

ANALISIS DE LOS RATIOS SOBRE LOS ACCIDENTES Y LOS BENEFICIOS DE UN PROYECTO DE AUTOPISTA

*(Hecho por Manuel Mateos de Vicente,
Dr. Ing. CCP; ITOP; PhD; MSc; Professional Engineer, especialidad Highways
(después de aprobar satisfactoriamente los exámenes y aceptar la evaluación de su
trayecto profesional como ingeniero responsable en la especialidad carreteras, así
como ser aceptado su comportamiento cívico)*

Este es un análisis básico para hallar los fundamentos de la seguridad vial en España.

Partiendo de aquí, se pueden obtener las variaciones anuales en ratios así como el número de accidentes o personas accidentadas por kilómetros recorridos. Este análisis es el que hacen los ingenieros de tráfico para conocer la realidad a diferencia de los análisis hechos basándose en el número de vehículos existentes o que circulan, o basándose en la población, que no tienen ningún valor para una evaluación de la accidentalidad real en un país, una carretera normal o una autopista.

*A través de los ratios, se puede ir deduciendo el descenso que ha habido en las muertes por kilómetros recorridos en España. Si se hiciera todos los años se podría tener una idea real de lo que han significado las mejoras relacionadas con la ingeniería de tránsito (o de tráfico, tomando el anglicismo arraigado). Con las mejoras que suponen los cambios estimamos que se han evitado en estos 40 años unas 330.000 víctimas mortales. En ello ha contribuido todo el mundo, incluso los vapuleados conductores. Con las numerosas propuestas que hemos hecho y que han sido llevadas a la práctica es natural que hayamos influido en evitar cierto número de víctimas. **Consideramos que las muchas (¿más de un centenar?) de nuestras propuestas llevadas a la práctica pueden haber contribuido en un 3 %, cifra conservadora, a esa disminución, por lo que resulta que hemos podido a evitar unas 10.000 muertes. (Nadie nos ha dado las gracias, de los Organismos que las han aplicado, copiado o ¿plagiado?).***

0.PRÓLOGO ACTUAL (2005)

Presentamos por primera vez, en 1964, estos conceptos como el número de muertos reales, basándonos en los que se consideraban entonces, 1962, que eran los del día del accidente (los que morían después no se contaban). Para ello visitamos varios hospitales, donde nos informaron de las personas que mueren en los días después de un accidente. Esta valuación que resultó acertada al compararla con los ajustes que se recomendaron oficialmente treinta años después.

Mencionamos también que los accidentes y muertes hay que considerarlos en función de los kilómetros recorridos, no en función del número de vehículos, o de la población, como se hacía entonces. Así, calculamos que en 1962 murieron en España 17'8 personas por cien millones de vehículos-quilómetro (100.000.000 de kilómetros recorridos por el conjunto de los distintos vehículos).

Se introduce el concepto de autofinanciación de las autopistas basándonos en los estudios hechos fuera de España (Estados Unidos), donde la relación era (entonces, ahora en 2005 es menor) tan solo de 1'75 muertes por cien millones de vehículo-quilómetro. Es decir que una autopista podría bajar la relación de muertos por kilómetros recorrido en una décima parte de lo que entonces ocurría en España (Este concepto se "halló" en España muchos años después, basándonos en lo que se informa en la Prensa).

Basados en cifras de Estados Unidos (País entonces a la cabeza de la Ingeniería de Tránsito o –usando el anglicismo- de Tráfico) hacemos un estudio del beneficio de la autopista Barcelona a Molins de Rey, resultando la relación beneficio-coste siguiente:

Año 1970 = 4'5

Año 1980 = 7'6

Luego la autopista se paga a sí misma.

Este estudio lo hice en 1964 y no se incluyó en el Proyecto, lo que fue un error si lo consideramos hoy en día; se basaba en algunos conceptos no familiares entonces en España. Lo presentamos aquí porque contiene información útil para poderla comparar con las cifras actuales. Por ejemplo si los kilómetros recorridos en 19.. son y las muertes ocurridas en carretera son....., entonces la relación actual, beneficio-coste es de, lo que significa que ha habido xxx mejoras enormes en la seguridad vial. A estas mejoras han contribuido organismos oficiales como la Dirección General de Carreteras, la Dirección General de Tráfico, y también las Compañías de Seguros y los fabricantes de coches y el conductor ha ido teniendo más práctica y conocimientos de la conducción. No queremos pecar de modestos pero nuestros centenares de propuestas (muchas aceptadas y las no aceptadas todavía habrán contribuido a otras mejoras) pueden haber contribuido a salvar al menos 10.000 muertes. Esperemos que la aplicación de más propuestas nuestras contribuyan a rebajar aún más la cifra actual de accidentes y muertes en las carreteras y calles de España.

INFORME HECHO EN 1964 SOBRE LOS ACCIDENTES VIALES HABIDOS EN 1962 Y SU APLICACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN DE AUTOPISTAS

1. JUSTIFICACIÓN

Se presenta un análisis económico de la construcción de la autopista de Barcelona a Molins de Rey donde se anticipan conceptos y se expone el problema existente en aquel tiempo. Es de interés para compararlo con los factores y ratios actuales. Fue preparado en 1964.

