

RESUMEN

La evolución técnica y tecnológica de los últimos años en el planeta y, más en concreto, en nuestro país han desembocado en un aumento frenético de la movilidad de la población. Los medios de transporte privados y públicos, así como las infraestructuras han mejorado de tal forma sus características que la comodidad que ofrecen actualmente han llevado al ser humano a ocupar nuevas áreas de terreno. La prueba está en la continua ampliación de los límites de las áreas metropolitanas de las ciudades, que están siendo empujadas hacia fuera por las urbanizaciones de la civilización.

Este hecho favorable, a priori, tiene sus pegas también. Para lograr una tan amplia movilidad y reducir los tiempos de viaje entre poblaciones como se está haciendo se necesitan vehículos y carreteras de unas prestaciones exquisitas. Estas extraordinarias prestaciones se están volviendo en nuestra contra ya que en muchas ocasiones el ser humano no puede controlar la tecnología (por falta de información o por condicionantes externos que no domina) y se producen accidentes que suponen grandes tragedias en ocasiones.

Hoy en día los accidentes de tráfico suponen la primera causa de muerte no patológica y la primera causa de muerte hasta los treinta y cinco años, a nivel mundial. El problema es bastante serio como demuestran los datos ya que tenemos en nuestra sociedad una causa 'nueva' de muertes contra la que nos está costando luchar.

En este tema los Ingenieros de Caminos tenemos 'algo que hacer' ya que son de nuestra competencia los proyectos de construcción, conservación, mantenimiento y explotación de infraestructuras que son uno de los actores principales del asunto. Una de las maneras de controlar externamente y asegurar la seguridad vial de los proyectos de carreteras (tanto nuevas como existentes) es llevando a cabo auditorias de seguridad vial.

La presente tesina se divide en dos grandes partes; una primera parte en la que se introduce las auditorias de seguridad vial, se exponen sus fases y sus objetivos entre otras cosas y una segunda parte más experimental. En la segunda parte se adentra más en un problema actual de seguridad vial actual como es el exceso de velocidad. Se estudia el problema en general y en particular se lleva a cabo un estudio de campo, con su tratamiento estadístico posterior correspondiente, de los problemas de excesos de velocidad que se dan en dos elementos de trazado singulares: las transiciones y las rotondas.

Se extraen interesantes conclusiones de estos estudios sobre la falta de información a la que está sometido el conductor o sobre la falta de adecuación de la señalización con el proyecto de trazado, entre otras.

Para cerrar el círculo coherente de la tesina se proponen las auditorias expuestas en la primera parte del trabajo para resolver los dilemas de seguridad que se van planteando en la segunda parte del escrito.

SUMMARY

In last years, the technical and technological evolution in the world and more concretely in our country has produced a frenetic increase of the people mobility. Public and private ways of transport as well as infrastructures have improved their characteristics so much that the comfort they offer at this moment has taken the human being to occupy new lands. The evidence of this fact is in the continuous limits extension of the cities metropolitan areas, which are being pushed out by the civilization urbanizations.

At first, this fine fact also has some disadvantages. To reach such a huge mobility and reduce the journey time between towns like it is being done, it is necessary vehicles and roads with exquisite qualities. These extraordinary qualities are turning against us due to the fact that human being is not able to control the technology (for lack of information or external conditioners he does not dominate) and, occasionally, they produce accidents with tragic consequences.

Nowadays, traffic accidents are the first non-pathological death cause and the first death cause until the age of thirty five at world-wide level. This problem is as serious as input shows since we have in our society a 'new' death cause against which is difficult to fight.

In this aspect, Civil Engineers have 'something to do', because constructive, conservation, maintenance and operation of infrastructure projects belong to our domain and they are some of the main actors. One way of externally control and to assure road safety of the highway projects (new and existing ones) is making road safety audits.

This case study thesis is divided into two great parts; at the first one, road safety audits are introduced and in addition to this their phases and objectives are explained and, finally, a second one more practical. The second part deals more with a present problem of road safety like speed excess is. This problem is studied in general and more individually a field study is made, with his later statistical treatment, of this problem in two distinguished element, how transitions and public square are.

Interesting conclusions are extracted from these studies about the lack of information that drivers are put under and about the lack of signalling adjustment with layout project, among others.

Finally, to close the coherent circle of this case study thesis exposed audits in the first part of this work to solve the safety dilemmas which are raised in the second part of this writing.

Índice General

Capítulo I: Visión general de la Seguridad Vial	1
1.1 Problemática existente	1
1.2 Concienciación social	5
1.3 Actualidad	10
1.4 Causas principales	12
Capítulo II: Auditorías de Seguridad Vial	14
2.1 Introducción a las auditorías	14
2.2 Requisitos que debe cumplir un tramo en servicio para ser auditado	14
2.3 Aplicación de ASV en un proyecto constructivo de carretera de nueva construcción	15
2.4 Etapas de una ASV	16
2.4.1 ASV en carreteras de nueva construcción	16
2.4.3 ASV en carretes en servicio	18
2.5 Experiencia internacional	20
2.5.1 Dinamarca	20
2.5.2 Nueva Zelanda	20
2.5.3 Australia	21
2.5.4 Reino Unido	21
Capítulo III: Herramientas para el auditor	22
3.1 Toma y tratamiento de datos	22
3.1.1 Clasificación de la información	22
3.1.2 Bases de datos de accidentes en España	24
3.1.3 Gestión	24
3.1.4 BBDD de la DGT	25
3.1.5 Medida del nivel de seguridad en carreteras	26
3.2 Puntos negros	27
3.2.1 Localización de puntos negros	29
3.2.2 Gestión de puntos negros	30
3.2.3 Actualidad	31
3.3 Tramos de concentración de accidentes (TCA's)	32
3.3.1 Estudio de la accidentalidad	39
3.3.2 Estudio de tráfico	40
3.3.3 Estudio del tramo	40
3.3.4 Estudio del entorno	41
3.3.5 Actuaciones preventivas	41
3.3.6 Estudio de carencias	42
3.3.7 Análisis de itinerarios	43
Capítulo IV: Problemática de la velocidad	45
4.1 Definición y exposición del problema	45
4.1.1 Coherencia del proyecto en cuanto a seguridad	46

4.1.2 Aceptación de la imposibilidad del triunfo absoluto	48
4.2 Se da toda la información necesaria?	49
4.2.1 Tipos de memoria humana	49
4.2.2 Características de la información	50
4.2.3 Motivos de la pérdida de información	53
4.3 Causas principales. Niveles de riesgo	56
4.3.1 Modelos de Seguridad	56
4.3.2 Causas reales y aparentes de la accidentalidad	60
4.3.3 La homeóstasis del riesgo	61
4.4 Límites de velocidad y dispositivos para respetarlo	64
4.4.1 Estrechamiento de carriles, señalización y balizamiento para la moderación de la velocidad en intersecciones	67
4.4.2 Rodadura de textura gruesa tipo LBI	67
4.4.3 Bandas sonoras en aproximaciones a una intersección	67
4.4.4 Limitadores de velocidad inherentes al vehículo	67
4.5 Evolución de la velocidad en autopistas	67
Capítulo V: Intersecciones	74
5.1 Exposición del problema y filosofía	74
5.2 Estudio experimental de velocidades en la salida 95 de Mataró Sud de la C-32	78
5.2.1 Transición de salida de la autopista	79
5.2.2 Conclusiones del estudio	86
5.2.3 Propuesta de soluciones	87
5.3 Estudio experimental de velocidades en la salida 95 de Mataró Sud de la C-32	88
5.3.1 Conclusiones del estudio	94
Capítulo VI: Rotondas	95
6.1 Exposición del problema y filosofía	95
6.2 Estudio experimental de velocidades en una rotonda de Camallera	96
6.2.1 Conclusiones del estudio	102
Capítulo VII: Conclusiones	105
7.1 Conclusiones generales	105

Índice de Figuras

Capítulo I

1. Siniestros y víctimas en zona urbana y no urbana en Catalunya.....	3
2. Siniestros y víctimas en zona urbana y no urbana en España.....	3
3. Siniestros fatales en países Europeos.....	4
4. Porcentaje de accidentes con heridos en España.....	5
5. Porcentaje de accidentes con víctimas en España.....	5
6. Distribución acumulada de velocidades con coche radar a la vista.....	9
7. Distribución acumulada de velocidades con coche radar oculto.....	10
8. Distribución modal de los desplazamientos en función de los tiempos de viaje.....	11
9. Correspondencia entre distribución real de accidentes y distribución teórica Poisson.....	12

Capítulo II

Capítulo III

10. Densidad de accidentes en función de la IMD y el P.....	28
11. Tasa de accidentes en función de la IMD y el P.....	28
12. Gráfica del modelo de regresión teórica.....	35
13. Densidad de accidentes obtenida por el método I.....	36
14. Densidad de accidentes obtenida por el método II.....	37
15. Densidad de accidentes obtenida por el método III.....	38
16. Densidad de accidentes obtenida por el método V.....	39

Capítulo IV

17. Interferencia entre actores de la movilidad en cuanto a Seguridad Vial.....	46
18. Ejemplo de falta de legibilidad en el trazado.....	52
19. Falta de coherencia en la señalización.....	54
20. Ejemplo de información excesivamente técnica e incomprensible.....	55
21. Ejemplo de información excesivamente técnica e incomprensible.....	55
22. Sobrecarga de información vanal.....	55
23. Estado de ánimo – Riesgo personal percibido - % de conductores.....	58
24. Optimización del nivel de riesgo percibido.....	63
25. Paso de peatones a acera impracticable.....	66
26. Paso de peatones a acera impracticable.....	67
27. Repercusión de los radares en el nivel de riesgo.....	69
28. Puntos de toma de datos en 2004.....	70
29. Distribución acumulada de velocidades en 2004.....	70
30. Puntos de toma de datos en 2005.....	71
31. Distribución acumulada de velocidades en 2005.....	72
32. Distribución acumulada de velocidades por carriles de autopista en 2005.....	73

Capítulo V

33. Incorporación peligrosa.....	76
34. Salida de la C-17 poco legible para el conductor.....	77
35. 1ª secuencia de salida de la C-17.....	78
36. 2ª secuencia de la misma salida de la C-17.....	78
37. Foto aérea transición analizada.....	79
38. Tramo de estudio empírico.....	80

39. Croquis de la situación.....	81
40. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 100km/h.....	81
41. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 90km/h.....	83
42. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 70km/h.....	84
43. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 50km/h.....	85
44. Superposición de las distribuciones de las secciones.....	85
45. Imagen de la entrada analizada.....	89
46 y 47. Desaparición de carril.....	90
48. Croquis de situación.....	90
49. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 70km/h.....	91
50. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 50km/h.....	92
51. Distribución acumulada de velocidades en la sección de 100km/h.....	93

Capítulo VI

52. Hipótesis de velocidades antes y después de la rotonda.....	95
53. Plano de situación de la rotonda GI-623- GIV-6231.....	96
54. Vista de la carretera más rápida GI-623 desde la rotonda.....	97
55. Croquis de situación.....	97
56. Vista de la carretera más lenta GIV-6231 desde la rotonda.....	98
57. Distribución acumulada de velocidades libres en la carretera GI-623	98
58. Distribución acumulada de velocidades 50m después de la rotonda.....	99
59. Distribución acumulada de velocidades 100m después de la rotonda.....	100
60. Distribución acumulada de velocidades 150m después de la rotonda.....	100
61. Distribución acumulada de velocidades libres en la GIV-6231.....	101
62. Evolución de la velocidad.....	102
63. Señalización previa a la rotonda en el sentido del tráfico.....	103

Índice de Tablas

Capítulo I

I.	Evolución de la motorización en España.....	1
II.	Evolución de la motorización por provincias.....	1
III.	Heridos medios en los últimos 5 años.....	2
IV.	Comparación de muertos y heridos graves con Europa.....	4
V.	Resultados con coche radar a la vista	8
VI.	Resultados con coche radar oculto	9
VII.	Distribución modal de los viajes exportados del municipio.....	11

Capítulo II

Capítulo III

VIII.	Niveles de bases de datos.....	23
IX.	Comparación entre la base CARE y la IRTAD.....	28
X.	Puntos negros del 2004 en Alicante.....	29
XI.	Identificación en función de la situación y medios de los que se dispone.....	32
XII.	Valores de P y N del 2004 para autopistas, autovías y carreteras convencionales desdobladas.....	34
XIII.	Valores de P y N del 2004 para carreteras convencionales y vías rápidas.....	34
XIV.	Parámetros a y b del modelo de regresión.....	35

Capítulo IV

XV.	Modelos de diferentes épocas.....	56
XVI.	Causas de accidentes.....	61
XVII.	Factores determinantes del nivel de riesgo.....	62
XVIII.	Resultados de velocidades del 2004.....	70
XIX.	Resultados de velocidades del 2005.....	73

Capítulo V

XX.	Resultados de la sección de 100 km/h.....	82
XXI.	Datos de velocidades en dos PK's de la C-32.....	82
XXII.	Resultados de la sección de 90 km/h.....	83
XXIII.	Resultados de la sección de 70 km/h.....	84
XXIV.	Resultados de la sección de 50 km/h.....	85
XXV.	Resumen de resultados.....	86
XXVI.	Resultados de la sección de 70 km/h	91
XXVII.	Resultados de la sección de 50 km/h.....	92
XXVIII.	Resultados de la sección de 100 km/h.....	94

Capítulo VI

XXIX.	Resultados circulación libre en la carretera GI-623.....	98
XXX.	Resultados 50m después de la rotonda.....	99
XXXI.	Resultados 100m después de la rotonda.....	99
XXXII.	Resultados 150m después de la rotonda.	100
XXXIII.	Resultados en tráfico libre en la GIV-6231.....	101
XXXIV.	Resumen de resultados.....	102

CAPÍTULO I VISIÓN GENERAL DE LA SEGURIDAD VIAL

1.1. PROBLEMÁTICA EXISTENTE.

En los últimos años del siglo pasado y lo que llevamos del actual, hemos vivido en nuestro país un desarrollo económico y tecnológico enorme. El elevado ritmo de motorización de nuestra sociedad ha sido durante estos años una consecuencia inevitable del desarrollo. Los modelos urbanísticos de localización de residencias y puestos de trabajo han ido variando hacia una descentralización de las actividades inducidos por la escasez de suelo disponible para los mismos. Este hecho lleva en muchas ocasiones a la necesidad de disponer de un vehículo para llevar a cabo los desplazamientos necesarios de nuestras vidas cotidianas.

Al mismo tiempo, el nivel de calidad de vida elegido por la sociedad va aumentando con los años. Este hecho añadido a la imparable evolución tecnológica de la movilidad, que reduce enormemente las distancias entre puntos de todo el planeta, hace aumentar también el número de viajes motorizados de los ciudadanos, ya sea hacia segundas residencias de fin de semana o hacia destinos vacacionales.

Los lindes del territorio “afectado” u ocupado por la especie humana son cada vez más lejanos, ocupando así mayor espacio, dentro del cual es imprescindible la movilidad según el modelo cultural definido y aceptado.

El crecimiento del territorio potencialmente abarcado por las personas, explicado anteriormente, provoca un aumento de la motorización como se puede ver en las tablas I y II.

		1997	1999	2001	2004
Vehículos		13.85M	19.13M	18.75M	21.5M
Turismos		10.9M	15.1M	14.9M	16.5M

Tabla I: Evolución de la motorización en España.

Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Provincias	Vehículos					Turismos				
	92	96	97	99	2001	92	96	97	99	2001
Baleares	739	792	825	916	901	561	602	628	699	687
Girona	670	710	732	796	800	456	483	500	543	543
Tarragona	543	572	590	642	651	373	394	405	441	459
Valencia	474	521	540	593	625	352	387	400	440	463
Alicante	517	554	577	645	671	384	416	434	485	489
Barcelona	510	554	571	624	639	373	403	415	453	461

Tabla II: Evolución de la motorización por provincias.

Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Las previsiones en relación con el asunto anterior siguen mostrando una tendencia ascendente el proceso de motorización. Se prevé que en diez años, en España, se tenga un vehículo por habitante y que en veinte años se puede llegar a un vehículo y medio por habitante.

De igual forma las infraestructuras también han ido evolucionando satisfactoriamente, consiguiendo una mayor calidad en ellas y sus procesos de diseño, cálculo y construcción. Lo mismo ocurre con los vehículos, que van mejorándose tecnológicamente consiguiendo mayores prestaciones, en ocasiones peligrosas desde el punto de vista de la seguridad vial ya que las velocidades de circulación que se están consiguiendo son excesivas para los diseños convencionales de carreteras (ya que generalmente conducimos por carreteras secundarias, no todas están preparadas para las velocidades punta de los vehículos modernos).

Como se ha visto, los desplazamientos motorizados son crecientes en nuestro país y necesarios en nuestra sociedad. Ante dicho panorama es necesario por tanto unas “reglas de juego” para que el proceso de conducción de todos estos usuarios no sea un hecho caótico y descontrolado, con el consiguiente peligro que esto provocaría. Estas reglas se recogen en el código de circulación y no siempre son respetadas por los conductores. Llegados a este punto identificamos el problema: gran cantidad de desplazamientos con potentes vehículos, gobernados por unas normas de circulación que no siempre se respetan. La consecuencia directa de lo cual son los siniestros en nuestras carreteras, donde se pierden vidas según cifras escalofriantes.

A nivel mundial, los accidentes de tráfico constituyen la principal causa de mortalidad no patológica en general y la primera causa de muerte hasta los treinta y cinco años. Según un estudio de la Organización Mundial de Salud llevado a cabo en 1990 más de un millón de personas habían perdido la vida en un accidente de tráfico.

Otros datos locales que reflejan la gravedad del problema son, por ejemplo, las 5.400 personas que mueren cada año en las carreteras españolas así como los 156.100 heridos que se dan en ellas. En Catalunya en el año 2004 se sufren 661 muertos y 27.987 heridos a 30 días. La suma total y relación de muertos en zona urbana y carretera en Catalunya y España en 2003 se puede observar en la tabla I y figuras 1 y 2 que siguen respectivamente.

	Carretera	Z. Urbana	TOTAL
España	84.000	72.100	156.100
Catalunya	7.500	21.900	29.400

Tabla III: Heridos medios en los últimos 5 años.

Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

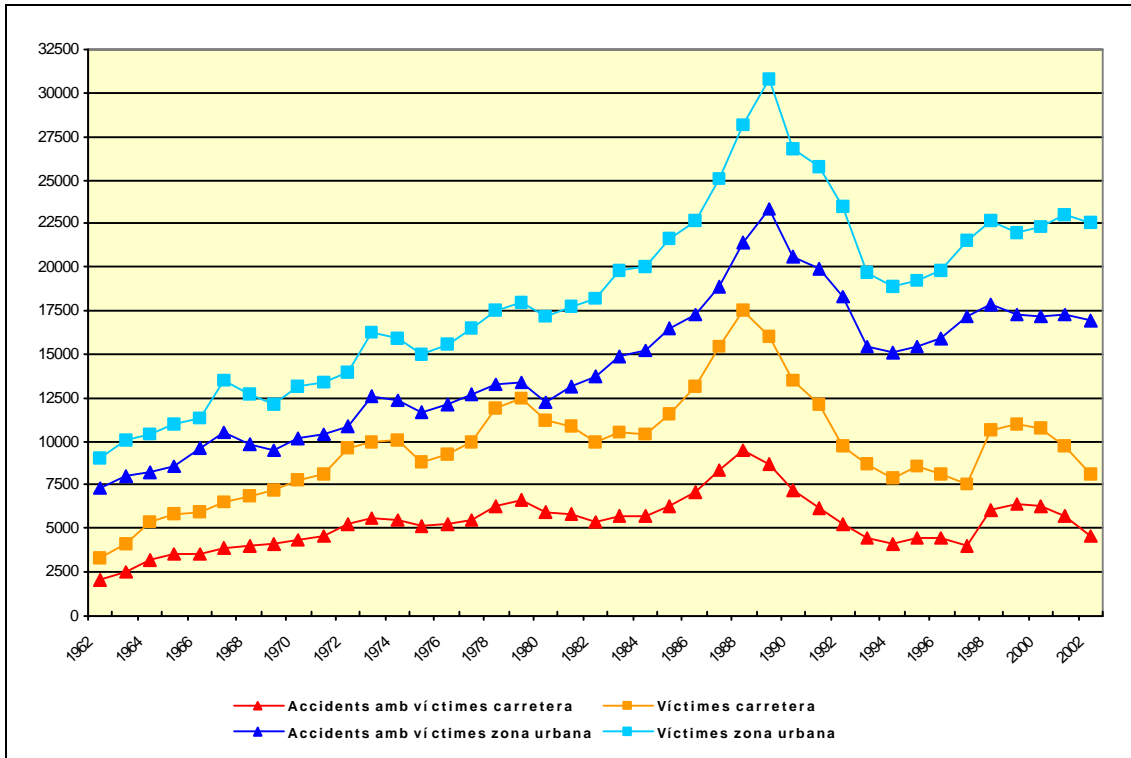


Figura 1: Siniestros y víctimas en zona urbana y no urbana en Catalunya.
Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

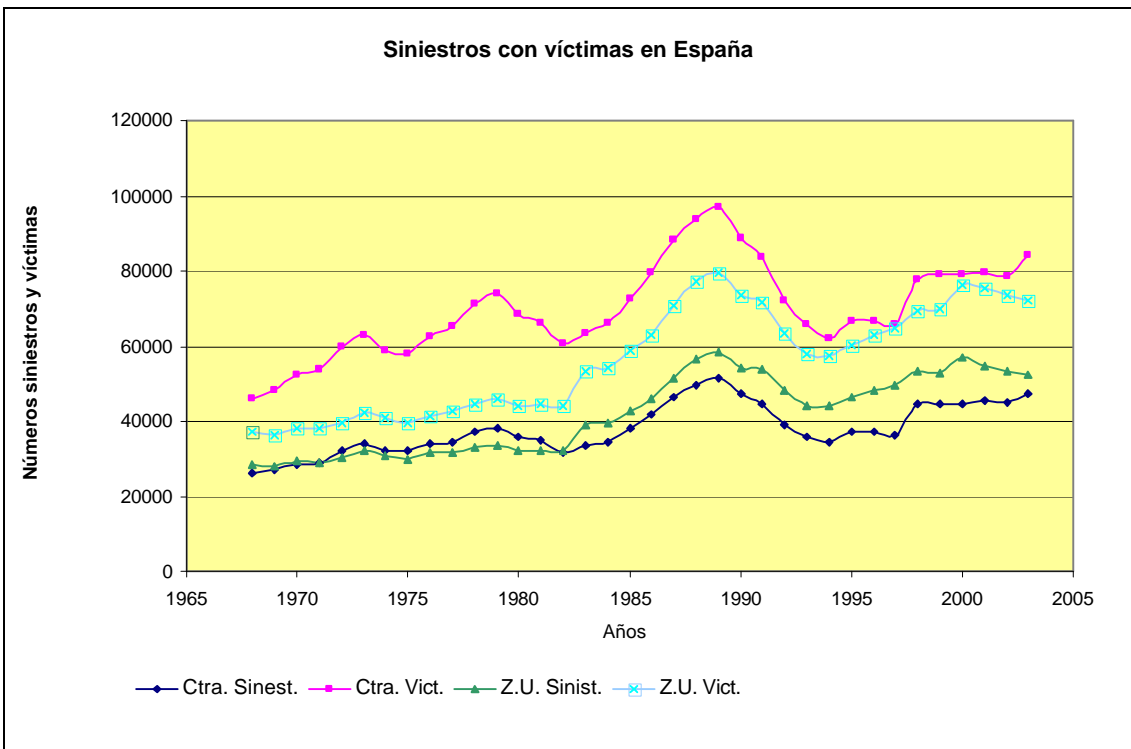


Figura 2: Siniestros y víctimas en zona urbana y no urbana en España.
Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

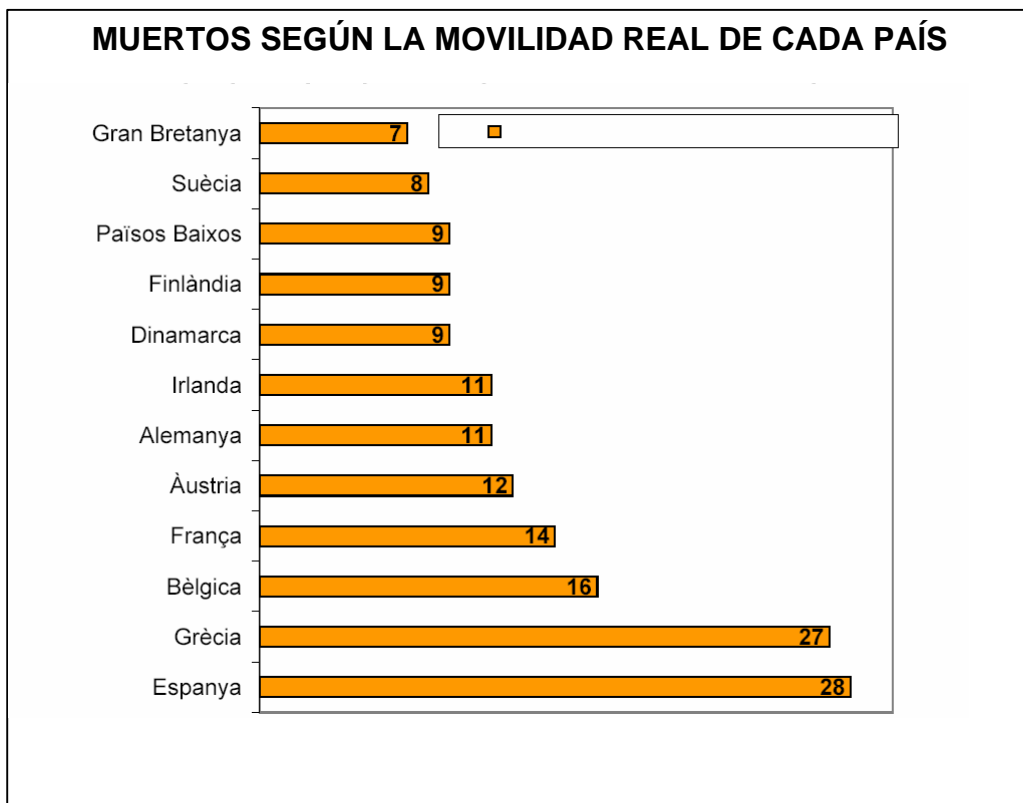
Comparando nuestro caso con el europeo podemos conformar la tabla IV en cuanto a muertos heridos graves.

	Catalunya	España	Europa
Muertos	800	5.400	85.000
Lesionados medulares irreversibles	120	810	12.750
Lesionados cerebrales	100	675	10.625

*Tabla IV: Comparación de muertos y heridos graves con Europa.
Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.*

El Reino Unido está en trámites de implantación de un chip en los vehículos en el cual se disponga de información dinámica como la velocidad a la que circula u otro tipo de información como datos del seguro, si está estacionado ilegalmente, etc. Este sistema podría empezar a estar vigente a partir del 2007.

Las restricciones francesas en el caso urbano (que como expresan las cifras son preocupante y además en los que mueres más inocentes) están amparadas con cárcel para el que no las cumpla. Más concretamente se trata del límite de velocidad en ciudad (50 km/h como en España) el incumplimiento del cual está penado con prisión. Se dispone a continuación una figura comparativa de los siniestros fatales europeos.



*Figura 3: Siniestros fatales en países europeos.
Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.*

Dentro del problema de seguridad que se ha expuesto, cada modo de transporte repercute con diferentes importancias en las cifras finales. Se puede ver el reparto modal terrestre de peligrosidad del caso español en la figura que se presenta a continuación.

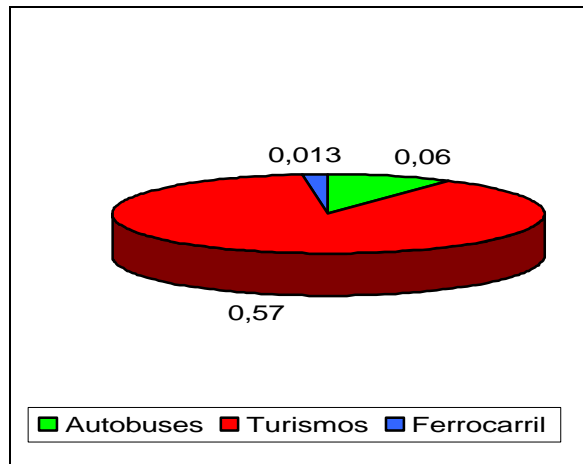


Figura 4: Porcentaje de accidentes con heridos en España.

Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

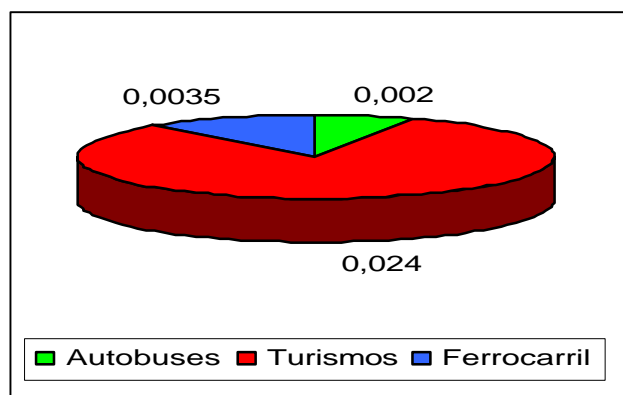


Figura 5: Porcentaje de accidentes con muertos en España.

Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Se observa en el gráfico anterior como en transporte en turismos es el más peligroso con diferencia, sabemos además que es el más usado de los transportes terrestres en viajes particulares, con lo cual el problema se agrava.

La reflexión y los datos anteriores pretenden reflejar el problema de seguridad vial al que nuestra propia evolución social, económica y cultural nos ha llevado. Perdemos gran cantidad de vidas por motivos innecesarios y es de esto de lo que debemos darnos cuenta. Es imprescindible que nos alejemos de la idea de aceptación y conformidad de los accidentes que ocurren, es falso que son consecuencia inevitable de nuestro desarrollo, sí se pueden evitar. De hecho se deben evitar y todos los agentes que intervienen en la movilidad de la población: desde el usuario hasta el proyectista, pasando por el propietario de la vía y por la policía, deben ser conscientes de este hecho y partícipes en esta lucha.

1.2.CONCIENCIACIÓN SOCIAL.

Una vez aceptada la idea de que los accidentes son evitables y que debemos orientar nuestros esfuerzos hacia este objetivo, tenemos que inculcar dicho pensamiento a todo aquel que participe con mayor o menor responsabilidad en el proceso de la movilidad: políticos, policías, proyectistas, usuarios, propietarios, gestores, etc.

Lógicamente los usuarios deben estar concienciados ya que son ellos, en la mayor parte de los accidentes, los máximos responsables de los mismo, con lo cual son quienes tienen mayor capacidad de evitar los siniestros.

