

# EL ASPECTO ECONOMICO DE LAS INVERSIONES EN CARRETERAS

Por LUIS CABALLERO DE RODAS Y COLMEIRO

Ingeniero de Caminos

*En lo que sigue se trata de alcanzar dos finalidades distintas: iniciar y despertar el interés por el estudio del aspecto económico de las inversiones en carreteras; exponerlo en forma sencilla y poner de manifiesto un método práctico de comparar soluciones de carreteras.*

Organizadas por la Secretaría General Técnica, se han celebrado unas sesiones de trabajo sobre la "Valoración económica de las obras públicas", que tuvieron lugar los días 30 y 31 de enero y 1, 2, 3 y 4 de febrero últimos. El programa era harto ambicioso y comprendía los siguientes temas:

- A) "Fórmulas para medir los efectos regionales y nacionales de la obra pública".
- B) "Tipificaciones y normalización del cálculo de costes de las obras y en la explotación".
- C) "Formulación de criterios prácticos para la ordenación económica de los proyectos y normas para su aplicación".
- D) "Los datos estadísticos de los servicios en relación con el conocimiento económico de las inversiones".
- E) "Articulación de las inversiones en el Plan General de Obras Públicas".
- F) "Los plazos de ejecución de las obras y su formulación en resultados económicos".

No parece oportuno tratar aquí del desarrollo de las sesiones de trabajo ni de las conclusiones adoptadas, ya que la Secretaría General Técnica ha reunido en un volumen todos esos datos. Ahora bien, lo que sí se ha podido advertir es que, en punto a elementos estadísticos, aún se está muy lejos de lo deseable. La obtención de datos para los estudios requerirá mucho trabajo y cuantiosos gastos, porque la estadística es muy útil, pero cara; ahora bien, diré que es rentable. No hay que olvidar que los estudios económicos son, diría, *personalísimos* para cada país; las diferencias de nivel de vida, raza, clima, topografía, organizaciones política y social, etc., imprimen *carácter*, así que el método que podríamos designar como de *homotecia*, no es válido.

No quiere decir esto que no vaya a utilizar datos de países extranjeros; pero en lo que se refiere a relaciones, a porcentajes en general, y si se trata de valores para cálculo, se citará la procedencia y escogeré los usados en los países que mejor conozco, Francia y Bélgica, más parecidos al nuestro que los Estados Unidos de América. Es el momento de mos-

trar aquí mi gratitud a las Direcciones Generales de Carreteras francesa y belga, así como a sus titulares, señores Coquand y Hondermarq, y al ingeniero de la primera, Sr. Abraham, que me han enviado datos muy útiles e interesantes.

La perspectiva abierta en las sesiones de trabajo parece tan extensa y compleja, es tan labor de equipo, que no creo pueda llegarse al conocimiento completo del tema sino al cabo de algún tiempo. Pero existe un interés inmediato en conocer cuáles son las inversiones más ventajosas en las carreteras, su rentabilidad; puede ser ésta base de clasificación de las inversiones. Interesa, igualmente, el punto de vista de los usuarios; se les exigen unos tributos, es lógico que se les pongan de manifiesto las ventajas que obtienen de las mejoras que contribuyen a pagar.

Todo ese programa pretendo desarrollarlo con cierta brevedad, y sobre todo claramente, de tal modo que el cálculo de la rentabilidad de un proyecto sea cosa hacedera. He de hacer constar que los cálculos económicos deben ser un excelente auxiliar de una política en carreteras; no sustituirla. Un cerebro electrónico sería capaz de hacer una ordenación de inversiones a base de los datos que se eligiesen con carácter uniforme; pero la política es arte y ha de ser un cerebro humano el que la ordene a la vista de todos los elementos que intervienen en la cuestión.

En lo que sigue no se va a tratar de política de ninguna clase; voy a exponer métodos conocidos y empleados en Francia y Bélgica para calcular la rentabilidad de las obras en carretera; bien entendido que se trata de órdenes de magnitud, no se puede aspirar a obtener cifras irrefutables.

Parece obligado establecer un orden de exposición, y después de meditar la cuestión, escojo el siguiente:

- I. El parque de vehículos, su variación. -- El índice de circulación en relación con el de crecimiento del parque. -- Gasto que supone la circulación de vehículos. -- Momento de saturación de vehículos en España. -- Consecuencias prácticas.
- II. Criterio de elección de inversiones en general. -- El gasto en las obras. -- Gastos actua-

lizados. — El momento óptimo de poner en servicio una obra. — El coeficiente de utilidad. Observaciones especiales respecto a las carreteras de peaje.

- III. Causas de economía en el tráfico por las obras de mejora en las carreteras. — El balance estatal de las variaciones económicas producidas por una obra.
- IV. El balance de la economía de los usuarios.
- V. Consideraciones finales.

I. EL PARQUE DE VEHÍCULOS, SU VARIACIÓN. — EL ÍNDICE DE CIRCULACIÓN EN RELACIÓN CON EL DE CRECIMIENTO DEL PARQUE. — GASTO QUE SUPONE LA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS. — MOMENTO DE SATURACIÓN DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA. — CONSECUENCIAS PRÁCTICAS.

(Publicaciones y trabajos consultados: "La situación del transporte terrestre en España", Secretaría General Técnica, M. O. P. "Datos estadísticos de circulación y transportes por carretera". 1957, Inspección Central de Tráfico, 1959, Sección de Explotación y Tráfico de Transportes por Carretera. — La rentabilidad de la autopista París-Bruselas, Dirección General de Carreteras Belga. Varios artículos en revistas.)

Empezaré por advertir que, por razón de los datos que poseo, el año origen será 1957, y no extenderé el estudio más allá de veinticinco años, criterio seguido en los que tengo a la vista; pretender saber lo que va a pasar en ese lapso de tiempo, es una arrogancia disculpable; pero hablar del futuro dentro de cincuenta años, es algo que linda con el disparate.

En la figura 1.<sup>a</sup> se dibujan las logarítmicas  $(1 + 0,10)^n$  y  $(1 + 0,12)^n$ ; la primera representa el crecimiento del coeficiente del parque de vehículos, según la ley más corriente en los países que conozco; la segunda se ha utilizado en el realizado por el Gabinete Técnico (Dirección General de Carreteras), respecto al túnel de Guadarrama. Queda también señalada la parte de curva correspondiente a la ley de crecimiento que adopta la Secretaría General Técnica.

En la figura 2.<sup>a</sup> se dibuja la ley de crecimiento del parque automóvil (siempre referido a *cuatro ruedas*), se aprecia su irregularidad en el período de diez años que abarca; solamente a partir de 1954 toma una marcha que puede calificarse de normal y que no difiere mucho de la logarítmica  $(1 + 0,10)^n$ , como puede verse en las ordenadas. Es la curva real más *rápida* que la logarítmica, pero no hay que olvidar que hay un cierto carácter de reacción tras la paralización práctica anterior (datos de la Secretaría General Técnica, El Transporte Terrestre).

Creo que se ha justificado bastante la adopción de la logarítmica  $(1 + 0,10)^n$  como ley verosímil de crecimiento del parque de vehículos (cuatro ruedas) español. En cuanto a las motocicletas, su número crece mucho más de prisa que el de los otros vehículos:

pasan de 280 000 en 1957 a 476 000 en 1959; hay que tener en cuenta que no se tiene razón de su existencia más que cuando son matriculadas; de momento, en lo que sigue, no me ocuparé de los *dos* ruedas, en detalle.

La composición del parque de vehículos se expone a continuación; se refiere a los años 1957 y 1959, ya que a los fines de esta "Nota" no interesan lo que podrían llamarse *datos históricos*.

Composición del parque de vehículos.

Años	Camiones	Autobuses	Turismos	Total	Motocicletas
1957	113 538	10 020	172 139	295 697	281 929
1959	131 861	10 949	240 460	383 210	476 363
Indice de crecimiento	1,15	1,09	1,39	1,30	1,70

Por lo que se refiere al carburante empleado, se distinguen las siguientes cifras:

Gasolina (camiones), 77 515. Autobuses, 4 557

Gas-oil (camiones), 37 806. Autobuses, 5 300

La estadística no está completa, puesto que las sumas no coinciden con los datos de 1959 que figuran en el cuadro expresivo de la composición del parque.

En la figura 3.<sup>a</sup> se dibuja la curva de crecimiento del parque total de vehículos de cuatro ruedas. Existe ya, a base de la logarítmica  $(1 + 0,10)^n$ , un índice de *parque*; el de circulación no es fácil establecerlo por falta de datos estadísticos. Depende, además, del número de aquéllos, del de habitantes por unidad, ya que, a mayor cantidad de posibles usuarios, más kilómetros recorrerá cada coche. En lo que sigue tomaré el de Bélgica,  $I_c = I_p^{1,1}$ ; acaso aquí debiera ser mayor, pero puesto que la finalidad que se persigue es calcular las ventajas de las mejoras en las carreteras, y éstas aumentan de volumen con la circulación, conviene ser prudente.