2. INTRODUCCIÓN

Una de las facetas que más influyen en el mantenimiento del estado actual de nuestra civilización, así como en su continuo desarrollo, es el transporte. La variedad y eficiencia del transporte actual, a pesar de sus numerosos fallos, mantiene la economía de los países en un movimiento progresivo constante, en un estado de ebullición. El transporte ha pasado desde el movimiento de mercancías y personas a través de caminos terrestres y marítimos, a ser un complicado sistema que emplea una gran variedad de métodos y medios. Ahora se transportan no sólo mercancías y personas sino otros entes más abstractos como la voz, los datos y las imágenes y se ha mejorado el transporte de otros como la energía y fluidos como el agua, carbón, etc.. La red de transporte abarca medios terrestres, marítimos, aéreos y espaciales, e incluye caminos, autopistas, ferrocarriles, ascensores, cintas transportadoras, tuberías, oleoductos y gaseoductos, aeropuertos, rutas fluviales y marítimas, líneas con o sin hilos de telégrafos, televisión y eléctricas, y modernas estaciones y rutas espaciales. La perfecta interacción de los diversos sistemas de transporte mantiene vital la savia que alimenta y sostiene la economía. Esta dependencia llega a dramatizarse cuando, debido a accidentes, tormentas, huelgas, etc, falla alguno de los sistemas de transporte: se paralizan algunos sectores de la vida nacional y la economía se resiente.

Cuando se estudia el transporte por carretera hay que hacerlo considerándolo como parte integrante de los otros sistemas que realizan funciones análogas. La amplitud de esta relación depende del ámbito afectado. En un ámbito internacional o nacional la solvencia de una red de carreteras tiene que ser estudiada y comparada con todos los otros sistemas de transporte; en este ámbito el sistema de carreteras afecta sensiblemente a los sistemas de ferrocarriles, rutas fluviales y marítimas y rutas aéreas. En un ámbito local la carretera afecta a menos sistemas de transporte: ferrocarriles metropolitanos y suburbanos, líneas de tranvías y, si se proyecta hacia el futuro, líneas de mono-raíles y helicópteros.

La autopista del proyecto que se extiende entre Molins de Rey y el límite de la ciudad de Barcelona (final de la Diagonal) forma parte de la carretera N-II de Madrid a la Junquera. También forma parte integrante del Tercer cinturón de Barcelona. El ámbito es por lo tanto nacional y local.

El análisis de la solvencia del tramo de autopista en estudio, como parte integrante de la carretera N-II, ha sido ya hecho por formar parte del Plan General de Carreteras (Ref.: “Plan General de Carreteras”, Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, Madrid, 1961). Esta carretera N-II forma parte de la Red Azul nacional y es parte de la carretera E-4 de la Red Esmeralda Internacional Europea.

El estudio de la solvencia económica del establecimiento de la autopista como parte integrante de la red local toma en consideración una gama de factores. Entre estos se encuentra el impacto de

la carretera como sistema de transporte en la agricultura, industria y comercio, urbanización, turismo, ahorro en el coste del transporte y otros beneficios. Es necesario analizar también la repercusión que la autopista pueda tener en otras vías de comunicación.

La necesidad de poseer adecuadas vías de comunicación para el desarrollo económico de los pueblos es un hecho bien conocido. Sin vías de comunicación las comunidades llevan una vida precaria desde todos los puntos de vista: material, social y cultural. Aunque en esta zona existen vías de comunicación, éstas son inadecuadas para el estado actual de la economía de la región, e impedirán no sólo su desarrollo normal sino el establecimiento de programas de urbanización e industrialización necesarios para la descongestión de Barcelona.

La autopista, según se ha indicado, forma parte del Tercer Cinturón de Autopistas de Barcelona que enlazará la región del Vallés con el resto de la comarca. En los planos urbanísticos de Barcelona y su comarca está previsto que en la zona del Vallés se establezcan grandes núcleos urbanos para lo cual es indispensable establecer un sistema de transporte adecuado.

Las vías de comunicación existentes entre el Vallés y Barcelona son de poca categoría; carreteras sinuosas y estrechas y un ferrocarril que llega hasta Sarriá, en la zona urbana oeste de Barcelona. Es posible extender este ferrocarril. También es posible construir ramales en las líneas de los ferrocarriles privados y de la RENFE que van a lo largo de los valles del Llobregat y del Besós.

El mejoramiento de los ferrocarriles existentes y el establecimiento de líneas nuevas no resolvería el problema por completo. Es necesario construir carreteras para acomodar los millares de vehículos que servirán a los residentes y a las industrias del Vallés.

Aparte de las necesidades imperiosas derivadas del desarrollo económico de la comarca de Barcelona la carretera N-II no es suficiente para el tráfico, o sea tránsito en español vernacular, que existe en la actualidad. Esta carretera está saturada durante muchas horas al año, lo que origina perjuicios debidos al lento movimiento de vehículos y a los accidentes.

Muchos habitantes de Barcelona, como ocurre en todas las grandes urbes, buscan expansión y solaz en la salida al campo dominguera. Esta es una aspiración noble y necesaria después de los ajetreos y tensiones de la vida en una ciudad moderna. La autopista proporcionará una fácil salida a aquellos que quieran huir del tráfico urbano para hacer turismo de fin de semana.

Una de las rutas que llevan al Monasterio de Montserrat es la carretera N-II. La autopista facilitará el viaje hacia este punto de atracción turística y religiosa.