Por su parte también es muy importante la concienciación del cuerpo policial. Debe establecer campañas para asegurar la seguridad vial, debe realizar partes de accidente correctamente a partir de los cuales se puedan obtener datos que nos lleven a una mejora en la gestión, trazado o señalización de la carretera, etc.

En el estudio llevado a cabo en esta tesina, quizás los más relevantes a concienciar, después de los propios conductores, son los ingenieros proyectistas. Hay muchas maneras de considerar e intentar asegurar la seguridad vial en proyectos de carreteras y aunque algunas de las soluciones nos lleven a criterios inicialmente rechazables por los ingenieros (plazo, coste, ocupación “innecesaria” del territorio, etc.) se deben adoptar ya que estamos hablando de vidas humanas con lo cual a medio o largo plazo el ahorro el coste o en territorio puede salir muy caro. Para asegurar esta atención por parte de los proyectistas existen las Auditorías de Seguridad Vial en proyectos de carreteras de nueva construcción.

El proceso de concienciación tiene que venir desde las administraciones públicas, representadas por los políticos, desde los medios de comunicación, desde el poder judicial, policial, etc. Desde luego son los medios de comunicación los que más influencia pueden tener sobre los pensamientos y comportamientos de la población, aunque no deben ser los únicos que lo intenten. La primera forma de concienciación debe intentar cambiar el concepto y la tendencia de conducción que hemos venido teniendo en los últimos años; tenemos que creer en la conducción como un simple trámite del desplazamiento de nuestras vidas requieren en momentos puntuales y no darle más identidad que esta, alejándose de las creencias que definen la conducción como una forma de ocio, disfrute y satisfacción personal. Estas conductas que asumen la conducción como una satisfacción son las peligrosas ya que dicho bien emocional obtenido va directamente relacionado con la asunción de un riesgo que te hace vivir sensaciones límite, las cuales eliminan automáticamente el factor de seguridad considerado en los cálculos exponiendo al conductor a un peligro eminente. La segunda vía de concienciación debe ir encaminada a hacer entender a la población el peligro que supone conducir de manera ilegal. Se les tiene que enseñar a los usuarios las posibles consecuencias de una conducción incorrecta, las cuales suelen ser trágicas, de tal forma que tengan este hecho presente cuando salgan a la carretera.

La primera forma de concienciación es algo que se debe intentar constantemente por los canales nombrados pero sus resultados serán mucho más a largo plazo que la segunda manera ya que se trata de un pensamiento y forma de ver la conducción interno de cada usuario, con lo cual a priori es una tarea más costosa y difícil de conseguir. Desgraciadamente la segunda manera es mucho más eficaz. Digo desgraciadamente porque el método de enseñar a los usuarios las consecuencias de un accidente provocado por una mala conducción es un proceso de concienciación amenazador y poco racional pero es el único con resultados visibles. Aunque si esto ya es triste aún hay más; se define otro subproceso de concienciación dentro del amenazador que no consiste en mostrar las consecuencias fatales de una mala conducción, sino de mostrar las consecuencias económicas de conducir ilegalmente. Este último es el proceso más eficiente, y con mucha diferencia, de todos los existentes, lo cual resulta bastante

penoso. Es decir, parece ser que la única manera de aumentar la seguridad vial en las carreteras y reducir este proceso de autodestrucción que estamos viviendo es amenazando con multar al infractor.

Es inaceptable que mueran 50 personas en accidentes de tráfico de media en España en un fin de semana, se intenta mostrar las consecuencias fatales de los accidentes en campañas agresivas de publicidad, enseñando fuertes e impactantes imágenes de accidentes. Actualmente como se ha dicho anteriormente se está consiguiendo un mayor éxito con campañas amenazadoras de control policial. Reina una mayor calma en las carreteras y es debido a este motivo en mi opinión, las fuertes multas y creciente control policial (presencial y mediante cámaras y radares) están aumentando la probabilidad de “cazar” al infractor y de esta manera hacen replantearse al usuario su forma de conducción.

Se puede ejemplificar claramente este hecho con el caso de las rondas de Barcelona. Se trata de una vía rápida, con tres carriles en la gran parte de su recorrido y con un trazado muy generoso. El límite de velocidad en esta vía es de 80 km/h con tramos limitados a 60 km/h puntualmente. En cuanto al diseño del trazado la velocidad podría ser mayor pero al ser una vía urbana el número de salidas e incorporaciones es elevado y la distancia entre ellas es corta, es este el motivo principal de la tan restrictiva limitación de velocidad. Consecuentemente del trazado generoso nombrado, conseguir que los conductores respetaran los límites de velocidad ha sido una tarea verdaderamente costosa. Ha habido un problema en las Rondas de falta de transmisión de información al usuario por parte del proyectista (plasmado en la vía), es decir, los conductores no entienden por qué deben ir a esa velocidad tan anormalmente baja para lo que el trazado permitiría, con lo cual no respetan el límite por no verle el sentido coherente a la restricción (más adelante se tratará el tema de los reacciones y procesos mentales del conductor ante las limitaciones impuestas por la señalización). Hay, en esta vía, una falta de coherencia entre el límite de velocidad y el diseño del trazado. Actualmente se ha conseguido reducir la velocidad de la vía hasta la señalizada, en mi opinión, y el procedimiento seguido para llegar a este objetivo ha sido la colocación de múltiples radares a lo largo de toda la Ronda que detectan al infractor, una cámara lo fotografía y se le aplica una contundente sanción económica.

Otro claro triunfo del método intimidatorio en la reducción generalizada de la velocidad lo encontramos en una noticia de prensa del día 4 de Octubre en la que se expone una nueva campaña en la lucha por la seguridad vial. Consiste el procedimiento llevado a cabo por las administraciones en colocar, en los márgenes de las calzadas, cajas metálicas de color amarillo que pueden contener o no un radar que mide la velocidad de los vehículos, con la correspondiente cámara fotográfica que retratará a los infractores y la sanción en tal caso (sanción no sólo económica dependiendo de la gravedad de la infracción). Analizando este método se pueden extraer conclusiones al respecto del estudio global; primeramente que no hace falta que el método ejerza una acción directa sobre el conductor, sino que basta con que éste crea que la puede ejercer. Se demuestra lo anterior ya que en las cajas amarillas que se dispondrán se incluirán en el interior de algunas los radares y las cámaras que multarán la velocidad excesiva, pero otras cajas estarán vacías. La eficiencia de los dos tipos de cajas será la misma, los usuarios reducirán la velocidad igualmente ante ambos tipos de cajas, lo que induce a pensar que el miedo a la multa es el motivo del triunfo en seguridad vial. En segundo lugar, y complementando a la explicación anterior, se da la solución con dichas cajas

que son de color amarillo y que se dispondrán en los márgenes de la calzada, buscando con esto que sean objetos totalmente visibles y lo más llamativos posible para que los conductores perciban su existencia. Sólo así se conseguirá el efecto intimidatorio buscado.

Para verificar las hipótesis anteriores y aprovechando un estudio de campo que se ha llevado a cabo en la tesina y se expondrá posteriormente, se midieron mediante un radar Doppler las velocidades en un punto de una vía mediante dos métodos diferentes:

1. Colocando el vehículo desde donde se tomaban las mediciones en un margen de la carretera, sin molestar al tráfico para no provocar reducciones de velocidad (era una isleta que permitía parar el vehículo a unos 5 metros del carril) pero visibles completamente.
2. Colocando el vehículo desde el que se medía sobre un puente perpendicular a la vía estudiada, de tal forma que los conductores no veían ningún coche parado.

El objetivo es demostrar que los usuarios reaccionan considerablemente ante amenazas de sanciones económicas y que es este el método más eficaz para combatir las velocidades excesivas. Dejando el vehículo desde el que se media a la vista conseguimos que los conductores vieran un coche parado, que posiblemente pueda ser policial. No tienen la certeza de que lo sea, de hecho no lo era, pero ante el riesgo de la multa reaccionan frenando, cosa que no hace ante el estímulo de la señal de limitación de velocidad (idéntico efecto que provocarán las cajas amarillas de las se ha hablado anteriormente). Se trata de una sección de la salida 95 de Mataró de la autopista C-32, donde se dispone de una señal vertical de límite de velocidad de 100km/h. Veamos los resultados.

• **Coche-radar a la vista.**

Media (km/h)	104,5
Diferencia media-limite (km/h)	4,5
Desviación estándar (km/h)	10,55
Porcentaje de infracción	68%
Máximo (km/h)	144
Mínimo (km/h)	86
Percentil 85 (km/h)	114
Percentil 15 (km/h)	98

*Tabla V: Resultados con coche radar a la vista.
Fuente: Elaboración propia.*

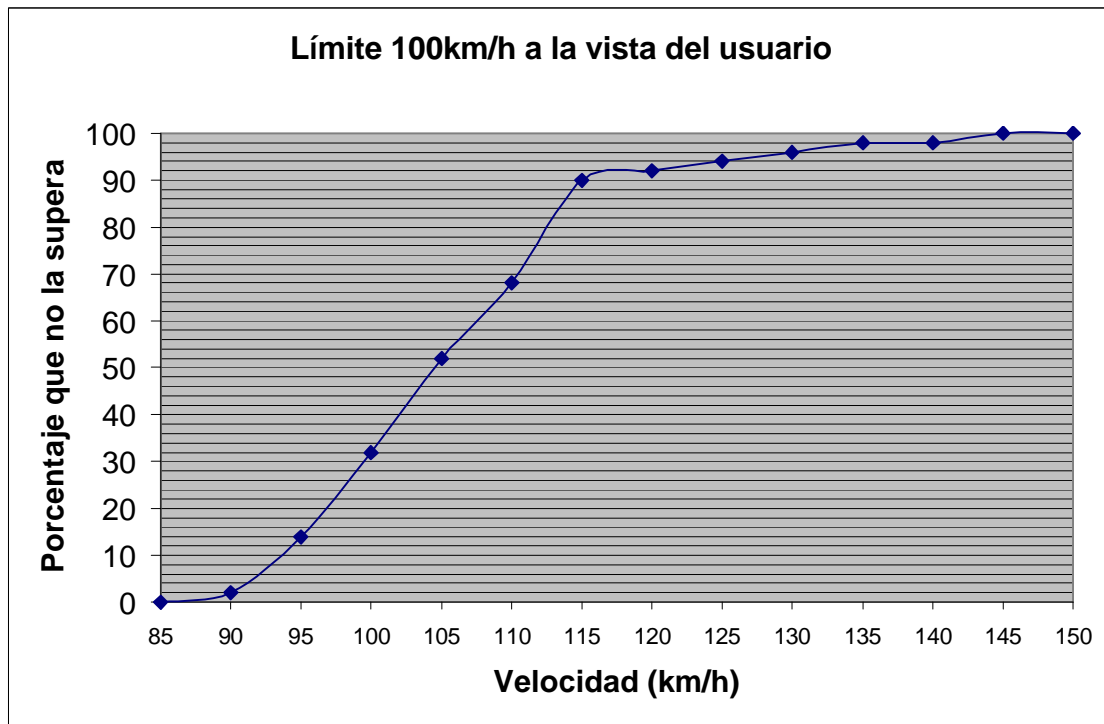


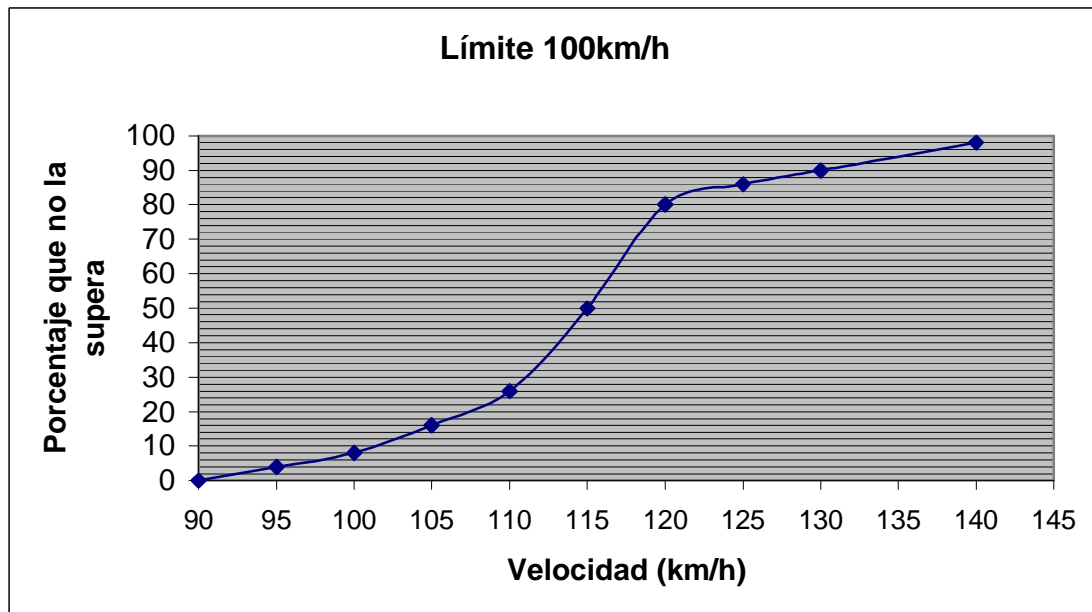
Figura 6: Distribución acumulada de velocidades con coche radar a la vista.
Fuente: Elaboración propia.

Los datos anteriores muestran que un 68% de los usuarios sobrepasan la velocidad máxima, aunque el exceso de la media no es muy elevado, son exactamente 4,5km/h.

• **Coche-radar oculto y comparación.**

	Radar oculto	Radar visto
Media (km/h)	114,5	104,5
Diferencia media-límite (km/h)	14,5	4,5
Desviación estándar (km/h)	10,4	10,55
Porcentaje de infracción	92%	68%
Máximo (km/h)	141	144
Mínimo (km/h)	91	86
Percentil 85 (km/h)	122,65	114
Percentil 15 (km/h)	105,4	98

Tabla VI: Resultados con coche radar oculto.
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 7: Distribución acumulada de velocidades con coche radar oculto.
Fuente: Elaboración propia.*

En este caso los conductores no perciben ninguna amenaza exterior y circulan libremente sin coacciones. Los resultados indican que la velocidad media de la muestra son 114,5km/h, habiendo un 92% de infractores.

Se ha tomado una diferencia de 10km/h entre el primer método y el segundo, además de aumentar el porcentaje de infractores. Queda reflejada en este resultado la diferencia de comportamiento de los usuarios entre cuando se ven amenazados por una sanción y cuando no existe dicha amenaza.

Por tanto a la vista del presente estudio experimental podemos adelantar el éxito del nuevo método presentado por la DGT, consiguiendo una reducción de la velocidad media en los puntos dónde se coloquen las cajas amarillas de entre un 8 y un 10% de la velocidad libre inicial.

1.3.ACTUALIDAD.

El panorama de movilidad ha ido variando estrepitosamente en los últimos años. Las actividades económicas tienen un ritmo creciente de aparición lo que está obligando a descentralizar los centros económicos de las ciudades con lo cual aumenta la longitud de los viajes cotidianos. Al mismo tiempo la mejora de las infraestructuras y de los vehículos de transporte por carretera han permitido una “reducción de las distancias” entre territorios, lo que facilita los viajes más largos en tiempo de ocio.

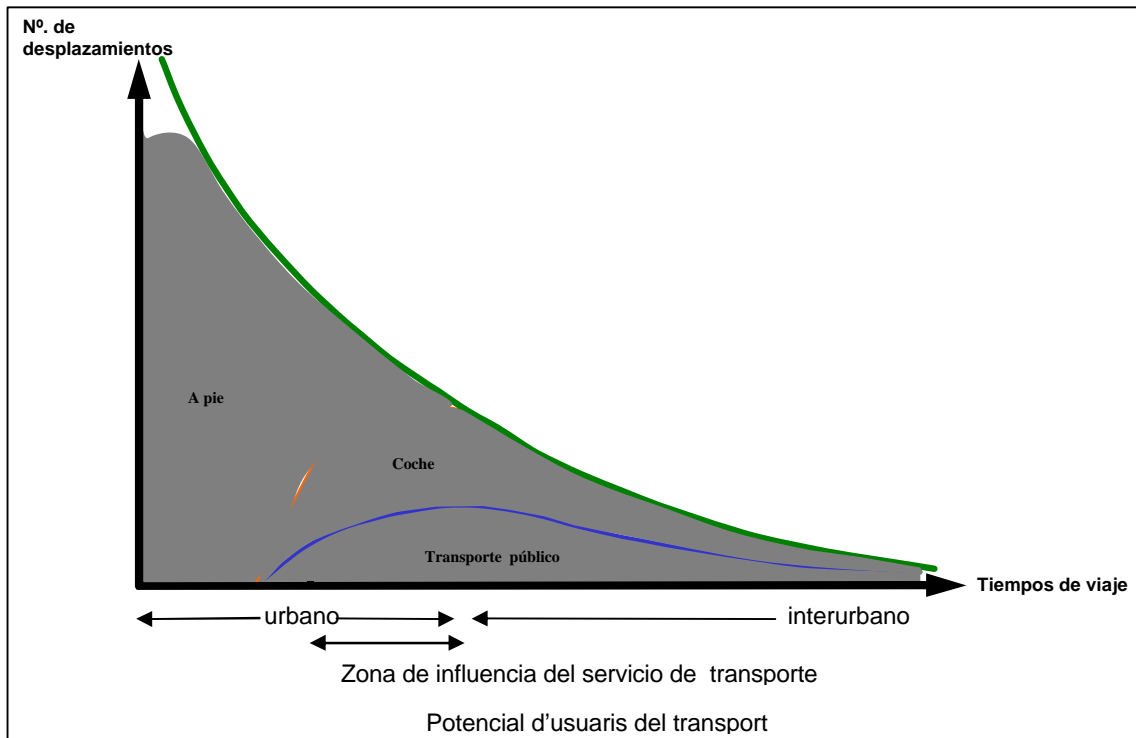


Figura 8: Distribución modal de los desplazamientos en función de los tiempos de viaje.
 Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Se puede observar en la figura 8 que el coche es un medio de transporte que aparece en los dos ámbitos, urbano e interurbano. Sobre todo en viajes interurbanos asume más importancia este medio de transporte, ya que los viajes a pie se anulan a partir de una cierta distancia de viaje. Se ve también en la tabla VII el volumen de viajes interurbanos en coche, demostrando así la gran aceptación que tiene este medio de transporte entre los ciudadanos. El uso masivo del automóvil obliga a asegurar unos máximos de riesgos asumibles mejorando la seguridad vial, ya que el porcentaje de exposición al peligro se ha visto en estas figuras y tablas que es muy elevado.

MUNICIPIO	A pie	Transporte público	En coche
Barcelona	2	27	71
Badalona	8	41	51
L'Hospitalet	9	51	40
Sant Coloma	4	58	38
Cornellà	0	37	63
Mataró	1	21	78
Sabadell	1	30	69
Terrassa	1	20	79
Martorell	0	39	61
Vilafranca	0	50	50
Vilanova	2	33	66

Tabla VII: Distribución modal de los viajes exportados del municipio.
 Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

La sociedad en general se ha dado cuenta que es inadmisibles las cifras que se daban en nuestras carreteras en cuanto a accidentalidad y mortalidad. Se ha concienciado también que los accidentes no son una consecuencia inevitable de la movilidad por carretera sino que se pueden evitar y se está trabajando en este sentido. Como ya se ha explicado anteriormente se denota una mayor calma en nuestras carreteras, aún y así, el objetivo es mucho más ambicioso lógicamente y se sigue luchando por cumplir este objetivo.

En el caso particular de Catalunya se aprecia una diferente evolución en los datos de seguridad vial en carreteras y en los datos de zona urbana. A partir de 1989 la tendencia de los siniestros en carretera interurbana es decreciente (se ha reducido una media de 3km/h entre 2004 y 2005 en las carreteras) mientras que en zona urbana sigue creciendo el número de siniestros. De acuerdo con los objetivos de la Unión Europea en Catalunya se ha reducido en un 15% los accidentes con muertos y heridos graves entre 2002 y 2004 y se intentará volver a cumplir la misma reducción en el periodo 2005-2007.

1.4. CAUSAS PRINCIPALES.

Las causas de los accidentes pueden ser múltiples como se sabe, tantas y tan impredecibles y difíciles de controlar que podríamos considerar la consecución de accidentes en una carretera como un proceso aleatorio. Si se considera de esta manera la distribución que sigue el número de siniestros en una vía es una distribución de Poisson.

Se representa en la siguiente gráfica de la figura 9 la correspondencia del comportamiento Poisson con datos experimentales observados, de esta manera podemos identificar como se ve los puntos dónde hay más probabilidad de tener accidentes relacionados con la vía (puntos negros) y a la inversa los que tienen menos accidentalidad (puntos blancos).

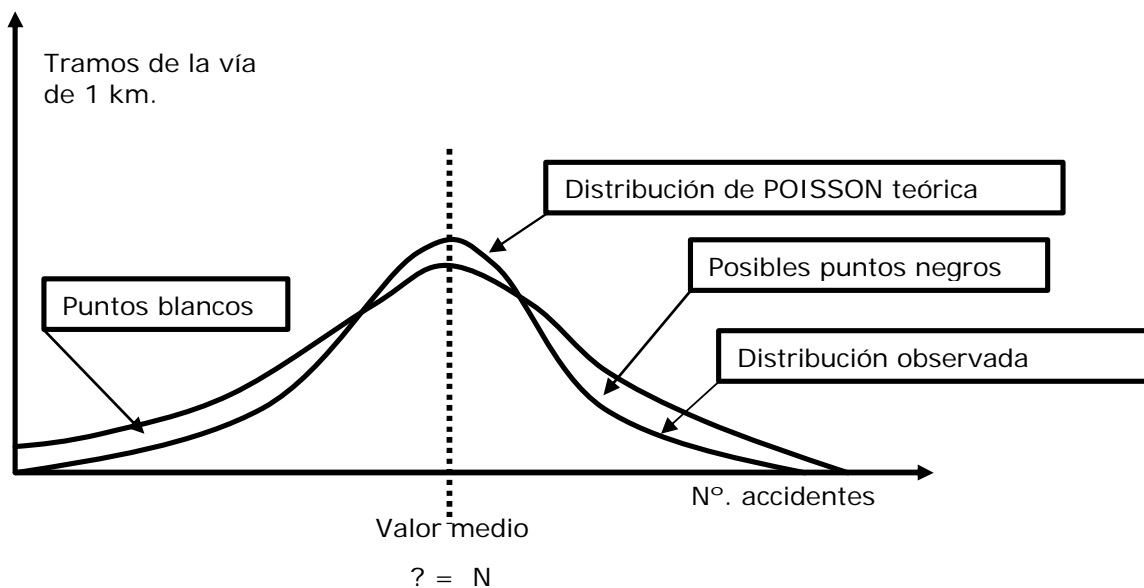


Figura 9: Correspondencia entre distribución real de accidentes y distribución teórica Poisson.
Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

La distracción es una de las causas más frecuentes en accidentes pero volvemos al mismo dilema de siempre en cuanto a comportamiento humano y es que dichas reacciones ante situaciones del medio que nos rodea son sumamente impredecibles y difíciles de cuantificar. Debido a esto tenemos que respetar siempre unos coeficientes de seguridad cuanto actuemos mediante la técnica sobre conductas tan aleatorias y en el caso que esté en juego la integridad física de personas con más motivo. Por esto al proyectar carreteras se consideran unos coeficientes de seguridad que intentan solventar la posible problemática expuesta. Hasta aquí todo correcto, pero el usuario conoce exactamente dónde está el límite de esta seguridad?, se le da la información necesaria para que conozca en todo momento el riesgo que está asumiendo?, probablemente si lo conocieran no los correrían en tan grande medida. Es una problemática que se plantea al observar los datos y resultados puede entenderse que existe la posibilidad de que la información recibida por el conductor sea insuficiente para mantenerse seguro, ya que por ejemplo desconoce dónde está el límite entre conducción normal y conducción segura. Dando por hecho esta probable inconsciencia del conductor, en el caso que este sobrepasara el límite de velocidad normal acercándose a la máxima segura (o dinámica) está entrando en una situación peligrosa ya que el coeficiente de seguridad se va reduciendo a medida que nos acercamos a la velocidad máxima segura, momento en el cual cualquier tipo de distracción mínima puede ser fatal. Es así, por ejemplo, cuando tratamos las distancias de parada en función de la velocidad porque en el diseño de la vía se consideran tiempos de reacción “normales” que aumentan extraordinariamente si conducimos de manera temeraria.

En el capítulo IV se intentan estudiar causas de accidentalidad más directamente relacionadas con el problema de la velocidad que es en el que se profundiza más en esta tesina.

Una posible manera de abordar este problema sería tomar medidas e identificar la manera de conducción en cada momento y buscar el motivo de la misma para posteriormente analizar las causas y trabajar para evitarlas. En cada situación de infracción que se puede detectar en un punto de una carretera podemos plantearnos el motivo de esta conducción incorrecta y tomar medidas en contra de dichos motivos e informar a los usuarios del peligro real que se corre en ese punto o ante dicha circunstancia. Para ejemplificar este hecho se podría analizar el problema del alcohol, sustancia que reduce las capacidades del conductor reduciendo a su vez los coeficientes de seguridad inicialmente planteados por el proyectista. Las autoridades, administraciones y medios de comunicación poco informan de la raíz del problema, sino que se limitan a publicar que no lo hagas y multar fuertemente al infractor, pero, porqué no debo hacerlo? Qué peligro estoy corriendo y cual son sus causas?

CAPÍTULO II AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL

2.1. INTRODUCCIÓN A LAS AUDITORÍAS.

Se define como auditoria de seguridad vial (ASV) en carreteras en servicio aquel procedimiento sistemático en el que un profesional cualificado e independiente comprueba las condiciones de la vía, analizando todos los aspectos de la misma y su entorno que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios, no sólo motorizados, sino también otros usuarios vulnerables como ciclistas o peatones.

No se ha de caer en la confusión de que una auditoria de seguridad es una evaluación de un proyecto realizado, ni un rediseño de la zona en la que se ejecuta, ni tampoco es una comprobación del cumplimiento de la normativa.

Esto no implica que la aplicación de las auditorias en las carreteras existentes, suponga un proceso de abandono de la gestión de los tramos de concentración de accidentes (TCA), sino que ambos deberían formar parte de un universo de mejora de la red vial, uno a modo de actuación para la mejora del tramo (TCA) y otro para la prevención de que zonas abiertas al tráfico se conviertan en tramos peligrosos para los usuarios.

La razón de la existencia de las ASV es la de reducir las posibilidades de que se puedan producir accidentes y si los hubiera, ser capaces de reducir su gravedad. En ocasiones la red de carreteras abierta al tráfico cuenta con una existencia de muchos años, suficientes para que la normativa vigente entonces, fuera más permisiva y no tuviera en cuenta muchos parámetros de seguridad de los que hoy en día disfrutamos. Y además, en bastantes ocasiones los programas de mantenimiento de la vía no son todo lo completos que deberían ser o bien, no se llevan acabo como deberían. La auditoria se encargaría, pues, de solucionar estos posibles déficits planteados mediante un equipo de profesionales y un estudio previo.

Por lo tanto, los objetivos de las ASV son los de asegurar que todas las vías operan en las máximas condiciones de seguridad, minimizar las situaciones de riesgo y la de reducir costes futuros.

Por su parte una auditoria de seguridad vial en una carretera de nueva construcción es un proceso similar en el sentido que el objetivo y la herramienta son los mismos, la diferencia es que, en este caso, no existe la carretera todavía. Este antecedente reduce los datos empíricos de la vía a cero, con lo que se parte con una base estadística informativa menor. Por este motivo el equipo técnico debe trabajar sobre el proyecto constructivo buscando, igual que en las auditorias de carreteras en servicio, reducir los riesgos que correrán los conductores futuros.

2.2. REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR UN TRAMO EN SERVICIO PARA SER AUDITADO.

Los itinerarios o tramos en los que se vaya a realizar una auditoria de seguridad vial, normalmente cumplen alguno o varios de estos aspectos:

- Tramos en los que se han producido accidentes, no haciendo falta la catalogación del mismo como un TCA.
- Carreteras donde se estén realizando actuaciones de renovación y refuerzo, o simplemente acondicionándola.
- Tramos en los que se hayan detectado TCA, para la prevención de la migración de accidentes.
- En carreteras que a simple vista, carecen de problemas de seguridad. Como es de suponer, es bastante improbable la realización de ASV en estas condiciones, a causa de la falta de presupuesto y por limitaciones temporales.

Como ejemplo de qué tipo de criterios se utilizan para la determinación de si se audita o no un proyecto, a continuación se muestra una lista de aspectos asociados a proyectos de construcción en los que basan la toma de decisiones en Canadá. El proyecto con la puntuación más elevada, es el que se audita. Las puntuaciones las reciben en función de los siguientes determinantes:

- Complejidad del diseño.
- Nuevos elementos.
- Tipo de obra.
- Interacción entre distintos usuarios.
- Usuarios vulnerables.
- Intensidad del tráfico de diseño.

En los casos en los que una ASV sea posible, el equipo seleccionado para esta tarea debe ser pluridisciplinar, superior en número al de una persona, tener la imparcialidad como norma, comprometerse en la optimización de los recursos disponibles y por último, tener capacidad de diálogo y acuerdo.

2.3. APLICACIÓN DE ASV EN UN PROYECTO CONSTRUCTIVO DE CARRETERA DE NUEVA CONSTRUCCIÓN.

A continuación se expresan las diferentes etapas de un proceso constructivo donde sería posible el desarrollo de una auditoria de seguridad vial en colaboración con el equipo redactor del proyecto. Se trata entonces de llevar a cabo la auditoria casi paralelamente a la redacción del proyecto.

- **Etapa I. Viabilidad.**

En esta primera etapa se analiza el diseño de la vía con sus responsables, se estudia la interacción futura de ésta con las otras vías existentes, se examina los usos que le han dado al suelo y la intensidad de tráfico prevista, se comprueba el cumplimiento de los estándares en el equipamiento, etc. También se debe tratar con sumo cuidado aquellos puntos que se consideran singulares y que podrían ocasionar un trastorno en los usuarios, como podrían ser las zonas de transición.

Al ser la fase inicial, aún se está a tiempo de realizar grandes cambios para así solucionar problemas que resulten obvios.

- **Etapa II. Diseño preliminar.**

En la segunda etapa, se deciden parámetros como los de velocidad de proyecto, distancias de visibilidad y parada, anchos de carril y arcén, peraltes, etc. Como pensar en las necesidades que tendrán usuarios no tan habituales como los peatones, ciclistas o el transporte público.

En este punto es donde se tiene que intentar transmitir el usuario, sea cuál sea, las condiciones básicas de circulación de la vía.