En 1957 se han obtenido las siguientes cifras:

Turismos (millones de vehículos/Km.)	3 099
Motocicletas (id. id. id.)	1 410
Autobuses (millones de viajeros/Km.)	3 142
Mercancías (millones de Tn./Km.)	2 974

Para 1959, supondremos que las cifras han aumentado como el parque, excepto la de viajeros/kilómetro que consta en los datos de la Sección de Trá-

$$y = (1 + 0,12)^n$$

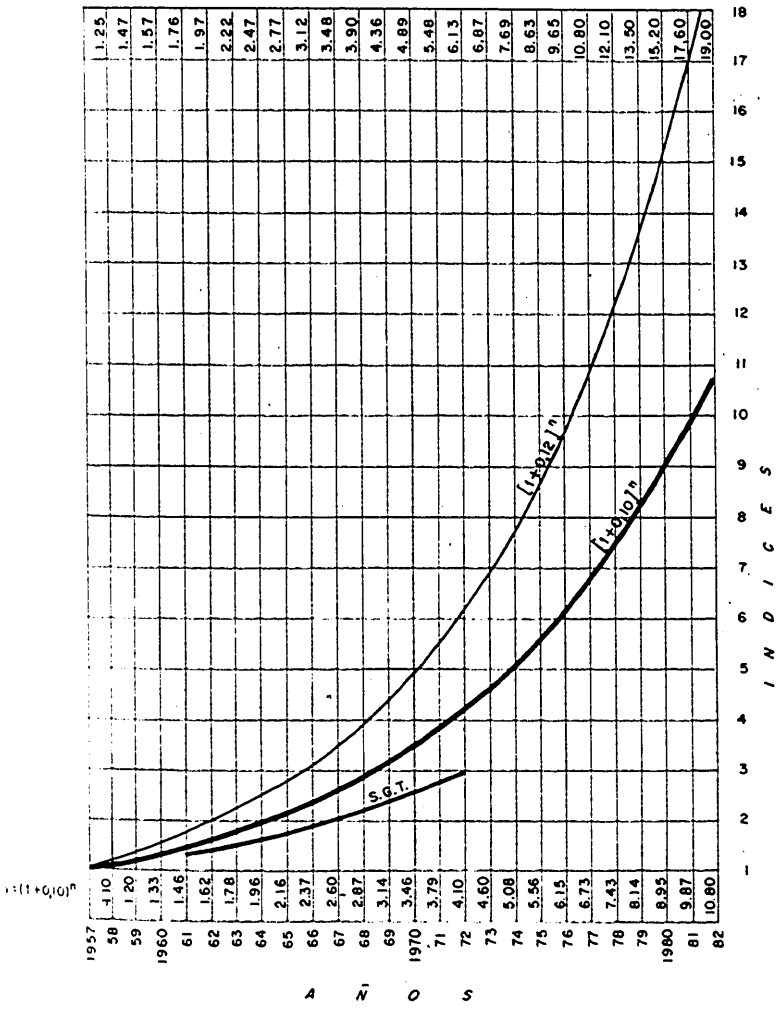
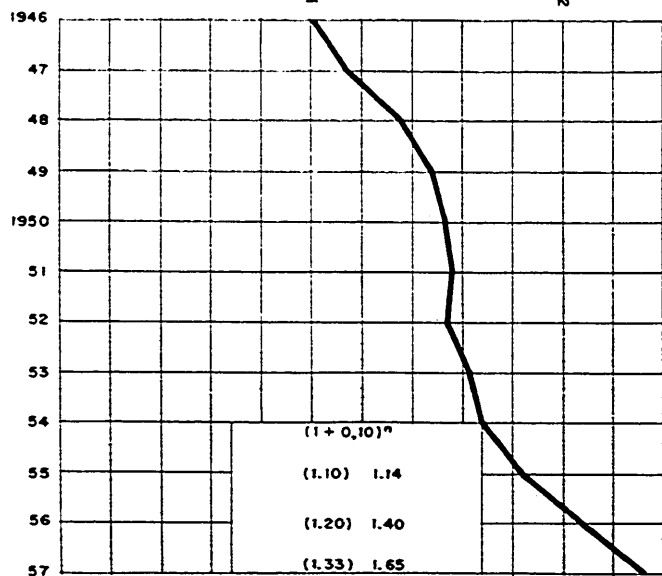


Figura 1.ª

Figura 2.ª



fico, para valorar el gasto que los recorridos suponen al país (realmente, a los usuarios), tomo las cifras unitarias siguientes:

Vehículo/Km. (turismo) .....	1,50 ptas.
Idem id. (motocicleta) .....	0,40 ptas.
Mercancías (Tn./Km.) .....	1,00 pta.

Se obtienen así las siguientes sumas para 1959 (millones de pesetas):

Turismos (3 099 × 1,39 × 1,50) .....	6 463
Motocicletas (1 410 × 1,70 × 0,40) .....	958
Autobuses (viajeros/Km.) .....	1 353
Mercancías (2 794 × 1,15 × 1,00) .....	3 213

SUMA..... 11 987

De modo que el movimiento de viajeros y mercancías por carretera representa un pago de 12 000 millones de pesetas en números redondos; ante ella, no es preciso razonar demasiado para convencerse de que una economía en los gastos de tracción (completos) será una cifra interesante. Más adelante veremos que la sola economía debida a un firme liso en lugar de uno ordinario (con sus baches), es de un 8 por 100, de modo que ahí hay casi mil millones de ahorro posible por obras. No hay que olvidar que el 70-80 por 100 del tráfico se hace por las carreteras nacionales.

Resta tratar de un tema necesario: la saturación de vehículos en España; para hacer un cálculo de circulación es lógico suponerla proporcionalmente al volumen del parque; pero éste tiene un límite. Parece que, construída una obra en una carretera, sea de productividad o de capacidad, sus ventajas crecen con la logarítmica  $(1 + 0,10)^n$ . No es así; crecen, pero hay un límite, el de motorización del país; en un plazo de  $n$  años, voy a suponer que en *cuatro ruedas* se llegue en España a un vehículo por 20 habitantes, un 5 por 100; si a ello se unen las motocicletas, se tiene el 10 por 100 de población motorizada.

Si el crecimiento de la población española en veinticinco años es de 30 a 35 millones de habitantes, y supongo una ley lineal, se dibujan en la figura 3.<sup>a</sup> la ley de crecimiento del parque, la del crecimiento de población y la de la variación del número de habitantes por vehículo. La saturación llega el año 1975, en el que el índice de parque es 5,36 y el de circulación  $5,36^{1,1} = 6,34$ .

Por tanto, una observación de 1 000 circulaciones diarias en el año origen, a los dieciocho años, es de 6 340, salvo la saturación nacional, sólo de *cuatro ruedas*; la total, incluso motocicletas, puede calcularse en el doble, 12 680 vehículos en números redondos. El gasto de la circulación en ese año es del orden de 50 000 millones de pesetas; nuevamente se pone de manifiesto la importancia de las carreteras.

## II. CRITERIO DE ELECCIÓN DE INVERSIONES EN GENERAL. — EL GASTO EN LAS OBRAS. — GASTOS ACTUALIZADOS. — EL MOMENTO ÓPTIMO DE PONER EN SERVICIO UNA OBRA. — EL COEFICIENTE DE UTILIDAD.

Conviene hacer resaltar muy bien que el resultado de los cálculos económicos no puede ni debe sustituir en absoluto al criterio político de las inversiones, como ya se ha dicho más arriba; su misión es de orientación simplemente. Una vez más he de repetir una frase del prólogo de la obra en que se expone el método Cross-Hardy: "La ciencia es el auxiliar del sentido común, no su sustituto".

Desde el punto de vista de las inversiones, el papel del Estado es doble: debe calcular qué sumas puede retirar de la aplicación al consumo inmediato, sea en forma de empréstitos o de impuestos, y después determinar la finalidad que asigne a los fondos así obtenidos. Respecto al primer punto, caben dos criterios: asignar mayor importancia al presente o al porvenir; es decir, gastar al máximo en necesidades presentes, o invertir en fines que tengan por objeto mejoras futuras; de la importancia relativa que se dé a una de las dos tendencias, resultará una gestión económica distinta.

La indiferencia ante el porvenir es una situación absurda como sistema; pero desde el punto de vista económico, tiene una expresión matemática. Para ello hay que introducir un coeficiente de función semejante al interés del capital, pero totalmente distinto de él en su significado, la tasa de *actualización*. Si al cabo de  $n$  años se gana o ahorran una suma  $S$ , tendrá un valor actual:

$$\frac{S}{(1+a)^n} = S_0 \quad S = S_0(1+a)^n. \quad |||$$

Si se da preferencia a la actualidad  $a$ , tendrá un valor grande; si se escoge el camino contrario,  $a$  será bajo; la igualdad [1], si es aceptada, representa la indiferencia entre las dos soluciones:  $S_0$  ahora y  $S$  dentro de  $n$  años. La tasa de actualización depende de la situación del país y de su política económica. El interés del capital es su coste en el mercado y función de la abundancia o escasez de disponibilidades.

En el caso de que el Gobierno solicitase de los diferentes Departamentos las inversiones que realizaría con distintos valores de  $a$ , cabría dibujar una curva con las variaciones de  $I$ , inversiones en función de  $a$ ; habrá un punto en el que  $I$  sea igual a las consignaciones disponibles,  $a$  queda determinado. Cabe, igualmente, partir de los fondos consignados y adoptar un valor de  $a$ ; la fijación del volumen de inversiones se deduce fácilmente. Más adelante presento ejemplos, en los que las ideas expuestas quedan bien claras.

El empleo óptimo de sumas en carreteras requiere dos etapas:

