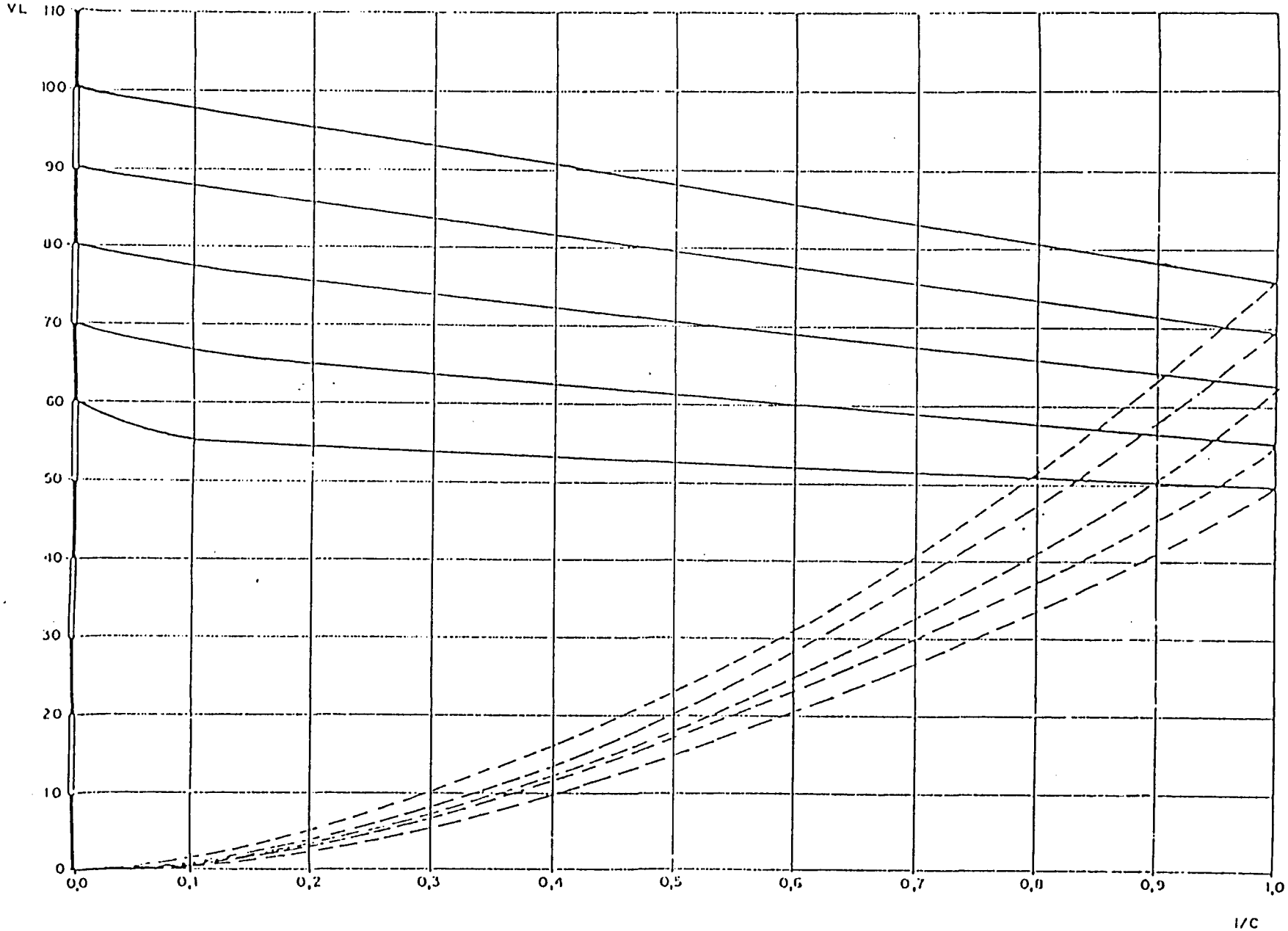
[a] Cuando la anchura del arcén derecho es distinta a la del arcén izquierdo, tomar el valor medio.

[b] Para el análisis de rampas especiales utilícense los factores del NS E para toda velocidad $\leqslant$ 72 km h.

TABLA 10.- EQUIVALENTES EN VEHICULOS LIGEROS DE CAMIONES, VEHICULOS DE RECREO Y AUTOBUSES (E_C, E_R y E_B).