La ASV tiene la función, entre otras, de asegurar la inexistencia de retrasos en la fase de diseño del proyecto y hacer comprobaciones del cumplimiento de la normativa vigente.

- **Etapa III. Diseño de detalles**

En la etapa de diseño de detalles, se realiza un seguimiento exhaustivo de la señalización horizontal y vertical, de los sistemas de contención, de la iluminación, del balizamiento, del mobiliario urbano, etc. Es aquí donde se comprueba la seguridad de las intersecciones y como todas las decisiones tomadas, influyen a los usuarios más vulnerables. Al respecto se podría citar un ejemplo de actuación modificando únicamente la pintura de la señalización horizontal. En zonas en las que el trazado de la carretera sea excesivamente recto, aumentando peligrosamente la seguridad aparente, se podría reducir el ancho de los carriles juntando las líneas que lo delimitan. Se conseguiría así reducir los motivos incitadores del conductor que le hacen aumentar la velocidad.

En esta etapa reside la última oportunidad de realizar modificaciones en cualquier ámbito, antes de la construcción. Como en los puntos anteriores, se revisa el cumplimiento de la normativa y la interacción que resulta con los demás elementos del entorno.

- **Etapa IV. Preapertura.**

En la última etapa se verifica y comprueba: todos los cambios previos y que el mensaje a transmitir al usuario le llegue de forma correcta.

Debe recorrerse todo el tramo en todas las direcciones posibles y acceder por todos los sitios posibles, con el fin de realizar una comprobación in situ de que lo diseñado guarda una relación completa con lo que se haya construido.

Llegados a este punto, es la última oportunidad de realizar una auditoria de seguridad vial antes de la apertura de la vía al tráfico. Por lo tanto también es el último momento para localizar puntos conflictivos y comprobar la señalización.

2.4. ETAPAS DE UNA ASV.

Las auditorias de seguridad vial pueden realizarse bien en carreteras en servicio o en carreteras nuevas.

2.4.1. ASV EN CARRETERAS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN.

- Paso I. Selección del equipo auditor.

Según el tipo de proyecto que se vaya a realizar, el equipo estará formado de unos expertos u otros, ya que no es lo mismo el proyectar el cambio de tipología de una intersección que la construcción de una autopista de 5 kilómetros. Por lo tanto, los componentes del equipo se adecuarán a las necesidades del mismo.

- Paso II. Recopilación de la información necesaria.

Además de la documentación asociada al propio proyecto, también se debe tener acceso a información relativa al entorno donde se efectuará la obra. Esto incluye desde estudios climatológicos de la zona como informes de seguridad que se hayan podido realizar con anterioridad.

- Paso III. Reunión de inicio del proceso.

Tiene lugar una serie de reuniones para familiarizar al equipo auditor con los responsables del nuevo proyecto constructivo, con el fin de poder intercambiar la mayor cantidad de información posible.

- Paso IV. Evaluación de documentos.

Una vez en posesión de toda la documentación, el equipo auditor tiene que comprobar la veracidad de esta comparándola con la observada en campo, y determinar las posibles zonas conflictivas en el ámbito de seguridad.

- Paso V. Inspección del terreno.

Un aspecto a tener en cuenta es el de inspeccionar la obra tanto de día como de noche, intentando que estas operaciones representen al volumen del tráfico habitual y más conflictivo en la zona. Se tiene que poner especial atención en las zonas de conexión con otras vías y estudiarlas tanto a nivel de infraestructura como a nivel de usuarios, poniendo especial atención a los usuarios más vulnerables como peatones o ciclistas

- Paso VI. Elaboración del informe de auditoria.

En el mencionado informe tienen que aparecer todas las conclusiones del equipo auditor, así como las incidencias que les hayan surgido dentro del proceso. Tiene que contar con los siguientes apartados:

- Información del proyecto: Nombre de la carretera, identificación del tramo auditado, emplazamiento, fase de la ASV y una breve descripción del proyecto.
- Información del contexto: Identificación del equipo auditor y del cliente, experiencia del equipo, planos del proyecto, descripción del trabajo realizado en campo, listado de documentos utilizados durante la ASV y un resumen fotográfico de las singularidades existentes.

- Resultados y recomendaciones: Este es uno de los apartados con más importancia del informe, ya que aquí se recogen las deficiencias de seguridad que se han hallado en la obra y las posibles construcciones.
- Declaración formal: Documento donde se recogen las firmas del equipo auditor dando fe de la ASV realizada y donde también está expuesto el resultado de la misma.

- Paso VII. Reunión de fin de proceso.

Tienen lugar las discusiones entre el equipo auditor y los responsables y representantes de la obra, con el objetivo de llegar a un acuerdo en cuanto a las actuaciones de seguridad que tendrán lugar posteriormente.

- Paso VIII. Respuesta al informe de auditoría.

Después de las recomendaciones del equipo auditor para mejorar en calidad de seguridad vial, los responsables de la obra someten estas recomendaciones a examen y consideran si deben ejecutarse y de qué manera.

- Paso IX. Aprender del proceso.

La realización de las ASV, sirve muchas veces de plataforma para revisar la normativa vigente y la de ofrecer alternativas y conocimientos que ayuden a una mejora de los proyectos futuros.

2.4.2. ASV EN CARRETERAS EN SERVICIO.

- Paso I. Selección de la carretera sobre la que se va a realizar una ASV.

Idealmente, las carreteras deberían ser revisadas regularmente para así poder disponer de una red de carreteras donde la seguridad gozara de una muy buena categoría. Pero por las existentes limitaciones presupuestarias y temporales, es imposible alcanzar ese objetivo. Por lo tanto, la elección de la carretera en la que se realizará la ASV se efectuará a partir de un baremo de puntuaciones, que clasifica las carreteras sobre unos aspectos o características determinados.

- Paso II. Selección del equipo auditor.

A diferencia del equipo auditor de ASV de carreteras nuevas, este equipo debe tener unos requisitos determinados, como por ejemplo:

- Capacidad de entender de qué manera ocurren los accidentes en un tipo de carretera determinado.
- Capacidad de visualizar la influencia que puede tener un problema en la carretera sobre el usuario.
- Capacidad de entender y localizar las necesidades de todos los usuarios.
- Capacidad de resolución de los problemas detectados.

Idealmente, el equipo auditor debería incluir a un experto en seguridad vial, a un experto de gestión del tráfico y por último, un experto en diseño de carreteras.

- Paso III. Análisis preeliminar de los datos.

La disponibilidad a priori de documentación que facilite información sobre el tramo donde se realizará la ASV, es un punto a favor en lo que a la localización de puntos conflictivos se refiere. Es de gran ayuda tener acceso a la accidentalidad de la zona aunque no se deben emitir sentencias basándose sólo en esta información.

- Paso IV. Trabajo de campo.

La carretera debe revisarse y analizarse tanto de día como de noche, así como tomar medidas de velocidades e incluso transitar por ella a distintas velocidades. Según el tramo, sería interesante el realizar los recorridos posibles a pie, así de esta manera se puede visualizar como influye a todos los usuarios. Hay que poner especial interés en las zonas de transiciones a otras vías y analizar su infraestructura.

- Paso V. Discusión.

Esta es la fase donde se exponen todos los puntos de vista de cada auditor, aportando material fotográfico o videos que ayuden a la comprensión de los demás componentes. Normalmente, se siguen los pasos expuestos a continuación:

- Determinación de zonas con alta peligrosidad que describan características que puedan ser la causa de accidentes.
- Cada componente del grupo redacta un informe que estará compuesto por los puntos que bajo su opinión son conflictivos y las razones que les hayan llevado a pensarlo. Esto es expuesto a los demás componentes y se decide si realmente es o no es una zona donde se tiene que actuar con medidas de seguridad.
- Una vez identificados los verdaderos puntos problemáticos, se pasa a determinar las recomendaciones que harían falta para que dejaran de serlo. Estas recomendaciones no tiene que incluir detalles técnicos.

- Paso VI. Evaluación de riesgos.

Una vez determinadas las medidas que se podrían llevar a cabo, se debe pensar cuál de ellas va a poder realizarse ya que seguramente existan unos límites presupuestarios que recorten las actuaciones de seguridad. Normalmente, se realiza una valoración de riesgos y se determina cuáles son las zonas que sin lugar a dudas deben tratarse.

- Paso VII. Elaboración del informe de auditoria.

El informe tiene un formato problema – recomendación, donde se expone el problema encontrado y la solución enfocada al tipo de usuario al que perjudica. Incluye los siguientes campos:

- Nombre de la carretera y localización.
- Fechas de trabajo de campo y la realización del resto de las fases.

- Miembros que forman el equipo auditor y sus calificaciones.
 - Nombre del cliente y dirección.
 - Actas de las reuniones celebradas.
 - Datos aportados por el cliente.
 - Descripción del proceso seguido para realizar la revisión.
 - Declaración de responsabilidad limitada del equipo auditor.
 - Descripción de los problemas de seguridad y potenciales accidentes que pueden producirse.
 - Descripción de las recomendaciones aportadas.
 - Declaración final.
 - Nombre y firma de los miembros del equipo auditor.
- Paso VIII. Elaboración del informe de respuesta.

El cliente debe exponer su conformidad o no conformidad con las zonas de peligro localizadas por el equipo auditor y con las recomendaciones relacionadas al problema. En el caso de que el cliente no esté de acuerdo con las zonas peligrosas o las soluciones aportadas, debe exponer las razones que le llevan a esa posición.

- Paso IX. Control del funcionamiento de las medidas implantadas.

Es preferible el realizar revisiones de las medidas llevadas a cabo tras un año después de la ASV, tras tres años y tras cinco años. Idealmente, se debería realizar una nueva auditoria una vez han pasado cinco años.

2.5. EXPERIENCIA INTERNACIONAL.

En este apartado de experiencia internacional, se resume brevemente cuál ha sido el recorrido de las auditorias de seguridad vial en países como Dinamarca, Nueva Zelanda, Australia y el Reino Unido.

2.5.1. DINAMARCA.

En Dinamarca se llevan realizando ASV en carreteras de nueva construcción desde el año 1997 y desde el año 2000 en carreteras abiertas al tráfico. No obstante, estos estudios no son una substitución de otros tratamientos como la gestión de los TCA, sino una medida más de seguridad vial. Son proyectos en los que se identifican zonas carentes de un nivel de seguridad satisfactorio y que necesitan de alguna actuación que las mejore.

La administración danesa aconseja realizar auditorias en cada actuación de mantenimiento o refuerzo de la red de carreteras.

2.5.2. NUEVA ZELANDA.

En este caso, las ASV vieron la luz hacia el año 1996, cuando comenzaron a aplicarse como medida para analizar la idoneidad de la gestión de la seguridad vial que estaba realizando la Administración correspondiente.

El objetivo de estos estudios es el de intentar analizar globalmente el estado de seguridad en el que se encuentra la red de carreteras, por lo que no se pretende realizar auditorías de seguridad vial en todas ellas.

Se comprometen a alcanzar un número medio de seis ASV al año, con el fin de poder ahondar y comprobar la gestión de la seguridad vial que realizan las autoridades pertinentes, para seguir el resultado de las recomendaciones aconsejadas por el equipo auditor y como herramienta de documentación para futuras situaciones que guarden alguna relación con las ya registradas.

2.5.3. AUSTRALIA.

El objetivo marcado en Australia para las ASV, es asegurar que la relación carretera – entorno sea compatible y favorable para los usuarios, y que sea posible el identificar zonas en donde no lo sea tan estrechamente, donde existan causas de accidentes.

Definen dos niveles de inspección en ASV en carreteras en servicio:

- Nivel preliminar: Incluye una revisión global de la vía en la que se identifican los problemas más graves y su localización.
- Nivel de detalle: Se analizan exhaustivamente los puntos en los que se han localizado problemas, realizando recomendaciones.

Al contrario de Nueva Zelanda, en Australia consideran ideal el realizar auditorías de seguridad en toda la red de carreteras.

2.5.4 REINO UNIDO.

La Administración británica goza de ser una de las pioneras en materia de auditorías de seguridad vial en proyectos de nuevas carreteras, no lo es en cambio en carreteras en servicio ya que la tendencia siempre ha sido la de analizar estos casos a raíz del estudio de la accidentalidad de la zona.

Actualmente, después de la publicación de la normativa HD 19/03 en el 2003, se aplican las ASV en todos los proyectos de renovación y mantenimiento de las vías. Estos procesos deben estar formados por las siguientes etapas:

- Etapa 1. Diseño preliminar.
- Etapa 2. Diseño de detalles.
- Etapa 3. Construcción.
- Etapa 4. Control.

Otros países como Estados Unidos, Canadá o Alemania, han desarrollado un procedimiento para la realización de ASV's, incluidas listas de chequeo, e incluso han realizado auditorías piloto en sus carreteras, con vistas a la implantación generalizada del proceso.

CAPÍTULO III HERRAMIENTAS PARA EL AUDITOR

3.1 TOMA Y TRATAMIENTO DE DATOS

Las entidades responsables de las mejoras en seguridad vial se respaldan en bases de datos organizadas, que ayudan a que la identificación de zonas conflictivas sea posible de una forma más sencilla y efectiva, así como la recopilación de información relacionada con proyectos de seguridad que sirve como bagaje cultural para actuaciones futuras en situaciones similares a las ya estudiadas con anterioridad.

Por lo tanto, la forma en que se recoja toda esta información es determinante en la efectividad de estudios de seguridad vial. Ahora bien, el registro de todos estos datos no siempre es compatible con otras fuentes por lo que puede generar asincronismos entre diferentes entidades con un mismo fin.

3.1.1. CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Una de las clasificaciones más básicas es la de la accidentalidad, se organiza por:

- Accidentes con daños materiales sin víctimas (son muy pocos).
- Accidentes con víctimas.
- Accidentes mortales, donde la víctima fallece a consecuencia del propio accidente.

Cuando se alza la vista hacia el ámbito internacional, son esta clase de clasificaciones como la de accidente mortal las que evitan una homogenización de la información entre fronteras.

Como ejemplo, se puede citar las diferencias entre víctima mortal por accidente de tráfico en distintos países. En Bélgica, víctima mortal es aquella persona que fallece en el acto, a diferencia de Estados Unidos que considera víctima mortal aquella persona que fallece a causa de las heridas originadas por el accidente, dentro del período de un año después del siniestro. En España se le considera como tal, si fallece en 24 horas después de la colisión aunque se está adaptando a 30 días para compatibilizar con el sistema europeo.

A pesar de todo, existen bases de datos a nivel supranacional como la creada en el 1993, aprobada por el Consejo de Ministros de la U.E. Esta base de datos (BBDD) recibió el nombre de CARE, que suponía el primer banco de datos comunitario de accidentes de tráfico. CARE es la BBDD de un nivel básico con la que se es capaz de realizar una comparación de accidentes de tráfico, conocer la magnitud de la accidentalidad a un nivel fuera de las fronteras, identificar zonas peligrosas y carentes de un nivel de seguridad aceptable y contribuir en la evaluación de las medidas de seguridad efectuadas. Posteriormente salieron actualizaciones que incluían mejoras (CAREPLUS y CAREPLUS 2).

A continuación se muestra la tabla VIII donde se resumen los diferentes niveles que puede alcanzar una base de datos, en referencia a la información que se puede gestionar a través de ella.

NIVEL	FUENTE DE DATOS	FUNCIONES
BÁSICO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de accidentes de la policía de tráfico. 2. Estadísticas nacionales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceso a la situación de la accidentalidad (quién, cómo, dónde, en qué circunstancias). 2. Analizar tendencias de tráfico, accidentes y riesgos, y hacer previsiones. 3. Evaluar los efectos de las medidas adoptadas
INTERMEDIO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de accidentes de la policía de tráfico. 2. Observaciones <i>in situ</i>. 3. Evidencias adicionales de los agentes de tráfico o informes judiciales de testigos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar y diagnosticar los puntos peligrosos (dónde, cómo, qué). 2. Reconstruir accidentes y determinar las medidas a adoptar.
ALTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de accidentes de la policía de tráfico. 2. Observaciones <i>in situ</i>. 3. Evidencias adicionales de los agentes de tráfico o informes judiciales de testigos. 4. Entrevistas con usuarios de la carretera que se hayan visto involucrados. 5. Evaluación clínica de los heridos. 6. Inspección técnica de los daños. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar las causas de los accidentes. 2. Evaluar el mecanismo de causa-efecto. 3. Estudiar las medidas de prevención de accidentes y víctimas. 4. Ampliar conocimientos sobre la seguridad de los vehículos, la tolerancia humana y los mecanismos para la reducción de lesiones.

Tabla VIII : Niveles de bases de datos.

Fuente: Exposición de Ana Arranz en Curso de Auditorias de Seguridad Vial en Carreteras.

A partir de la creación de la base de datos CARE, la Unión Europea ha apoyado proyectos como el STAIRS (Standardisation of Accident and Injury Registration Systems) que promueve la estandarización del registro de información basada en accidentes de tráfico.

Otro de los bancos de datos influyentes a nivel internacional, es el IRTAD (Internacional Road Traffic and Accident Database) formada por 30 países, entre ellos España que es miembro desde 1961.

La tabla IX muestra un comparativo entre la base de datos CARE y la IRTAD.

BBDD	COBERTURA	PROPÓSITO	CARACTERÍSTICAS
CARE, CAREPLUS	Todos los usuarios	Recuento de número de accidentes e información básica de los mismos.	Bajo nivel de detalle, muchos casos.
IRTAD	Un limitado grupo de datos anuales agregados, para todos los usuarios de la vía.	Desarrollo de indicadores de seguridad (IP o IM). Comparación internacional.	Datos anuales agregados desde 1970, y variables de cruce. Datos de tráfico y muertos a 30 días.

Tabla IX : Comparación entre la base CARE y la IRTAD.

Fuente: Exposición de Ana Arranz en Curso de Auditorias de Seguridad Vial en Carreteras.

3.1.2. BASES DE DATOS DE ACCIDENTES EN ESPAÑA.

La base de datos más relevante en el territorio español, es la confeccionada por la Dirección General de Tráfico (DGT) con los datos aportados por los agentes de tráfico, Guardia Civil, Mossos de Esquadra de los cuales realizan informes estadísticos anuales. Otra BBDD a nivel nacional es la que pertenece a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, desde donde se publican estadísticas, en este caso, mensuales.

Para que los estudios de accidentalidad sean lo más fiables posibles, el registro de la información tiene que ser rigurosa y sistemática, ya que uno de los objetivos de la gestión de estos siniestros, es la de ayudar a los jueces a establecer responsabilidades en los accidentes.

La política de toma de datos presenta una carencia que causa que los informes realizados no sean del todo correctos. El hecho es que sólo se recoge información de los accidentes con víctimas a través de la policía, lo que supone un tanto por ciento de información que no se aprovecha. Los datos que no llegan a través de los agentes de tráfico, llegan a raíz de las aseguradoras de los vehículos implicados en el siniestro, de esta manera se añade una complicación más en la cadena de la toma de datos.

3.1.3. GESTIÓN.

Dada la cantidad de información que es necesario manejar (recordemos que en España, se producen del orden de 100.000 accidentes con víctimas cada año, estando en la red de Carreteras del estado en el entorno de los 20.000, y disponiendo, cada parte de accidentes, de una media de 45 campos de datos), la correcta estructuración y codificación de los datos hace imprescindible el uso de las bases de datos.

Para que toda esta información pueda ser utilizada por diferentes entidades, se debe establecer un proceso de registro estándar para que sea posible la conexión de las distintas fuentes de datos.

Los sistemas de referencia más habituales son los de la kilometrización de la carretera, siempre y cuando esté materializada por hitos kilométricos. En su defecto, actualmente se están desarrollando sistemas de referencia basados en coordenadas obtenidas mediante aparatos de GPS. Muchos de estos aparatos ya forman parte del soporte tecnológico habitual de algunos cuerpos de seguridad como los Mossos d'Esquadra (Cataluña).

Los datos que se gestionan a nivel de seguridad vial son los siguientes:

- Accidentalidad.
- Tráfico.
- Características de las vías.
- Datos de las actuaciones desarrolladas.

Las entidades competentes cada vez están más concienciadas en el desarrollo de procesos que permitan la obtención de la información de una forma fácil y efectiva. Los continuos avances tecnológicos ayudan a que la calidad de los informes estadísticos vaya en aumento, y en consecuencia, sean más efectivas las actuaciones realizadas de seguridad vial.

Las funciones que deben desarrollarse en la explotación de la información contenida en la base de datos de seguridad vial se resumen en cuatro fases:

- Estudios generales de siniestralidad.
- Localización de los tramos de concentración de accidentes (TCA) gracias a la comparación de parámetros como la intensidad media diaria (IMD) en función de los accidentes registrados en una misma zona.
- Localización de tramos con carencias de seguridad, a través de datos como la accidentalidad de la zona. Una vez identificados se tienen que determinar las posibles causas y proponer actuaciones para disminuir el índice de siniestralidad del tramo.
- Cálculo de índices de prioridad de las medidas proyectadas. Ello permite la realización de un estudio de rentabilidad económica, que permite determinar las actuaciones más rentables, calculando el ratio beneficio total/coste y el periodo de retorno de la inversión.
- Creación de una plataforma que permita el seguimiento del estado de las actuaciones propuestas para la mejora de la seguridad en las vías.

3.1.4. BBDD DE LA DGC.

El sistema actual está encomendado al Servicio de Planeamiento adscrito a la Subdirección General de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras. Este servicio junto con el de Normas Básicas y el de Señalización, se encargan de todo el trabajo de seguridad vial que se realiza en la Dirección General.

Este banco de datos permite analizar estadísticamente la accidentalidad en un período de 5 años y consultar todo lo registrado desde 1989.

La base de datos está formada por tres ficheros básicos:

- Datos de carretera.
Fichero que contiene todas las carreteras caracterizadas por su pk origen y su pk final, indicando según el caso si es límite de provincia, final de travesía, etc.

- Datos de accidentes.

Fichero donde se registran por parte de la DGT todos los partes creados por la Guardia Civil, Policía Autonómica o Policía municipal.

- Datos de aforos.

Fichero que contiene los datos extraídos por la Subdirección General de Planificación de las cassettes de las estaciones permanentes, primarias, secundarias o de cobertura

3.1.5 MEDIDA DEL NIVEL DE SEGURIDAD EN CARRETERAS.

Existen dos métodos generalizados para poder analizar el nivel de seguridad en la vía, estos son:

- Método I. Medir la frecuencia de accidentes en un tramo de la vía determinado. Este método es el más directo de los dos ya que incide directamente sobre el volumen de tráfico soportado en elemento de trazado seleccionado.
- Método II. Cálculo de índices de siniestralidad. Estos índices pueden agruparse en tres categorías:
 - Categoría A. Índices generales. Son los utilizados para comparar entre diferentes países parámetros como la mortalidad anual en carretera o el número de accidentes con víctimas por cada n habitantes. Estos índices no tienen en cuenta la afluencia de tráfico en la vía por lo que no son demasiado adecuados para realizar según que estudios estadísticos.
 - Categoría B. Índices para la planificación de medidas. Son los utilizados para determinar el nivel de riesgo de sufrir un accidente al utilizar un determinado tramo de carretera. Normalmente suelen utilizarse el *Índice de mortalidad* (n° muertos / 10^8 veh-km), el *Índice de peligrosidad* (n° ACV / 10^8 veh-km) y el *Índice de severidad* (n° muertos / 100 ACV)*.

*ACV (Accidentes con víctimas)

- Categoría C. Índices que hacen referencia a cuales han sido las causas externas del accidente, tales como la luminosidad, el estado del pavimento, etc.

3.2 PUNTOS NEGROS

El objetivo inicial de la identificación de los puntos negros en la red de carreteras, es el mejorar la eficacia de las actuaciones de seguridad vial y dotarlas de una mayor capacidad de previsión futura. Aunque la Dirección General de Tráfico no tiene competencia para actuar sobre las vías al no ser titular de las mismas, sí tiene la responsabilidad de colaborar con aquellas administraciones titulares de la red de carreteras, cuándo se requiera. Esta colaboración se materializa en la definición y estudio de una relación de puntos negros.

Por lo tanto, definimos puntos negros (PN) como aquellos tramos de carretera donde al menos se hayan ocurrido tres o más accidentes. Normalmente, la causa de tan alta accidentalidad es debida al entorno y por esta razón, deben realizarse estudios que determinen cuáles son las razones y cuáles las posibles soluciones.

La razón de que los puntos negros se identifiquen a raíz del número de accidentes, viene dado por la propia definición del término accidente.

Se define un accidente como un suceso imprevisto que causa una alteración de la marcha normal de las cosas y produce un daño. Se considera un accidente de tráfico aquel en el que, estando implicado un vehículo en movimiento, tiene lugar en la vía pública.

En consecuencia, se podría decir que existen dos parámetros que identifican la causa de los accidentes, estos son la exposición al riesgo y el propio riesgo en sí. Una forma general de medir el riesgo es a través del *índice de peligrosidad o tasa de accidentes* (acc. / 10^8 veh-Km.).

La identificación de tramos conflictivos es de determinación sencilla en representaciones gráficas de, por ejemplo, la densidad de accidentes o la tasa de accidentes. Hay que aclarar de la figura 10 que en nuestras carreteras únicamente se da el caso $P < 1$.

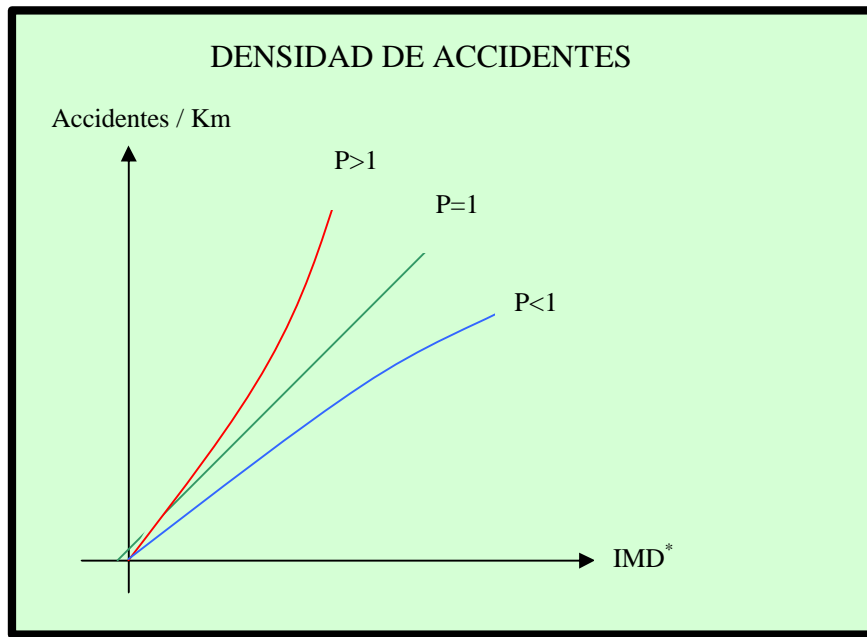


Figura 10 : Densidad de accidentes en función de la IMD y el P.
 Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

* IMD: Intensidad media diaria (vehículos / día)

La gráfica de la figura 10 está relacionada con la identificación de los sucesos de accidente con una distribución Poisson. Es así porque los puntos que forman la curva de la figura 10 están definidos por la media de la distribución de Poisson y la diferencia con dicha media en función de la densidad de accidentes determina si el tramo que se está sometiendo a estudio puede o no, tratarse de un punto negro. Por lo tanto, una pendiente positiva podría significar un posible punto negro.

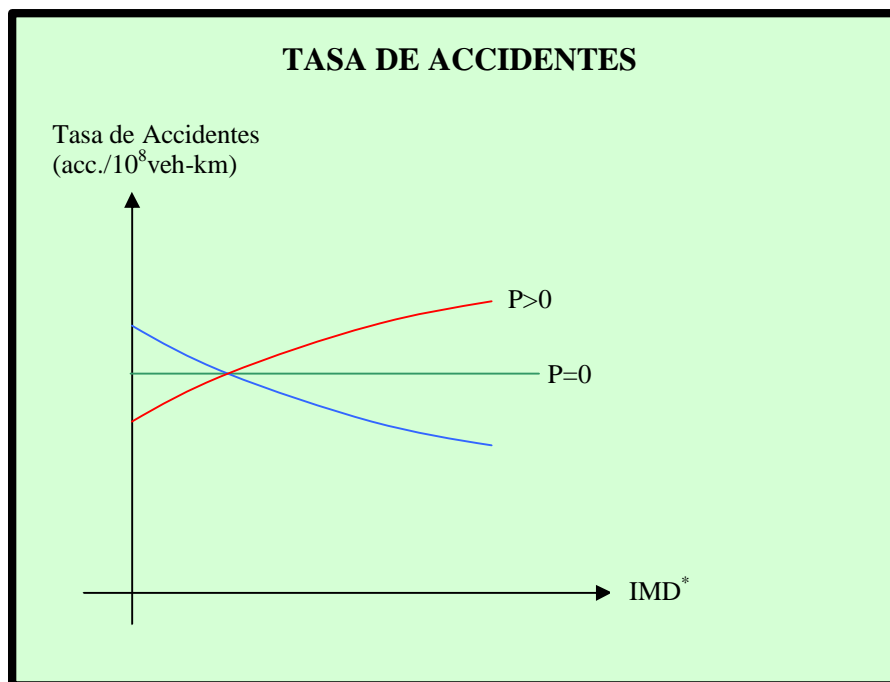


Figura 11 : Tasa de accidentes en función de la IMD y el P.
 Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

* IMD: Intensidad media diaria (vehículos / día).

3.2.1 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS NEGROS.

Se consideran los sucesos de accidentes como aleatorios, siguiendo una distribución de Poisson en su aparición, como grafica la figura 9 En cuanto a las distancias o tiempo de aparición entre sucesos se corresponde con una exponencial negativa, lógicamente si se tiene en cuenta la hipótesis anterior.

$$P(u) = \frac{(\lambda t)^u \times e^{-\lambda t}}{u!}$$

Donde:

n: Número de accidentes por tramo de vía.

t: Tiempo de desviación.

l: Kilómetro de longitud del tramo.

λ : valor medio de accidentes con victimas por kilómetro y año.

Para la determinación de los puntos negros según la suposición anterior, se expresará un parámetro ξ en función de la media de Poisson observada y esperada, y determinará la existencia del punto negro según si se describe dentro de unos valores determinados.

$$\xi = U_{obs} - (U_{esp} + 0.8) / \text{raiz}(U_{esp})$$

(Límite de confianza del 5%)

si $\xi > 1.64 \rightarrow$ Posible punto negro

si $\xi < 1.64 \rightarrow$ Posible punto blanco

donde la U_{esp} es la media de Poisson.