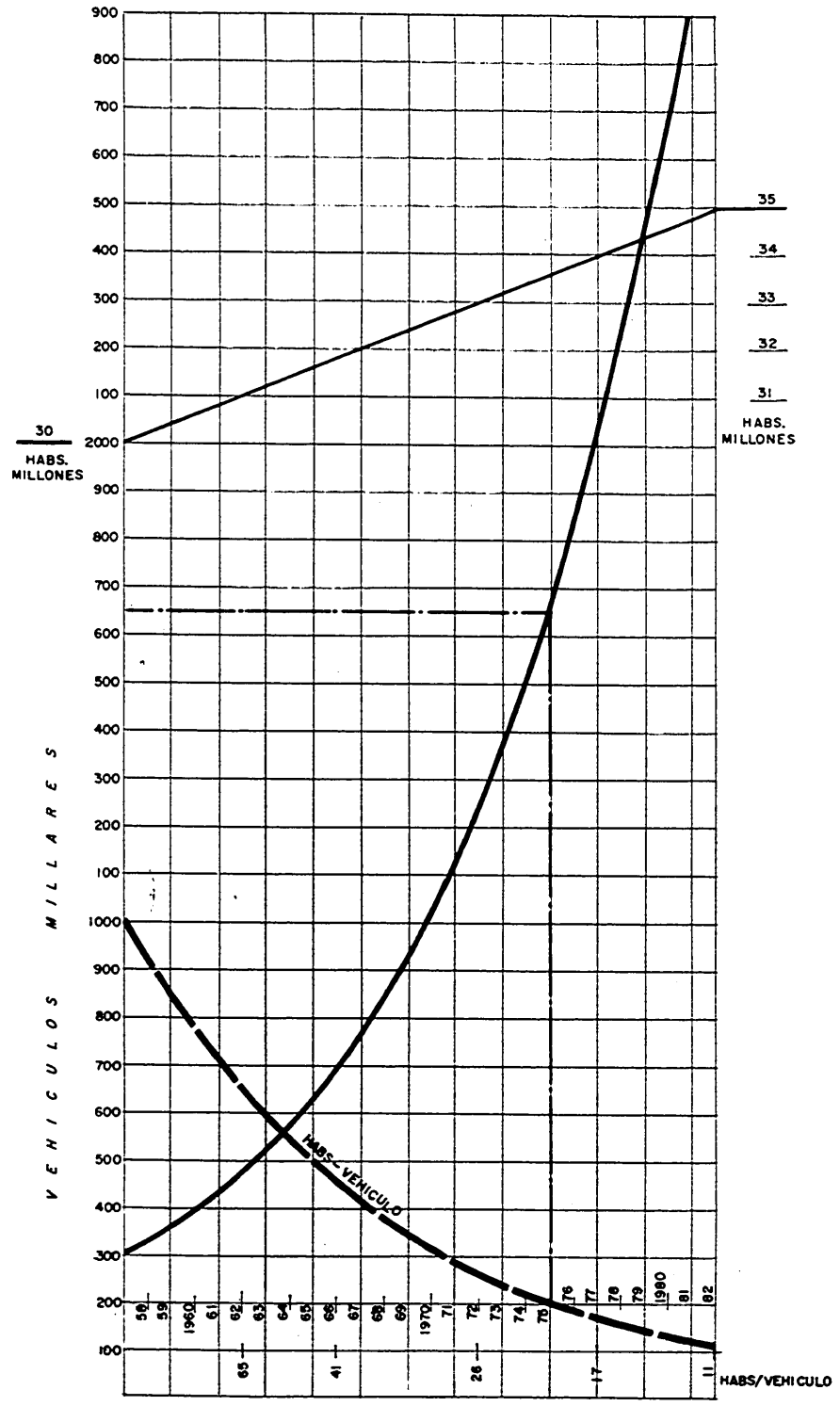


Figura 3-ª



que da una ventaja  $b$ , pero disminuye el beneficio  $b^1, \Delta b^1$ , aquélla deberá construirse el año  $i$  que se verifique:

$$b_i - \Sigma \Delta b^1_i = a D \quad (D = \text{gasto}).$$

En todo lo dicho se ha supuesto que los créditos disponibles son limitados, o por lo menos, suficientes: si no es así, hay que empezar por iniciar las obras más ventajosas, digamos de *primera clase*, después la siguiente, etc. La cuestión se reduce a la anterior, introduciendo un nuevo término, el *gasto generalizado*, pero el sistema no es muy práctico, porque hay un factor que refleja las posibles restricciones en el presupuesto  $K$ , y éste es muy difícil de fijar. A base de él se calcula la renta generalizada. La consecuencia es aumentar la tasa de actualización, duplicarla, por ejemplo, ello es fatal para los proyectos caros, porque se sustituye a su coste un valor ficticio más elevado.

(Para ahondar la cuestión: "Economía e interés", M. Allais. Trabajos de A. Laure y C. Abraham.)

Hago observar que la regla de clasificación de las obras por la relación ventajas valoradas a coste, es general y sencilla, preferible al método del coeficiente de utilidad que precisa fijar los beneficios futuros, lo que no es fácil.

En el cálculo de la rentabilidad de la autopista Bruselas-París (tramo belga), se hace el siguiente cálculo para determinar el momento rentable.

Sea  $b_i$  el beneficio al fin de cada año, que se supone constante. Actualizado al año  $j$  del gasto, vale:

$$J_{b_i} = \frac{b_i}{(1+a)^{i-j}}$$

$a$ , como siempre, tasa de actualización.

$$J_{b_i} = \frac{b_i}{(1+a)^n}$$

$n$  es el número de años, contando a partir de la fecha del gasto o de la puesta en servicio.

Para un número infinito de años:

$$J_B = \frac{b_i}{n-1(1+a)} \quad n \frac{b_i}{(1+a)} \quad R_j = \frac{b_i}{a}$$

El momento crítico de rentabilidad se produce cuando el total de los beneficios realizables actualizado al año del gasto es, al menos, igual a éste:

$$B^{(j)} = D \quad \text{o sea} \quad b_i = a D$$

Para una mejora de pavimento  $b_i$  es la economía que resulta de ella, que se calculará a base de la circulación y ahorro por vehículo Km.,  $D$  es el coste de la obra,  $a$  es variable, lo hemos tomado hasta ahora

igual a 8 por 100. La Dirección General de Carreteras belga suele realizar cálculos dobles, a base de  $a$ , 8 ó 5 por 100.

### Observaciones especiales respecto a las carreteras de peaje.

En una obra cualquiera y concretamente en una de carretera, hay dos aspectos económicos distintos, cuyos balances se estudian más adelante, y supongamos que se trata de un tramo nuevo con pago de peaje. Influencia del peaje en la utilidad económica de la obra, resultado financiero de la explotación del negocio, construcción y explotación.

Se concibe fácilmente que una carretera de peaje arroje un resultado extremadamente beneficioso para la economía general y, sin embargo, sea un negocio ruinoso.

Una carretera de peaje exige la instalación de puestos de cobro permanente, con su personal; esto supone un exceso de gasto sobre la suma "Construcción + gastos anuales actualizados", de 5 a 15 por 100. Se produce también el fenómeno que en U.S.A. se llama *evasión de tráfico*: en las mejoras de capacidad se produce fuera de las horas-punta, en las que en las otras carreteras no se producen taponamientos; en las de productividad en los momentos, épocas o estaciones en las que el punto o trayecto peligroso deja de serlo. La evasión de tráfico varía de 15 a 30 por 100, según las circunstancias; hay usuarios a los que no trae cuenta, por decirlo así, pagarlo, al no valorar subjetivamente las ventajas de la nueva vía, por encima del importe del peaje. En resumen, es prudente estimar que respecto a una situación dada, una carretera de peaje aumenta los gastos en 10 por 100, en tanto que los beneficios disminuyen en la misma proporción.

Esto tiene como consecuencia variar los términos de la expresión  $b_i = a D$  (recuérdese lo expuesto antes, puntos de vista francés y belga). La consecuencia práctica es retrasar el momento crítico de rentabilidad, respecto a una obra normal.

Al hacer el cálculo de ingresos y gastos de una carretera de peaje y determinar el año óptimo de su puesta en servicio, parece que desde el primer momento se obtendrá la suma suficiente para la remuneración del capital y, sin embargo, en la autopista Esterel-Costa Azul, es precisa una subvención del Estado en forma de 30 por 100 del capital. Del lado francés del túnel del Mont-Blanc, en la Sociedad de economía mixta para su construcción y explotación, con 400 millones de capital el Estado francés suscribe 210 millones y concede una subvención de 1.790 millones de francos a fondo perdido.

Si la obra de que se trata es una autopista, sus fines principales son dos: supresión de las aglomeraciones y aun taponamientos de tráfico y la disminu-

ción de accidentes por una circulación más flúida y regulada, con accesos controlados.

La ventaja que proporciona el primer punto ha de considerarse a los efectos de cálculo del peaje por comparación entre la autopista y las carreteras próximas a ella *después* de la construcción de aquélla.

Los usuarios que se benefician de la autopista son: directos, los que circulan por ella y pagan el peaje y los que sin entrar en la nueva vía se aprovechan de la descongestión que producen en otras carreteras. Como consecuencia de ello, el peaje debe fijarse de acuerdo con las ventajas obtenidas *fuera* de las *horas punta*, y no es prudente que exceda del 50 por 100 de las economías que se calcule obtiene el usuario.

La menor cantidad de accidentes, las ventajas de mejores trazados y perfil suelen ser subestimadas por los usuarios, salvo casos especialísimos. Al cabo de tiempo, es posible que la indiferencia ante algunas ventajas desaparezcan, o que el aumentar el parque no sean cómodas las carreteras próximas a la autopista.

Finalmente, parece que puede haber lugar a distinguir entre peajes visibles e invisibles, ninguna aclaración precisa el primer concepto. Pueden reputarse peajes invisibles los impuestos y tasas que gravan: carburantes, lubricantes, neumáticos, coches, etc., por encima de los actuales y con objeto de aumentar las disponibilidades para obras. No es precisa la específica calificación de los impuestos, si los dos hechos citados son simultáneos, no es temerario inferir que todos o una parte de los nuevos ingresos han revertido a su origen, la red viaria, sin infringir por ello la sana ortodoxia administrativa.

El que llamo peaje invisible tiene una peculiaridad que no se individualiza en los usuarios, sino que el Estado lo hace efectivo mediante una *derrama* entre todos los propietarios de vehículos. El sistema no es justo, pero sí cómodo y de sencilla recaudación, se puede plantear la cuestión de si fuese posible designar a los nuevos ingresos, así, *peaje*, y entonces su aplicación estaría definida de antemano, la red viaria.

### III. CAUSAS DE ECONOMÍA EN EL TRÁFICO POR LAS OBRAS DE MEJORA EN LAS CARRETERAS. EL PALANCE ESTATAL DE LAS VARIACIONES ECONÓMICAS PRODUCIDAS POR UNA OBRA.

Voy a proceder en este epígrafe en un orden inverso al corriente que se sigue en un balance, es decir, que voy a considerar primero los gastos. Hay que suponer que los proyectos están bien estudiados y que, por tanto, los presupuestos reflejan el verdadero coste de las obras y que todas las precisas están incluídas en él. Se calcula en el proyecto, o por lo menos se

prevé, el importe de los terrenos cuya expropiación es necesaria para las obras.

Para calcular la carga que suponen aquéllas, es preciso fijar unos plazos de amortización, ya que no todos los elementos de la carretera tienen el mismo plazo de duración; los que considera la Dirección General de Carreteras francesa, poco distintos de los que figuran en el trabajo mío "Financiación de carreteras", presentado al Congreso de la I.R.F. en Roma, son los siguientes, como plazos de amortización:

Terrenos .....	100 años.
Obras de explanación y fábrica.	60 »
Calzada: Sub-base .....	60 »
Base .....	30 »
Superficie rodadura...	20 »

Conocidos los plazos de amortización, es preciso fijar el interés: si se trata de obras ejecutadas por el Estado, puede calcularse la anualidad con el 5 por 100: si se trata de una Empresa el límite de los plazos de amortización, es el de duración de la concesión y el interés no ha de ser menor del 8 por 100. En lo que sigue prescindiremos del segundo caso: para mayor facilidad, inserto a continuación los *factores de anualidad*, para los plazos antes citados y 5 por 100 de interés:

Amortización en 100 años = 0.038.
» » 60 » = 0.282.
» » 30 » = 1.461.
» » 20 » = 3.024.