Uno de los beneficios directos fáciles de computar es el ahorro de tiempo al usar la autopista en lugar de la carretera. En la actualidad, la carretera se encuentra congestionada durante varias horas anuales; se forman largas colas de vehículos a ambos lados del puente de Esplugas y de los pasos a nivel. A medida que el tránsito aumente las congestiones aumentarían en una proporción mayor que el aumento del tránsito, ocasionando pérdidas inmensas.

La autopista creará beneficios indirectos, tales como la plusvalía de terrenos colindantes o de las zonas de influencia.

Crearé beneficios intangibles al proporcionar al viajero una ruta libre de obstáculos, de carreteras adyacentes que la puedan intersectar de una manera abrupta, de vehículos que circulan en direcciones opuestas por la misma calzada; el deslumbramiento nocturno quedará reducido al establecerse una mediana amplia para separación de calzadas de distinto sentido; no existirán cruces a nivel y los vehículos entrantes se incorporarán al flujo de una manera que podría considerarse

óptima hidráulicamente. Todos estos beneficios intangibles crearán un confort en el usuario causando una mínima fatiga al conducir o aún anulándola por completo.

Tal vez uno de los mayores beneficios se realicen al reducir el número de accidentes de toda clase: mortales, con heridos o con desperfectos materiales solamente.

A continuación se analizan varios aspectos económicos relacionados con la construcción de la autopista.

3. ANALISIS Y COSTE DE ACCIDENTES

Según datos publicados (“Accidentes de Circulación”, Jefatura Central de Tráfico, Madrid, 1962) durante el año 1962, hubo 1.603 personas que murieron “en el acto” en accidentes de la circulación en carreteras no urbanas. En estas carreteras se recorrieron, según datos en la misma publicación, 12.920 millones de kilómetros-vehículo.

La cifra de muertos en el acto no representa más que un porcentaje de las personas que mueren en realidad, debido a accidentes de la circulación. La persona que experimenta un choque traumático, o recibe heridas internas y muere unos días después del accidente no está incluida en la cifra de muertos. Sólo lo están los que mueren antes de las 24 horas. El mismo criterio es seguido por la Sección de Seguridad Vial de la Dirección General de Carreteras. Es obvio que en la cifra de muertos debemos incluir todos los que mueren en accidentes de la circulación o por causas debidas a estos accidentes. Las estadísticas de accidentes en carretera se han empezado a llevar en época reciente y por lo tanto se comprende que existan dificultades en obtener las cifras de los que mueren después del accidente. Para paliar esta falta de datos será necesario hacer una estimación. (Ref: “Los Accidentes y sus costes”, por Manuel Mateos, “Carreteras”, Mayo 1964).

En el año 1962 se notificaron 26.073 víctimas en accidentes de carretera, de las cuales 1.603 murieron antes de las 24 horas después del accidente, lo que da 24.470 heridos.

De estos 24.470 heridos, se puede considerar que 10.000 fueron graves y que el 7% de estos murieron como consecuencia del accidente. Estas estimaciones nos dan un número de muertos de 1.603 más 700, o sea, 2.303.

Una manera normalizada de dar el número de muertos es en función de los kilómetros-vehículo. Considerando las cifras obtenidas, tenemos que en el año 1.962 murieron en las carreteras españolas 17.8 personas por cien millones de vehículos-kilómetro.

Las cifras anteriores deben ser analizadas comparativamente para establecer las bases para este estudio. El país que trata por medios más eficaces de reducir los accidentes en las carreteras es Estados Unidos. Las autopistas de Estados Unidos tienen un índice de 1'75 muertos por cien millones de vehículo-kilómetro (2'8 muertos por cien millones de vehículos-milla).

La autopista tendrá unas características análogas a las americanas (Son varios los ingenieros de Estados Unidos que están cooperando, asesorando y trabajando en el Proyecto como parte del acuerdo entre la empresa adjudicataria, Torán y Cia., y los consultores Tippets-Abett-Mc Carthy-Stratton).

Si se establece una directriz de actuación en los conductores a base de una pequeña campaña de educación y se complementa por una actuación de la policía de carreteras firme, decidida e inquebrantable, se puede conseguir en la autopista un índice de 2 muertos por cien millones de

vehículos-kilómetro. (Como se ve se da una cifra conservadora para paliar las diferencias posibles entre conductores de ambos países: EEUU de donde se copia la técnica y España)).

En virtud de los razonamientos anteriores se puede establecer que la autopista reducirá el índice de muertos desde 17'8 a 2. Esto significa que ahorrará 15'8 vidas por cien millones de vehículos-kilómetro. Los vehículos que circularán por la autopista están indicados en el Cuadro 1 con cifras tomadas de las prognosis de tráfico dadas por la Dirección General de Carreteras. Considerando que la autopista tendrá 10'6 km de longitud, las cifras diarias de vehículos que circulan están dadas en el Cuadro 2.