3.2.2 GESTIÓN DE PUNTOS NEGROS.

Para el correcto seguimiento de estos tramos de carretera, los puntos negros se clasifican de manera que se puedan realizar estudios estadísticos que demuestren como va evolucionando la siniestralidad en esas zonas y tomar medidas si la situación lo requiere. Se clasifican por:

- **Tipo de vía:**
 - Denominación.
 - Punto kilométrico.
 - Longitud del tramo (en metros). En el caso de que todos los accidentes se hayan producido en el mismo punto kilométrico, la longitud será igual a cero.
 - Sentido de la circulación (Ascendente / Descendente).
 - Zona. Se diferencian entre travesía, carretera interurbana y tramos que puedan discurrir entre ambas zonas.

- Tipo. Se diferencian entre autopista de peaje, autopista libre, autovía, carretera convencional y otros.
 - Titularidad. Describe quién es el titular de la vía y por lo tanto, quién tiene competencias sobre ella. Se diferencian entre vía estatal, autonómica, de la diputación o del municipio.
- **Tipo de accidente:** Muestra accidentes tipo y el número producido de este tipo en el período de un año completo. La clasificación incluye tipos como: colisión, atropello, salida de la vía, vuelco, etc.
 - **Víctimas:** Indica el número de víctimas, si las hubiera, implicadas en el accidente.
 - **Número de vehículos implicados** (con víctimas).
 - **Número de accidentes implicados en el pasado año.**

A continuación se muestra un ejemplo de la clasificación de los puntos negros. Los datos han sido aportados por la Dirección General de Tráfico y se han sido extraídos del informe completo de los puntos negros del 2004.

ALICANTE

Nº PUNTO	VÍA							TIPO DE ACCIDENTE					VÍCTIMAS			Nº VEHÍCULOS IMPLICADOS	Nº ACCIDENTES AÑO ANTERIOR	
	DENOMINACIÓN	PK INICIAL	LONGITUD DEL TRAMO (en metros)	SENTIDO	ZONA	TIPO	TITULARIDAD	COLISIÓN	ATROPELLADO	SALIDA DE LA VÍA	VUELCO	OTROS	TOTAL ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS			TOTAL
1	A-31	52,1	300	A	C	T	E	1	1	3	0	0	5	0	9	9	7	4
2	N-332	46,0	2600	-	C	C	E	5	9	0	0	0	14	2	17	19	19	15
3	N-332	52,2	300	-	C	C	E	2	1	0	0	0	3	0	4	4	5	3
4	N-332	67,9	200	-	C	C	E	5	0	0	0	0	5	0	11	11	12	4
5	N-332	116,1	1900	-	C	C	E	17	0	2	1	0	20	0	27	27	40	16
6	N-332	139,9	700	-	C	C	E	11	1	0	0	0	12	0	16	16	24	8
7	N-332	151,9	2700	-	C	C	E	37	8	4	0	0	49	4	71	75	93	40
8	N-340	688,0	100	-	C	C	E	6	0	0	0	0	6	0	14	14	12	8
9	N-340	713,0	3200	-	C	C	E	22	3	1	0	1	27	2	41	43	56	30
10	N-340	729,0	1500	-	C	C	E	10	1	0	1	0	12	1	17	18	24	17

Tabla X : Puntos negros del 2004 en Alicante.

Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

3.2.3 ACTUALIDAD.

Actualmente, existen en la Red de Carreteras del Estado 780 puntos negros, un 18% menos que los 959 contabilizados en 2003. Un descenso parecido al que experimentó la siniestralidad en el año pasado, cuando los accidentes de tráfico disminuyeron un 11,7%.

Aunque estos puntos negros sólo suponen el 2% de las carreteras, acumulan el 15% de los accidentes con víctimas. Por comunidades Autónomas, Andalucía (203), Madrid (198) y Castilla y León (75) acaparan el 61% de estos tramos.

Sin contar las carreteras de Cataluña y el País Vasco, comunidades autónomas con las competencias de tráfico transferidas, la responsabilidad de eliminar los puntos negros recae, principalmente, sobre las juntas de las CCAA y las diputaciones provinciales y ayuntamientos encargados de gestionar el 85% de la red vial. El Ministerio de Fomento tiene competencia sobre el 15% restante, aunque ésta aguanta mucha mayor densidad de tráfico.

Las Jefaturas de Tráfico han elaborado una lista que incluye los puntos negros de las carreteras por provincias, en el que identifica quién es el titular de explotar la vía – Fomento, CCAA o ayuntamientos- y por lo tanto, la administración responsable de eliminarlos.

El Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), presentado en Julio de 2005 por el presidente del Gobierno, José Luís Rodríguez Zapatero, dedicará un 33% del presupuesto destinado a las carreteras al apartado de conservación, cerca de 1.500 millones de euros al año.

En 2005, el Ministerio de Fomento invirtió 693.23 millones de euros en este apartado, lo que supone un 1,3% del valor patrimonial de la red de carreteras, muy lejos aún del 2% que recomienda la U.E. El Plan de Infraestructuras presentado por el PSOE prevé invertir en la carretera un total de 62.223 millones de euros entre 2005–2015, unos 4.149 millones cada año.

3.3. TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

El término “tramo de concentración de accidentes” o TCA, se emplea para hacer referencia a los puntos peligrosos de una red de carreteras; considerándolo como tal aquel tramo de la red que presenta un riesgo notablemente superior a la media de tramos de características similares, y en el que previsiblemente una actuación para mejorar la infraestructura, puede llevar a una reducción significativa y eficaz de la accidentalidad.

El número total de accidentes que se producen en un tramo de carretera en un período completo de un año, está sometido a variaciones aleatorias debidas a la propia naturaleza del fenómeno de la accidentalidad, como se observa en la figura 9. Por esta razón, los estudios dedicados a la identificación de estos tramos TCA's, establecen un período de tiempo superior al de los doce meses para solventar la aleatoriedad de los datos. Normalmente, el tiempo de recopilación suele ser de 5 años íntegros. Para complementar el estudio, se realizan medidas de los niveles de riesgo a través de índices que relacionan el número de accidentes o sus consecuencias con el nivel de exposición de los mismos, representado por el volumen de tráfico en vehículos - kilómetro.

Por lo tanto teniendo en cuenta lo comentado anteriormente, se considera tramo de concentración de accidentes aquel tramo de 1 kilómetro de longitud en el que tanto el número de accidentes con víctimas en los últimos años como el índice de peligrosidad medio en ese período sea superior a la media respectiva de todos los tramos de características semejantes (categoría e IMD equivalentes) más la desviación media de los mismos.

En el caso de que las características del tramo hayan sufrido modificaciones de peso a lo largo del período de 5 años, debido a actuaciones desarrolladas en la carretera

o a otras causas, las condiciones se aplicarán al período en el que el tramo haya permanecido con la configuración actual.

Para la identificación de estos tramos hay que tener en cuenta los medios de los que disponemos y en función de estos, actuar de una forma u otra. A continuación se muestra en la tabla XI un resumen de algunas de las actuaciones que se llevan a cabo según la información y soporte disponibles para la localización de los TCA.

SITUACIÓN Y MEDIOS	METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR...
1 Red Kilometrada	Nº de ACV al año
2 Base de datos	Nº de ACV en varios años
3 Red aforada (Tráfico)	IP > determinado valor fijo + nº ACV (en varios años)
Programa y medios para calcular tramos similares	IP > determinado valor variable + nº ACV (en varios años)
Medios para el estudio sistemático de los TCA	IP > determinado valor variable + nº ACV (en varios años) (en función de la media) y cálculo de rentabilidad económica de su tratamiento.

Tabla XI : Identificación en función de la situación y medios de los que se dispone.
Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Seguidamente se expresa uno de los criterios de identificación de los tramos de concentración de accidentes haciendo referencia a los índices de peligrosidad (IP) y al número de accidentes con víctimas (ACV):

Un TCA es el tramo de 1 kilómetro que además de cumplir estas dos condiciones:

$$IPM_5 \geq P \quad \text{o} \quad SACV_5 \geq N$$

cumple alguno de los siguientes criterios:

- Criterio I

$$IP_{AA} \geq \frac{P}{2} \text{ y } IP_{UA} \geq \frac{P}{2}$$

- Criterio II

$$IPM_2 \geq \frac{2P}{3}$$

- Criterio III

$$SACV_{AA} \geq \frac{N}{5} \text{ y } SACV_{UA} \geq \frac{N}{5}$$

- Criterio IV

$$SACV_2 \geq \frac{N}{2}$$

Donde

IPM₅: Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años ($\text{acc} / 10^8 \text{ veh-km}$). Como se ha comentado anteriormente, en el caso de que las características del tramo hayan sufrido modificaciones de peso a lo largo del período de 5 años, debido a actuaciones desarrolladas en la carretera o a otras causas, las condiciones se aplicarán al período en el que el tramo haya permanecido con la configuración actual.

IPM₂: Índice de peligrosidad medio en los últimos 2 años ($\text{acv} / 10^8 \text{ veh-km}$).

SACV₅: Sumatorio del número de accidentes con víctimas en el período de 5 años.

SACV₂: Sumatorio del número de accidentes con víctimas en el período de 2 años.

Subíndice_{AA}: Año anterior.

Subíndice_{UA}: Último año.

P: Constante dependiente del tipo de tramo según tipo de vía, zona y tráfico, que se calcula con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y su desviación media.

N: Constante dependiente del tipo de tramo según tipo de vía, zona y tráfico, que se calcula con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.

Los tramos de 1 Km. a estudiar pueden no ser coincidentes con los pk's de las carreteras y en el caso de haber varios TCA solapados, su estudio se realizará de forma conjunta, por lo tanto, dará lugar al estudio de un tramo de longitud superior a 1 Km.

Según la descripción de las variables P y N comentadas con anterioridad, a continuación se muestran los valores que adquieren cada una de ellas según en el tipo de vía, zona e IMD utilizadas para el año, ya que estos valores cambian anualmente adaptándose a posibles cambios.

IMD	URBANO		PERIURBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N	P	N
0-10.000	210	10	141	10	90	10
10.000-15.00	93	10	99	10	69	10
15.000-20.000	15	10	46	10	41	10
20.000-40.000	52	11	42	10	34	10
40.000-80.000	60	23	37	13	31	10
> 80.000	46	42	31	23	30	18

Tabla XII : Valores de P y N del 2004 para autopistas, autovías y carreteras convencionales desdobladas.

Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

IMD	URBANO		PERIURBANO		INTERURBANO	
	P	N	P	N	P	N
0-3.000	287	10	396	6	159	10
3.000-5.000	162	5	113	5	126	5

Tabla XIII:: Valores de P y N del 2004 para carreteras convencionales y vías rápidas.
Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Otro parámetro de identificación de los TCA es el descrito por esta ecuación que depende del número teórico y real de accidentes con víctimas y el IMD del tramo.

$$Z = \frac{n - (N - 1)}{\sqrt{N}}$$

Donde

Z : Parámetro de comparación que relaciona el número teórico y real de accidentes con víctimas y el IMD del tramo.

Si

$$Z > 1,96 \text{ ? posible TCA}$$

n : Número real de accidentes con víctimas.

N : Número teórico de accidentes (Tipo vía, IMD)

Para poder determinar el número de accidentes que tienen lugar en los diferentes tipos de vías, se utiliza un método de regresión que relaciona el número de accidentes teóricos asociados a un determinado IMD (Intensidad media diaria). El cálculo teórico es el siguiente:

$$\text{Accidentes / km} = a \cdot (\text{IMD})^b$$

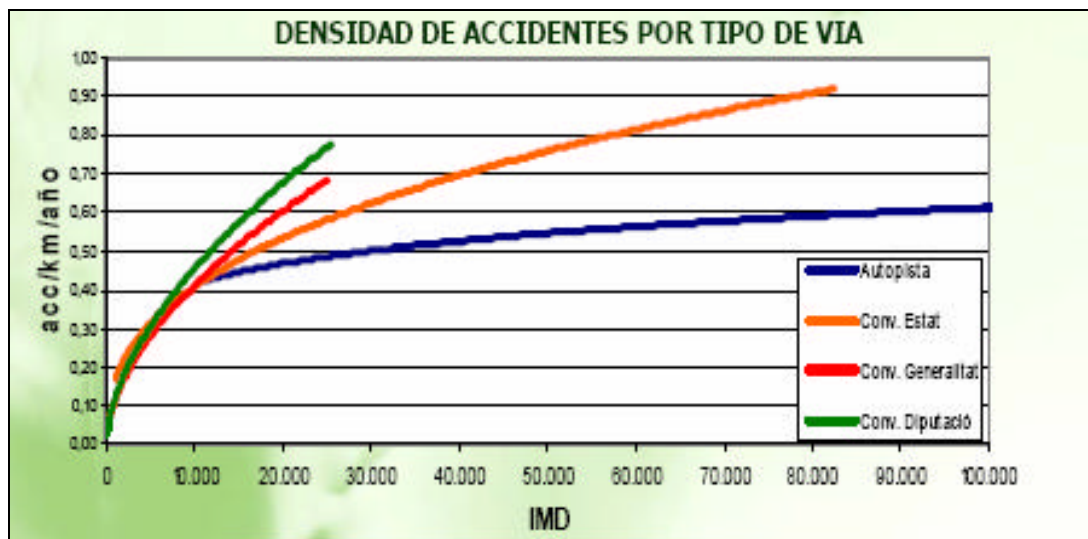


Figura 12 : Gráfica del modelo de regresión teórica.
Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

donde los parámetros *a* y *b* están fijados según el tipo de vía (ver tabla).

PARÁMETROS		
TIPOLOGÍA	a	b
Autopistas y autovías	1.4103	0.1686
Ctra. Convencionales Generalitat	0.5704	0.5563
Ctra. Convencionales Estado	0.8413	0.3852
Ctra.Convencionales Diputaciones	0.6058	0.5741
Ctra.Urbanas Generalitat	0.4910	0.3699

Tabla XIV : Parámetros *a* y *b* del modelo de regresión.
Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Una vez descritas la regresión teórica, existen diferentes métodos de sensibilidad a la regresión utilizando datos reales del tramo que se está sometiendo a estudio. Son diferentes tratamientos de los datos reales de accidentes para obtener el valor de ‘n’.

- **Método 1.** Por tramos de vía sin ponderar.
Regresión potencial por tramos con igual IMD.

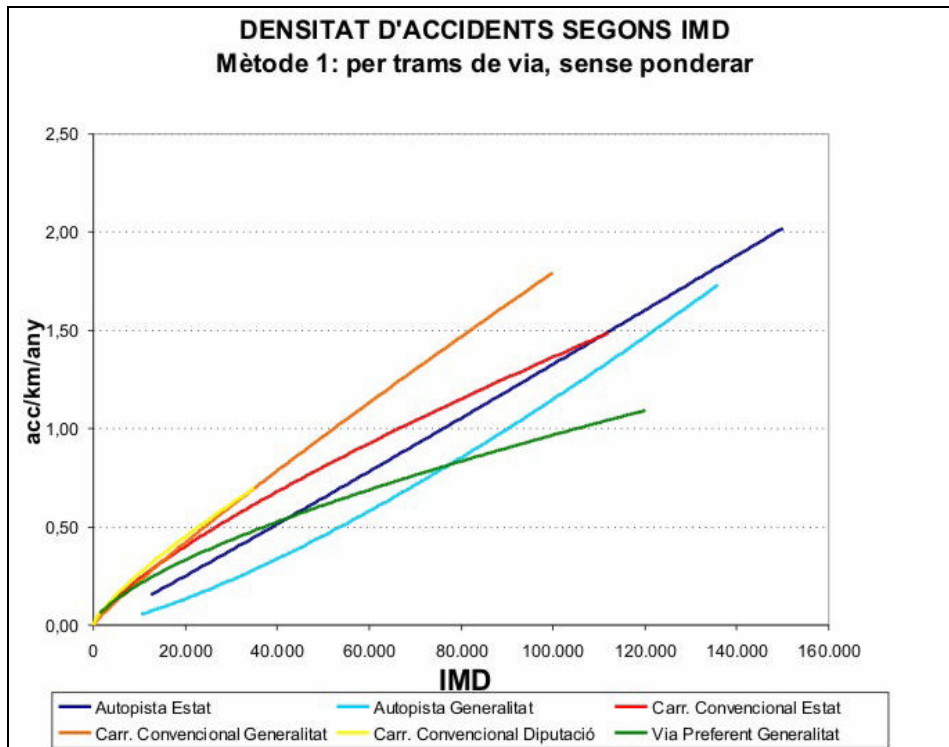
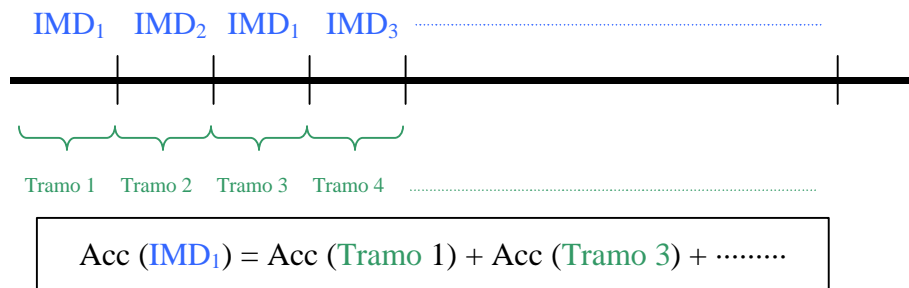
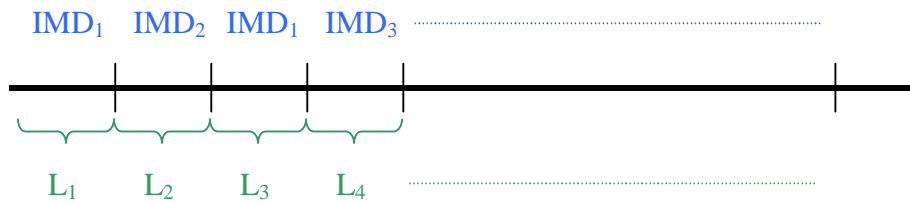


Figura 13 : Densidad de accidentes obtenida por el método I.
Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

- **Método 2.** Por tramos de vía ponderado.
Igual que el anterior, pero ponderando los datos según la distancia de los tramos.



En cada tramo de longitud L_n habrá un número determinado de accidentes y por lo tanto, para calcular el número total de accidentes que le corresponde a un IMD determinado se hará lo siguiente:

$$Acc (IMD_1) = Acc_1 \cdot L_1 + Acc_2 \cdot L_2 + \dots / \sum L_i$$

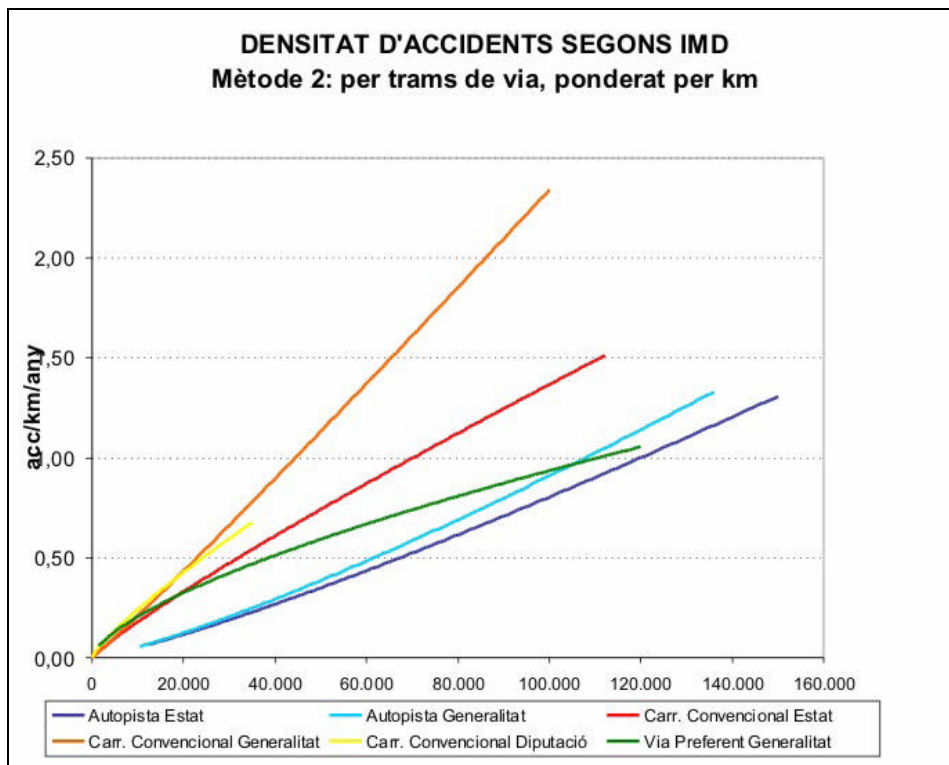
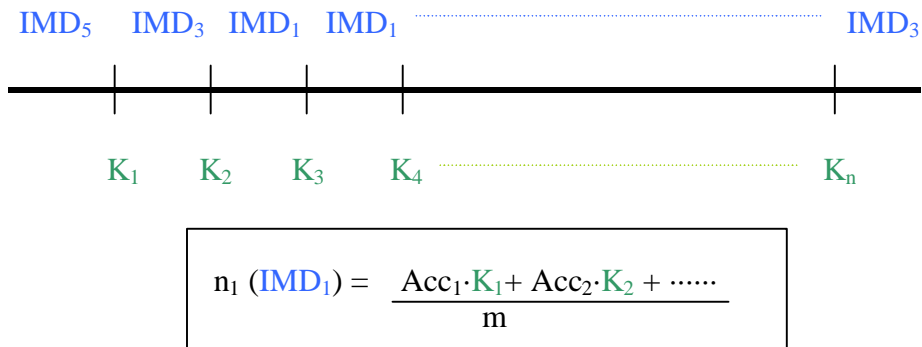


Figura 14 : Densidad de accidentes obtenida por el método II.
Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

- **Método 3.** Media en tramos de 1 Km., por grupos de IMD, ponderado por kilómetros.

La longitud total de la carretera en la que se va a hacer el estudio se divide en tramos de 1km, cada uno de ellos se clasifica dentro de un grupo de IMD concreto (de 0 a 500, de 500 a 1000, etc.) y se calcula la media de cada grupo.



donde *Acc* representa al número de accidentes ocurridos en un tramo particular de 1km y donde *m*, representa el número total de tramos con el mismo IMD.

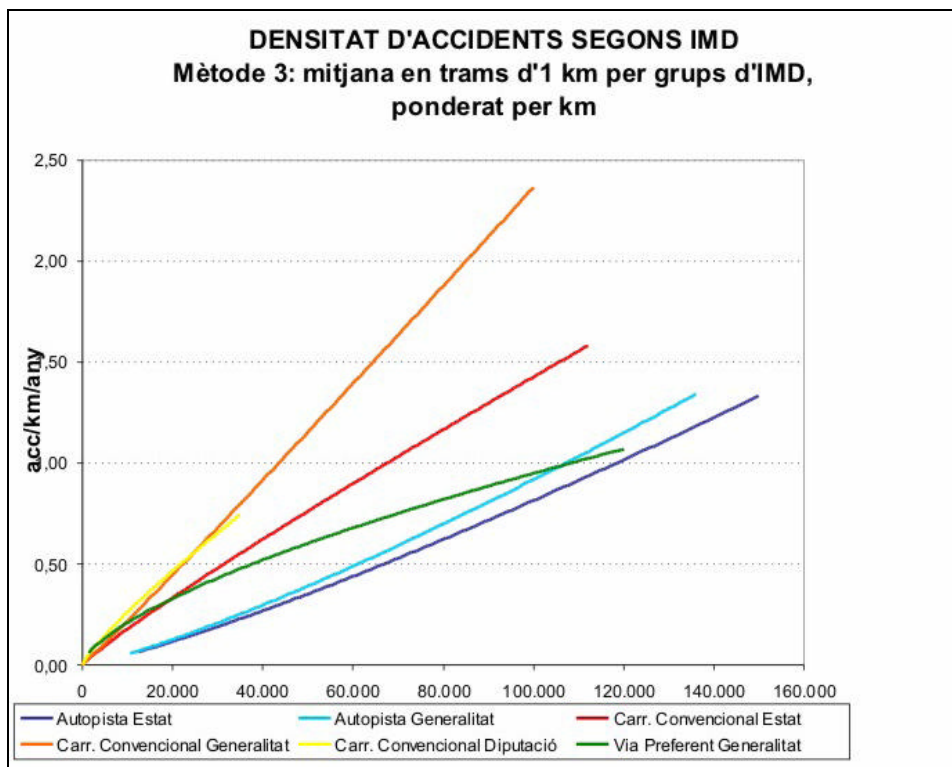


Figura 15: Densidad de accidentes obtenida por el método III.
 Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

- **Método 4.** Media según %0, en tramos de 1 Km., por grupos de IMD, ponderado por Km.

La longitud total de la carretera en la que se va a hacer el estudio se divide en tramos de 1km y cada uno de ellos se clasifica dentro de un grupo de IMD concreto (de 0 a 500, de 500 a 1000, etc.). La media de los grupos se calcula a partir del porcentaje de ceros, suponiendo una distribución de Poisson para cada grupo.

- **Método 5.** Media en tramos de 1 Km., por grupos de 100 tramos.

La longitud total de la carretera en la que se va a hacer el estudio se divide en tramos de 1km, cada uno de ellos se clasifica dentro de un grupo de IMD concreto

(de 0 a 500, de 500 a 1000, etc.) y se ordenan por IMD crecientes. Una vez ordenados, se agrupan de 100 en 100 y se calcula la media de cada grupo.

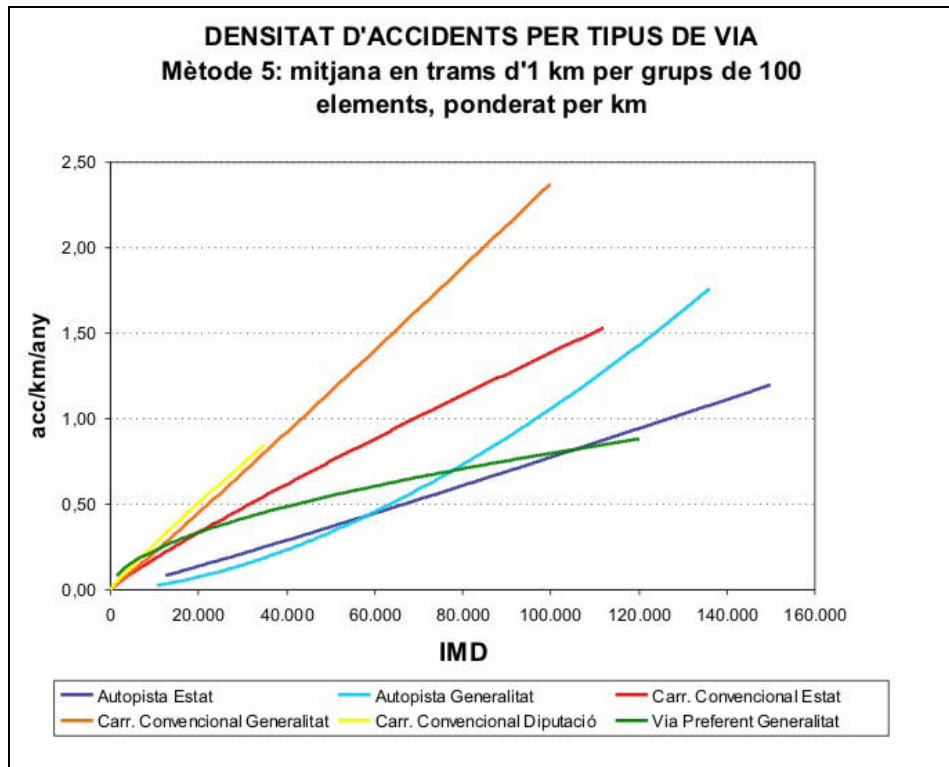


Figura 16 : Densidad de accidentes obtenida por el método V.

Fuente: Exposición de Jordi Parés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Generalmente, el estudio de un TCA comprende la elaboración de varios estudios sobre las características del tramo y de la accidentalidad que se registra.

Después de la realización de los mismos se buscan las relaciones cono juntas con el fin de llegar a un punto donde una modificación en la red viaria, disminuya notablemente la accidentalidad del tramo.

El contenido del estudio de un TCA está formado por los siguientes trabajos.

3.3.1. ESTUDIO DE LA ACCIDENTALIDAD.

El estudio de accidentalidad se realiza en los mismos años naturales que se emplean para la identificación del TCA, siempre y cuando no haya modificaciones en la carretera. En tal caso, sólo se tendrá en cuenta aquel periodo donde la configuración del tramo sea igual a la del momento en el que se realiza el estudio.

Se suele incluir:

- Análisis de índices de accidentalidad y de la distribución de accidentes espacial y temporal para el período del estudio.
- Análisis estadístico de la accidentalidad, obteniendo valores significativos para la posible clasificación de los accidentes por tipos, por el estado de la calzada y por la luminosidad
- Análisis de los accidentes con el fin de obtener resultados relativos a la

distribución de accidentes dentro del TCA, a la gravedad de los mismos y a sus posibles causas.

- Índices medios de peligrosidad, mortalidad y gravedad para el conjunto de la red vial y por tipo de tramo.
- Evolución de la accidentalidad en la red por provincia y por tipo de tramo.
- Distribuciones de accidentes por meses, por días de la semana y por horas.
- Distribuciones de accidentes por tipos, por factor concurrente y por el estado de la calzada, tanto para el conjunto de la red como para cada uno de los tipos de tramos.
- Identificación de tramos con problemáticas relativas a la accidentalidad significativa.
- Obtención de gráficos y listados de accidentes por pk. complementado con datos relativos a las características de los accidentes.

Las conclusiones que se obtienen con los datos obtenidos deben ser la determinación de las carencias de la vía.

En general el estudio se complementa de un croquis donde se representa la ubicación del accidente, su tipo y el número de víctimas si las hubiera.

3.3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de tráfico incluye un trabajo detallado de los siguientes puntos:

- Intensidades de tráfico (principal, secundaria y existencia de tránsito peatonal, según la configuración del TCA) y su composición.
- Velocidades de los vehículos por tipo.
- Análisis y observación del comportamiento de los usuarios (conductores y peatones) al transitar por el TCA.

3.3.3. ESTUDIO DEL TRAMO.

Este estudio debe ejecutarse en campo, es decir, es necesario que el tramo se recorra en vehículo varias veces con el fin de recopilar todos aquellos aspectos que se consideren peligrosos o significativos a nivel de usuario. Estas características podrían resumirse en los siguientes grupos:

- Estado de conservación, disposición y adecuación a la Normativa vigente de la señalización vertical, las marcas viales y balizamiento.
- Estado de conservación, disposición y adecuación a la Normativa vigente de los

sistemas de contención.