Forman también parte del gasto los intereses intercalarios que crecen con el plazo de ejecución de las obras, y cuyo tipo debe ser también 5 por 100: una obra no empieza a producir en tanto no está terminada. Finalmente hay que sumar los gastos de conservación actualizados al de conclusión de los trabajos: no parece que se haya de considerar un plazo superior a veinte años la tasa será 8 por 100.

El volumen de los gastos de conservación no es difícil de calcular por comparación y corrección de datos existentes; no es posible dar reglas para ese cálculo, cada obra tiene su *personalidad* propia, por decirlo así. Recordaré de la actualización de un gasto viene dada por la fórmula  $\frac{C}{(1+a)^n}$ , siendo *n* el número de años de *distancia* entre el gasto y el de actualización. Para facilitar el cálculo y ahorrar trabajo, inserto a continuación un cuadro en el que figuran los valores de  $(1+0,08)^n$  y sus inversas, éstas más cómodas de empleo.

Número de años	$(1 + 0,08)^n$	$\frac{1}{(1 + 0,08)^n}$	Número de años	$(1 + 0,08)^n$	$\frac{1}{(1 + 0,08)^n}$	Número de años	$(1 + 0,08)^n$	$\frac{1}{(1 + 0,08)^n}$
1	1,08	0,926	8	1,85	0,540	15	3,17	0,315
2	1,16	0,862	9	2,00	0,500	16	3,42	0,292
3	1,26	0,793	10	2,16	0,462	17	3,69	0,271
4	1,37	0,729	11	2,33	0,429	18	3,99	0,250
5	1,47	0,680	12	2,52	0,398	19	4,36	0,229
6	1,58	0,638	13	2,72	0,367	20	4,66	0,214
7	1,71	0,584	14	2,93	0,342	—	—	—

El buen criterio del posible lector apreciará que en los importes base de cálculos, sean de amortización sean de actualización, basta operar con cifras base redondeadas a miles de pesetas. Es inútil aproximar a céntimos en un cálculo, si su método no garantiza de antemano esa misma aproximación en el resultado.

La suma de todos los epígrafes que hemos citado en el gasto total  $G$ , que debe servir como base para una comparación y para el cálculo de la rentabilidad: es el término  $D$  de la exposición anterior, y recuerdo que el momento crítico se produce cuando los beneficios alcanzan a  $D$  (o a  $G$ ).

*Los beneficios.* — Digo los beneficios y no los ingresos, por razón del efecto económico de una mejora de carretera en la economía nacional; existen ingresos en el balance del usuario (menor gasto).

Los beneficios de la mejora de la red de carreteras, en términos generales, pueden resumirse en los tres epígrafes siguientes:

- 1.º Disminución de los gastos generales de la nación, por la economía de los usuarios en la nueva situación, respecto de la antigua.
- 2.º Desarrollo económico de las zonas de influencia de las mejoras.
- 3.º Aumento de valor de los terrenos colindantes.

Realmente el importante a los efectos de esta "nota" es el primero: para que aparezca patente el segundo es preciso que el desarrollo económico sea muy importante. El tercero no da lugar a beneficio a la nación, sino a los particulares, a menos que exista una legislación especial: hay que tener en cuenta que una carretera crea una servidumbre, lo que siempre es una carga y nunca se ha indemnizado. Este es un punto importante, porque un terreno apto para edificación pierde, o puede perder ese carácter, pero esta cuestión, como la del estudio comparativo de los beneficios y perjuicios que experimenta una finca por la ejecución de una obra pública, son asuntos ajenos al tema que aquí se trata.

La disminución de los gastos generales de la nación, debido a las economías obtenidas por los usuarios de la carretera al mejorar la red viaria, repercuten solamente en éstos, en sus balances financieros particulares. No es lícito asimilar éstos a la colectivi-

dad entera, pero el conocimiento de las economías puede conducir a establecer una repercusión sobre los usuarios de los gastos de mejora. Vuelve a aparecer la idea del peaje invisible, no convendría perder de vista que por nuestra red de carreteras circulan coches extranjeros cuyos propietarios no contribuyen a los gastos de la nación, se benefician del cambio de moneda y disfrutan tanto o más de la mejora de la red viaria que los nacionales. En ellos el factor ahorro de tiempo tiene, en general, mucha importancia.

Voy a entrar ya en el estudio de los beneficios que proporciona la mejora de las carreteras: es evidente que se trata siempre de una comparación entre el gasto antes y después de la mejora. Las economías obtenidas por los usuarios se pueden considerar divididas en dos grupos.

#### I. ECONOMÍAS VALORABLES OBJETIVAMENTE.

1. Carburante.
2. Lubricante.
3. Neumáticos.
4. Conservación y reparación del vehículo.
5. Amortización.

#### II. ECONOMÍAS DE GRAN VALOR SUBJETIVO.

1. Ahorro de tiempo.
2. Comodidad.
3. Seguridad y amenidad.
4. Aumento de tonelaje transportado.

Los elementos susceptibles de mejora en una carretera, y que tienen influencia en la circulación, son los siguientes:

- 1.º Superficie de rodadura.
- 2.º Perfil longitudinal.
- 3.º Planta.
- 4.º Puntos singulares peligrosos o que exigen disminuir la velocidad.
- 5.º Perfil transversal. Número de vías de circulación.

Paso al examen de los distintos orígenes de economía.

I.1. Carburante.

En relación con el estado de la superficie de rodadura, se produce economía mayor cuanto mejor, más lisa es, menor coeficiente de viágrafo. Quede bien entendido que cuanto se diga en este epígrafe se refiere al movimiento del vehículo en horizontal.

Las normas americanas reducen a tres los tipos de pavimentos y en su influencia engloban el efecto de las rampas, intensidad de circulación, etc. La norma francesa estudia los efectos por separado, si bien, en general, se calcula que el porcentaje de ahorro de carburante se considera que afecta a las otras cuatro causas de economía.

El gasto de carburante es proporcional al esfuerzo de tracción por tonelada, y ese gasto será la base del cálculo. El esfuerzo de tracción por tonelada varía de 15 Kg. en un pavimento asfáltico liso y en buen estado, coeficiente de viágrafo inferior a 10, a 30 Kg. en un mal adoquinado, el coeficiente de viágrafo pasa a 50.

La Dirección General de Carreteras francesa admite que el esfuerzo de tracción por tonelada se reduce en un 20 por 100 al pasar de una carretera no modernizada a una con pavimento liso de asfalto, y en un 15 por 100 al pasar de ésta a una autopista. Toda vez que no es posible establecer el esfuerzo de tracción por tonelada de un modo teórico, no hay más que un procedimiento, la experimentación, a fin de relacionar aquél con éste. La fórmula que da la economía de carburante por tonelada es la siguiente:

$$\frac{R \cdot V}{270\,000 \cdot S} \left\{ \begin{array}{l} R, \text{ variación del esfuerzo de tracción (kilogramos/Tn.).} \\ V, \text{ consumo específico del vehículo (kilogramos/CV./h.).} \\ S, \text{ densidad del carburante.} \end{array} \right.$$

Puede verse que *R* es el único elemento desconocido, pero que conviene estimar; el único dato objetivo es el coeficiente de viágrafo, pero hoy no sé de experimentación sería en ese sentido. Caben dos caminos: uno, admitir los porcentajes de reducción de gasto de la Dirección General de Carreteras francesa; otro, tratar de dibujar una curva verosímil de enlace entre coeficiente de viágrafo y esfuerzo de tracción, curva que no puede tener más que un valor provisional y muy relativo.

De todos modos, vale la pena de ensayar el procedimiento; existen unos datos, rectificables, pero de momento de cierto valor. Para un coeficiente de viágrafo 10, el esfuerzo de tracción por *t* es de 15 Kg.; si aquél es 50 el esfuerzo se duplica, será 30 Kg./t., y de los datos que aparecen en estudios varios, si el coeficiente de viágrafo es 8, el esfuerzo pasa a ser 12, tenemos tres puntos para definir una curva provisional, que calcularé de segundo grado.

Se llega a la ecuación siguiente:

$$y = \frac{-n^2 + 238n + 5720}{504} = \frac{-n^2 + 2 \times 7 \times 17n + 4 \times 10 \times 11 \times 13}{8 \times 7 \times 9}$$

La curva se dibuja en la figura 4.<sup>a</sup>; es posible que se me tache de machacón, la curva es absolutamente provisional; experiencias o estudios posteriores pueden cambiarla (fig. 4.<sup>a</sup>).

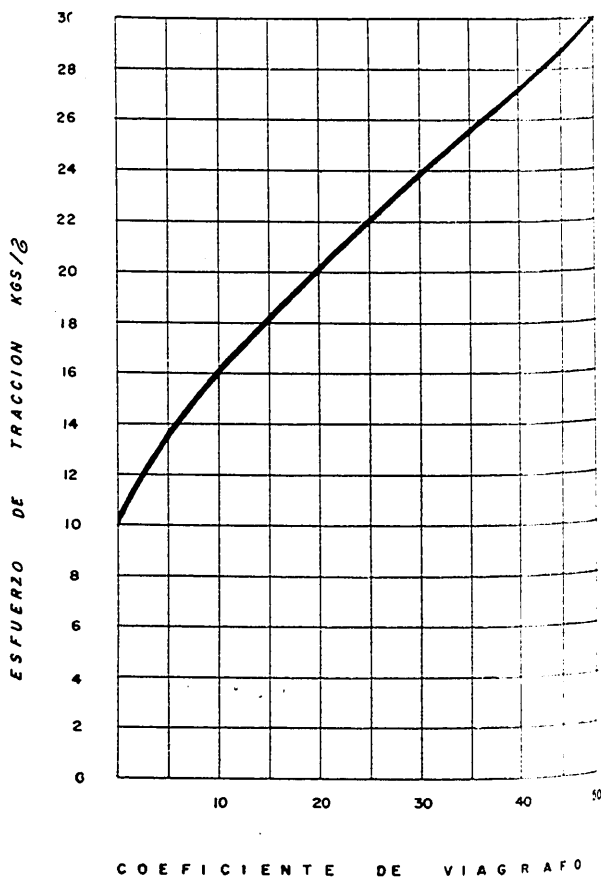


Figura 4.<sup>a</sup>

El procedimiento del viágrafo es caro y lento, parece que debía reservarse a itinerarios principales; de lo expuesto no es lejano de la realidad considerar que al pasar de una carretera con riego superficial no cuidado, a un firme asfáltico liso, hay una economía de gastos de tracción del 15 por 100. El coeficiente es mucho mayor que el francés, pero nuestra red viaria tiene sus pavimentos en mucho peor estado que la francesa. El 15 por 100 debe reducirse a 8 por 100 si se pasa de una carretera cuidada a una autopista con aglomerado asfáltico denso u hormigón de cemento.