Cuadro 1			
Longitud e intensidades de tráfico de los tramos de la autopista			
Tramo	Longitud (m.)	Intensidad media diaria (IMD)	
		1970	1980
Diagonal-Espuglas	450	38.000	68.000
Espuglas-S. Justo	2.520	25.000	36.000
S. Justo-C. Litoral	4.030	20.000	35.000
C. Litoral-Molins	3.600	20.000	32.000

Cuadro 2		
Vehículos-Kilómetro-Día efectuados en la autopista		
Tramo	Vehículos/Kilómetro/día	
	1970	1980
Diagonal-Espuglas	38.000	68.000
Espuglas-S. Justo	25.000	36.000
S. Justo-C. Litoral	20.000	35.000
C. Litoral-Molins	20.000	32.000
TOTAL	233.700	377.570

Anualmente se tendrá

$$\text{En 1970} = 233.700 \times 365 = 0'85 \times 108 \text{ veh-Km}$$

$$\text{En 1980} = 377.570 \times 365 = 1'38 \times 108 \text{ veh-Km}$$

El ahorro de vidas que se obtiene con la construcción de la autopista será:

$$\text{En el año 1970, } 0,85 \times 15'8 = 13'4 \text{ vidas}$$

$$\text{En el año 1980, } 1,38 \times 15'8 = 21'8 \text{ vidas}$$

La disminución en el número de heridos se puede calcular mediante la relación que existe entre la cifra de muertos y la de heridos en las carreteras españolas. Según se indica anteriormente, hubo en el año 1962, 26.073 víctimas controladas por las autoridades. De estas 2.303 fueron muertos, por lo tanto el número de heridos fue $26.073 - 2.303 = 23.700$. La relación, en un plan nacional, es por consiguiente de 1 muerto por cada 10'2 heridos en carretera. La disminución en el número de heridos que proporcionan las características de seguridad de la autopista son

$$\text{En 1970, } 13'4 \times 10'2 = 137 \text{ heridos}$$

$$\text{En 1980, } 21'8 \times 10'2 = 222 \text{ heridos}$$

El cálculo de la disminución en el número de accidentes sin víctimas debe hacerse por estimación, al no existir estadísticas completas sobre estos accidentes. El número de accidentes con víctimas fue de 32.225, en 1962. Una cifra muy conservadora de accidentes sin víctimas es considerarla análoga al número de accidentes con víctimas, es decir 32.000. Para justificar esta elección se ha de indicar que en Estados Unidos las proporciones son de una muerte por cada 35 heridos y cada 225 accidentes sin víctimas; esto es para todo el país, vías urbanas y carreteras. La proporción total entre heridos y accidentes sin víctimas es allí del orden de 35 a 225, o sea de 1 a 6,42. En este estudio se toma solamente una proporción de heridos a accidentes sin víctimas de 1 a 1; excesivamente conservadora. Basándose en esto último, la autopista ahorrará:

En 1970, 137 colisiones sin víctimas

En 1980, 222 colisiones sin víctimas

Para llevar a cabo un estudio económico de los ahorros originados al reducir el número de accidentes es necesario valorar el coste de las distintas condiciones o partidas.

4. COSTE DE LOS ACCIDENTES

Es difícil evaluar económicamente las consecuencias originadas por los accidentes debido a los factores sentimentales que su análisis envuelve. La mayor controversia existe con respecto a expresar materialmente en dinero la pérdida originada al morir una persona como consecuencia de un accidente. Los extremos pasan desde los que, invocando valores teológicos, expresan que el ser humano no puede valorar materialmente la vida de una persona por no tener valor material, sino espiritual, hasta aquellos que consideran que el valor de una persona es infinito. Estas divergencias resaltan la dificultad del problema. Se llevará a cabo una evaluación que se tratará de hacerla realista.

Al morir una persona se cortan los beneficios que esta persona producía a la sociedad, se cortan sus actividades y sus posibilidades de obtener un sueldo para mantenerse a sí mismo o a su familia. Se puede objetar a esto que hay muchas víctimas sin profesión, o niños o ancianos. Para contrarrestar estas posibles objeciones se puede indicar que de las 1.603 muertes ocurridas en 1962, 1.165 eran personas entre 18 y 64 años de edad. La gran mayoría estaba pues en edad productiva.

Sin elaborar más, se puede estimar que cada muerte ocurrida en la carretera cuesta a la nación solamente 700.000 pesetas. En esta cantidad, no exagerada, se incluye la pérdida de productividad de la persona, gastos judiciales, policíacos y estadísticos que lleva consigo el accidente, así como los desperfectos que sufre el vehículo, o vehículos, involucrados en el accidente. (Se debe mencionar que en Francia se estima la pérdida por muerte en la circulación equivalente a 150.000 NF, o sea, 1.800.000 pesetas). Se puede estimar que cada herido representa una cantidad de gastos generales igual a 70.000 pesetas, y cada accidente sin heridos 10.000 pesetas.

Estas cifras hacen que los beneficios obtenidos al construir la autopista y debidos únicamente a una reducción sean los siguientes, basados en la prognosis oficial:

En 1970

13'4 muertes por 700.000 ptas = 9.380.000 ptas

137 heridos por 70.000 ptas = 9.590.000 ptas

137 accidentes por 10.000 ptas = 1.370.000 ptas

Total 20.340.000 ptas

En 1980

21'8 muertos por 700.000 ptas = 15.260.000 ptas

222 heridos por 70.000 ptas = 15.540.000 ptas

222 accidentes por 10.000 ptas = 2.220.000 ptas

Total 33.020.000 ptas

Estas cifras para el ahorro efectuado al disminuir los accidentes son de consideración y justifican por sí solas la construcción de la autopista. Como comprobación de estos ahorros baste indicar que la carretera actual tiene un índice muy elevado de accidentes y que existen varios puntos negros entre Molins de Rey y la Diagonal en Barcelona. Las cifras consideradas, al ser las medias nacionales nos han dado un ahorro que queda por debajo del real.