TIPO DE VEHICULO	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE TERRENO		
		LLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
Camiones, E_C	A	2.0	4.0	7.0
	B y C	2.2	5.0	10.0
	D y E	2.0	5.0	12.0
VR, E_R	A	2.2	3.2	5.0
	B y C	2.5	3.9	5.2
	D y E	1.6	3.3	5.2
Autobuses, E_B	A	1.8	3.0	5.7
	B y C	2.0	3.4	6.0
	D y E	1.6	2.9	6.5

CARRETERAS DE DOS CARRILES CON VELOCIDADES ESPECIFICAS DE 60,70,80,90 y 100 Km/h.



SERVICIO DE PLANEAMENTO MOPU

APENDICE IV. Relación entre la velocidad de recorrido de vehículos ligeros y pesados.

APENDICE IV. RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DE RECORRIDO DE VEHICULOS LIGEROS Y PESADOS.

La velocidad de vehículos pesados se puede obtener bien empiricamente, para cada una de las clases horarias en que se ha dividido el tráfico total en el corredor o area de estudio (Apendice II), o bien empleando alguna curva que relacione la velocidad de los vehículos pesados en función de la de vehículos ligeros.

En el año 1989 se ha desarrollado un estudio especifico para España (1) cuyos resultados y gráficos se acompañan a continuación.

TERRENO LLANO Y ONDULADO	V 60 km/h.	$V_p = 0,52\ V_L + 28.85$
	V 60 km/h.	$V_p = V_L$
TERRENO ACCIDENTADO Y RAMPAS		$V_p = 0,8\ V_L + 1$