Los coeficientes que reflejan la economía en es-

fuerzo de tracción, parece posible aplicarlos a todos los gastos de movimiento, carburante, lubricante, etc.

La Dirección General de Carreteras belga, en su cálculo de la rentabilidad de la autopista Bruselas-Pa-

0,22 ptas. en autopista en relación con carretera modernizada.

0,30 ptas. carretera modernizada en relación con la ordinaria.

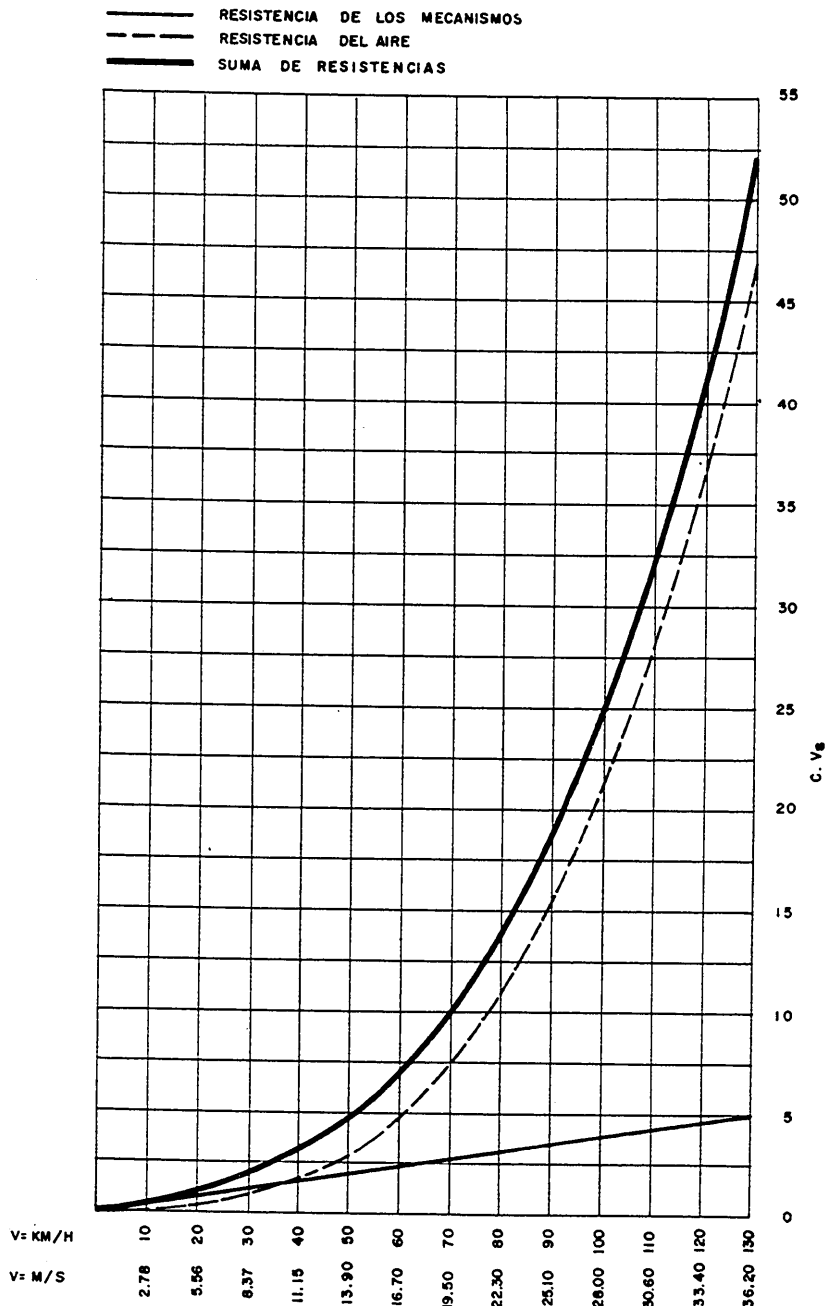


Figura 5.ª

ris (tramo belga), establece las economías siguientes en lo que se refiere a amortización/Km.

0,50 ptas. en autopista en relación con carretera ordinaria.

Si se considera un coche Seat 1400. cuyo coste, impuestos, radio, etc., es próximo a 200 000 pesetas, y calculamos amortizarlo en los primeros 100 000 kilómetros en los que lleva mejor vida y no debe haber

averías y se recorren, en dos años, la reducción de 2 ptas./Km. de amortización a 1,50 ptas. supone sencillamente un aumento del período de buen estado del coche de  $\frac{2}{1,5} = \frac{4}{3}$  1,33, cifra muy de notar.

Se fijan tres cifras de economía en carburante, cuyos valores, 15, 10,5 por 100 en los casos citados para la amortización; el caso segundo, no sólo es aplicable a la autopista, sino a carreteras con firme selecto. Puede observarse que los porcentajes coinciden bastante bien con los que he escogido. En suma, los coeficientes de economía de gasto de movimiento en relación

$v$  = velocidad en metros/segundo.

$C$  = coeficiente de valor 0,90 en directa, 0,80 en las otras velocidades.

$P$  = peso del vehículo.

$\varphi$  = coeficiente que varía de 0,01 a 0,018, crece con la velocidad, en general oscila poco.

$\mu$  = masa del aire = 0,125 Kg./m.<sup>3</sup>.

$\frac{C_n}{2}$  = coeficiente que refleja el carenado, en coches normales,  $C_n = 0,50$ ; en los camiones,  $C_n = 0,90$ .

$S$  = superficie de choque con el aire.

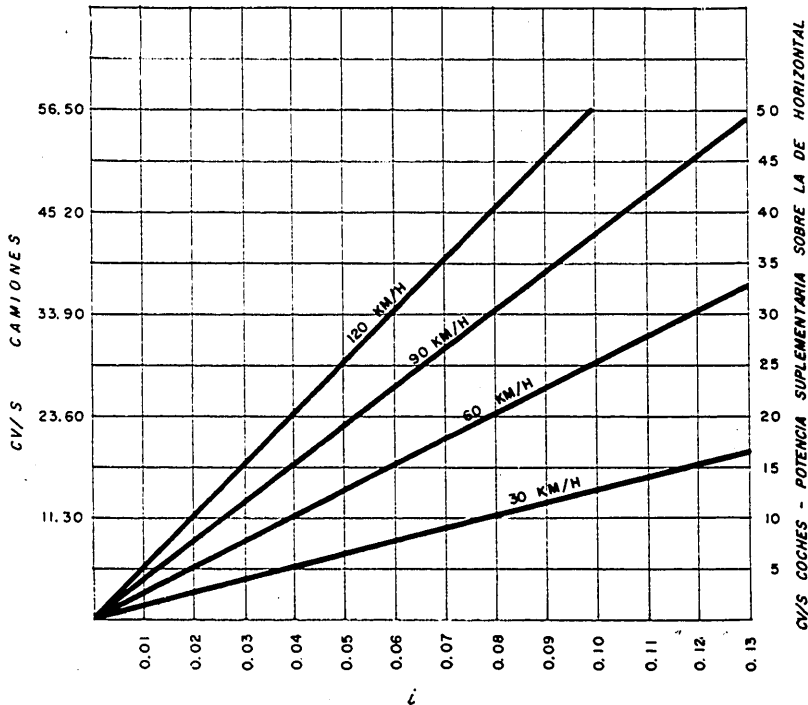


Fig. 6.<sup>a</sup> — Influencia de las rampas. Potencia suplementaria.

con el estado del firme, deben ser red secundaria o firmes ordinarios en la red principal a firmes asfálticos lisos, 15 por 100. Riegos superficiales (o análogo firme) a aglomerado asfáltico denso, 8 por 100. Más adelante se establecerán precios de *coste/Km.*; el cálculo tendrá lugar en el *balance de los usuarios*.

Es interesante relacionar la velocidad con el consumo, se supondrá la marcha a velocidad constante y en horizontal; por tanto, el vehículo marchará en directa. Admito que el consumo es proporcional a la potencia que desarrolla el motor y cuya presión es:

$$W = \frac{v}{C} \left\{ P(\varphi) + \mu \frac{Cx}{2} S v^2 \text{ (caso de variar } v \text{)} \right.$$

habrá un término  $\frac{1}{g} \frac{dv}{dt}$ ;

en la fórmula conviene distinguir dos elementos:

Vencer las resistencia de los mecanismos  $\frac{v}{\rho} P \varphi$ .

Resistencia del aire,  $\frac{v}{\rho} \mu \frac{C_n}{2} S v^2$ .

Si se considera un peso  $P$  de 1 000 Kg., las curvas que se dibujan en la figura 5.<sup>a</sup> sirven para un peso cualquiera, asignando a  $S$  el valor  $\geq m^2$ ; también la curva que refleja el efecto de la resistencia del aire se adapta a obtener el resultado para otro valor. De éstas dibujo dos, coches y camiones, ya que el coeficiente que refleja el carenado de la carrocería es fundamentalmente distinto. ( $S$  para camiones,  $5 m^2$ )

La recta que refleja la variación de la resistencia de los mecanismos tiene por ecuación, con los valores normales de las constantes:

$$y = \frac{1000}{0,9} 0,012 v = 13,33 v \text{ Kgm./S} = 0,18 v \text{ CV/S.}$$

Las parábolas que expresan la resistencia del aire, tienen por ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coches: } y &= \frac{1}{0,9} \times 0,125 \times \frac{0,50}{2} \times 2 v^2 = \\ &= 0,07 v^2 \text{ kg./s.} = 0,001 v^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Camiones: } y &= \frac{1}{0,8} \times 0,125 \times \frac{0,90}{2} \times 5 v^2 = \\ &= 0,35 v^2 \text{ kg./s.} = 0,005 v^2. \end{aligned}$$

Obsérvese que un sencillísimo cambio de escala hace valideras las líneas dibujadas para los coches a los camiones; en horizontal, la fórmula que da la potencia en función de la velocidad es:

$$P = \frac{v}{0,8} \times 12 = 15 v \text{ (para un peso de 1 000 Kg.).}$$

$$15 v \text{ Kgm./seg.} = 0,20 v \text{ CV/S.}$$

Para pasar en la recta que refleja la ley de variación de la potencia con la velocidad de coches a camiones (*l. t.*), hay que multiplicar las ordenadas por 1,1. En la parábola de la resistencia del aire, multiplicarlas por 5.