5. AHORRO DE TIEMPO Y TRAFICO GENERADO

Ahorro de Tiempo

La carretera actual tiene una anchura que varía entre 7 y 12 m. Existen varios cruces con carreteras de importancia y numerosos caminos de acceso; las distancias de visibilidad son reducidas en muchos tramos; existen curvas de pequeño radio, pendientes fuertes, mal pavimento en algunos tramos, gran tránsito de peatones y otras desventajas. El tráfico presente es muy elevado para las características geométricas de la carretera y la circulación se hace a velocidades bajas. Basándose en cálculos de la velocidad de los vehículos en dicha carretera se establecen como medias para 1964 las siguientes velocidades:

45 Km/hora para automóviles y motocicletas

35 Km/hora para camiones

Dado el estado actual de saturación de la carretera existente, y con el aumento de vehículos, estas velocidades de operación tienen que ir disminuyendo cada año. Con las carreteras actuales llegaría un día en que el tráfico sufriría un embotellamiento continuo llegándose a velocidades de operación, de 5 a 10 Km/hora. Según las prognosis de tráfico este embotellamiento parece que ocurriría hacia 1975.

Es difícil computar los vehículos que usarían la carretera actual de no hacerse ninguna mejora, pero lo que sí es fácil es asumir que a partir de 1970 no se podría nunca marchar a más de 20 Km/hora. Se puede tomar esta cifra, conservativa, para computar los ahorros en tiempo y coste de operación que se obtienen al construir la autopista.

Cuadro 3

Costes de operación de vehículos incluyendo el tiempo de los pasajeros para distintas velocidades

(Datos facilitados por la División de Planes y Tráfico, Dirección General de Carreteras)

Velocidad (Km/h)

Coste (Ptas/Km)

	Motos	Coches ligeros	Camiones
10	5,24	9,00	25,10
20	3,14	6,50	17,30
30	2,39	5,25	9,50
40	1,98	4,65	8,00
50	1,75	4,17	7,20
60	1,59	3,88	6,90
70	1,49	3,70	7,00
80	1,43	3,60	7,50
90	1,39	3,56	--
100	1,38	3,60	--
110	--	3,70	--
120	--	3,88	--

En el Cuadro 3 se dan los distintos costes por vehículo para distintas velocidades. En este Cuadro se han tenido en cuenta los costes de operación de los vehículos así como la pérdida de tiempo de sus ocupantes.

Al construir la autopista se efectúan los ahorros por vehículo-kilómetro indicados en el Cuadro 4

Cuadro 4					
Ahorro por vehículo/Km. al construir una autopista					
Vehículo	Velocidad Km/h		Coste Ptas/Km.		Ahorro Ptas-vehículo-Km.
	Autopista	Carretera	Autopista	Carretera	
Motocicletas	60	20	1,59	3,14	1,55
Coches	80	20	3,60	6,50	2,90
Camiones	60	20	6,90	17,30	10,40

La proporción de vehículos pesados es aproximadamente del 20 por ciento y la de vehículos de 2 y 3 ruedas es también del 20 por ciento. Con estas cifras el ahorro medio por vehículo-kilómetro se establece así:

$$\text{Ahorro veh.-Km} = (0.2 \times 1'55) + (0'2 \times 10'40) + (0'6 \times 2'90) = 4.13$$

De aquí el ahorro anual supone lo siguiente:

$$\text{En 1970} = 233.700 \times 4'143 \times 365 = 352.291.065 \text{ ptas}$$

$$\text{En 1980} = 377.570 \times 4.13 \times 365 = 569.167.896 \text{ ptas}$$

Siendo 233.700 los vehículos - kilómetro en 1970, y 377.570 en 1980.

Tráfico Generado

En carreteras de nueva instalación se suele adjudicar como beneficio aquel tráfico que es generado exclusivamente por la existencia de la nueva carretera. Para computar estos beneficio se suele considerar la carretera como un negocio o entidad económica en sí. El tránsito generado es parte del volumen de negocio de la entidad económica carretera y el coste de operación y conducción de los vehículos generados es un aumento en la industria del transporte que se puede

imputar como beneficio de la entidad carretera (Ref: "Nociones de Economía Vial", por Manuel Mateos, en el Libro "Manual de Ingeniería de Tránsito", Gillette Publishing Co., Chicago, 1964).

El coste por kilómetro del tráfico generado se puede establecer basándose en los siguientes datos:

Cuadro 5		
Coste por Kilómetro para los distintos vehículos		
Vehículo	Velocidad (Km/h.)	Coste (Pesetas)
Motocicletas	60	1,59
Coches	80	3,60
Camiones	60	6,90

Estos costes están tomados del Cuadro 3. Al considerar que la proporción de vehículos pesados es aproximadamente del 20 por ciento y la de vehículos de 2 y 3 ruedas es también del 20 por ciento, se tiene el coste global siguiente:

$$\text{Coste vehículo-kilómetro} = (0'2 \times 1'59) + (0'6 \times 3'60) + (0'2 \times 6'90) = 3'86$$

El beneficio por veh-Km del tránsito generado es 3'86 ptas. Al ser este beneficio menor que el computado por ahorro de tiempo, 4'13 ptas), conviene establecer la cifra menor como tope para el beneficio del ahorro de tiempo.