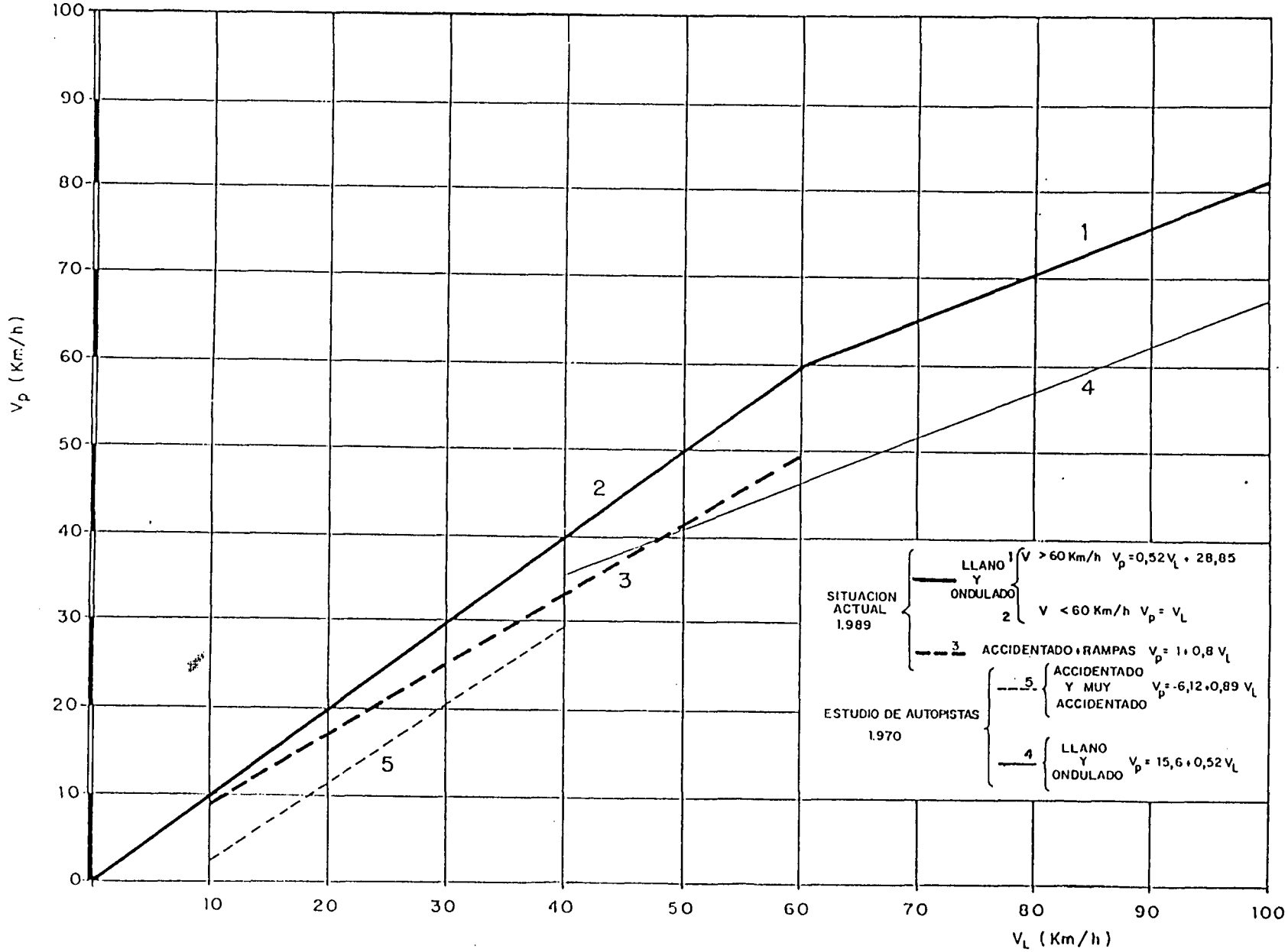
Siendo

V_p = Velocidad media de recorrido de vehículos pesados en Km/h.

V_L = Velocidad media de recorrido de vehículos ligeros en Km/h.

(1). "Cuantificación de diversas magnitudes de tráfico (capacidad, velocidad, nivel de Servicio) en carreteras de una calzada con dos carriles". Pedro M. Galán Bueno -Servicio de Planeamiento-. Junio 1990.

RELACION ENTRE LAS VELOCIDADES DE VEHICULOS PESADOS (Vp) Y LIGEROS (V_L)



MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANIFICACIÓN E INFRAESTRUCTURAS

SECRETARIA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACION

ACTUALIZACIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS DEL MANUAL DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CARRETERAS. AÑO 2010.

Los precios de las principales magnitudes en moneda (euros) del año 2010 a emplear en la evaluación económica de proyectos de carreteras será la siguiente:

- No se debe incluir ningún impuesto (IVA, Impuestos especiales, etc.)
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE: COPERT IV (ver Anejo 1)
- VALOR TIEMPO DE VEH. LIGERO: 14,63 € 2010/hora
- VALOR TIEMPO DE VEH. PESADO: 25,08 € 2010/hora
- VALOR MUERTO: 258.342 € 2010/muerto
- VALOR HERIDO: 34.100 € 2010/herido
- VALOR LITRO GASOLINA: 0,579 € 2010/litro (2)
- VALOR LITRO GASOLEO: 0,587 € 2010/litro (3)
- INFLACIÓN. FACTOR 1988-2010: 2,198 (1)
- INFLACIÓN. FACTOR 2002-2010: 1,23 (1)

Para el resto de magnitudes y parámetros se emplearán las tablas y valores recogidos en las "RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN COSTE – BENEFICIO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE CARRETERAS".

- PREVISIÓN DE TRÁFICO

Hasta que se concluya en septiembre de 2010 el estudio que está realizando la S.G. de Planificación, se empleará provisionalmente las previsiones que figuran en el Anejo 2.

…….

(1) Se ha supuesto una inflación media en el año 2010 del 1,5 % que corresponde a la inflación interanual registrada en junio 2010 y que es ligeramente superior a la prevista en diciembre (1,3 %).
(2) Este es el precio medio antes de impuestos (CORES. Abril 2010). Además existe el impuesto especial (43 %) y el IVA (18 %).
(3) Este es el precio medio antes de impuestos (CORES. Abril 2010). Además existe el impuesto especial (36,7 %) y el IVA (18 %).

PASEO DE LA CASTELLANA, 67
28071 MADRID
TEL.: 91 5978118
FAX.: 91 5978536

Anejo 1

1 **Consumo en gramos / Km Vehículos Ligero <u>Gasolina</u> (46,1% del Tráfico Ligeros)**

C =((1,62*10^2)+(2,18*V)+((-1,28*10^-2)*V^2))/(((1+(1,23*10^-1)*V)+((-7,67*10^-4)*V^2))+(0/V))

Densidad gasolina 95 = 0,750 Kg/litro

2 **Consumo en gramos / Km Vehículos Ligero <u>Diesel</u> (53,9% del Tráfico Ligeros)**