- Estado de márgenes (existencia de obstáculos, estabilidad de taludes).
- Localización y acondicionamiento de accesos.
- Características geométricas del tramo (trazado, sección transversal, peraltes).
- Iluminación. Estado y necesidades.
- Acondicionamiento de enlaces e intersecciones.
- Estado del firme (estado de conservación, adherencia, posible acumulación de agua).
- Análisis de las distancias de visibilidad.
- Cualquier otra circunstancia significativa existente en el tramo y que pueda presentar alguna relación con la accidentalidad.

3.3.4. ESTUDIO DEL ENTORNO.

El estudio del entorno comprende todos aquellos aspectos externos a la vía por donde se circula que puedan influir negativamente en la accidentalidad. De todos modos deberían estar incluidos los siguientes puntos:

- Meteorología. Análisis de las variables que pueden influir en la circulación (días de helada, de lluvia, de niebla, etc.)
- Usos del suelo en los márgenes.
- Titularidad y destino de los accesos existentes.

Después de la realización de los cuatro informes descritos anteriormente, se deben relacionar todos los conceptos e intentar crear un diagnóstico que ayude a determinar si hay algún hecho que influya de forma negativa en la accidentalidad del tramo.

Junto con los estudios anteriores el informe incluye habitualmente un apartado de identificación y localización del TCA, un resumen de las actuaciones ejecutadas, en curso o previstas en el tramo, así como un croquis de descripción del tramo y un anejo fotográfico donde se recojan las principales circunstancias incluidas en el informe.

A raíz de la determinación del diagnóstico final, se debe tomar la decisión de si fuera necesario el emprender una actuación dirigida a la disminución de la accidentalidad. En el caso de aplicarse la tal actuación, hay que tener en cuenta los tramos adyacentes para que un cambio en el tramo TCA no perjudique a la circulación de los tramos contiguos.

3.3.5. ACTUACIONES PREVENTIVAS.

Los estudios preventivos no sólo se realizan en los tramos denominados TCA sino que se localizan pequeños tramos de carretera, de 2 o 3 kilómetros máximo, donde la accidentalidad es característica en comparación a otras zonas adyacentes y que normalmente, mediante una actuación particular, el índice de siniestralidad disminuye.

Pero estos estudios no son del todo completos ya que para ello, la zona a examinar debería ampliarse a la totalidad de un itinerario. La razón de la ampliación del radio de acción radica en que estos estudios no se derivan exclusivamente de la existencia de accidentes en el tramo, sino que tienen en cuenta las carencias de seguridad que presenta la vía, en función de las características recomendables para la misma.

En consecuencia, se define como carencia cualquier elemento relacionado con la vía que suponga un incremento en el riesgo de que tenga lugar un accidente o bien la posibilidad de que aumente la gravedad de los que pudieran llegar a producirse.

Por lo tanto se habla de actuaciones preventivas cuando se hace referencia a un estudio global de una red y cuando se estudian sólo algunas zonas en particular, se considera que se están analizando los itinerarios en los que se sitúan.

Con anterioridad a la creación de actuaciones preventivas en un vía, se pasa a una tramificación de la red por tipo de vía, IMD y tipo de zona.

Una vez finalizada la tramificación de la red, se realizan dos estudios detallados: uno, de la accidentalidad y otro de carencias.

3.3.6. ESTUDIO DE CARENCIAS.

El objetivo de este estudio de carencias es el poder localizar y eliminar estos factores de riesgo que tanto perjudican a los usuarios de la vía, y conseguir la homogeneidad de la conducción a lo largo de la ruta.

Recordamos que la definición de carencia es, cualquier elemento relacionado con la vía que suponga un incremento en el riesgo de que tenga lugar un accidente o bien la posibilidad de que aumente la gravedad de los que pudieran llegar a producirse.

Una forma efectiva de obtener un inventario bien elaborado, es la de recorrer el itinerario que conforman todos los tramos, localizar los posibles factores de riesgo y por último, proponer soluciones sin olvidar los tramos o zonas adyacentes a la ruta, para no desestabilizar el flujo de conducción óptimo.

Los tipos de datos que conforman este inventario de carencias son los siguientes:

- Señalización y balizamiento. Análisis del estado de conservación, adecuación entre la distancia de visibilidad de detención ante el obstáculo imprevisto y la máxima velocidad permitida, existencia de hitos de arista; balizamiento de curvas, intersecciones y enlaces; mejora de la capacidad de la señalización y el balizamiento para ser percibidos.

- Sistemas de contención. Eliminación o protección de obstáculos cercanos a la calzada, cumplimiento de las Recomendaciones sobre Sistemas de contención de Vehículos en barreras ya existentes, instalación de amortiguadores de impacto y adecuación del tratamiento de la mediana en autovías.
- Tratamiento de travesías. Adecuación de la transición desde campo abierto, existencia y adecuación de la iluminación, acondicionamiento y visibilidad de accesos, estrechamiento de carriles y transformación de intersecciones en glorietas.
- Iluminación. Existencia y adecuación de la iluminación desde el punto de vista de la seguridad vial.
- Tratamiento de intersecciones. Reforma de las intersecciones en función de la distancia de visibilidad disponible, adecuación de carriles de cambio de velocidad, reubicación de intersecciones, mejora de longitudes de trenzado, adecuación del acondicionamiento a las características del tráfico y el entorno.
- Reordenación de accesos. Construcción de vías de servicio en zonas de acumulación, adecuación del acondicionamiento en accesos e instalación de vallas de cerramiento.
- Áreas de descanso. Establecimiento de áreas de descanso comunes y especializadas.
- Tratamiento de firmes. Mejora de la adherencia y del desagüe superficial del firme.

3.3.7. ANÁLISIS DE ITINERARIOS.

El análisis de itinerarios tiene lugar cuando no se tienen los suficientes medios para realizar un estudio de actuaciones preventivas, o bien cuando la administración decide completar los estudios puntuales como los TCA y analizar los tramos completos.

La elaboración de estos análisis guarda una estrecha relación con la metodología de los TCA o tramos concretos, ya que se estudia la accidentalidad del tramo o conjunto de tramos. En el caso que la accidentalidad sea notablemente elevada, se intenta establecer alguna relación que ayude a obtener una solución directa para disminuir este índice y se tramifica la zona respetando los siguientes criterios:

- Jerarquía de la vía.
- Tipo de vía.
- Tipo de zona.
- Volumen y tipología del tráfico.
- Longitud máxima del itinerario. Se debe establecer una longitud mínima y una máxima. La mínima podría establecerse entre los 5 kilómetros, ya que una

medida inferior casi podría relacionarse más con un estudio puntual que con el de un itinerario. Y la longitud máxima tiene que ser una medida desde la que se pueda obtener alguna relación general, por lo que si el tramo que se estudia tiene 3000 kilómetros, difícilmente se encontrará una forma de disminuir la accidentalidad en todo el itinerario. Por lo tanto, la longitud máxima debería oscilar entre los 40 y 50 kilómetros.

Una vez se ha identificado y definido el itinerario es más probable el que, tras realizar las actuaciones pertinentes, el resultado del estudio sea más cercano a los objetivos marcados inicialmente.

CAPÍTULO IV: PROBLEMÁTICA DE LA VELOCIDAD

4.1. DEFINICIÓN Y EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

En el panorama actual de movilidad por carretera se dan una serie de circunstancias que hacen que el exceso de velocidad sea un hecho común en nuestras carreteras. Actualmente, el progreso de la ciencia y la técnica permiten un enorme avance de la tecnología automovilística, lo que permite construir vehículos con mayores prestaciones y menos averías. Estas prestaciones incluyen un aumento de la potencia de los vehículos proporcionando así a los conductores la posibilidad de alcanzar altas velocidades en la conducción. Otras prestaciones son la comodidad y la “seguridad”. Pongo entre comillas la segunda porque el avance en este sentido de los vehículos creo que es contraproducente; en los vehículos actuales el conductor tiene una gran sensación de seguridad y auto confianza por las modernas características de los vehículos. Este hecho provoca que se circule a una velocidad mayor ya que el usuario no empieza a percibir el riesgo hasta que no alcanza una velocidad alta. Esta sensación de seguridad es un arma de doble filo, ya que incita a conducir a velocidades elevadas con lo que se aumenta el riesgo de accidente.

Es también evidente el avance y desarrollo en cuanto a infraestructuras, las cuales cada vez son más confortables, generosas y equipadas. Estos factores llevan al usuario a elevar su velocidad “casi sin querer”, lo que provoca un estado peligroso en cuanto a seguridad vial.

Es una relación suficientemente lógica y contrastada la que hay entre la velocidad, número de siniestros y gravedad de los mismos. Según estudios de la DGT-INTRAS de 2005 la velocidad inadecuada, tanto de forma aislada como simultánea con otros factores de peligro, afecta al menos a un tercio de los accidentes con víctimas en España.

En cuanto a la gravedad de los accidentes, según un informe del hospital Ramón y Cajal de Madrid, la mayoría de las tetraplegias y paraplejías se dan a causa de accidentes a velocidades de entre 100 y 130 km/h. Por encima de esta velocidad el incidente suele ser mortal.

Los estudios del Proyecto MASTER de la Comunidad Europea demuestran una relación cuadrática entre el número de siniestros con víctimas y la velocidad, mientras que el número de muertos en accidente resulta ser proporcional a la cuarta potencia de la velocidad. Además confirman la gravedad del problema del exceso de velocidad ya que demuestran que un exceso de un kilómetro por hora en promedio, supone un aumento del 5% de las lesiones y del 7% de los accidentes fatales.

Se pueden diferenciar cuatro campos de influencia de la velocidad excesiva en la conducción, que se reflejan en comportamientos potencialmente peligrosos para la misma:

- Aumenta la distancia recorrida en el tiempo de percepción-reacción: con lo cual aumenta las probabilidades de colisión ya que el conductor empezará a reaccionar más cerca del supuesto obstáculo que debe evitar.

- Aumenta la distancia recorrida de frenado hasta detener el vehículo: aumentando también las probabilidades de accidente.
- Aumenta la gravedad del siniestro.
- Reduce los efectos de los posibles dispositivos de seguridad vial que se hayan podido disponer.

4.1.1. COHERENCIA DE PROYECTO EN CUANTO A SEGURIDAD.

La problemática de la velocidad como factor amenazador a la seguridad se puede afrontar desde varios puntos de vista, ya que son numerosos los actores que intervienen en la movilidad: desde el conductor del vehículo, hasta el gestor de la vía y del tráfico pasando por los constructores de vehículos o las agencias de seguros. Personalmente creo que la única solución de acercarnos al punto de seguridad vial óptimo es un movimiento por parte de todos. Quiero decir con esto que no solamente debemos inducir o obligar a los conductores a que cumplan las restricciones de velocidad (esfuerzo necesario pero no suficiente) sino que por parte de todos los agentes son necesarias concienciaciones y actuaciones que nos permitan hacer más seguras nuestras carreteras. Se puede ilustrar este razonamiento en la figura 17.

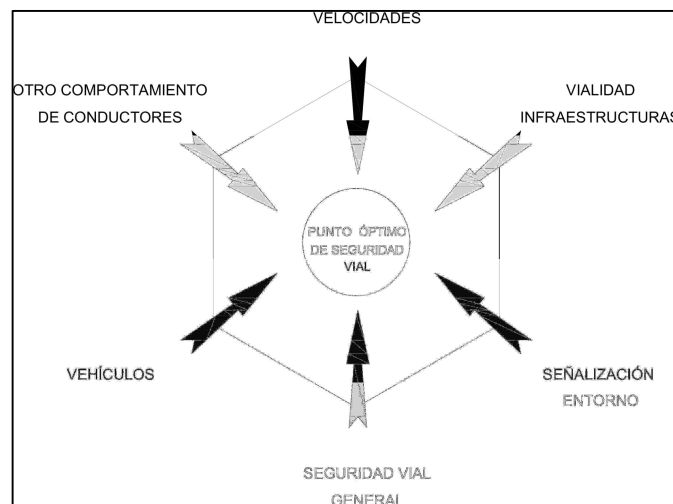


Figura 17: Interferencia entre actores de la movilidad en cuanto a Seguridad Vial.
Fuente: Exposición de Ole Torzón en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Se definen los actores más importantes del proceso de movilidad en la figura anterior. Todos ellos juegan un papel más o menos importante en la seguridad vial y ésta debería ser responsabilidad de todos ellos. Vemos como dibujamos en el centro el punto óptimo de seguridad vial hacia el cual deben encaminarse las acciones de los que intervienen en la movilidad.

Para ejemplificar el razonamiento anterior podemos imaginar una supuesta vía con su límite de velocidad fijado. Para que dicha restricción sea respetada por parte de los usuarios no basta con colocar la señal, sino que el trazado y el resto del contexto viario debe ser coherente con el límite, la información señalizada debe ser suficiente y concisa, debe tener en cuenta factores dinámicos del tráfico, etc. Caricaturizando el razonamiento anterior para que se comprenda, no serviría de nada imponer y señalizar un límite de velocidad de 20km/h en una vía interurbana de 2 carriles por sentido, de 3.5 m de anchura cada uno, con un trazado recto en planta e igual de generoso en alzado.

No serviría de nada porque nadie lo cumpliría ya que carece de sentido para el conductor.

Al usuario no sólo debemos informarle mediante una señal del límite de velocidad general o local que la legislación o los técnicos consideran ya que si lo hacemos así, el conductor entenderá el límite como una imposición sin saber con exactitud el sentido de la misma. Si este proceso mental se da así en el usuario automáticamente este tenderá a incumplir la imposición establecida por definición del ser humano. Las personas tendemos a rechazar todo aquello que se nos impone sin sentido, somos seres libres e independientes con lo que desarrollamos un sentido de rebeldía ante todo aquello que nos obligan a llevar a cabo sin explicación. Por el anterior motivo los límites de velocidad no se tienen que exponer como una imposición, si no como unas reglas de conducción que buscan el bienestar de todos y el alejamiento del caos en la medida de lo posible. Para que esto pueda ser entendido así por el usuario los límites de velocidad deben ser explicados coherentemente con las herramientas de las que disponemos los ingenieros a la hora de diseñar todos los elementos de una vía, informando así a los usuarios acerca del parámetros velocidad. Contextualizar el trazado, el entorno, las condiciones dinámicas de conducción y la señalización con la velocidad de la vía es una manera de transmitir al conductor porqué debe cumplir el límite de velocidad fijado. Si se consigue este “diálogo” entre el proyectista y cada usuario mediante la disposición de elementos ingenieriles en la vía (de señalización, de trazado, de seguridad...) el cumplimiento de la velocidad estará más garantizado. Si no se llega a este equilibrio óptimo y racional entre el límite de velocidad establecido y el resto de condiciones e informaciones a las que se ve sometido el usuario los procesos mentales de asimilación de la información del usuario no le permitirán encontrar el sentido al límite de velocidad establecido, con lo que el incumplimiento de la regla tiene más probabilidades de darse.

La necesidad de entrega de información y explicación coherente al conductor en cuanto a la velocidad a la que debe circular se ve más agravada en dos casos puntuales: transición de vías y rotondas. En las primeras se da la condición especial de cambio de condiciones de conducción y características de proyecto (entre las que se encuentra la velocidad de proyecto y el límite máximo a veces señalizado). Este cambio debe ser anunciado al usuario correctamente para que adapte su velocidad a la necesaria para la seguridad en cada momento. En las segundas (rotondas) confluyen vía de diferentes características y jerarquías, lo que implica unas velocidades distintas en cada caso. Este cambio de condiciones de proyecto que se pueden dar en estos elementos de las carreteras también debe ser bien transmitido para que el conductor adapte su conducta en este punto singular. En esta tesina se hará un amplio estudio, tanto cualitativo como cuantitativo con un trabajo de campo, de estas dos situaciones especiales, será en capítulos venideros.

Cumpliendo la prescripciones expuestas en los últimos párrafos habremos acercado al punto óptimo de seguridad vial a los agentes; vialidad de infraestructuras, señalización del entorno y velocidades. Vemos como resulta más eficiente para la búsqueda de la seguridad un movimiento por parte de todos los agentes influyentes en la movilidad que no sólo intentando acercarnos a la seguridad imponiendo velocidades menores que sin comprensión del conductor no se conseguirán tan fácilmente.

4.1.2. ACEPTACIÓN DE LA IMPOSIBILIDAD DE TRIUNFO ABSOLUTO.

Otra manera de conseguir una seguridad mayor es teniendo en cuenta y actuando en consecuencia de los razonamientos que a continuación se exponen.

No debemos olvidar que resultará prácticamente imposible conseguir que todos los conductores respeten el límite establecido de velocidad (aunque el trazado, la señalización y el contexto en general sean coherentes con el límite, debemos considerar un porcentaje de infractores por causas ajenas y variadas como puede ser el alcohol, estado de ánimo, características físicas, etc.). Es mala práctica no valorar el “derecho a la vida” que también tienen estos infractores, es decir, olvidarnos de los efectos y las consecuencias que puede tener circular a una velocidad inadecuada en el vía. Creo que el proyectista debería tener más en cuenta este hecho y eliminar la creencia de que las responsabilidades del ingeniero se acaban cuando alguien no cumple las normas establecidas. Teniendo en cuenta este porcentaje de usuarios infractores y proyectando, gestionando y señalizando las vías en consecuencia se podrían evitar siniestros o, por lo menos, reducir la gravedad de los mismos, a las vías que son benévolas en este sentido se les llama Forgiving Roads. Los trabajos de seguridad en el diseño en este sentido se encaminan a la realización de tres actuaciones; despejes laterales y aperturas de visibilidad, retirada de obstáculos y tendido de taludes y, por último, protección de obstáculos.

Un ejemplo concreto podría ser una carretera de límite de velocidad 100 km/h, en el diseño de la cual se puede tener en cuenta que puntualmente habrán tramos en los que algunos vehículos circulen a 130 km/h, por ejemplo, si se proyecta teniendo en cuenta este factor nos acercamos también al punto de seguridad buscado.

Ilustrando lo anterior podríamos pensar en el tamaño de los símbolos alfanuméricos de la señales de tráfico. Se dimensionan para una velocidad en concreto, ahora bien, si un usuario conduce superando esta velocidad, algunos conductores posiblemente no sean capaces de distinguir la información que la señal pretende darle porque el tamaño de las letras junto con su velocidad inadecuada se lo dificultan. Estamos de acuerdo que el usuario en cuestión está incumpliendo las reglas del juego, cosa que no debería hacer, pero como hemos indicado antes, también es necesario considerar su derecho a la seguridad en la medida que esté en nuestras manos. Probablemente, teniendo en cuenta este exceso de velocidad de algunos conductores se dimensionarían unos tamaños de símbolos de las señales mayores. La pregunta entonces es: cuantos usuarios infractores captaríamos, desde el punto de vista de seguridad, aumentando el tamaño de la señal? Quizá, reduciríamos el número de infractores si les damos la oportunidad a estos de visualizar las señales con más claridad aplicando la medida propuesta.

Resumiendo, para acercarnos al punto óptimo de seguridad vial no es suficiente con encaminar los esfuerzos a reducir la velocidad de los conductores, hay otras actuaciones necesarias por parte de todos los que intervienen en movilidad.

4.2. SE DA TODA LA INFORMACIÓN NECESARIA?

Por muchos es conocido que en el proceso de conducción intervienen cuatro agentes principales que son el conductor, la vía, el vehículo y el tráfico. En la relación entre estos cuatro agentes se dan unos flujos de información hacia el conductor desde los otros tres y a la inversa. En este estudio me centro en los flujos de información entre vía y conductor ya que es en la relación que más puede intervenir e influir el ingeniero proyectista.

Entre las causas de un accidente podemos encontrar fallos de alguno de los agentes nombrados anteriormente. Por suerte o por desgracia, en más del 85% de los accidentes el causante es un factor humano, es decir, fallo del conductor. Este panorama reduce la influencia del ingeniero pero la técnica se compromete al respecto a mejorar la seguridad según dos líneas de actuación:

- Disminuir la posibilidad de error humano, se pretende diseñando correctamente los trazados y la señalización, dando toda la información necesaria dejando poco margen de actuación a la improvisación del usuario.
- Reducir las consecuencias de los posibles accidentes. Como se explicó en el capítulo anterior hay que admitir la imposibilidad del éxito absoluto, es decir, tener en cuenta que se darán accidentes en la carretera que estemos proyectando. Una vez asumido esto debemos disponer de los máximos recursos posibles que reduzcan las consecuencias en caso de accidente.

4.2.1. TIPOS DE MEMORIA HUMANA.

En la conducción el usuario está expuesto a una serie de informaciones que le permiten llevar a cabo una conducción segura. Esta información se presenta en el contexto viario ante los sentidos del conductor, este los percibe, los procesa y reacciona ante ellos usando un tiempo y una distancia de percepción-reacción como se sabe. Conduciendo a una velocidad excesiva se acorta peligrosamente la distancia de seguridad, poniendo en serio peligro al conductor y al resto de ocupantes, pero como se plantea el profesor Ole Torzón en la exposición de Curso de Auditorias de Seguridad Vial; dicho conductor conoce realmente el riesgo que está corriendo?, sabe que, en muchas ocasiones conduce fuera de sus propios límites? En muchas ocasiones la respuesta es negativa. La información de restricción que recibe el usuario no es lo suficientemente completa como para que este sepa cuándo está conduciendo peligrosamente y cuándo no. Los proyectistas definen unos tiempos de reacción con cierto factor de seguridad, pero conduciendo a una velocidad superior a la que se ha considerado en el cálculo de la vía se anula dicho factor de seguridad. En la circunstancia anterior cualquier distracción puede resultar fatal. Por este motivo no sólo basta con obligar e imponer a los conductores que mantengan la velocidad por debajo del límite establecido y que mantengan la distancia de seguridad, si no que habría que tomar mediciones de campo de la forma que conducimos en diferentes circunstancias, a pesar de la señalización. Así podríamos estudiar los riesgos a los que estamos expuestos. La información obtenida se debería usar para explicar a los usuarios los peligros que entrañan las distintas formas de conducción y concienciar a los mismos.

Volviendo al tema del procesado de la información que recibe el conductor, muchos son los factores que influyen en dicho flujo, algunos más técnicos (en los que el

ingeniero puede intervenir) y otros menos técnicos como las limitaciones en las habilidades humanas o estados de ánimo y alcoholismo (que no profundizaremos ya que el proyectista poco puede hacer al respecto).

La memoria humana puede ser concebida como composición de dos tipos de memoria independientes; la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. Nuestro subconsciente clasifica la información recibida y la almacena en uno de estos dos tipos de memoria en función del uso previsto para ella.

La primera es un tipo de recuerdo efímero que perdura en nuestro cerebro aproximadamente unos treinta segundos después de ser percibida. Pasado este tiempo la información percibida y almacenada en la memoria a corto plazo se borra de nuestra “base de datos”, lo olvidamos y nunca más podrá ser recuperada esa información. Además este tipo de memoria contiene información fácilmente reemplazable, es decir que se superpone la información nueva con la percibida anteriormente inhabilitando la primera. Si una información almacenada en la memoria a corto plazo se usa reiteradamente durante un largo periodo sin dejar tiempo a olvidarla, esta puede ser considerada como no reemplazable y pasar a almacenarse en la memoria a largo plazo.

La memoria a largo plazo esta constituida por una serie de recuerdos más duraderos que no tenemos presentes continuamente pero que esta almacenada en nuestro cerebro y podemos recuperar siempre que queramos o necesitemos. Además esta información no se reemplaza por nuevas percepciones como pasa con la memoria a corto plazo, sino que se almacena de forma horizontal, sin dañar informaciones anteriores

En el proceso de la conducción el usuario recibe información que se almacena, en la mayoría de los casos, en la memoria a corto plazo, ya que se perciben se usan y se borran. Por lo tanto son datos que permanecen en nuestro conocimiento un tiempo limitado, que cuando los olvidamos (en un tiempo del orden de medio minuto) no podemos volverlos a recuperar y además la información recibida con anterioridad es fácilmente reemplazable por información nueva, perdiendo la primera.

Es interesante destacar la influencia existente entre la memoria y la percepción. Puede darse el caso que un conductor intente recuperar información almacenada en su memoria perdiendo así la concentración en la conducción presente, lo que le puede llevar a reducir su capacidad perceptiva y perderse alguna señal de tráfico. Contrariamente si un conductor recibe información continuamente y la percibe al cien por cien, continuamente estará borrando la información anterior de la memoria a corto plazo.

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACIÓN.

Los factores anteriores inducen a la necesidad de llevar a cabo una entrega de información por parte del proyectista hacia el usuario que debe cumplir algunos requisitos en función de lo explicado anteriormente. Por ejemplo;

- Los conductores deben ser frecuentemente recordados en cuanto a conceptos básicos de la conducción como puede ser la velocidad máxima permitida en el

lugar en el que se encuentra, ya que en caso contrario esta información almacenada en la memoria a corto plazo se perderá.

- La cantidad de información entregada al usuario debe estar limitada para asegurarnos de que a este le da tiempo a responder a un estímulo antes de que perciba el siguiente. Debe ser así porque de lo contrario se superpondría la información sin dar tiempo a reaccionar ante estímulos anteriores que se perderían.

Los mecanismos de los que disponemos como ingenieros para informar al conductor no son únicamente elementos de señalización. La información se puede dar también mediante el trazado, definiendo ciertas características dinámicas del tráfico, mediante el contexto viario general, etc. Todas estas formas de informar deben conformar el entendimiento mayor de la vía por parte del conductor y para ello deben ser coherentes entre ellas. La información entregada debe poseer tres características básicas para que sea efectiva en los usuarios a los que va dirigida: legibilidad, credibilidad y consistencia.

- **Legibilidad.**

El 80% de la información que percibe el conductor llega a través de la vista. Considerando la sentencia anterior el proyectista puede controlar los parámetros de la conducción mediante la elección de la información que va a recibir el usuario, lo que justifica la importancia de este punto de entrega de información a la hora de llevar a cabo un proyecto de carretera. La legibilidad de la información implica que mediante los datos disponibles por el conductor la vía y el entorno sean bien percibidos e interpretados, consiguiendo así que el usuario adapte correctamente su conducción a las características requeridas por la carretera. Con una vía legible se consigue una lectura anticipada del trazado y de las condiciones de la conducción en circunstancias normales, es decir, son predecibles, lo cual aumenta el grado de seguridad en ellas. Igualmente en condiciones de emergencia, en una vía legible el percance puede ser fácilmente identificable, dando opción al usuario a anticiparse al accidente. Por lo tanto en vías legibles no sólo se reduce el riesgo de accidente, sino que también reduce las consecuencias del mismo en caso de darse.

Se muestra a continuación un ejemplo en la figura 18 de elemento de trazado con una clara falta de legibilidad. Se trata de una salida de la autovía C-17, a su paso por Granollers. Como se observa se dan demasiado simultáneamente varias circunstancias y características del trazado que aumentan en exceso el riesgo de la conducción en este punto. La salida carece de carril de deceleración e inmediatamente después de abandonar la vía principal nos encontramos con una curva cerrada a la derecha precedida de un cambio de rasante convexo (que impide ver la curva). Además del obstáculo físico que supone el acuerdo en alzado, la reducción de velocidad en este punto es muy grande ya que saliendo de una vía en la que la velocidad máxima es 100 km/h, te encuentras de repente una curva con limitación a 40 km/h en apenas 20 metros. Todas estas características viales provocan una falta total de legibilidad del trazado, las fatales consecuencias de lo cual se reflejan en el propio contexto viario como desgraciadamente se observa.



Figura 18: Ejemplo de falta de legibilidad en el trazado.

- **Credibilidad.**

Que una carretera sea creíble en cuanto a seguridad vial se refiere a que el conductor que circule por ella se vea sometido a unas reglas y normas coherentes y justificadas. Estas características harán que los usuarios creen en las normas que están gobernando su conducción y se consiga un mayor porcentaje de cumplimiento de las normas. Por el contrario si la señalización, y el contexto viario en general, no son coherentes con el trazado el conductor verá una imposición de límite de velocidad, por ejemplo, sin sentido ni razón de ser, con lo que le restará credibilidad y difícilmente cumpla la norma impuesta. Generalmente el usuario adapta su velocidad a las limitaciones físicas que él cree tener en cuanto a la conducción (en este factor entra la percepción del riesgo que tenemos conduciendo en diferentes situaciones, tema que se abordará posteriormente), pero raramente acepta las limitaciones impuestas no evidentes. Debe darse una coherencia continua entre la realidad de la vía y el contexto viario y las expectativas del conductor.

Añadido a esto los mensajes no habituales deben restringirse a los casos especiales que realmente sean necesarios, ya que el abuso de la señalización en ocasiones que no son necesarias ayuda a la pérdida de credibilidad.

- **Consistencia.**

Una carretera es consistente en cuanto a seguridad vial cuando utiliza soluciones similares y homogéneas ante circunstancias similares. Para garantizar la consistencia de la vía resulta crucial conseguir coherencia entre secciones contiguas, en cuanto a velocidad y aceleración sobretodo. La medición más fiable de la consistencia de un trazado se refleja en la coherencia de las velocidades, midiéndose y comparándose las diferencias entre las velocidades del percentil 85 de elementos de trazado contiguos. Se debe intentar que la reducción de velocidad de acceso a una curva sea acotada (cuanto mayor necesidad de reducción de velocidad, mayor probabilidad de error), así como conseguir un perfil lo más homogéneo posible de velocidades y aceleraciones.

Con un diseño consistente se consiguen cubrir las expectativas de conducción del usuario, provocando así una conducción predecible y adecuada, sin variaciones bruscas

que supongan un aumento de riesgo. Las situaciones inusuales o “únicas” implican mayor tiempo de comprensión y respuesta, por lo tanto son especialmente peligrosas, debiéndose evitar, las soluciones originales o imaginativas.

4.2.3. MOTIVOS DE PÉRDIDA DE INFORMACIÓN.

Una vez estudiado como debe ser la información transmitida al usuario para conseguir el mayor porcentaje de éxito posible, se pasa a analizar y preguntarse cuales son los motivos de pérdida de información por parte del conductor que le pueden exponer a situaciones de peligro. Se exponen primeramente las tres causas que se creen más importantes en cuanto a peligro y en las que más se podría actuar desde el punto de vista del ingeniero civil proyectista:

1. Falta de información: Esta primera causa es la más aplastante, el usuario no recibe la información porque, simplemente, no está expuesta. No me refiero a olvidos ni fallos del proyectista, ni mucho menos, sino a prácticas habituales que se han cogido por costumbre y que denotan una falta de información al conductor. Un caso se da en las transiciones de vías interurbanas, al salir de una vía y entrar en otra nueva (salir de autovía para entrar en comarcal, por ejemplo) se suele señalar los límites de velocidad de la nueva vía para los primeros metros de la misma, pero no se informa sobre el tipo de vía en la se está entrando y cual son sus características. Como hemos visto en apartados anteriores la memoria humana a corto plazo reemplaza información antigua por la nueva percibida. Este proceso neuronal es imprescindible en este caso, el conductor debe olvidar la forma de conducción anterior (de autovía en el mismo ejemplo) y empezar instantáneamente a adoptar una conducción apropiada a la nueva vía (objetivo que un par de señales de límite de velocidad no se consigue). Posteriormente se profundizará más en este tema ya que hay un capítulo exclusivo para el estudio de esta circunstancia.