6. OTROS BENEFICIOS

Arcenes, Bermas y Medianas

La construcción de arcenes, bermas y medianas es ya una de las características necesarias en las autopistas. Esta necesidad se ha impuesto debido a las varias ventajas que representa su inclusión. Sirven de zona para aparcamiento de emergencia de los vehículos que sufren averías, pudiendo así retirarlos de la calzada sin que disminuya la capacidad de la autopista ni sean obstáculo causante de accidentes; proporcionan una franja de emergencia para los vehículos que debido a causas mecánicas o a descuidos del conductor se salen de la calzada; además contribuyen a dar una sensación de confort y seguridad a los conductores y pasajeros, reduciendo grandemente la fatiga de los usuarios.

Los beneficios derivados de la reducción de accidentes están computados aparte. Los derivados del aumento en la capacidad de tránsito y del confort a los usuarios se pueda considerar como mínimo equivalente a 0'05 Ptas por vehículo y kilómetro; o sea anualmente:

$$\text{Para 1970: } 0'05 \times 233.700 \times 365 = 4.265.025 \text{ ptas.}$$

$$\text{Para 1980: } 0'05 \times 377.570 \times 365 = 6.890.652 \text{ ptas}$$

Intersecciones

De los distintos tipos de intersecciones posibles está establecido que la autopista cruzará otras vías a distinto nivel. Con encrucijadas a distinto nivel se mantiene la capacidad de tránsito de la autopista sin necesidad de construir carriles adicionales; se ahorran muchos accidentes al establecerse las entradas y salidas de vehículos de una manera suave, sin disturbar el flujo

vehicular; se eliminan las operaciones de frenado, espera y aceleración necesarias en cruces a nivel. De gran importancia también es el confort con que el usuario pasa por una intersección debidamente calculada, con amplios puentes y con una mínima fricción vehicular entre el tránsito que pasa y el que sale o se incorpora; ese confort disminuye el cansancio del usuario.

Los beneficios que reportan las encrucijadas a distinto nivel hacen que éstas sean las características distintivas de las modernas autopistas. A continuación se analizan parte de los beneficios; o sea, solamente aquellos derivados de la eliminación de paradas.

Una de las recomendaciones (Ref.: "Road User Benefit Analyses for Highway improvements", AASHO, Washington, U.S.A-1960), se transcribe en el siguiente Cuadro 6

Cuadro 6						
Coste adicional por parada de vehículo para distintas velocidades de aproximación						
Tiempo de parada	Velocidad en millas					
	10	20	30	40	50	60
0	0,2	0,4	0,7	1,3	2,1	2,9
20	1,2	1,4	1,8	2,3	3,1	4,0
40	2,2	2,4	2,8	3,3	4,1	5,0
60	3,2	3,4	3,8	4,3	5,1	6,0
Coste en centavos USA para velocidades previas dadas						

Este Cuadro está preparado para las condiciones de Estados Unidos. Es necesario analizarlo y adaptarlo a las condiciones de España. El coste de operación de los vehículos se puede considerar que en España es análogo al de Estados Unidos; los vehículos de turismo americanos consumen aproximadamente el doble que los pequeños vehículos de turismo europeo; sin embargo, la gasolina cuesta en Europa el doble que en Estados Unidos. Por ejemplo en España cuesta unas 10 Ptas por litro y en Estados Unidos unos 32 centavos galón; hechas las conversiones a 60 Ptas por dólar nos da los precios de 5 ptas por litro en Estados Unidos. Los camiones y autobuses se supone que consumen igual en ambos países. Al ser el carburante más barato en Estados Unidos, su operación es más cara en España. Sin embargo, como en España existen vehículos de dos y tres ruedas, se puede asumir que los mayores gastos de operación de los camiones están compensados por un menor gasto de operación de los vehículos de dos y tres ruedas.

Por lo tanto, como costes de reducción desde una velocidad dada a cero y para un tiempo de parada nulo más arranque y aceleración, podemos establecer en el Cuadro 7 los siguientes costes:

Cuadro 7	
Coste adicional por parada de vehículo para distintas velocidades de aproximación. Tiempo de parada nulo.	
Velocidad previa (Km/h.)	Coste (pesetas)
15	0,10
30	0,20
45	0,35
60	0,67
80	1,26

100	1,87
-----	------

Aparte de los costes del Cuadro 7 anterior existen aquellos debidos al tiempo que se hace perder a los conductores en los cruces de carreteras a nivel. Esta pérdida puede representar entre 60 y 100 ptas hora-vehículo.

Considerando ambas pérdidas se puede asumir que cada vehículo que para en un cruce causa un gasto de 1'50 ptas. (para una velocidad previa de unos 70 Km/h. y una parada de unos 25 segundos). Como aproximadamente 2/5 de los vehículos que pasan por una intersección a nivel tendrían que parar, las cifras anteriores se pueden unificar en 0'60 ptas de gastos por vehículo que atraviesa una intersección a nivel. Así, al establecer un nudo para cruce de vehículos a distinto nivel emplazado en un sitio necesario, se realiza un beneficio de 0'60 ptas por vehículo que cruza el nudo.