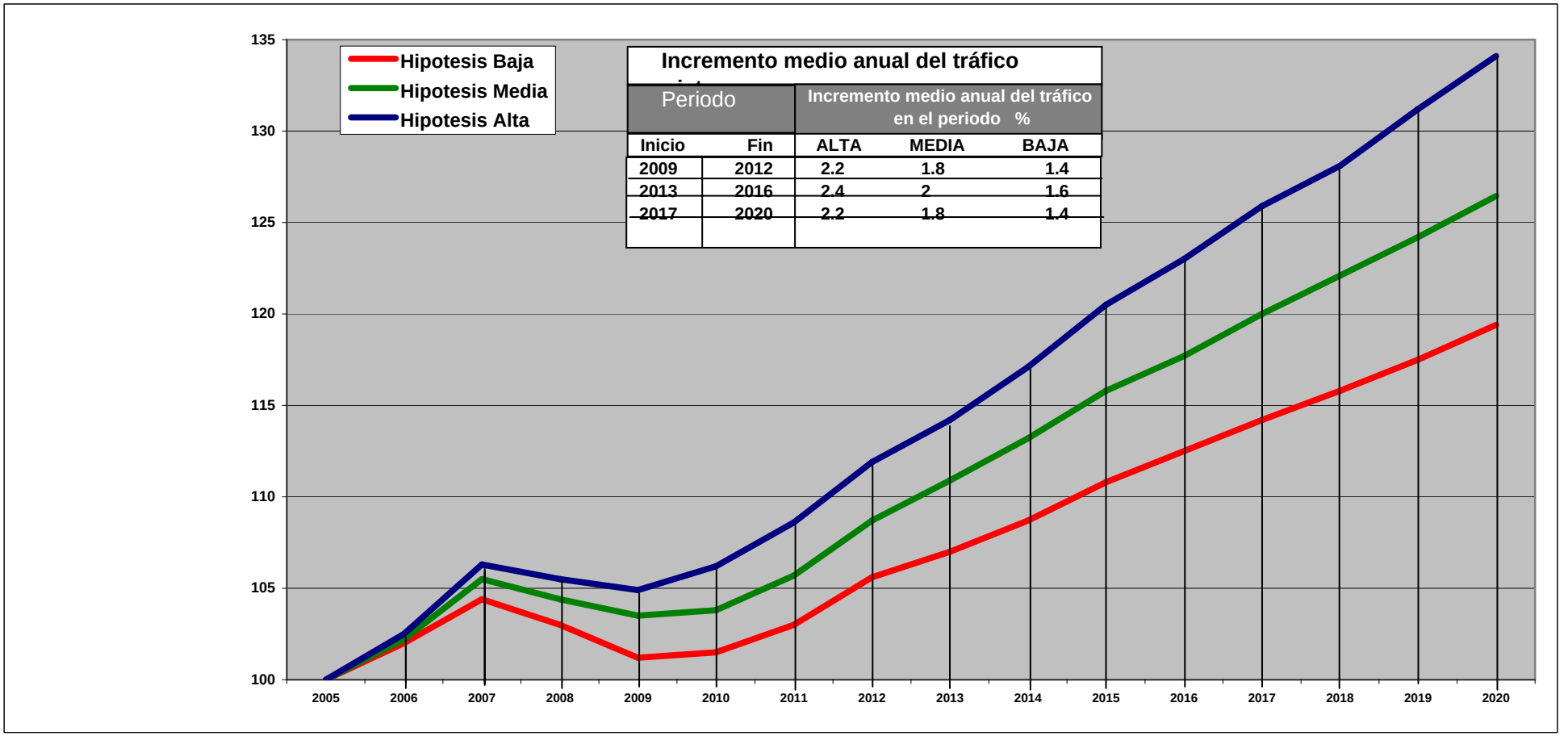
C=((1,95*10^2)+(1,87*10^-1*V)+(9,99*10^-3)*V^2)/(((1+(7,19*10^-2)*V)+((-3,32*10^-4)*V^2))+(0/V))

Densidad diesel (Gasoleo A) = 0,841 Kg/litro

Fuente: Copert IV Emissión Inventory Guidebook (23-Agosto-2007) (Consultar Web)

Anejo 2

PREVISIÓN DE TRÁFICO 2005 - 2020. ACTUALIZACIÓN A 31 - 12 -2008



Incremento medio anual del tráfico

Periodo		Incremento medio anual del tráfico en el periodo %		
Inicio	Fin	ALTA	MEDIA	BAJA
2009	2012	2.2	1.8	1.4
2013	2016	2.4	2	1.6
2017	2020	2.2	1.8	1.4

(1) Estimación realizada en 2008 a partir de la previsión de 2005 ajustando la curva al comportamiento del tráfico y las previsones económicas para el periodo 2008 - 2010

(2) En septiembre de 2010 se tendrá cerrada una nueva previsión de tráfico que comtemple todos los escenarios económicos nacionales e internacionales disponibles hasta la fecha

(3) La elección de la hipótesis media, alta o baja se realizará en función del comportamiento del corredor o carretera en estudio. Para ello se deberá analizar el crecimiento de las estaciones de aforo próximas en el **periodo 2000 - 2009** y contrastarlo con el crecimiento que ha tenido en ese periodo el tráfico en la RCE. y en base a la cual se ha hecho la estimación que ha sido del **3,04 % A.A**.