En cuanto a velocidad se suele notar un déficit de información en la conducción. No es la señalización el único canal de lenguaje entre carretera y conductor, se necesitan otros canales de comunicación que den coherencia y explicación a la señalización, sino esta no es creíble y no se admite por parte de los usuarios. El trazado y el entorno deben transmitir también la información del límite de velocidad. Una señal sola probablemente no consiga que los conductores circulen a la velocidad indicada, pero quizá estrechando los carriles, colocando vegetación creando efecto túnel o añadiendo una curva “ingenierilmente innecesaria” los usuarios encuentren la coherencia entre el límite de velocidad y la vía y lo respeten en un mayor porcentaje.

2. Falta de coherencia: Como se ha introducido en el primer punto no sólo el problema de falta de información reside en la ausencia de esta, sino que, aún estando, sino es coherente con el trazado, no sirva de nada. Nótese la diferencia entre este punto y el anterior, ahora sí que está dispuesta la información a transmitir, el problema es que no es coherente con la vía, con lo cual el éxito está condenado. Se expone en el apartado 4 un caso práctico en el que se dispone unas bandas sonoras transversales de paso de peatones en poblado para reducir la velocidad de los vehículos. Estos pasos de peatones no van a ninguna parte. En uno de los casos el paso de peatones va desde un muro hasta un paso de 0.5 metros repleto de vegetación por donde el paso de personas es imposible. Se pretende explicar con este ejemplo la falta de coherencia en cuanto a límites establecidos, difícilmente los conductores frenen en estos pasos de peatones más de lo

que el límite físico-mecánico del vehículo les fije, ya que jamás habrán visto pasar un peatón por ese paso.

Esta falta de coherencia, como hemos visto provoca un déficit de credibilidad que causa una pérdida de información transmitida.



Figura 19: Falta de coherencia en la señalización.

Fuente: Exposición de Xavier Baulés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

3. Exceso de velocidad: Este es un factor clave en la búsqueda de la seguridad vial como se sabe. Una de las consecuencias que el exceso de velocidad provoca es la pérdida de información por parte del conductor. Tanto el entorno vial como la propia señalización, intenta dar información que el usuario debería absorber para llevar a cabo una conducción segura. Si la velocidad del vehículo es elevada pueden suceder dos cosas que induzcan a esta carencia, la primera es un proceso mental de absorción de datos ya que no damos tiempo al cerebro a procesar la información correctamente porque la alta velocidad provoca una sobrecarga de información que no es asimilada como debería. La segunda es un proceso físico de imposibilidad de ver correctamente los símbolos de las señales a la velocidad excesiva. El tamaño de los símbolos de la señalización está calculado en función de la velocidad máxima de la vía que se haya decidido establecer, pero si los usuarios circulan a una velocidad superior a la anterior el ojo humano no es capaz de percibir el símbolo del tamaño proyectado a dicha velocidad.

4. Sobrecarga de información: Como he expuesto anteriormente el cerebro humano necesita un cierto periodo de tiempo para procesar correctamente la información captada por los sentidos. Si el flujo de información entrante es muy grande no da tiempo a darse este procesado lo que provoca que el cerebro anule la información que considere menos importante, produciéndose entonces la pérdida de información. Pero en este punto no me refiero a la sobrecarga por exceso de velocidad, sino a la sobrecarga por exceso de información en la unidad de espacio, es decir a grandes concentraciones de información que imposibilitan su comprensión al igual que a la información técnica incomprensible para el conductor. Algunos ejemplos demostrativos se exponen seguidamente.



Figura 20: Ejemplo de información excesivamente técnica e incomprensible.
Fuente: Exposición de Xavier Baulés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.



Figura 21: Ejemplo de información excesivamente técnica e incomprensible.
Fuente: Exposición de Xavier Baulés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.



Figura 22: Sobrecarga de información vanal.
Fuente: Exposición de Xavier Baulés en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

5. Información oculta: En ocasiones el mobiliario urbano, la jardinería, el dinamismo de tráfico y la propia señalización ocultan información de otros elementos. Puede darse el caso de vegetación que ha crecido en exceso y tapa un cartel, los vehículos pesados de gran gálibo impidan ver la señalización (superior o en los márgenes de la carretera) a los vehículos que circulan detrás, etc.

6. Distracción: este efecto puede venir provocado por el uso del teléfono móvil, por un cartel publicitario muy llamativo que rompa la armonía mental del conductor, otras vistas del entorno, consumo de alcohol o drogas, etcétera.

7. Falta de iluminación.

4.3. CAUSAS PRINCIPALES. NIVELES DE RIESGO.

4.3.1. MODELOS DE SEGURIDAD.

El tremendo problema de la accidentalidad ha sido objetivo de resolución desde hace muchos años. Hasta entonces la población se resignaba a aceptarlos como una consecuencia inevitable de la conducción por carretera, conllevando este hecho a una recogida más o menos organizada de datos de accidentes para llevar un mínimo control de los siniestros, sin más. Se nota pues una carencia de modelos robustos que expliquen la generación de accidentes y nos permitan por lo tanto establecer estrategias de lucha contra los mismos.

La falta de modelos explícitos para el estudio de accidentes no implica la ausencia de modelos implícitos, ya que tanto las autoridades como los ciudadanos en general tenemos en nuestras ideas unos motivos explicadores de la accidentalidad. Estos modelos y creencias explicativas de los siniestros por carretera hay ido evolucionando a lo largo de los años. La propuesta y posterior aceptación normalizada de un modelo como los que nombramos conlleva la posibilidad de situar a medio y largo plazo la eficacia de nuestras medidas de seguridad vial incluidas en una Auditoría.

La tabla XV define unos modelos en función de la época considerada, aunque lógicamente, ha coexistido más de uno en el tiempo y en el espacio, pero el indicado en el cuadro ha sido el mayormente aceptado, tal y como expuso el Sr. Aniceto Zaragoza (Director General de la Asociación Española de la Carretera) en el Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Siglo	Transporte por Carretera	
XIX	Modelo de la Irresponsabilidad	
	Modelo de la Normativa	Modelo de Exigencia de Tareas
XX	Modelo de la Dispersión	Modelo Cognitivo-motivacional
	Modelo de la Planificación	
	Modelo de la Satisfacción	

Tabla XV: Modelos de diferentes épocas.

Fuente: Exposición de Aniceto Zaragoza en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

- **Modelo de la irresponsabilidad (s. XIX):**

Se consideran los accidentes de tráfico como acontecimientos privados en los que el único perjudicado es el mismo implicado. Todavía no se considera la conducción como un hecho social y por este motivo no se intenta hacer la conducción más cómoda y segura. Esta teoría defiende que cada usuario es responsable únicamente de sus actos pero no de las influencias que estos pueden tener sobre los demás y que cada accidente es un hecho aislado del resto, con lo que no se planteaban buscar patrones de accidentalidad imposibilitando así la lucha por reducir los siniestros.

- **Modelo de la normativa (2ª mitad del s. XIX hasta 2ª mitad del s. XX):**

Surge esta corriente al haber un cambio en la concepción existente de las causas y consecuencias de los accidentes y al aceptar que las normas pueden salvaguardar la seguridad de los conductores. En una primera etapa este modelo continuaba considerando los accidentes como hechos privados pero, en este caso, sí se creía en poder establecer un marco regulador básico que controlara la circulación. Lentamente el modelo evolucionó hacia su segunda etapa en la que empezaron a evaluar las responsabilidades de las Administraciones en los accidentes de tráfico.

- **Modelo de dispersión (2ª mitad del s. XX):**

Esta teoría defiende la toma de soluciones de carácter preventivo y paliativo para reducir el número de posibles futuros siniestros. Es decir ya se ha aceptado que se puede y se debe luchar contra la pérdida de vidas humanas en accidentes de carretera y se plantea tomar medidas en puntos peligrosos para reducir su riesgo, con lo cual ya se debe tomar datos y sacar patrones de comportamiento en puntos concretos de carreteras.

- **Modelo de la seguridad planificada (finales del s. XX):**

Este modelo defiende la idea que los problemas de Seguridad Vial son controlables y predecibles, por ello impulsa toda una serie de herramientas y procedimientos para paliarlos como puede ser las Auditorias.

Es una teoría que no ha sido aceptada hasta hace muy poco tiempo.

- **Modelo de la seguridad satisfecha (modelo actual):**

Se introduce en este punto el concepto de satisfacción en la conducción y su relación con el riesgo asumido por los usuarios. Dice que el comportamiento del conductor es consecuencia de la búsqueda de equilibrio entre riesgo asumible personal y satisfacción obtenida por ese comportamiento de riesgo, por este motivo se cree que hay que controlar los aspectos que puedan influir en la percepción de riesgo del usuario. Aumentando en cada momento el riesgo que el conductor cree que corre reducimos peligro en la conducción ya que el propio usuario nota que debe controlar más su conducción porque el riesgo que está asumiendo está cerca del máximo que asumiría para satisfacerse. Al contrario también, es decir hay que intentar que el diseño de la vía ofrezca la mayor satisfacción posible al conductor para que este no busque aumentarla conduciendo de manera peligrosa; por ejemplo, muchos semáforos seguidos no permiten disfrutar de la conducción, factor que hace que el usuario busque satisfacción aumentando la velocidad o llevando a cabo cualquier otro tipo de conducta aumentando el riesgo.

Obsérvese que este modelo induce a un submodelo personal para cada individuo que conduce. Sería muy dificultoso pues llegar a conclusiones generales mediante esta

teoría. Sucede así porque este modelo habla del riesgo asumible personal, que será diferente para cada conductor y también introduce la variable de la satisfacción de la conducción lo cual se define también como un concepto puramente subjetivo. Fijémonos también que estos factores no sólo dependen de la persona a la cual analicemos, sino que para una misma persona el riesgo medio asumible en función de la satisfacción también puede variar según el estado de ánimo de la persona en ese momento. Muchos de los modelos más evolucionados y actuales se declaran como personales, es decir cada persona tendrá un comportamiento diferente al volante en función del riesgo que perciba y del riesgo que esté dispuesto a asumir. Estas variables cambien en cada persona como se ha dicho antes, pero hay más variabilidad que todo esto ya que si nos centramos en una misma persona tampoco es constante el comportamiento sino que depende del estado de ánimo del momento que analicemos o si tiene un buen día o no, o la época de la vida por la que atraviese, etc. Esta variable nueva se puede englobar en el estado de ánimo de la persona, que variará en función de la edad, de lo que haya vivido anteriormente, de los problemas diarios entre otras muchas cosas, pero se puede englobar en este concepto. La figura 22 intenta reflejar esta variabilidad.

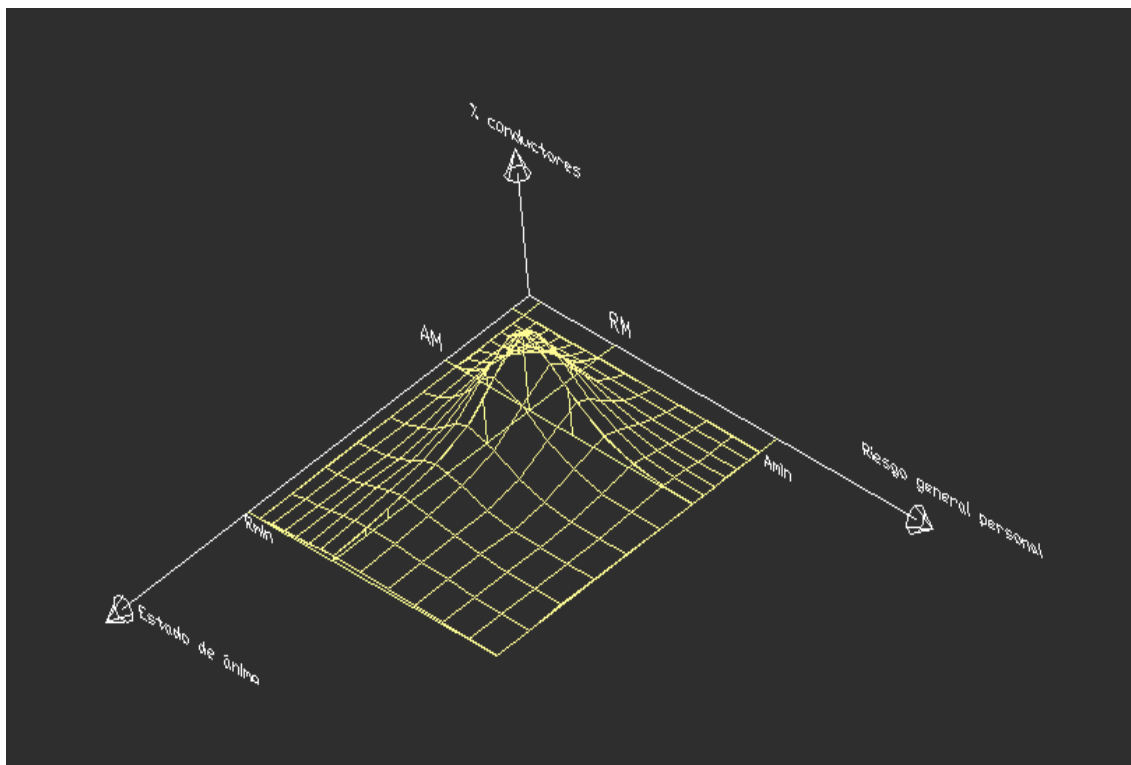


Figura 22: Estado de ánimo – Riesgo personal percibido - % de conductores.
Fuente: Ole Torzón-elaboración propia..

Se representa en la anterior gráfica en tanto por ciento de conductores que sienten un determinado riesgo a la vez que el tanto por ciento de conductores que tienen un estado de ánimo y cómo varían estas variables relacionadas. Se trata de una gráfica cualitativa ya que son variables difíciles de cuantificar, simplemente se limita a acotar los valores que se posible y ver las tendencias. Se supone que estamos analizando diferentes conductores en una misma carretera y en condiciones de sano juicio. Se observa en el plano x-z que hay un riesgo medio que perciben la mayoría de los conductores R_M . Hacia valores menores de riesgo va descendiendo el número de personas que lo sienten

hasta llegar a cero conductores en un valor de riesgo mínimo R_{MIN} . Este valor R_{MIN} es mayor que cero porque se supone que todo el mundo, en su sano juicio, siente un mínimo de riesgo diferente de cero cuando conduce. Desplazándonos hacia riesgos mayores que R_M también va disminuyendo el número de conductores que lo siente pero con más suavidad ya que es más fácil encontrar casos de conductores que sientan más riesgo que los anteriores, es decir que hay más ‘gama’ de conductores prudentes que de conductores infractores. También en este sentido está acotada la curva superiormente ya que existe un valor máximo de riesgo percibido que se supone que nadie supera ya que empezaría a convertirse en pánico a conducir que llevará a detener el vehículo por miedo a sufrir un accidente.

En el plano y-z se representa el porcentaje de conductores que tienen un estado de ánimo concreto. Se ve que existe un estado de ánimo medio A_M que tienen la mayoría de los conductores, se trata de un estado de ánimo normal que puede tener una persona en condiciones normales. Para estados de ánimo peores que el anterior, es decir $A < A_M$ se reduce el número de conductores que lo tienen hasta llegar a un ‘valor de ánimo’ mínimo menor del cual nadie puede tener. Se considera que todos los humanos necesitamos un mínimo de ánimo que nos haga luchar por nuestra supervivencia. Para $A > A_M$ la curva también es descendente pero no está acotada, ya que definir un valor de ánimo máximo que se puede sentir es una pretensión fuera de nuestro objetivo.

Se define así una especie de paraboloides centrado en un punto $E=(R_M, A_M)$ que define el estado personal subjetivo que la mayoría de conductores sienten. Esta sesgada la superficies hacia valores más alejados del centro que el punto E. Esta curva está acotada en todos los sentidos de avance excepto para estados de ánimo tendiendo a infinito. Se ha intentado con esto acotar y explicar los estados subjetivos que tienen los conductores y los riesgos que puede percibir cada persona, añadiendo valores personales que complican la definición de los modelos de seguridad.

Existe otra clasificación de los modelos en la que se tiene en cuenta exclusivamente la actuación del factor humano, la cual se puede relacionar con la clasificación anterior. En esta clasificación podemos encontrar los modelos de habilidades o de exigencias de tareas y los modelos cognitivo-emocionales.

- **Modelo de habilidades o de exigencias de tareas:**

En estos modelos se considera la conducción como una serie de tareas a realizar por el usuario que dan como resultado el mismo proceso de “pilotaje” del vehículo. Podemos relacionar, por tanto, estas tareas a realizar para llevar a cabo la conducción con una capacidad o habilidad para realizarlas. Se defiende en este pensamiento que los accidentes son consecuencia de la falta de habilidad o de llevar a cabo erróneamente alguna de estas tareas. Es un concepto de conductor pasivo en cuanto a seguridad. La habilidad del conductor determinaría la seguridad, con un olvido casi total de los factores motivacionales y emocionales que se implican en este proceso. Mejores infraestructuras, vehículos y el entrenamiento de las habilidades, son el punto clave para incrementar la seguridad en el transporte.

- **Modelo de habilidades o de exigencias de tareas:**

Se subraya aquí el papel activo del sujeto conductor. A conducción pasa a depender de una serie de factores que influyen directamente como son las expectativas y motivos del conductor, sus estados emocionales, valores y normas personales, la percepción subjetiva del riesgo y la relación que puede existir entre esta y la tolerancia al mismo en el momento de adoptar una decisión. Los accidentes se toman como una consecuencia de la toma de decisiones del conductor inducidas, a su vez, por el riesgo percibido anteriormente. Es importante recordar en este punto, que en la mayoría de los casos el conductor está más influenciado por la escasa probabilidad de ocurrencia del accidente que por la magnitud de sus consecuencias. Es por esto que los promotores de estos modelos concluyen que las actuaciones sobre el conductor deben tener el mismo o mayor peso que las medidas tecnológicas, infraestructurales y de control. Por otro lado, estas medidas deben ayudar a conseguir que el conductor reduzca su aceptación del riesgo; en conclusión más y mejor formación e información.

Realmente existe una correspondencia entre estas dos clasificaciones presentadas. Así, las teorías de irresponsabilidad o acto privado, las teorías normativas y básicamente también las de la teoría de la dispersión se corresponden con el modelo de habilidades o de exigencia de tareas; mientras que la teoría de la seguridad planificada y fundamentalmente la teoría de la seguridad satisfecha presentan una elevada correspondencia con el modelo cognitivo-motivacional, si bien difieren en la estrategia de intervención.

- **Modelo del riesgo constante:**

Esta teoría se fundamenta en la supuesta capacidad de los conductores de mantener el riesgo percibido constante variando su conducta. Se supone un riesgo medio percibido y aceptado por el usuario, este es el valor que se mantendrá invariable en el proceso de conducción. Se consigue esto mediante una variación de conducta del conductor que equilibre el riesgo percibido en cada momento, por ejemplo, si en un punto de la vía el trazado se vuelve más generoso el usuario aumentará la velocidad de conducción hasta volver a sentir el riesgo medio aceptado que sentía antes del cambio de trazado. Por el contrario si el riesgo percibido tiende a aumentar porque entramos en una zona con hielo, por ejemplo, el conductor moderará sus formas de conducción hasta compensar la adversidad y continuar manteniendo constante el riesgo que se percibe.

4.3.2. CAUSAS REALES Y APARENTES DE LA ACCIDENTALIDAD.

Después de exponer los modelos existentes, sería interesante plantearnos qué factor influye con mayor potencia en la bondad de los mismos. El éxito de un modelo no sólo está determinado por la bondad de los resultados, por la aceptación ciudadana o institucional, o por la propia recogida de datos. Un factor determinante será el procedimiento estadístico usado para sacar resultados y conclusiones a partir de los datos obtenidos. La estadística usada para estos fines puede presentar limitaciones en su definición pero, sobretodo, puede distorsionar los resultados los diferentes objetivos que se busquen con ellos. La mayoría de los datos estadísticos en nuestro país, y en muchos de nuestro entorno, están encaminados hacia objetivos judiciales, es decir para declarar responsabilidades del siniestro ante un juicio o para declarar responsabilidades ante las agencias aseguradoras. Estos objetivos se encaminan únicamente a definir quién es el culpable, pero no qué ha sido realmente lo que ha pasado. En una declaración de

accidente para un juicio no se entra realmente en estudiar cuales han sido las verdaderas causas del accidente (conceptos necesarios para trabajar en el sentido de la seguridad vial en ese punto de la vía) sino en esclarecer como pasó y ponerle nombre a la causa para repartir responsabilidades.

En el siguiente cuadro se puede observar el hecho expuesto. Es una relación de causas de accidentes cedida por la D.G.T. que según el pensamiento explicado conforman una lista de causas aparentes y no reales de los accidentes. Podemos fijarnos que se adivina los objetivos del tratamiento estadístico de los datos, en el cual parece ser que se trataba de nombrar la causa del accidente y clasificarla en algún grupo establecido para poder así emitir sentencia de responsabilidad a posteriori.

Factores concurrentes	1999 (%)	2000 (%)	2001 (%)	2002 (%)	2003 (%)
Velocidad inadecuada	21,7	23,3	20,3	20,4	20,3
Maniobra antirreglamentaria	15,2	16,0	14,3	13,9	13,9
Invasión de la izquierda	17,0	14,8	14,0	13,8	11,6
No guardar distancia de seguridad	0,8	0,9	0,9	0,9	0,6
Distracción del conductor	22,5	24,0	23,4	23,9	24,9
Somnolencia	4,0	3,0	2,3	2,4	3,3
Posible enfermedad	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6
Alcoholemia	0,6	0,6	0,4	0,9	1,1
Drogas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Irrupción de peatón	8,9	8,7	8,5	7,8	8,2
Irrupción de animal	0,4	0,2	0,4	0,1	0,6
Avería mecánica	1,8	1,3	1,7	1,5	1,2
Condiciones Meteorológicas	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
Otras causas	6,0	4,1	3,1	3,3	3,2
Se desconoce	0,0	1,9	9,9	10,3	10,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla XVI: Causas de accidentes.

Fuente: Exposición de Aniceto Zaragoza en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Estos factores mencionaos en la tabla XVI como causas de accidente son realmente el motivo profundo del siniestro? Con esta clasificación poco podemos actuar desde el punto de vista del ingeniero para aumentar la seguridad vial. Que al proyectista le faciliten una lista de siniestros por velocidad excesiva para que lleve a cabo un proyecto de mejora no le da mucha información. Debería saber si esta velocidad es consecuencia de una percepción de riesgo equivocada o cualquier otro factor que la induzca.

En conclusión no podremos pensar diferente – y lo que es más importante- no podremos ser más eficaces hasta que no reflexionemos profundamente sobre nuestro sistema de recogida de datos de accidentes –incluyendo una mejora sustancial en nuestro análisis accidentológico- , y superemos el marcado enfoque legalista por uno de eficacia en la intervención. Más aún se perfila como imprescindible la gestión de esquemas estadísticos diferentes según actuemos en la escala local (cientos de metros), o en la escala de red (miles de kilómetros).

4.3.3. LA HOMEÓSTASIS DEL RIESGO.

La teoría de la homeóstasis del riesgo es formulada por Gerald J.S. Wilde, profesor de Psicología de la Universidad de Queen, en Kingston, Ontario, aunque se basa en trabajos anteriores de Walter Cannon en 1929 y Claude Bernard, sesenta años antes.

En síntesis la teoría podría formularse de la siguiente manera: "los usuarios analizan permanentemente los beneficios estimados de su conducta de riesgo, intentando maximizarla de manera que cuando los beneficios esperados de la conducta arriesgada son altos y los costos esperados son percibidos como relativamente bajos, el nivel de riesgo deseado será alto". (Debemos entender aquí "deseado" como sinónimo de "aceptado").

Así y tomando como ejemplo la conducta frente a la velocidad, cuando el riesgo percibido es mayor que el riesgo deseado, el conductor reequilibra su riesgo disminuyendo la velocidad; en sentido contrario cuando el riesgo deseado es inferior al riesgo percibido el conductor reequilibra sus riesgos, a través de un aumento de la velocidad.

Se presentan constantemente ante el conductor una serie de motivos emocionales que éste debe procesar y evaluar el riesgo inherente en ellos. Se pueden clasificar los motivos generadores de conducta en dos tipos: motivos inhibidores y motivos excitadores. Los primeros son aquellos que transmiten sensaciones de alto riesgo al usuario, sugiriéndole que reduzca la velocidad (por ejemplo, si hablamos del caso de la velocidad) o que lleve a cabo cualquier medida que le ponga del lado de la seguridad. Los segundo reflejen un a situación de bajo riesgo y llevan a realizaciones peligrosas buscando satisfacción aumentando el riego asumido.

FACTORES DETERMINANTES EN EL NIVEL DE RIESGO DESEADO		
VENTAJAS ESPERADAS DE CONDUCTA ARRIESGADA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ganar tiempo. ▪ Experimentar riesgo. ▪ Etc. 	Al aumentar, aumenta el nivel de riesgo deseado
COSTOS ESPERADOS DE CONDUCTA ARRIESGADA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos reparación vehículo. ▪ Aumento del seguro. ▪ Etc. 	Al aumentar, disminuye el nivel de riesgo deseado
BENEFICIOS ESPERADOS DE CONDUCTA SEGURA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rebaja del seguro. ▪ Menor consumo de combustible. ▪ Etc. 	Al aumentar, disminuye el nivel de riesgo deseado
COSTOS ESPERADOS DE CONDUCTA SEGURA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usar un cinturón seguridad incómodo. ▪ Reprobación social ("cobarde"). ▪ Pérdida de tiempo. ▪ Etc. 	Al aumentar, aumenta el nivel de riesgo deseado

*Tabla XVII: Factores determinantes del nivel de riesgo.
Fuente: Exposición de Aniceto Zaragoza en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.*

Los usuarios decidirán actuar de manera que el nivel de riesgo subjetivo asociado a dicha conducta corresponda con el punto en el cual el beneficio neto esperado es máximo. Ese nivel de riesgo se denomina nivel óptimo personal o deseado y también riesgo de equilibrio. La media de los niveles personales se refleja en la siniestralidad de una zona, región o país.

Esta formulación ha sido criticada a veces bajo la mala interpretación de que propone una situación de riesgo personal constante, sobre la que es imposible actuar, y por lo tanto significaría aceptar un determinismo absoluto en la accidentalidad del tráfico. Sería posible actuar sobre el nivel general de riesgo base percibido pero individualmente el riesgo depende de factores personales como el estado de ánimo lo cual dificulta la cuantificación. Lo cierto, es que la teoría no propone una fórmula de “riesgo” constante, sino de “valoración” (de beneficios y costos) constante de las situaciones del tráfico.

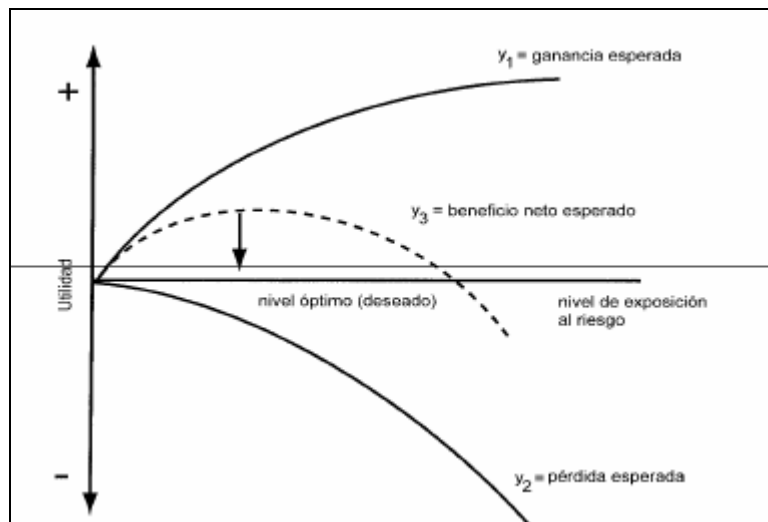


Figura 24: Optimización del nivel de riesgo percibido.

Fuente: Exposición de Aniceto Zaragoza en Curso de Auditorías de Seguridad Vial.

Estos fenómenos de presentación de motivos y maximización de los beneficios de satisfacción se dan diariamente en la conducción de cualquier persona. Este hecho explica en parte la falta de éxito en algunas actuaciones. Por ejemplo tenemos una curva que presenta un número excesivo de accidentes y se deduce de un estudio previo que la causa es la falta de adherencia neumático-pavimento. El conductor no conoce esta carencia de la vía, lo cual le lleva a desconocer el riesgo real que correrá en esa curva, entra a velocidad inadecuada y se sale. La reparación consiste en un parche de pavimento con una adherencia mayor. El usuario ahora ve un pavimento nuevo, sin las marcas de las ruedas de los coches que se salieron anteriormente y su nivel de riesgo percibido en esa curva disminuye, lo que implica una aceleración del vehículo. Posiblemente en la curva sigan habiendo los mismos accidente que antes de la reparación por motivos diferentes y es que el usuario reestructura sus valores de asunción de riesgo ante ese elemento modificado, manteniendo la maximización del riesgo constante y por tanto manteniendo también el número de accidentes.

Veamos un ejemplo sencillo de la relación directa existente entre la satisfacción y la asunción de riesgos. Supongamos un usuario que accede a un cruce regulado por una rotonda. El conductor deberá esperar para incorporarse al flujo circular hasta que encuentre un hueco en el mismo lo suficientemente seguro. Está demostrado que si el usuario supera un determinado tiempo de espera, aceptará huecos cada vez más pequeños en la corriente circulatoria. De esta manera comprobamos que un usuario insatisfecho aceptará más riesgos que uno satisfecho.

Las críticas a la teoría de la homeóstasis del riesgo vienen encaminadas básicamente por la desconsideración del riesgo técnico teórico. La concepción del riesgo técnico teórico se antoja imprescindible para poder explicar las causas y gravedad de los accidentes de tráfico. Se trata de un factor que no puede ser pasado por alto. El riesgo técnico teórico de accidente y especialmente de accidente grave es tan bajo en la escala personal, que es muy difícil que el conductor tenga capacidad para igualar el riesgo deseado o aceptado a dicho riesgo. Esta diferencia es de la mayor significancia, ya que a igualdad de otros factores ofrece a los agentes implicados en la mejora de la seguridad vial un amplio margen de maniobra.