En el Cuadro 8 siguiente se indican los vehículos que entran diariamente en las distintas intersecciones así como el ahorro que significa el construirlas con cruce a distinto nivel.

Cuadro 8				
Ahorro diario efectuado al establecer cruces a distinto nivel				
Cruce	Prognosis de tráfico V/h.		Ahorro diario en ptas.	
	1970	1980	1970	1980
Molins (2b)	26.000	40.400	15.600	24.240
Espuglas	38.000	68.000	22.800	40.800
Cinturón (29)	39.000	73.000	23.400	43.800
C. Litoral (26)	0	47.000	0	28.200
S. Justo (2ª)	25.000	40.200	15.000	24.120
		Total	76.800	161.160

En una base anual los ahorros efectuados son:

Para 1970, 28.032.000 ptas.

Para 1980, 58.823.400 ptas.

7. BENEFICIOS SECUNDARIOS

Las vías de comunicación reportan innumerables beneficios a la comunidad, aparte de los ya analizados. Mejoran las condiciones sociales y culturales en los centros de población servidos por ellas; aumentan el valor de la propiedad: inducen a crear nuevas industrias; desarrollan la industria del transporte; intensifican el comercio; etc. Es difícil materializar todos estos beneficios; sin embargo, hay que tenerlos necesariamente en cuenta en el análisis económico de las vías de comunicación. En la comarca de Barcelona servida por la autopista existen ya otras vías de comunicación: ferrocarriles y carreteras. Sin embargo, la alta calidad de la autopista tendrá un impacto en los factores indicados más arriba. Se estima que estos beneficios y para las condiciones existentes en la zona representan 1.000 ptas. por kilómetro y día. Esto equivale a

$$1.000 \times 10'6 \times 365 = 3.869.000 \text{ ptas.}$$

8. PERJUICIOS DIRECTOS

Por aumento de recorrido

La autopista tendrá una longitud mayor que la carretera actual. Esto supondrá que algunos vehículos que elijan la autopista tendrán que recorrer una distancia mayor que al utilizar la carretera existente. Es difícil computar el número de vehículos que utilizarán la autopista aunque ello represente un recorrido mayor. Para no establecer una estimación baja se puede asumir que todos los vehículos que utilizan la autopista hasta Molins hacen un recorrido adicional igual a la diferencia de longitud entre la autopista y la carretera actual.

Longitud de la autopista 10'6 Km.

Longitud de la carretera actual 9'9 Km.

Exceso de recorrido en la autopista, 0'7 km.

Coste medio por vehículo-Kilómetro 3'86 ptas.

Intensidad media diaria entre el Cinturón Litoral y Molins de Rey:

En 1970, 20.000 vehículos.

En 1980, 32.000 vehículos.

Con las cifras anteriores se tiene un perjuicio por exceso de kilometraje de:

Perjuicio en 1970 = $20.000 \times 0'7 \times 3'86 \times 365 = 19.724.600$ ptas.

Perjuicio en 1980 = $32.000 \times 0'7 \times 3'86 \times 365 = 21.559.360$ ptas.

9. OTROS PERJUICIOS

Anteriormente se ha elaborado sobre el impacto económico de las carreteras en el desarrollo y mantenimiento de la civilización actual. Sin embargo, su establecimiento puede ocasionar algunos perjuicios que conviene mencionar para completar la exposición de las consecuencias económicas.

Algunos propietarios de terrenos o inmuebles pueden resultar afectados, pero siempre representan una minoría y los terrenos colindantes sufren una plusvalía que compensa cualquier depreciación de terrenos aislados.

Una buena red de carreteras contribuye al aumento en el número de vehículos en circulación. Cada vehículo en marcha, sobre todo los que tienen motores mal ajustados o de dos tiempos, lanzan a la atmósfera una cantidad importante de monóxido o dióxido de carbono, hidrocarburos y otros gases nocivos para el hombre, animales y plantas, y contribuye a la contaminación de la atmósfera. Esta contaminación ha causado la muerte, enfermedades crónicas, disminución en la capacidad física e irritación en el ser humano; causado la muerte y defectos físicos en los animales y destruido cosechas (Ref.: "The Scientist Looks at Air Conservation" presentado por J. R. Goldsmith en la Reunión Anual de la American Association for the Advancement of Science, Cleveland, Ohio, 29 Diciembre 1963). Afortunadamente la contaminación de la atmósfera por los vehículos se puede reducir enormemente obligando a tener los motores ajustados e instalando postquemadores. En algunas zonas urbanas, (Los Angeles y Nueva York), es obligatorio el dotar a los vehículos de postquemadores.

La construcción de accesos adecuados para Barcelona debe ir pareja con el desarrollo del casco urbano para acomodar el flujo vehicular que entra en la ciudad. La circulación en las calles de

Barcelona, establecimiento de garajes para aparcamiento adecuados, y otros factores del tránsito deben adaptarse para no ahogar los beneficios que las autopistas de acceso reportan.