#### Influencia de las rampas.

El término aditivo a la potencia necesaria en llano, que acusa la influencia de las rampas, tiene la expresión siguiente, para un peso de una tonelada:

$$\text{Coches: } P = \frac{v}{0,9} \times 1000 i; i = \text{rampa en fracción decimal } 2 \text{ por } 100 = 0,02.$$

$$\text{Camiones: } P = \frac{v}{0,8} \times 1000 i, \text{ o sea, en forma más sencilla.}$$

$$\text{Coches: } P = 111,1 v i. \text{ Camiones: } P = 1250 v i.$$

$$P = 15 i v \text{ CV/s, coches.}$$

$$P = 17 i v \text{ CV/s, camiones.}$$

Es preciso tener en cuenta que el poner marchas reducidas aumenta la potencia y el gasto por encima del 10 por 100 de rampa; al resultado que se obtenga deberá aumentarse el 20 por 100.

Los factores amplificadores que se obtengan afectan a todos los elementos, gasolina, aceite, etc. (menos neumáticos).

En la página 614 se dibujan las rectas que con *v* constante ponen de manifiesto la variación de *P* con *i*, la interpolación es fácil.

Tengo que hacer observar que las rectas dibujadas dan los elementos para calcular el aumento de gasto de carburantes y lubricantes; el de neumáticos, por hoy, debe calcularse con la fórmula  $2(i-1)^2$ , siempre que *i* > 2 por 100; en la figura 6.<sup>a</sup> se dibuja la curva correspondiente.

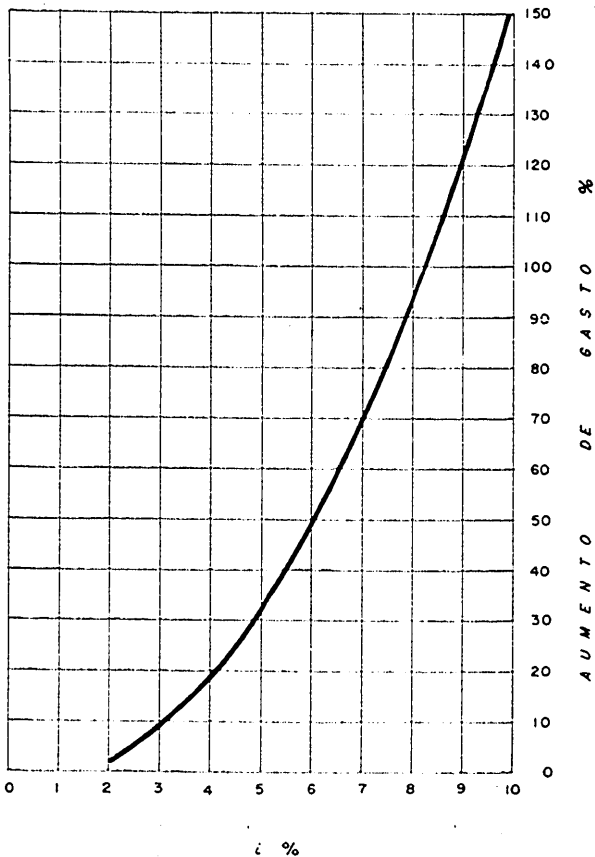


Fig. 7.<sup>a</sup> — Gasto de neumáticos en rampas.

Se aprecia que en una rampa de 8 por 100 se gastan los neumáticos el doble que en llano. La fórmula que se emplea es la que resulta de estudios en U.S.A. (figura 7.<sup>a</sup>).

#### Influencia de las curvas.

Las curvas tienen dos efectos distintos en la marcha de los vehículos; un suplemento de esfuerzo de tracción si se pueden abordar a la velocidad normal del itinerario, y un suplemento de pérdida de tiempo si hay que reducir la marcha.

De acuerdo con los estudios realizados en U.S.A., al primer caso se le puede aplicar la fórmula  $1 + f + 4 f^2$  para estimar el coeficiente de aumento

de gasto en curva respecto a la recta.  $f$  es el coeficiente de rozamiento transversal cuyo mínimo, límite de seguridad, es 20 por 100. El efecto no es de gran importancia; para  $f = 0,20$  el coeficiente amplificador vale:

$$1 + 0,2 + 4 \times 0,04 = 1,36.$$

Creo que para un cálculo corriente se puede estimar de modo uniforme 1,25 la ampliación de gasto, cierto que hay curvas de pequeño radio que exigen

(Circular de 18-XI-42) exige reducir a  $R > 0,05 V_b^2$ ,  $V_b =$  velocidad base del itinerario; creo por ello que no vale la pena de apurar las posibilidades matemáticas de la fórmula americana y aceptar la simplificación propuesta.

#### Disminución de velocidad y paradas.

De la experimentación llevada a cabo en U.S.A. se deducen resultados que se ponen de manifiesto

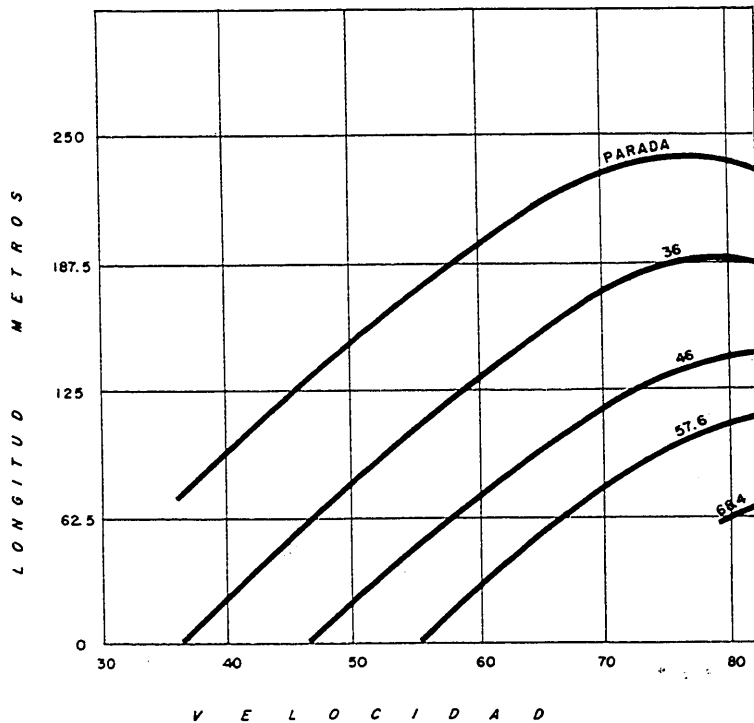


Fig. 8.ª — Longitud suplementaria. Resultado de una maniobra de disminución de velocidad y acelerado en comparación con la marcha a velocidad constante.

uno mayor, pero el cálculo debe hacerse solamente en los itinerarios principales.

Además se toman unos márgenes de seguridad grandes, de modo que la fórmula transcrita tiene un valor relativo; por ejemplo, la estabilidad de un coche exige en una curva que el coeficiente de rozamiento transversal sea el suficiente para oponerse al derrapaje, o sea, que debe verificar  $\frac{P}{g} \frac{v^2}{R} - i < P \cdot f$ , o sean, en forma más sencilla, y  $V$  en Km./h.:

$$R > \frac{V^2}{130(f + i)}$$

Para un peralte  $i = 10\%$ , y  $g = 0,40$ ,  $R > 0,015 V^2$ , pero la Dirección General de Carreteras francesa

en las figuras 8.ª y 9.ª, representativas de las pérdidas de tiempo y consumo de carburante, son claras y no parece que exigen explicación. Se ha de hacer observar que el consumo de lubricante se puede aceptar que crece como el de carburante; el de neumáticos tiene un coeficiente amplificador cinco veces mayor.

#### Valor del tiempo ahorrado.

Es un factor de cálculo muy difícil, porque el valor del tiempo de un usuario podría decirse que varía de cero a infinito. Entre un paseante que hace tiempo y un cirujano que marcha a realizar una operación heroica "in extremis", para salvar una vida humana, hay una diferencia que tal vez no difiere mucho de

la del cero y el infinito. Pero un cálculo no puede hacerse a base de extremos ni de sentimentalidades; hay que ir a la realidad media. El estudio hecho por la Dirección General de Carreteras francesa estima aceptables las cifras de  $1\frac{1}{2}$  viajero por coche, y el coste de la hora 1,15 veces el salario de un obrero en el mismo plazo, por persona.

En España tendríamos así  $1,5 \times 1,15 \times 80 = 180$  pesetas/hora; calculo el salario en 80 pesetas, cifra que no tiene nada que ver con la base impositiva de

marcha a base de la consideración de las velocidades máxima y mínima de los vehículos que circulan.

También por otras consideraciones se ha llegado a una ley exponencial, curva de la figura 10. Más que esa consideración, interesan algunas reflexiones de carácter práctico; en una rampa larga, de 5 por 100 ó más, una calzada especial para vehículos lentos será utilísima; será una mejora que participa de las características de capacidad y productividad.