4.4. LÍMITES DE VELOCIDAD Y DISPOSITIVOS PARA RESPETARLO.

En el contexto actual de movilidad y las características tanto cuantitativas como cualitativas del parque automovilístico actual es inevitable tener que fijar unas “reglas del juego” de la circulación rodada. De no ser así la conducción sería una actividad caótica y peligrosa para todos.

En el momento que el vehículo excede la velocidad para la cual ha sido diseñada la carretera elimina todos los coeficientes de seguridad adoptados por el proyectista, si añadido a esto no guardan la distancia de seguridad el riesgo aumenta geoméricamente.

El punto anterior es trivial, pero el nivel de exigencia y prohibición en función del tipo de vía no es un punto tan claro.

Los límites de velocidad deben ser coherentes con el trazado, ya que imponiendo un límite de velocidad excesivamente bajo en un trazado generoso no se consigue un gran porcentaje de usuarios que respeten la señal. Por muy limitada que dispongas la velocidad si el trazado “invita” a una velocidad mucho más alta, los conductores difícilmente circularan dentro del límite, ya que tendrán la sensación de ir anormalmente lentos para el entorno en el están. Es por este motivo que la elección del límite de velocidad para una vía debe ser un parámetro razonablemente elegido para que sea respetado.

Otro factor a considerar a este respecto es que una causa importante de los siniestros en carretera es la dispersión de velocidades en la vía. Es una causa absolutamente diferenciada del exceso de velocidad ya que por una carretera puede darse una velocidad de circulación excesivamente elevada por sus características geométricas, por ejemplo, y sin embargo la dispersión de velocidades de los vehículos que circulan en ella ser baja. Siendo esta dispersión un problema para la seguridad (hecho demostrado desde los estudios de Salomón en 1964) cabe decir que un límite de velocidad bajo provoca mayores dispersiones en las velocidades que se dan en la vía. Es decir si escoges y señalizas una velocidad límite excesivamente baja, serán pocos los usuarios que la respeten y por contrario habrán muchos conductores que circulen por encima de ella (a velocidades altas, más alejadas del límite cuánto menor sea este) con un abanico de velocidades muy variopinto. Este hecho provocará mayor dispersión de velocidades de los vehículos que comparten infraestructura aumentando así el riesgo de colisión. Por el contrario límites de velocidad elevados provocan menores dispersiones en las velocidades y por tanto menor riesgo de accidente por este motivo.

Se acaba de exponer, por tanto, otro motivo por el que el límite establecido para la velocidad de la carretera debe razonarse adecuadamente.

Una vez se haya señalado la carretera con el límite de velocidad elegido y se cumplan los requisitos necesarios de visibilidad, adherencia, geometría, etc., el control de la velocidad de los usuarios debe controlarse mediante agentes de tráfico con la preparación y la concienciación necesarias. A pesar de esto pueden existir puntos concretos de la misma vía donde la seguridad no quede del todo asegurada para el límite de velocidad establecido. Son en estos casos cuando el propio gestor de la carretera puede optar por tomar medidas para obligar al conductor a reducir la velocidad puntualmente; bandas sonoras, pavimento especial, etc.

Puede parecer contraproducente que el propio gestor de la carretera ponga “obstáculos” en la calzada pero un aspecto esencial en puntos de potencial peligro, ya que la concienciación social sobre seguridad vial no es todavía suficiente para dejar al conductor total libertad en según qué casos, como puede ser los pasos de cebra (poco respetados en general).

El Reglamento General de Circulación, actualmente vigente señala en su artículo 5.2 que “no se considerarán obstáculos en la calzada los resaltos en paso para peatones y bandas transversales, siempre que cumplan la regulación básica establecida al efecto por el Ministerio de Fomento...”.

La importancia de este artículo del Reglamento es relevante ya que desde la Administraciones con competencias en gestión de vías públicas se utilizan desde hace bastante tiempo este tipo de dispositivos con objeto de moderar la velocidad en puntos conflictivos de las carreteras y calles. Estos elementos inducen las eternas dudas de su uso: ¿son legales?, son peligrosos?, ¿son contraproducentes?, ¿dónde es adecuada su implantación y dónde no lo es?, ¿qué tipo de dispositivo es el más adecuado en cada caso?.

El problema es todavía más acusado en las Administraciones Municipales, las cuales gestionan vías con más necesidad de limitación de velocidad y los recursos técnicos y económicos que disponen para ello son verdaderamente limitados en la mayoría de los casos.

En las Administraciones Autonómicas y Locales se han venido usando criterios de buena práctica que han dado resultados satisfactorios en la mayor parte de los casos. En algunas Comunidades Autónomas ya existen recomendaciones técnicas para la instalación de dispositivos de los llamados “ralentizadores de velocidad”.

En la mentalidad del usuario surge otra imposición poco razonada con este tipo de dispositivos. Es razonable pensar que si se diera la totalidad de la información necesaria y el conductor estuviera suficientemente concienciado, no harían falta este tipo de dispositivos. Lo que también es cierto es que esta utopía vial es imposible de alcanzar en los tiempos que vivimos, sobretodo ante restricciones que han ido cayendo en la falta de persuasión para los conductores como son los pasos de cebra, raramente respetados. Justificada la existencia de este tipo de dispositivos en circunstancias que lo requieran debemos buscar la máxima coherencia en su implantación y no abusar del poder de prohibición ante los usuarios que tiene el gestor de la carretera, situación ante la cual los conductores reaccionan rebeldemente como se ha explicado anteriormente.

La lectura del razonamiento anterior es que el ingeniero no puede abusar de estos dispositivos para controlar el tráfico, sino que debe usarlos en situaciones razonables y con un contexto y exposición de información que haga comprender al usuario la existencia del límite de velocidad establecido (objetivo necesario en cualquier limitación de velocidad para acercarnos al punto óptimo de seguridad vial según se ha argumentado con anterioridad). Si se abusa del poder de restricción y se utilizan estos dispositivos sin justificación es cuando el usuario no entiende el porqué de la restricción y la efectividad del dispositivo baja en picado.

Se expone a continuación en las figuras 25 y 26 una de las situaciones que se intentan describir en el párrafo anterior; unos pasos de peatones elevados. Se encuentran a menos de 50 metros el uno del otro, pero lo que les resta sentido es que el paso de peatones va dirigido hacia un intento de acera impracticable la cual difícilmente se usará para caminar, lo que anula la funcionalidad del paso.



Figura 25: Paso de peatones a acera impracticable.



Figura 26: Paso de peatones a acera impracticable.

Retomando la defensa del uso de estos dispositivos con raciocinio, es de suponer que no pasará mucho tiempo hasta que podamos disponer del documento al que se

refiere el Reglamento de Circulación. De momento, como ya se ha dicho anteriormente, ya existen algunas recomendaciones técnicas en algunas Comunidades Autónomas que se ocupan de normalizar el uso de resaltos tipo paso sobreelevado de peatones, o de las bandas transversales de alerta de pequeño espesor.

Para el caso específico del estudio de esta tesina se trata sólo los problemas surgidos en vías interurbanas, con lo cual se pasará a continuación a exponer una relación de posibles actuaciones en zona interurbana para la reducción de velocidad.

4.4.1. ESTRECHAMIENTO DE CARRILES, SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO PARA LA MODERACIÓN DE VELOCIDAD EN INTERSECCIONES.

Por todos es conocido este tipo de actuación para reducir la velocidad; se trata de disminuir el espacio lateral exterior a la calzada, reduciéndolo en su límite al los propios márgenes del carril, para generar así en el conductor una sensación de peligro que le haga moderar su velocidad.

4.4.2. RODADURA DE TEXTURA GRUESA TIPO LB1.

Este tipo de rodadura transmite la sensación al usuario de que circula a una velocidad mayor de la que realmente circula, con lo que le invita a moderarla.

Se ha dispuesto este tipo de rodadura en nuestro país en algunas instituciones territoriales como la Diputación Floral de Guipúzcoa, donde se realizan campañas anuales de extendido de estas lechadas, con resultados bastante satisfactorios. Añadido a esto recientemente se ha extendido LB1 en doce tramos de la carreteras de la Generalitat Valenciana, dónde se ha llevado a cabo un estudio de campo de las velocidades a las que se circula por dichas vías antes y después de la medida tomada. Los resultados aún no se han hecho públicos.

4.4.3. BANDAS SONORAS EN APROXIMACIONES A UNA INTERSECCIÓN.

Las bandas sonoras o bandas transversales de alerta (BTA) son una medida a tomar cuando se ha desistido por ineficacia en el intento de usar métodos menos molestos para la conducción. No obstante, como medida provisional o en obras pueden dar buen resultado.

No se recomienda este dispositivo en zona urbana por el ruido que originan.

4.4.4. LIMITADORES DE VELOCIDAD INHERENTES AL VEHÍCULO.

Es una medida en la que poco podemos actuar los Ingenieros de Caminos, con lo que no indagaré en ella, sin ánimo de restarle importancia ni efectividad.

4.5. EVOLUCIÓN DE LA VELOCIDAD EN AUTOPISTAS.

Todos los problemas de seguridad vial en relación con la velocidad excesiva han ido aumentando a lo largo del tiempo paralelamente a la evolución y perfeccionamiento de los automóviles y las infraestructuras. Sin embargo cabría la posibilidad de teorizar que ha llegado al límite que la humanidad estaba dispuesta a aceptar. En los últimos años se han dirigido gran cantidad de esfuerzos (todavía insuficientes) a mejorar este aspecto desde todas las partes implicadas; declaraciones de políticos, implicación de medios de comunicación públicos y privados llevando a cabo campañas de concienciación, mayores despliegues policiales de control, colocación de radares fijos y móviles de penalización, etc.

Actualmente existe la sensación, empíricamente demostrada, que reina una mayor calma en las carreteras y autopistas. El motivo de esta calma creciente en los últimos años es el resultado de las acciones emprendidas y anteriormente nombradas. Tanto las campañas de concienciación, como los controles policiales y, sobretodo, la instalación de radares penalizadores de infractores ha hecho aumentar en los conductores los motivos inhibidores que han hecho llegar antes al equilibrio de satisfacción de riesgo asumido, es decir, cuando la situación es menos peligrosa (menor velocidad).

Personalmente creo que la instalación de radares fijos y móviles en nuestras carreteras y autopistas ha sido la causa más relevante del descenso de la velocidad media de circulación. Resulta un tanto penoso que deba ser una medida intimidatoria la que consiga este efecto, pero parece ser que es la única con tanto poder sobre la mente de los usuarios. Estos son capaces de jugarse la vida al volante, consciente o inconscientemente, si saben con certeza que no van a ser multados. En cambio si tienen la amenaza de la sanción económica se retraen más en sus actuaciones.

Claramente las sanciones policiales mediante radares constituyen un aumento de las motivaciones inhibitoras de la conducción en el siguiente sentido; el usuario sabe que en cualquier punto de la vía puede haber un dispositivo que registre su velocidad, con la sanción que esto conlleva en caso de infracción de la norma. Este sentimiento hace mantener el nivel de riesgo más alto con una diferencia constante, es decir toda la hipotética gráfica mental de riesgo percibido por el conductor aumenta paralelamente a la original en una cantidad considerable. De esta manera se llega al punto de equilibrio de riesgo asumido y satisfacción antes, reduciendo el peligro de accidente. Lo penoso que se decía anteriormente es porque el diferencial de riesgo percibido añadido al original no es un riesgo de seguridad vial, sino que es un riesgo de tener que pagar una multa considerable. Supongo que se ha llegado a esta alternativa por la imposibilidad de triunfo con otros más coherentes.

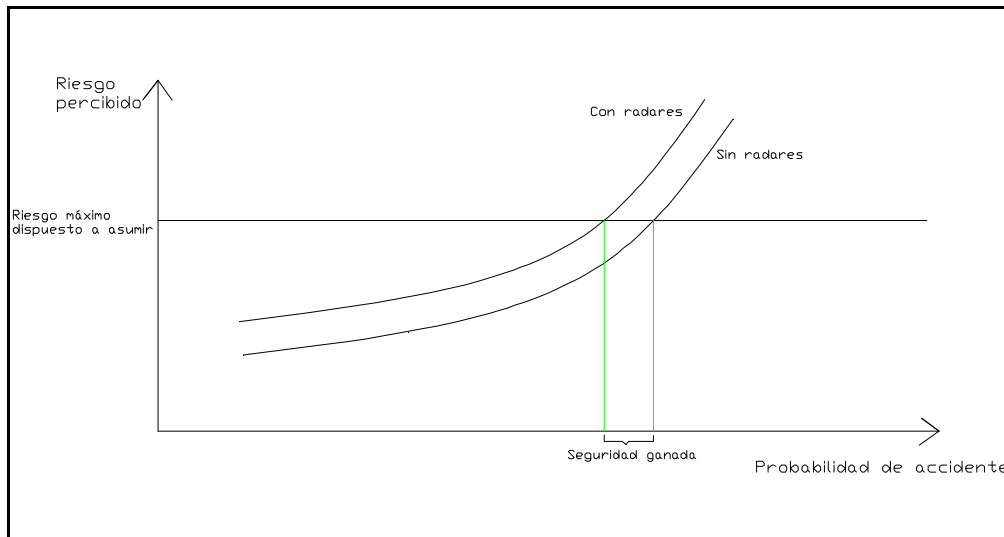


Figura 27: Repercusión de los radares en el nivel de riesgo.

Fuente: Elaboración propia.

Un ejemplo claro de lo anterior lo podemos ver en las vías rápidas o autopistas de las cercanías de Barcelona. Las Rondas constituyen el caso más explicativo de lo anterior ya que se han ido disponiendo una serie de radares fijos y móviles a lo largo del tiempo reduciendo la velocidad media de circulación, como se expuso en el primer capítulo. El éxito en las Rondas ha sido rotundo porque, actualmente, la velocidad de los vehículos que circulan por las mismas es, en la gran mayoría de los casos, inferior a la permitida. Lo mismo ocurre en las autopistas, donde el aumento de la calma generalizada en la conducción es notable.

Para cuantificar el anterior hecho podemos recurrir a los datos que se han tomado en las autopistas de la concesionaria ACESA durante el año 2004 y 2005 y comparar ambos años en cuanto a resultados de velocidades.

• **Datos 2004:**

Las mediciones se han tomado en los puntos que se indican la figura 28.

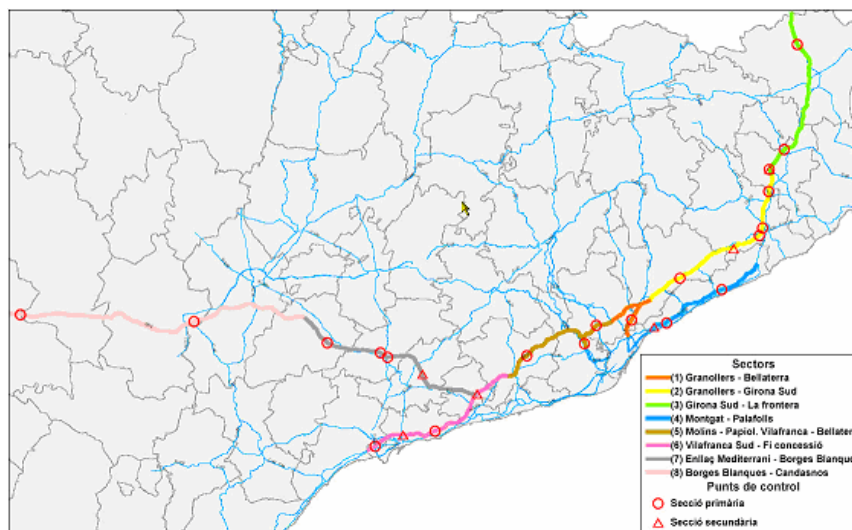


Figura 28: Puntos de toma de datos en 2004.

Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

En el estudio de velocidades en los puntos anteriormente expuestos de la red ACESA se concluye que el 73% de los turismos superan el límite legal de velocidad en autopista (120 km/h), mientras que los camiones sólo incumplen la ley en un 27%. Además, un 1% de los turismos están cometiendo una falta muy grave circulando a velocidades superiores a 180 km/h.

Para el caso de los turismos la velocidad del percentil 85% es de 151 km/h, correspondiendo a la velocidad límite (120 km/h) casi el percentil 30%. Podemos ver graficados estos y los anteriores resultados a continuación en la figura 29.

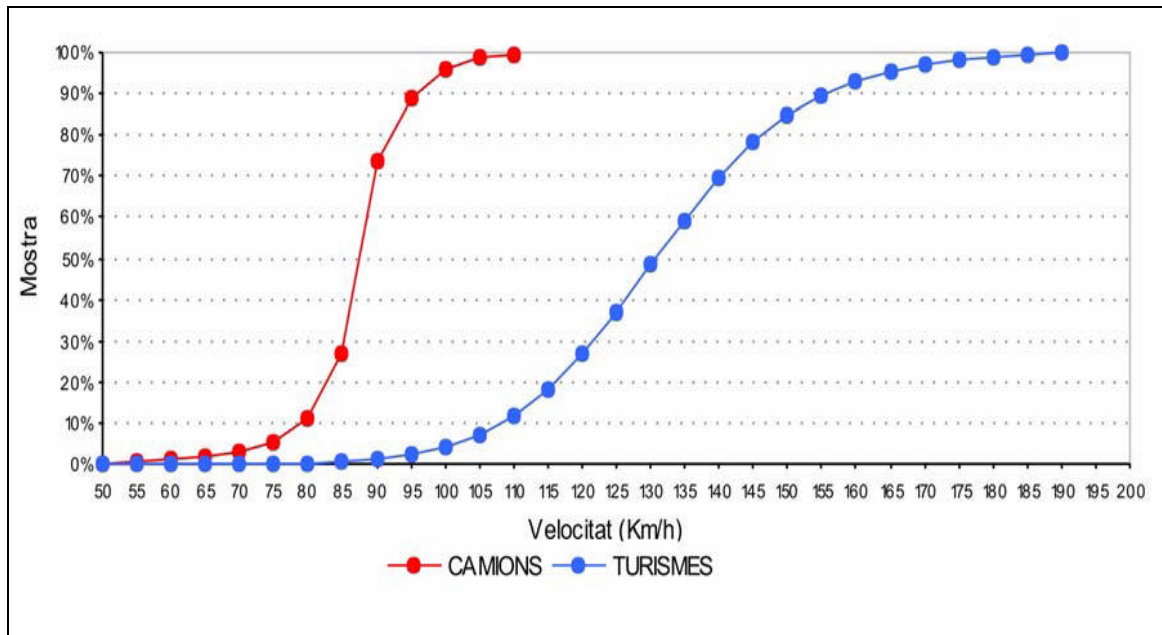


Figura 29: Distribución acumulada de velocidades en 2004.
Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

Del resto del análisis estadístico de la recogida de datos se concluye que la velocidad media, en condiciones meteorológicas normales, para los turismos por autopista es 132 km/h, 88 km/h para camiones i 97 km/h en el caso de los autocares.

Se reducen estos valores medios para la conducción por la noche, con lluvia o con obras como se observa en la tabla XVIII resumen de las conclusiones del estudio de las velocidades de 2004.

ESTADÍSTIQUES TOTALS DIURN											
Límit	Velocitat mitjana	Icona	Sobrepassen el seu límit	INFRACCIÓ VELOCITAT							
				20 Km/h	%	40 Km/h	%	60 Km/h	%	>80 Km/h	%
120	132		72,9%	140	30,7%	160	7,2%	180	0,9%	200	0,1%
90	88		26,6%	110	0,7%	130	0,1%	150	0,0%	170	0,0%
100	97		46,7%	120	0,0%	140	0,0%	160	0,0%	180	0,0%
120	135		72,5%	140	32,5%	160	15,0%	180	5,0%	200	0,0%
	124	Total	66,5%								

Tabla XVIII: Resultados de velocidades del 2004.
Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

• **Datos 2005:**

El procedimiento de estudio y objetivos del mismo fue el mismo en el 2005 pero eligiéndose los puntos de análisis que en la figura 30 se indican.

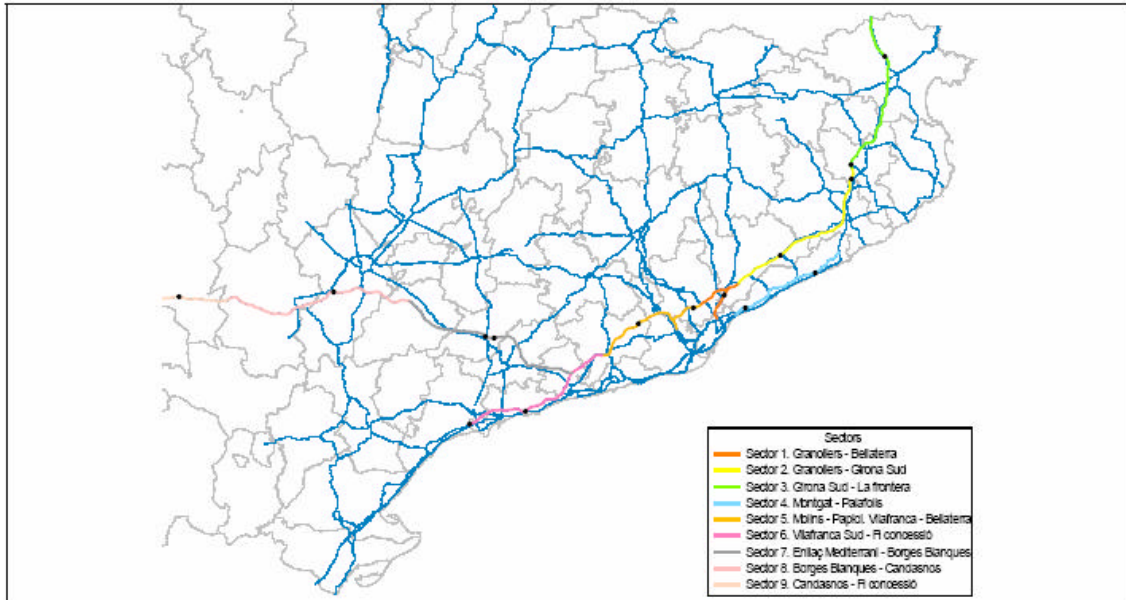


Figura 30: Puntos de toma de datos en 2005.

Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

Se desprende del estudio del año 2005 que se ha conseguido una evolución favorable en las autopistas ya que los resultados indican que las velocidades medias y máximas se han reducido como ya introducimos en el preámbulo del estudio. Las causas son las también nombradas anteriormente: colocación de radares y cámaras (principalmente en carreteras y autovías, no tanto en autopistas), aumento del control policial y de sanciones y, por último y en menor medida, las campañas de seguridad vial.

Obtenemos del análisis estadístico del año 2005 que un 63% de los conductores circulan ilegalmente a velocidades superiores a 120 km/h, mientras que en 2004 esta cifra era el 73%. También se reduce el número de camiones infractores del 27% al 18% y de autocares del 47% al 40%.

Es igualmente significativo el descenso del número de vehículos que circulan a altas velocidades: los 140 km/h son superados por el 21% de los coches, mientras que en 2004 se superaba en el 31% de los casos; y los 160km/h son superados en un 4% de los sucesos cuando en 2004 lo hacían en un 7%.

Las faltas muy graves de exceso de velocidad (superar los 180 km/h) se dan en 2005 con un 0.7%, cifra muy similar a la del año anterior que se situaba alrededor del 1%.

Es ilustrativo ver los datos anteriormente expuestos en las distribuciones modales acumuladas de ambos años, para comparar las tendencias. Se puede observar esto en la figura 31.

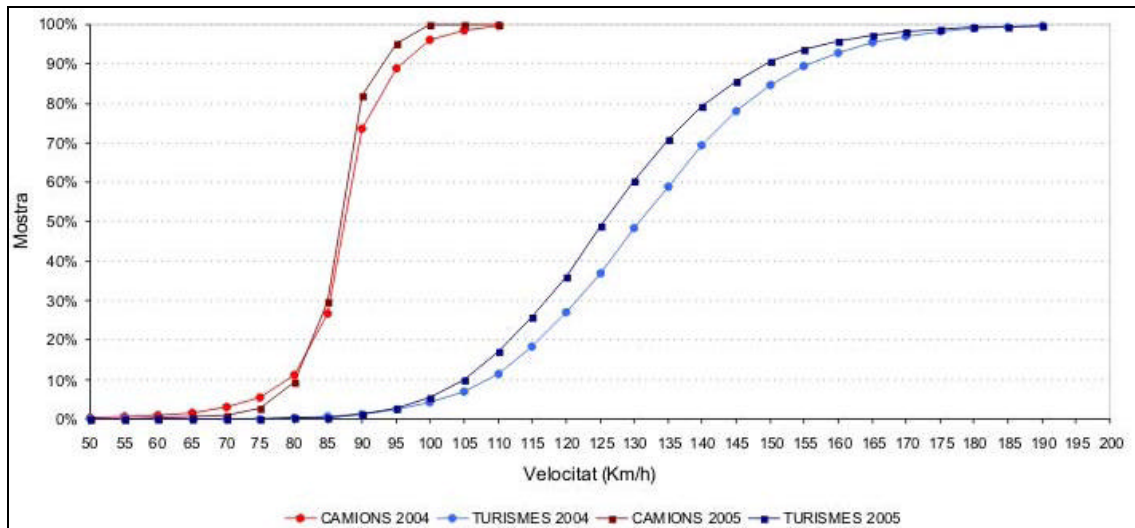


Figura 31: Distribución acumulada de velocidades en 2005.
 Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

Para los turismos la velocidad en el percentil 85% es de 145 km/h (151km/h en 2004), siendo de 120 km/h en casi el percentil 40%. Otro resultado interesante ha sido la velocidad del tercer carril de circulación, es decir el carril rápido; la velocidad de este carril para el percentil 15% era en 2004 de 129 km/h mientras que en 2005 se ha reducido a 114 km/h. Es una reducción significativa y además pasa a ser una velocidad por debajo del límite impuesto, con lo que podría decir que el objetivo está cumplido para este percentil. Dicha reducción de la velocidad de las autopistas separadas por carriles se ilustra en el gráfico de la figura 32.

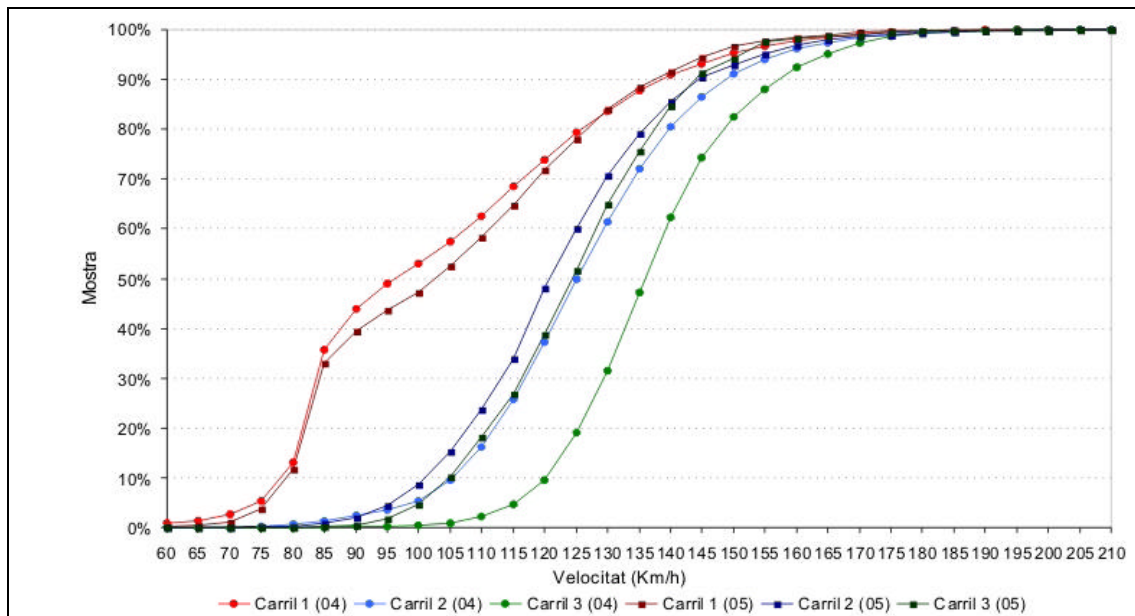


Figura 32: Distribución acumulada de velocidades por carriles de autopista en 2005.
 Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

Se adjunta también el cuadro resumen de los datos obtenidos en el 2005 donde se pueden ver las disminuciones de velocidad conseguidas de un año para otro, por ejemplo la velocidad media para turismos que en 2004 era de 132 km/h ha pasado a ser

en 2005 de 127km/h. En esta materia un descenso de 5 km/h en la velocidad media es un éxito bastante considerable.










ESTADÍSTIQUES TOTALS DIURN											
Limit	Velocitat mitjana		Sobrepassen el seu límit	INFRACCIÓ VELOCITAT							
				20 Km/h	%	40 Km/h	%	60 Km/h	%	>80 Km/h	%
	127		64,0%	140	20,7%	160	4,1%	180	0,7%	200	0,1%
	87		18,1%	110	0,0%	130	0,0%	150	0,0%	170	0,0%
	99		39,6%	120	0,0%	140	0,0%	160	0,0%	180	0,0%
	135		72,7%	140	45,5%	160	9,1%	180	0,0%	200	0,0%
	120	Total	57,7%								

Tabla XIX: Resultados de velocidades del 2005.

Fuente: Estudio de velocidades en la Red de ACESA realizado por Intra.

Se concluye pues de este estudio que la velocidad media de los turismos sí ha disminuido sustancialmente (5km/h) mientras que en camiones y otros vehículos pesados se mantiene constante aproximadamente.

Las tasas de infracción disminuyen también significativamente, aunque todavía son excesivas ya que un 63% supera todavía la velocidad máxima establecida. En el caso de los camiones no se observan vehículos pesados que superen en más de 20km/h su velocidad límite en autopista.

CAPÍTULO V TRANSICIONES

5.1 EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA Y FILOSOFÍA

Las transiciones son puntos de nuestra red viaria con un alto nivel potencial de riesgo. Se trata de puntos donde la conducción requiere una atención especial y un rápido procesamiento de la información sensorial que nos llega así como una rápida toma de decisiones.

Llamamos transiciones de entrada o salida de ramales de enlace a los tramos de vía que se encuentran entre dos carreteras de características técnicas diferentes y que nos conducen al cambio de una a la otra. Este cambio de características de la conducción tiene que ser progresiva, legible y coherente con la señalización para que los conductores sean capaces de adaptar correctamente su conducción a las necesidades de la nueva carretera a la que se están incorporando.

Como se ha visto en capítulos anteriores se definen los niveles de riesgo en carreteras en función de la IMD y del tipo de vía, directamente de esta clasificación y cuantificación del riesgo surge la pregunta que motiva este apartado: en los enlaces de transición entre dos vías diferentes qué pasa? Qué nivel de riesgo se atribuya en este caso? Que nivel de cumplimiento de la norma se da en estos puntos y qué peligro comporta?