Debido a que estos perjuicios se pueden paliar en gran parte, no se les adjudica un valor material

10. RESUMEN DE LOS BENEFICIOS

Cuadro 8				
Ahorro diario efectuado al establecer cruces a distinto nivel				
Cruce	Prognosis de tráfico V/h.		Ahorro diario en ptas.	
	1970	1980	1970	1980
Molins (2b)	26.000	40.400	15.600	24.240
Espuglas	38.000	68.000	22.800	40.800
Cinturón (29)	39.000	73.000	23.400	43.800
C. Litoral (26)	0	47.000	0	28.200
S. Justo (2ª)	25.000	40.200	15.000	24.120
Total			76.800	161.160

11. RELACIÓN BENEFICIO – COSTE. AUTOFINANCIACIÓN DE LA AUTOPISTA.

Presentamos a continuación el análisis de los beneficios basándonos en las prognosis sobre vehículos que la utilizarían y considerando que entonces el coste anual de la amortización era de 81.066.000 pesetas, según se nos informó.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Coste}} \text{ para el Año 1970} = \frac{366.311.355}{81.066.000} = 4,5$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Coste}} \text{ para el Año 1980} = \frac{613.002.065}{81.066.000} = 7,6$$

Se ve que **la obra se paga a si misma**. Cuando la relación beneficio – coste es **uno** ni se gana ni se pierde. En este caso el beneficio es enorme, pues la relación es de cuatro veces y media de beneficio sobre el coste para el año 1970. Es casi ocho veces para el Año 1980

A tener en cuenta: Este informe fue terminado el 22 de Abril de 1964

NOTAS ESCRITAS EN 2005, POR EL AUTOR

Mi interés por evitar los accidentes data de los años 40 cuando vi en Ávila un accidente mortal al pegar una rama contra la cabeza de una persona que iba en la caja de una camioneta (= camión muy pequeño). Como era natural, la culpa se echó al conductor, aunque para mí era la rama, o más bien de quien no cortó aquella rama.

La preparación de este informe nos llevó muchos días, consultas, visitas a los hospitales para preguntar sobre los heridos por accidente vial que morían después en el hospital. También consultar en alguna empresa de seguros sobre los que morían después en sus casas.

En 1962 se anotaban solamente las víctimas mortales que ocurrían dentro de las 24 horas del accidente. La cifra fue de 1603. Estimé que el total fue de $1603 + 700 = 2.303$, considerando que 700 mueren después del día del accidente.

Años después se pretendió ofrecer el número de víctimas mortales hasta un mes después del accidente, aplicando un aumento del 15 % a los fallecidos en el día del accidente. Otro estudio hecho por la Universidad de Valencia estima que el número de muertes es del orden del doble de los oficialmente dados para los que fallecen hasta un mes después del accidente (Presentado en las III Jornadas de Elche, cuyas Actas nunca se publicaron).

La aplicación de la ingeniería de tránsito para evitar accidentes estaba en 1964 desfasada con respecto a los conocimientos existentes en otros países como Estados Unidos o Gran Bretaña. Fue entonces cuando nació en mí el deseo de investigar los accidentes, sus causas y sus remedios, tarea en la cual he invertido decenas de miles de horas y contratado personal para ayudarme (o adquirir señales para evaluarlas). Los resultados han sido satisfactorios. He tenido la ayuda de muchos compañeros tanto de Caminos como de Obras Públicas y la apreciación de personas de toda índole social o de amplia variación profesional. No obstante, como es algo frecuente en España y como dijo Sender en su libro sobre los pecados capitales, hay personas y Organismos a los que siento que les fastidia esta dedicación mía para evitar accidentes, cuando en realidad estoy trabajando gratis para ellos.

Los resultados de esta dedicación se han ido plasmando en más de 250 publicaciones, cuyos resúmenes y comentarios se pueden consultar en:

www . manuelmateos. Info

o en www . ciccp . es >Información Colegial >Colaboradores

También hemos impartido conferencias sobre la posible reducción de los accidentes viales en España (tres en la sede del Colegio de ICCP de Madrid, dos en el Instituto de Ingeniería, varias en Escuelas de Ingeniería, etc) y en otros países (EEUU y Canadá).

Hay que resaltar que nuestra investigación no ha sido dirigida para aleccionar o enseñar al conductor, sino para analizar las bases de los accidentes. Damos gracias por las propuestas que nos han aceptado (¿o plagiado?) y pedimos a Dios que los diferentes organismos afectados adquieran una actitud más humana aún, en esta lucha para evitar víctimas ... entre las cuales podemos estar Vd o yo.

SIMILITUD

Para aprovechar otros conocimientos es útil tener en cuenta que el movimiento del agua en conducciones bajo presión es muy similar al movimiento de los coches en las autopistas-vías. Es simplemente transformar las moléculas de agua en moléculas-vehículo.

Similitud con válvula reductora de presión: La velocidad máxima.

Similitud con válvula mantenedora de presión: La velocidad mínima.

Similitud con válvula de alivio de presión: Carriles de emergencia en bajadas.

Similitud con bombes: Las recomendaciones de la DGT de escalonar la salida.

Similitud con codos: Curvas de carretera con amplios radios.

Similitud con válvulas de corte: Los accidentes, pues algunos implican que el tránsito que viene detrás pare o se empotre contra los vehículos que causaron el accidente, hecho similar al aumento de presión al realizar un corte de agua brusco.

Manuel Mateos de Vicente
Apartado 31031
28080 Madrid
Fax 91 650 0972
www.manuelmateos.info