Creo que hacen falta muchos estudios prácticos;

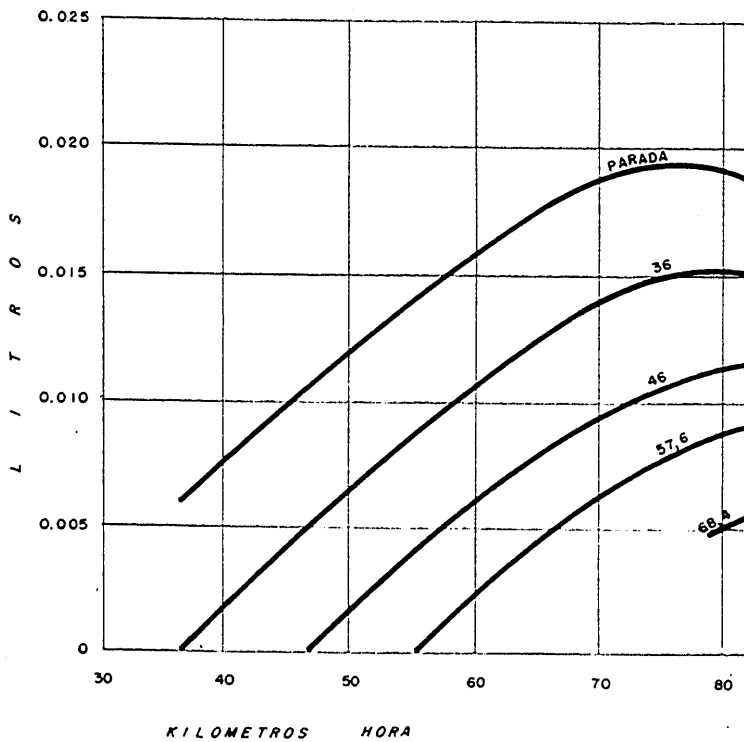


Fig. 9.ª — Suplemento del consumo de carburante en el transcurso de una maniobra de disminución de velocidad y aceleración en comparación con la marcha a velocidad constante.

seguros de accidentes, enfermedad, etc. En Bélgica, la cifra oscila entre 60 y 80 francos belgas (67 y 90 pesetas). En vista de ello, no parece que hay inconveniente en aceptar 100 pesetas/hora como coste de la hora de un coche (o camión).

#### Influencia de la intensidad de circulación.

Una carretera de circulación intensa constituye un real obstáculo para que aquella se haga bien. El número de vehículos, sus velocidades propias, motivan un entorpecimiento; los rápidos han de adelantar a los lentos en el momento que puedan. Se ha tratado de fundamentar el cálculo del valor del retraso en la

los de carácter puramente teórico tienen que partir de hipótesis, tal vez verosímiles, pero no reales. El cálculo de probabilidades aplicado a averiguar el tiempo que se puede tardar en hacer un adelanto o en ocupar un sitio en la fila de coches que circula, arroja unos resultados con un valor práctico muy relativo.

Existe, además, un factor personal, el conductor; eso ya es difícilísimo de tener en cuenta; si para poder medir algo es preciso definir la igualdad y la suma, ¿cómo se aprecia la igualdad de pericias de los conductores? Por otra parte, un mismo conductor en diferentes condiciones morales y materiales, a distintas horas del día, tiene unos rendimientos totalmente distintos.

Por el momento, y en tanto no haya algo mejor,-

hay que conformarse con la curva exponencial ya citada:

$$2 + 14 e^{\left(\frac{-N}{350} \frac{N}{1000}\right)^3}$$

*Amenidad y comodidad.*

Son elementos no valorables por su extremo ca-

Carreteras de amplios arcenes, sin obstáculos, postes indicadores o árboles.

Existencia de dos calzadas separadas para cada sentido de circulación; es apetecible que el seto de separación esté en una faja de 4-5 m. de anchura mínima.

Iluminación de las carreteras; evita el posible des-

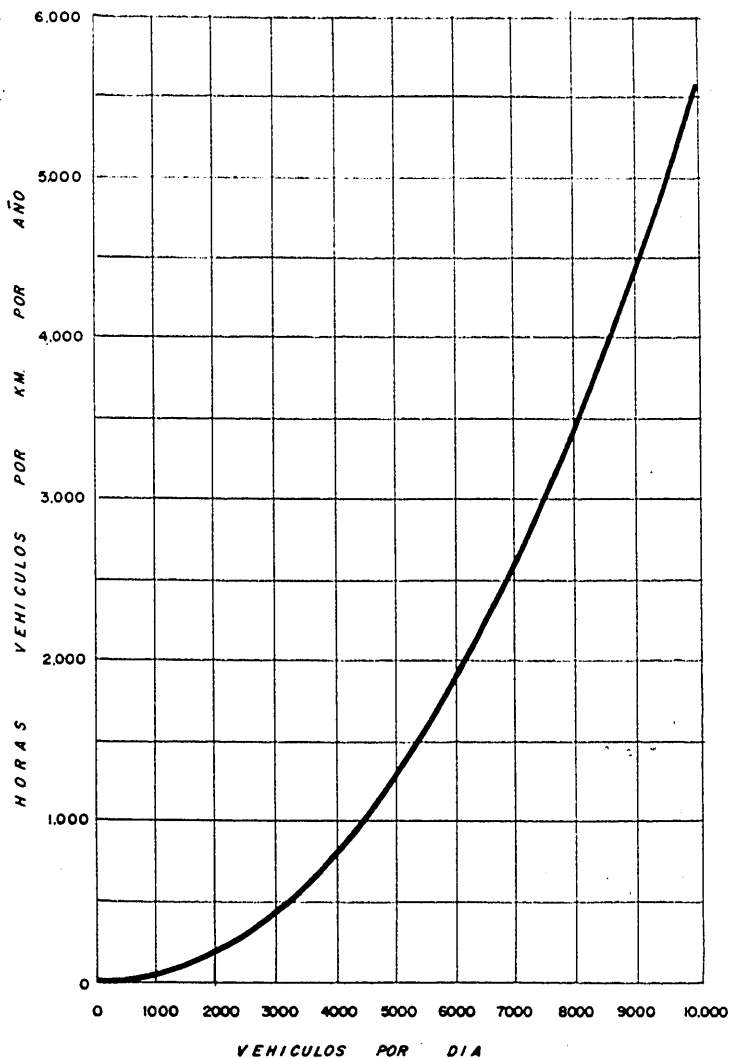


Fig. 10. — Tiempo perdido en una carretera de doble sentido de circulación, en función de la intensidad de tráfico medio diario.

rácter de subjetividad; cito algunos elementos que contribuyen al bienestar del usuario:

Un firme liso.

Carretera despejada, con buena visibilidad, suprime la fatiga nerviosa que produce ir pendiente de lo imprevisto. Se puede circular a mayor velocidad, pero sobre todo con más tranquilidad.

lumbramiento por los faros de coches en sentido contrario.

Todo esto puede ser valorable; pero hoy por hoy no hay elementos para hacerlo; tal vez sería útil investigar la opinión de los usuarios; he ahí uno de los muchísimos estudios pendientes en una carretera.

### Aumento de seguridad.

Es una preocupación que podríamos llamar universal, el número de accidentes con su consecuencia de muertos, heridos y daños materiales; es algo que da mucho que pensar.

De los datos estadísticos de 1959, publicados por la Sección de Explotación y Tráfico de Carreteras de la Dirección General de Ferrocarriles, resultan las siguientes cifras para el expresado año (fuera de los núcleos urbanos):

Muertos .....	983	
	<hr/>	983
Heridos graves .....	3 564	
Idem leves .....	8 268	
	<hr/>	12 815
Número de accidentes .....		10 347

En Francia se calculan las pérdidas siguientes, cifradas en pesetas al cambio oficial (números redondos):

1 muerto produce una pérdida económica de .....	1 300 000
1 herido .....	500 000
Daños materiales en un accidente .....	40 000
Idem íd. íd. con víctimas .....	50 000

En Bélgica (estudio Autopista Bruselas-París) se estiman las cifras siguientes:

1 muerto produce una pérdida de .....	1 400 000
1 herido .....	50 000
Pérdidas materiales por accidente, con víctimas .....	30 000
Idem íd. de un accidente .....	10 000

A estas cifras se llega después de un estudio muy extenso e interesante, pero que no estimo tiene su lugar aquí. Tomaré las cifras más bajas, a fin de que no se tache el balance de exagerado:

	Millones de pesetas
983 muertos en 1959, a 1 300 000 pesetas de pérdida .....	1 280
11 832 heridos en 1959, a 50 000 pesetas de pérdida .....	591
Pérdidas materiales en accidentes, $10\,347 \times 30\,000$ .....	310
Idem íd. sin víctimas, $2\,500 \times 10\,000$ .....	25
	<hr/>
SUMA .....	2 206

No es preciso insistir, ante la cifra resultante; supera la pérdida por accidentes a la consignación presupuestaria para carreteras.

Las proporciones en Francia de accidentes por millón de vehículo/Km., son las siguientes:

Carretera de dos vías .....	2,2
Carretera de tres vías .....	2,4
Carretera de cuatro circulaciones (no separados los sentidos) .....	1,4
Autopistas .....	2,1

Hay que resaltar que la mayoría de los accidentes se producen en recta, con buen tiempo y perfecta iluminación.

En América, el control de los accesos reduce la proporción de accidentes de 2,4 a 1,4 por millón de vehículos/Km.

De los datos de que dispongo se deduce que en España, en 1957, hubo un total de accidentes de 15 536, con 6 500 millones de vehículos/Km.; resulta una proporción elevada, 2,5 accidentes/millón. No hay que negar que la estadística no es perfecta, porque hay muchos accidentes de los que no se da parte. La actual vigilancia de carreteras va enderezando la policía del tráfico, pero queda mucho por hacer.

En la obra del Ingeniero Jefe francés Mr. Leroux. *Los accidentes, la circulación y la carretera*, se hace un detenidísimo estudio del tema; me limito a señalar dos puntos interesantes: Respecto a la carretera, su coeficiente de rugosidad, evitar los patinazos y derrapajes, debería ser una característica como el perfil longitudinal; en relación con el usuario, vehículo con sus cubiertas sin dibujo no debería circular ni un kilómetro, es (frase original) el enemigo público número 1 de la circulación. Añado por mi cuenta: un vehículo tiene una vida, todo lo que sea hacerle servir más allá de su límite, es provocar accidentes; mucho podría glosarse del libro citado, pero sus 500 páginas vedan hacerlo aquí *in extenso*.

### Possibilidad de transportar un tonelaje más elevado.

Es evidente que las mejoras que den lugar a este efecto han de alcanzar a itinerarios completos o a fracciones de ellos, cuyos extremos sean puntos comerciales de una suma apreciable de origen y destino de mercancías. También puede darse el caso de un punto singular en un itinerario, que sea clave.

Ya he hablado de uno típico: el del paso del Cabirol, en la carretera nacional III, Madrid-Valencia, cuya mejora repercutiría en todo el itinerario y sus extremos tienen intenso enlace comercial.

Si se supone que un camión de 10 Tn. de carga tiene que reducirla en un 20 por 100 por el paso citado, que el coeficiente de aprovechamiento es un 75 por 100 y que la tarifa es de 1,00 pta./Tn./Km., el beneficio del camión en el recorrido será:  $350 \times 2 \times 0,75 \times 1,00 = 525,00$  pesetas.

Lamento no tener a mano los datos completos del caso para hacer el estudio íntegro, pero confío en que si esta "Nota" se lee en Valencia, hay en la Jefatura elementos muy capaces de hacerlo, y de hacerlo bien.

#### *Balance estatal de las mejoras de carreteras.*

Copio a continuación la conclusión II del estudio "Criterios de rentabilidad de las obras en carreteras" (Dirección General francesa), redactada por el hoy Director General Mr. Coquand.

"La apreciación de la rentabilidad de una obra, desde el punto de vista de la economía general de la nación, es difícil, porque hay que tener en cuenta una porción de elementos cuya valoración no es fácil y porque el impacto de una mejora de las condiciones de circulación sobre la economía general es de efectos muy complejos (utilidad del transporte, beneficio de los transportistas, aspecto fiscal, coordinación, etcétera).

Por el contrario, es relativamente fácil determinar las ventajas de una obra para la masa de los usuarios de la carretera y calcular las economías que puede arrojar el balance del usuario.

Es recomendable adoptar este segundo punto de vista para estudiar la utilidad de una obra, en espera de que los estudios económicos permitan abordar con ciertas garantías el otro aspecto.

El método tiene las siguientes ventajas:

- 1.ª El problema es más sencillo.
- 2.ª Se pueden adoptar bases de cálculo prudentes, y aun pesimistas, al no tratar de valorar el interés económico total del proyecto sin facilitar la comparación entre situaciones y obras de la misma naturaleza. Lo que no sería legítimo si se tratase de establecer una jerarquía en los gastos públicos.
- 3.ª Las ventajas ofrecidas a los usuarios representan la mayor parte del interés económico global de la operación.
- 4.ª Si se trata de obras financiadas por impuestos que gravan únicamente a los usuarios, es lógico calcular las ventajas que ese gasto les proporciona.
- 5.ª Finalmente, siempre es posible, si fuese necesario, tener en cuenta, al menos cuantitativamente, el interés especial que pueden tener ciertas obras (turismo, defensa nacional, etc.).

Se afirma después que la utilidad de un proyecto será patente en el caso de que la suma de las economías de los usuarios sea igual a la anualidad de amortización del gasto, en el plazo de la eficacia de los trabajos (o el de la concesión, si la carretera fuese construída y explotada por una Empresa).

Será preciso añadir al gasto: los intereses intercalarios y los perjuicios ocasionados a los usuarios durante las obras.

Si la obra es muy importante, conviene seccionarla y asignar a cada uno de sus elementos un plazo de

eficacia, que no debería exceder de treinta y ocho años.

No obstante lo expuesto, conviene considerar dos cifras que *entran bien por los ojos*; ya se ha visto que el gasto del transporte por carretera se eleva a 12 000 millones de pesetas y las pérdidas por accidentes a 2 200.

Si la mejora de la red viaria permite economizar un 10 por 100 de los gastos y una cuidada policía reducir los accidentes a la mitad, se obtendría una economía de carácter nacional de 2 300 millones referida al año 1959 y creciente con el parque de vehículos. Creo que la financiación de un plan de mejoras requeriría una anualidad inferior a la que resulte de valorar las economías y actualizarlas.

#### V. EL BALANCE DE LA ECONOMÍA DE LOS USUARIOS. EJEMPLO.

Creo que el mejor procedimiento de hacer ver el cálculo de la rentabilidad de una obra fácil, se reduce a realizarlo con un caso ideal. Voy a llevarlo a cabo: en el supuesto de un sentido de circulación, no habría dificultad en hacerlo en los dos, pero ya que se trata de un caso no real, no hay inconveniente en atribuir simetría al perfil longitudinal.

#### *Características del trazado actual.*

- Longitud, 10 Km.
- Estado del firme, mediano.
- Perfil longitudinal (en cada lado): 2 Km. a 5 por 100; 2 Km. a 7 por 100; 1 Km. a 10 por 100.
- Curvas: suma de desarrollos, 2 500 m.; peralte, 10 por 100.
- Circulación horaria de punta, 500 vehículos.
- Composición de la circulación: 350 turismos, 150 camiones.
- Tipo de turismo, Seat 1 400.
- Tipo del camión, 10 Tn. de carga.

#### *Variante; sus características.*

- Longitud, 8 Km.
- Estado del firme, muy bueno.
- Perfil longitudinal: 2 Km. a 5 por 100; 2 Km. a 3 por 100.
- Curvas: suma de desarrollos, 1 500 m.; peralte, 10 por 100.
- Circulación y su composición, la misma que en la actual.
- Gastos normales por Km. en buen firme/Km., en horizontal:
- Turismo Seat 1 400 (incluso conservación y amortización), 2,00 pesetas.

Camión 10 Tn., cargado (incluso conservación y amortización), 15,00 pesetas.

Suplementos de coste en las rampas (fig. 6.<sup>a</sup>) turismo: 5 por 100. Velocidad, 60 Km./h. = 6 CV. Potencia coche, 10 CV. Suplemento, 60 por 100 = 1,20 ptas./Km.

7 por 100. Velocidad, 40 Km./h. = 12 CV. Potencia coche, 10 CV. Suplemento, 120 por 100 = 2,40 ptas./Km.

10 por 100. Velocidad, 30 Km./h. = 12 CV. Potencia coche, 10 CV. Suplemento, 120 por 100 = 2,40 ptas./Km. Suplemento en la rampa, 10 por 100; por marcha corta, 20 por 100 = 0,48 ptas./Km. Total, 2,88 ptas./Km.

Parte neumáticos en 2,00 ptas, 15 por 100 = 0,30 pesetas.

Aumento del gasto de cubiertas por Km. (fig. 7.<sup>a</sup>): 5 por 100 = 32 por 100 = 0,09 pesetas.

7 por 100 = 70 por 100 = 0,21 ptas.

10 por 100 = 162 por 100 = 0,48 ptas.

No computo reducción de gasto en el descenso; tendré como resultado:

#### Gasto itinerario actual.

	Pesetas
Turismos, 10 Km. a 2,00 ptas. ....	20,00
Aumento por mal firme, 10 por 100 .....	2,00
2 Km. a 5 por 100, a 1,20 ptas. ....	2,40
2 Km. a 7 por 100, a 2,40 ptas. ....	4,80
1 Km. a 10 por 100 .....	2,88
2500 m. curvas = $2,5 \times 2 \times 0,25$ .....	1,25
SUMA .....	33,33

#### Gasto en la variante.

	Pesetas
8 Km. a 2,00 ptas. ....	16,00
2 Km. a 5 por 100 .....	2,40
2 Km. a 3 por 100 .....	0,60
Curvas: $1,5 \times 2 \times 0,25$ .....	0,75
SUMA .....	19,75

Economía en el recorrido, 33,33 — 1975 = 13,58 pesetas, o sea un 40 por 100.

El recorrido del camión cuesta hoy, supuestos los mismos porcentajes,  $15 \times 8 \times 1,67 = 200$  pesetas, la economía de 40 por 100 = 80 pesetas.

La circulación hora/punta se supone un 10 por 100 de la total; luego el ahorro total será:

	Pesetas/día
Turismos .....	$3\ 500 \times 13,58 = 47\ 530$
Camiones .....	$1\ 500 \times 80,00 = 120\ 000$
SUMA .....	167\ 530

El ahorro anual será 61,14 millones. Si la circulación se supone en 1 000 vehículos/día, el ahorro será de 12 millones de pesetas en números redondos.

Estimado el coste de la variante en 200 millones de pesetas, el momento crítico de rentabilidad se produciría en el instante en que las economías alcancen la cifra de 16 millones de pesetas. Todo lo expuesto se refiere a obra construída por el Estado; la hipótesis contraria, la carretera de peaje construída y explotada por una Empresa, tiene aspectos que no interesan en este momento.

En el estudio anterior no se han tenido en cuenta el ahorro de tiempo, que un recorrido pequeño vale poco, ni el aumento de carga posible en los camiones, que hay que hacerlo en la realidad. Precisa hacer observar que para el cálculo del ahorro hemos supuesto *todos* los camiones cargados, lo cual no es real. Pero como modelo para un cálculo de la rentabilidad de un proyecto, sirve de guía.

## VI. CONSIDERACIONES FINALES.

Creo que en lo que precede hay suficiente materia para que se aprecie la importancia del tema y la falta de investigación sobre la mayoría de los puntos tratados. Se está en el caso de acudir al empirismo, ya que, al faltar la base, la ciencia pura, no es factible desarrollar la aplicada.

He acudido a datos franceses, belgas y americanos; creo más útiles para nosotros los primeros. países más a nuestra escala... de un modo relativo. En Francia y en cada uno de sus departamentos, se emplea más betún que en toda España.

El que haya tenido la paciencia de leer esta "Nota", querría que apreciase bien el lugar que entiendo debe asignarse a la cuestión económica en las obras públicas: es auxiliar, no básica.

Para terminar, una breve consideración sobre el precio de la vida humana (o la pérdida que supone para la colectividad que desaparezca), siempre en términos de realidad material; otro aspecto no corresponde a esta "Nota".

Una vida humana, mientras existe, tiene un valor que podría calificarse de infinito; para conservarla no se regatean medios, cirugía, medicina; todo se pone en movimiento y no se cuenta lo que se gasta. ¡Hay que salvar esa vida! Al desaparecer, no puede tasarse con arreglo a las tarifas de las Compañías de Seguros; es el cliente el que se tasa con arreglo únicamente a sus disponibilidades para el pago de primas.

Un estudio muy complejo, a base de tablas de vida, consumo y producción probables, conduce a las cifras que figuran en el texto; sería muy deseable que se hiciese en España; es de los temas interesantes hoy.