Por lo que respecta a esta tesina se tratará únicamente el problema que respecta a la velocidad en transiciones. Sin duda es uno de los principales problemas que encontramos en estos conflictivos puntos ya que se trata de una unión entre dos carreteras de diferentes velocidades de proyecto, con lo cual es necesario que el usuario vaya adaptando instantáneamente su velocidad en función del punto de transición en el que se encuentre. Para que esto se pueda llevar a cabo correctamente hace falta un buen diseño de la transición en cuanto a señalización, trazado, acuerdos verticales y horizontales, etc.

El correcto diseño de la transición que requiere la seguridad vial de la zona se ve limitado en muchas ocasiones por el espacio disponible para encajar dicho elemento de trazado. Las transiciones sirven para unir vías diferentes, alineaciones de las cuales se suelen cruzar en planta, es decir, no son paralelas. Este hecho obliga al trazado de las transiciones a ser curvo en la mayoría de los casos, pero los radios de curvatura están limitados superiormente por el espacio disponible para encajar la solución de transición. No son elementos de la vías con mucha identidad propia, sino que sólo tienen sentido cuando existen las carreteras a las que enlazan, lógicamente. Este hecho provoca una mayor despreocupación a la hora de diseñar las transiciones, pensando que lo realmente importante son las vías principales que hay que unir. Seguramente sea correcta esta distribución de importancias, pero esto no quita que también haya que prestar especial atención a la transición porque sino seguramente en un futuro vaya adquiriendo importancia por su alta siniestralidad, lo cual debemos de evitar desde el primer momento del diseño.

El intento de encajar la transición en el mínimo espacio posible y con la solución más barata a menudo se diseñan elementos con radios de giro excesivamente pequeños, que a veces coinciden con cambios de rasante, incorporaciones con poca visibilidad, etc.

Para el estudio del tema que nos atañe, el de la velocidad, se analizarán las transiciones en las que una de las vías a unir sea una autopista o autovía, ya que son las vías con límite de velocidad mayor hecho que implica una variación mayor de las condiciones de conducción cuando se entra o se sale de ellas.

Podemos diferenciar a priori, dos tipos diferentes de problemáticas en transiciones; las entradas y las salidas.

a) Entradas.

El problema definido en estos casos viene por la diferencia de velocidades que se da entre las dos carreteras que une la transición. En el caso estudiado se viene circulando por una carretera convencional y se va a acceder a una autovía o autopista, con lo cual el conductor debe acelerar para alcanzar la velocidad media de circulación de la carretera a la que accede y evitar así el riesgo que conlleva circular a una velocidad más baja que el resto.

En el caso de las autopistas no existe este problema ya que todas las entradas disponen de carril de aceleración en el cual se puede acelerar hasta alcanzar la velocidad de la vía, antes de incorporarse en el flujo circulatorio. Sin embargo en las autovías sí se da este problema en algunos casos. Existen accesos de entrada a autovías en los que el elemento regulador de señalización es un STOP, lo cual quiere decir que el usuario debe entrar a la vía principal partiendo de velocidad nula y alcanzar en el menor tiempo posible la velocidad de la vía que estará entre 100 y 120 km/h. Esta maniobra puede llegar a ser peligrosa en función de la visibilidad de la que se disponga desde el STOP, la cual debe permitir ver un vehículo que circule por la vía principal a una distancia tal que la entrada de otro vehículo en la vía no haga modificar la velocidad de circulación del primero. Esto seguramente se considerará así en el diseño pero, ¿qué velocidad de circulación por la vía principal se considera en el diseño? ¿Sabe el conductor que se va a incorporar la velocidad a la que viene el usuario que circula por la vía principal? ¿Sabe si circula dentro de la ley o no? ¿Sabe el conductor de la vía principal que existe esta entrada desde la cual los vehículos se incorporan partiendo de velocidad cero y posiblemente tenga que frenar próximamente? Muchas veces se conocen las respuestas de estas preguntas cuando ya es demasiado tarde y la colisión es inevitable.

Se podría plantear por tanto en estos casos una falta de información hacia el usuario que desconoce parámetros clave para una incorporación segura. La seguridad se ve más amenazada aún cuando el vehículo que pretende incorporarse es un camión trailer que se ve obligado a ocupar también el segundo carril de circulación de la vía principal para adentrarse en ella.



Figura 33: Incorporación peligrosa.

No obstante el problema definido en las entradas de las autovías no corresponde a un problema de velocidad (que es el que se trata en la tesina) sino a un problema de distancias de visibilidad y de información de la misma al usuario. Sí se da un problema de velocidad en las transiciones de salida de vías rápidas.

b) Salidas

Tanto en las salidas de autopistas como de autovías se suele dar la circunstancia de reducción de velocidad. Las características de diseño de una autopista o autovía tienen grandes diferencias con el resto que induce las variaciones de límites de velocidad entre ellas.

Los elementos de trazado que conforman la vía principal desde la que se sale y los que conforman la vía más lenta a la que se incorpora son diferentes por las diferentes velocidades de proyecto consideradas en cada una. Cuando el usuario no se ha dado cuenta, no le ha dado tiempo a procesar la información o no se le ha facilitado esta información de que las condiciones de circulación han cambiado y debe aflojar la marcha es cuando existe el peligro. Puede darse que los conductores no entiendan bien o no asimilen las restricciones que tiene la vía a la que se incorporan y sigan conduciendo como si continuaran por la carretera rápida por la que venían anteriormente. Conduciendo a esta velocidad de la vía de la que provienen (alta) es cuando están en peligro ya que pueden encontrarse con un elemento de trazado característico de la velocidad de proyecto de la vía nueva a la que se han incorporado (baja) y sorprenderles sin darles tiempo a reaccionar por la velocidad excesiva. El cerebro del conductor lleva la monotonía de la conducción anterior y hasta que el propio diseño de la vía le indique que debe variar ese concepto no lo hará.

Es cierto que se encuentran en la norma de señalización las recomendaciones de señalización para conseguir una reducción de velocidad progresiva en estos casos, pero a veces no es suficiente. Los usuarios están acostumbrados a ver la señalización densa de las salidas y le prestan una relativa atención. En las salidas se indican los destinos de la misma además de los límites de velocidad y las posibles curvas y prohibiciones de adelantamiento correspondientes (entre otras). Esta densidad de señalización hace que pierda importancia en los valores del usuario que circula por ella. Con lo cual la velocidad de conducción en la mayoría de los casos viene limitada por el trazado y contexto general de la vía, a falta de otra información.

El estudio de puntos negros y TCA's en nuestras carreteras hace evidente que este hecho es demostrable en las transiciones. Por este motivo se defiende una falta de información hacia el usuario acerca de la carretera a la que se va a incorporar, sus características, velocidad de proyecto de la misma, etc.

La falta de adecuación de velocidad planteada cuándo se sale de una vía rápida a una más lenta se puede ver plasmado en el conductor de dos maneras según el diseño de la salida. Hay un primer grupo de transiciones en las que inmediatamente después de la salida encontramos un elemento de trazado propio de la velocidad de proyecto de la vía más lenta (una curva con muy bajo radio de, por ejemplo). Estas son peligrosas ya que al conductor aún no le ha dado tiempo (en parte porque no se le informa en el momento adecuado y con la intensidad adecuada) a procesar mentalmente la información de este cambio de conducta que le debería haber llevado a una reducción considerable de velocidad. De este modo la velocidad que lleva el conductor cuando ha llegado al elemento de trazado con velocidad de proyecto baja es demasiado alta, anulando el coeficiente de seguridad considerado en el cálculo y poniendo en serio peligro al conductor y a los pasajeros. Muchos puntos negros de nuestra red corresponden a este tipo de transiciones: curvas muy cerradas inmediatamente después de una salida, algunas de ellas que coinciden con cambios bruscos de rasante, elemento de regulación del tráfico como rotondas, cedas al paso o Stops demasiado cerca de la misma salida, etc.

A modo de ejemplo se muestran fotografiadas dos salidas de la C-17, concretamente las que corresponden a la salida de Granollers en ambos sentidos. Son salidas en las que se pueden ver ramos de flores a menudo, clara señal de la fatalidad de las mismas.



Figura 34: Salida de la C-17 poco legible para el conductor.

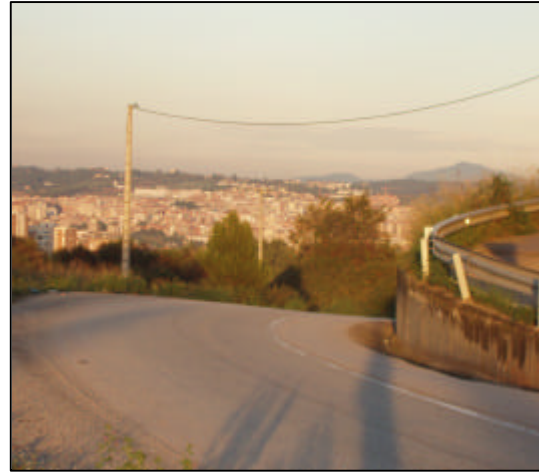


Figura 35: 1ª secuencia de salida de la C-17 Figura 36: 2ª secuencia de la misma salida de la C-17

En este grupo de transiciones se podrían medir en campo las velocidades inadecuadas y relacionarlas con los datos de siniestralidad, ya que no da tiempo al usuario a reaccionar ya que se encuentra inmediatamente después de la salida con un elemento que le hace frenar bruscamente. Existen, sin embargo, otro grupo de transiciones en las que no hay un elemento restrictivo durante los primeros metros de la nueva vía a la que se incorpora. Son en ellas dónde sí existe el espacio de recorrido amplio en el que mantienen durante un tiempo prolongado la velocidad elevada, por una vía más lenta que de la proceden.

En el siguiente apartado de este capítulo se muestra un estudio de campo realizado en este segundo tipo de transiciones (salidas con unos metros de trazado generoso de la vía lenta) para demostrar la falta de adecuación de la velocidad por parte de los usuarios. Posteriormente se exponen los resultados obtenidos en otro estudio paralelo en la entrada del mismo enlace a la misma vía.

5.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE VELOCIDADES EN LA SALIDA 95 DE MATARÓ SUD DE LA C-32.

La salida sobre la cual vamos a trabajar en este apartado es la salida 95 de la autopista C-32, antigua A-19, llamada Mataró Sud ya que es la entrada desde el sur al término municipal de Mataró. Se encuentra circulando desde Barcelona en sentido Mataró.

Este punto de transición estudiado se trata de una salida y una entrada en las cuales se plantea la hipótesis barajada a lo largo de todo el estudio de la presente tesina de falta de adecuación entre el trazado y características de la vía y las limitaciones de la misma en cuanto a velocidad. Para intentar comprobar experimentalmente dicho supuesto se han llevado a cabo mediciones de velocidad de los vehículos que circulan tanto por la salida como por la entrada mencionadas con un radar Doppler. Las medidas se han tomado en distintas secciones transversales de las transiciones, correspondientes a diferentes límites de velocidad.



*Figura 37: Foto aérea transición analizada.
Fuente: Google Earth*

Los dos límites físicos que definen la transición son, por un lado, la autopista C-32 y por otro lado una rotonda que regula la entrada al centro urbano de Mataró. Como es de suponer los límites de velocidad establecidos en estos elementos viarios anteriores son 120 km/h en el caso de la autopista y 50 Km/h en el caso de la zona urbana en la que está contenida la rotonda anteriormente mencionada. Entre estas dos velocidades límite debe haber una transición progresiva de velocidades, puntos en los que se han tomado medidas de velocidades (100, 90, 70 y 50 Km/h).

5.2.1 TRANSICIÓN DE SALIDA DE LA AUTOPISTA

Como se ha aclarado anteriormente la velocidad de la autopista en el punto de la salida estudiada está limitada a 120 km/h. Debe tenerse en cuenta en este estudio que esta autopista está bastante controlada policialmente, disponiendo de tramos de reducción del límite de velocidad (90 km/h en Badalona y 100 km/h en la ronda de Mataró) y de radares sancionadores en los pórticos superiores de la vía. De esta manera se ha conseguido reducir notablemente la media de velocidad de circulación en esta autopista en los últimos dos años, con lo que se pretende decir que la velocidad de inicio de los vehículos que salen de la autopista en esta salida no será superior a 120 km/h por lo general ya que es un tramo controlado.

Una vez se sale por la salida Mataró Sud encontramos una vía de transición de dos carriles de 3.5 metros cada uno, con arcenes de 2,5 y 1 metros derecho e izquierdo respectivamente. Además el trazado es muy generoso, ya que es prácticamente recto hasta llegar a la rotonda final. Por estos motivos se ha elegido esta transición ya que a primera vista cumple con las características típicas de falta de coherencia entre límite de velocidad y trazado de la vía. A 600 metros de la salida está el primer cartel de

limitación de velocidad a 100 km/h y progresivamente en los siguientes metros se va reduciendo la velocidad a 90, 70 y 50 km/h como se explicará más adelante.

Aproximadamente a 600 metros de la salida se ha tomado la primera muestra de datos, consistente en 50 vehículos, en velocidad libre. A 1500 metros de la primera sección estudiada analizamos la segunda, que ese trata de una sección definida por una señal de límite de velocidad de 90km/h. Las siguientes secciones analizadas se encuentran equiespaciadas a 200 metros y se definen por las señales de limitación de velocidad de 70 y 50 km/h respectivamente, antes de llegar a la rotonda dónde comienza la zona urbana de Mataró, como se ve en la figura 39. Todos los ensayos se han llevado a cabo para vehículos turismos que circulaban con velocidad libre, es decir que el tráfico de la vía no influía en la velocidad adoptada por el mismo y las velocidades se han tomado en las secciones donde esta la señal de velocidad.



Figura 38: Tramo de estudio empírico.

Resumiendo, por tanto, las secciones de control y sus límites de velocidad son los siguientes:

- **100km/h:** a 600 metros de la salida de la autopista se define esta primera sección con dicho límite de velocidad.
- **90km/h:** a 1500 metros de la sección anterior, justo coincidiendo con la colocación de una señal de limitación de esta velocidad, definimos la siguiente sección a estudiar.
- **70km/h:** a 200 metros de la sección de límite 90km/h se señaliza esta velocidad máxima.
- **50km/h:** a 200 metros de la sección de control anterior y a 200 metros de la rotonda se encuentra una señal de dicha velocidad máxima. Es la última señalización antes de entrar en la rotonda urbana, con lo que

para incorporarse a ella deberán realizar un ‘ceda al paso’ parando el vehículo.

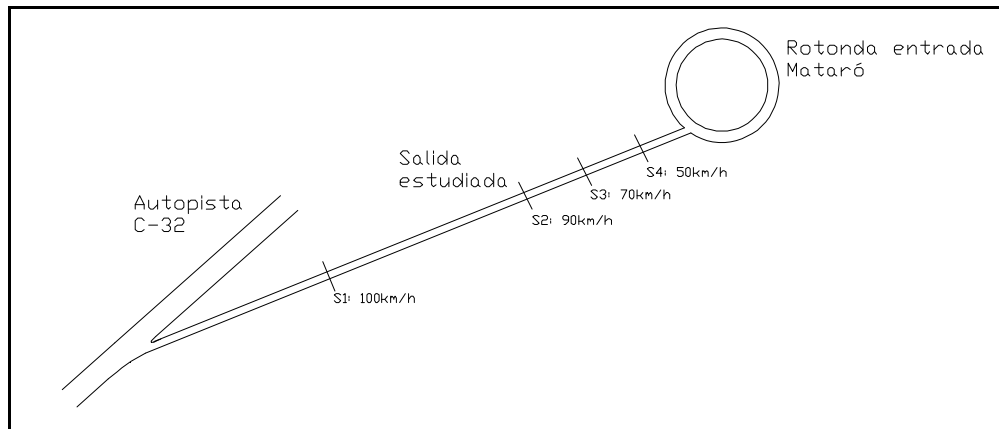


Figura 39: Croquis de la situación.
Fuente: Elaboración propia.

Se presentan primeramente los resultados obtenidos en la sección de 100km/h. En primer lugar, el análisis estadístico nos ha llevado a obtener la distribución acumulada de velocidades y a continuación otra serie de datos relevantes para el estudio.

• Sección de límite 100km/h.

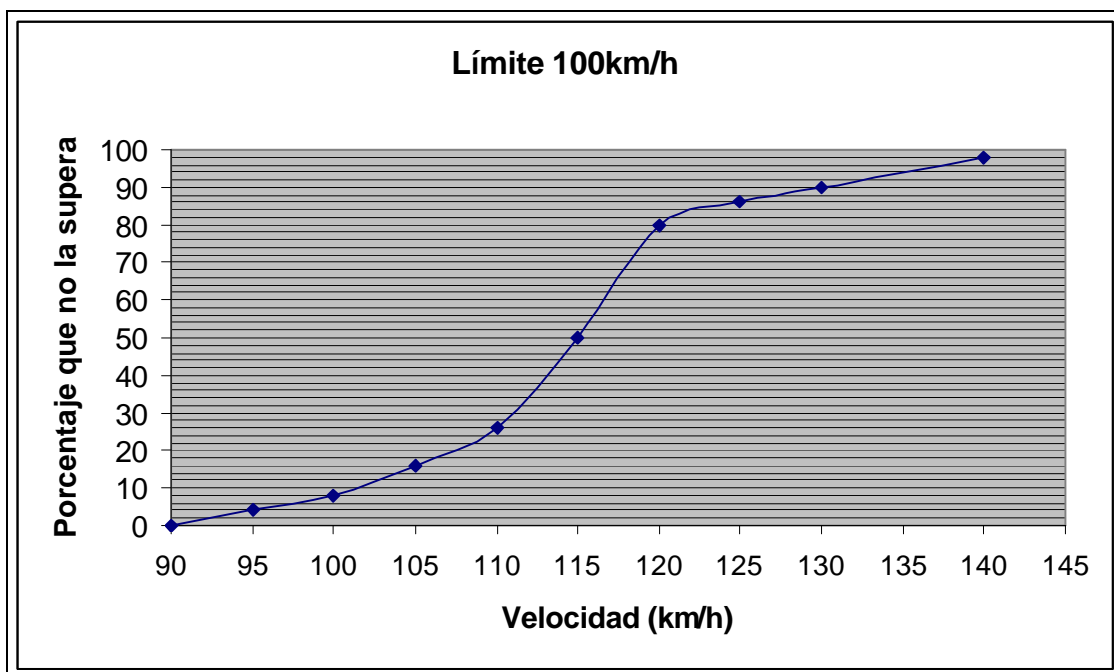


Figura 40: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 100km/h.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	114,5
Diferencia media-límite (km/h)	14,5
Desviación estándar (km/h)	10,40
Porcentaje de infracción	92%
Máximo (km/h)	141
Mínimo (km/h)	91
Percentil 85 (km/h)	122,65
Percentil 15 (km/h)	105,4

Tabla XX: Resultados de la sección de 100 km/h.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver, la velocidad media de la muestra es de 114,5km/h que supera al límite en 14,5km/h, teniendo un 92% de infractores. Sabemos que el límite de la vía de la que proceden estos vehículos presenta una limitación de 120km/h, ya que es una autopista. Además, como se ha explicado anteriormente, se trata de una autopista altamente controlada policialmente, con radares y cámaras fotográficas y tramos anteriores de limitaciones de velocidad inferiores a 120km/h (90km/h en Badalona). Añadido a esto cogiendo los datos del estudio de velocidades de ACESA se obtienen en dos puntos de la C-32 los siguientes resultados que se muestran en la tabla XXI.

PK	Límite(km/h)	Vel. Media(km/h)	? límite(km/h)	%infractores
86	120	117	-3	41%
118	120	122	2	48%

Tabla XXI: Datos de velocidades en dos PK's de la C-32.

Fuente: Estudio de velocidades en la red de ACESA realizado por Intra.

Se intuye así que el usuario no entiende lo suficiente la terminación de dicha vía rápida porque sólo reduce la velocidad una media 5,5km/h en 600 metros de salida, cuando debería reducirla 20km/h. Queda reflejado en este primer resultado que la mayoría de los conductores no son conscientes del cambio de vía que están llevando a cabo, manteniendo la dinámica, excesivamente rápida, de la conducción por autopista.

• Sección de límite 90km/h.

A partir de la sección de 100km/h anterior las características de la vía en la transición se mantienen constantes: misma anchura de carriles, misma anchura de arcenes, mismo pavimento, etc. Mientras que el límite de velocidad va bajando a medida que nos acercamos a la rotonda donde termina la transición estudiada.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en una sección separada 800 metros lineales de la anterior (distancia más que suficiente para reducir la velocidad lo necesario) que está limitada a 90km/h.

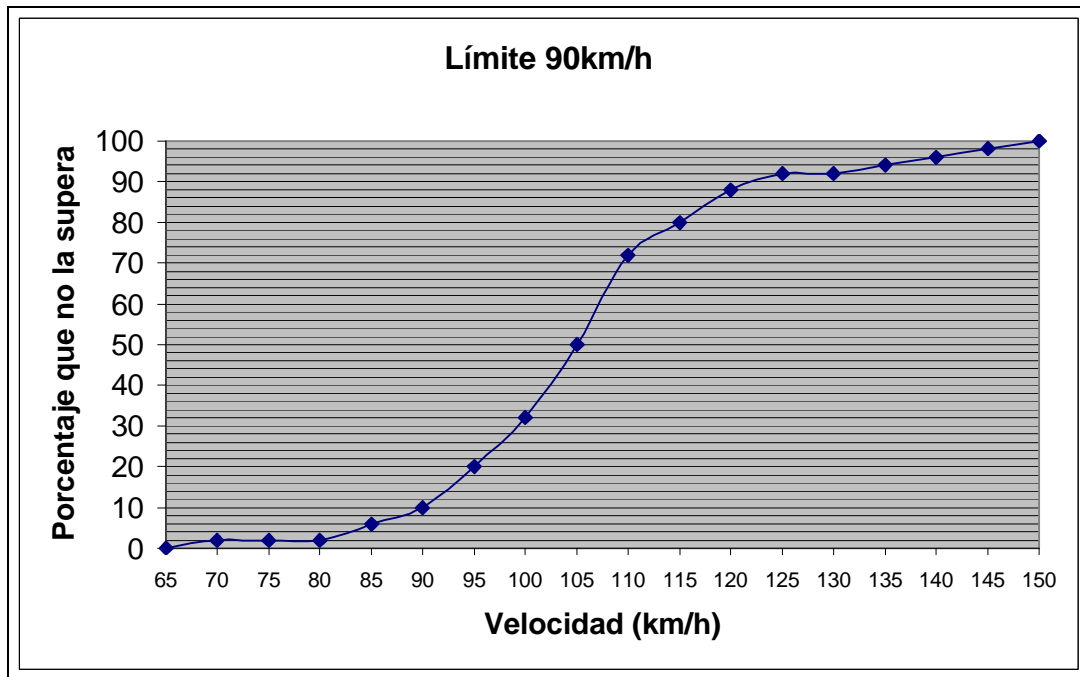


Figura 41: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 90km/h.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	104,5
Diferencia media-límite (km/h)	14,5
Desviación estándar (km/h)	14,47
Porcentaje de infracción	90%
Máximo (km/h)	146
Mínimo (km/h)	67
Percentil 85 (km/h)	116,65
Percentil 15 (km/h)	91,7

Tabla XXII: Resultados de la sección de 90 km/h.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados en esta sección indican que la velocidad se ha reducido con respecto a la anterior, pero la diferencia entre la velocidad media de circulación y el límite establecido sigue siendo de 14,5km/h con un 90% de vehículos que superan el límite. La situación de inadecuación de velocidad permanece constante de momento en el tramo de transición estudiado.

• **Sección de límite 70km/h.**

Nos trasladamos ahora 200 metros más adelante para estudiar la sección que está limitada a 70km/h. Los resultados de la misma se exponen a continuación.

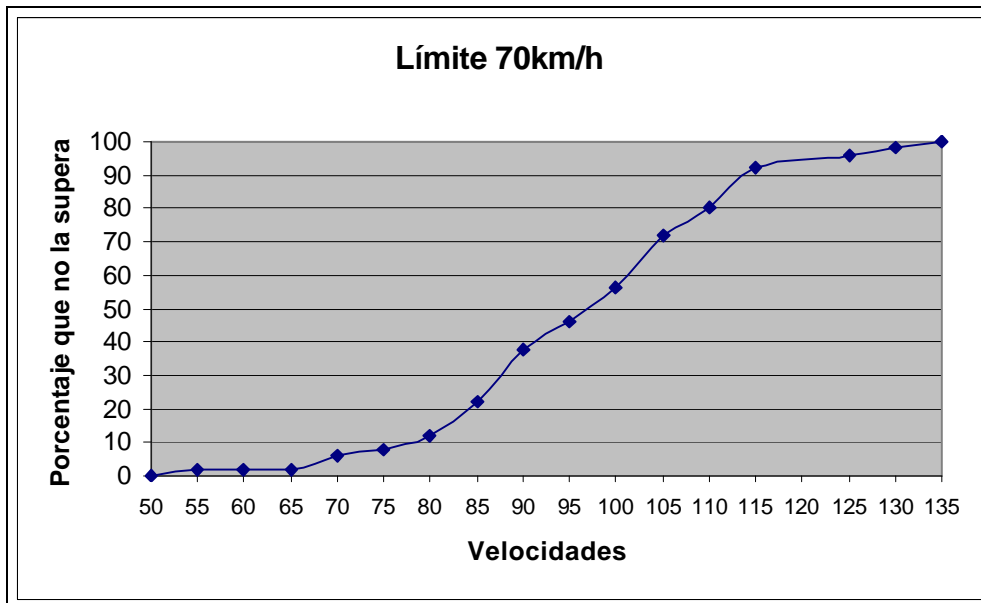


Figura42: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 70km/h.

Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	99
Diferencia media-límite (km/h)	29
Desviación estándar (km/h)	15,64
Porcentaje de infracción	94%
Máximo (km/h)	133
Mínimo (km/h)	54
Percentil 85 (km/h)	111,65
Percentil 15 (km/h)	83

Tabla XXIII: Resultados de la sección de 70 km/h.

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, con un 94% de infractores la velocidad media de la muestra supera al límite de velocidad en 29km/h.

• **Sección de límite 50km/h.**

A 200 metros de la sección de límite 70km/h se encuentra la señal de limitación a 50km/h, que tomaremos como siguiente sección de control obteniendo los resultados que a continuación se exponen.

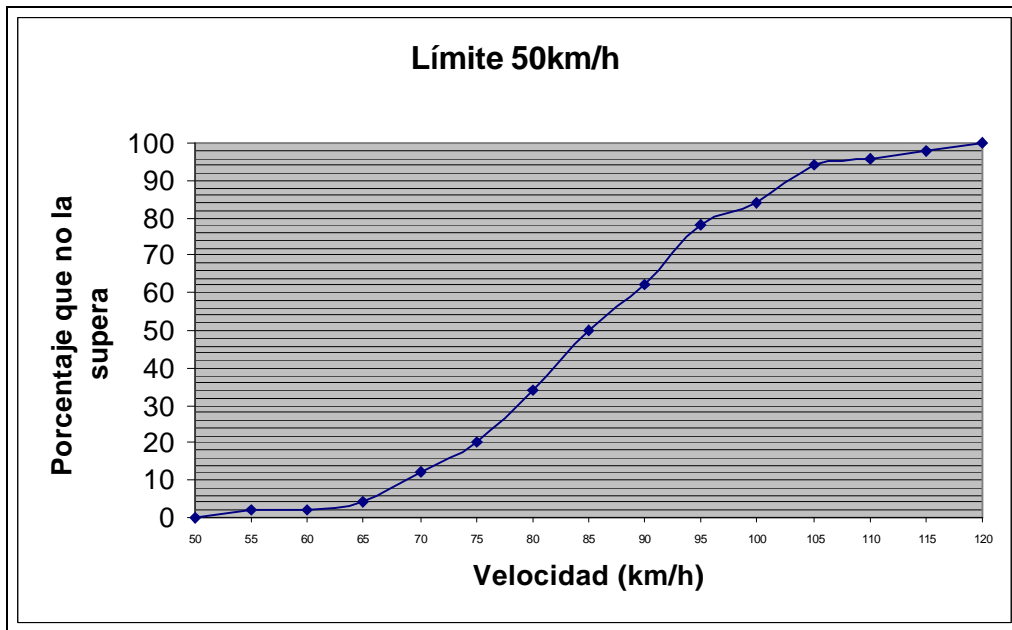


Figura 43: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 50km/h.

Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	84,5
Deferencia media-límite (km/h)	34,5
Desviación estándar (km/h)	13,18
Porcentaje de infracción	100%
Máximo (km/h)	118
Mínimo (km/h)	54
Percentil 85 (km/h)	99,3
Percentil 15 (km/h)	72,35

Tabla XXIV: Resultados de la sección de 50 km/h.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene en este caso que la media de velocidades tomadas supera en 34,5km/h al límite de velocidad que marca la señalización en dicha sección. Además de esto la absoluta totalidad de la muestra estudiada supera el límite de velocidad establecido, lo cual vaticina un fracaso desde el punto de vista de la seguridad vial en dicho punto.

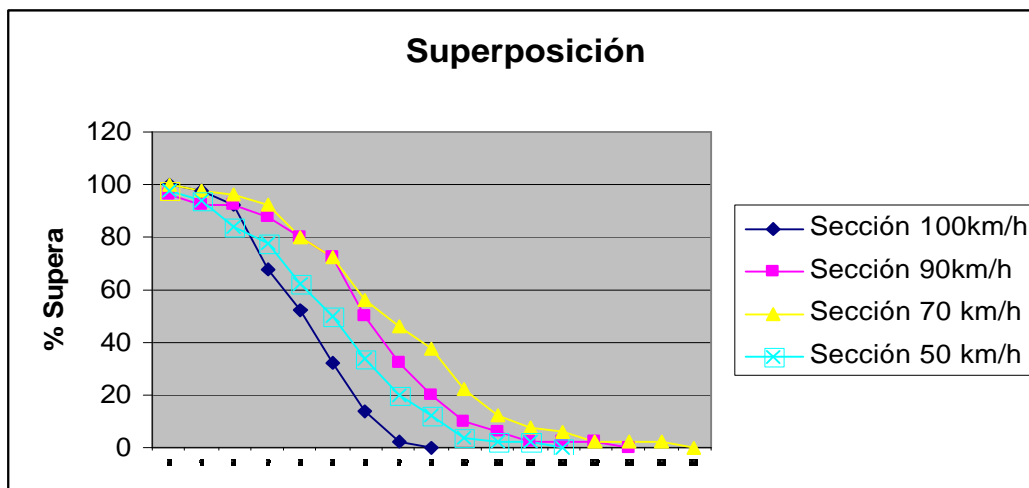


Figura 44: Superposición de las distribuciones de las secciones.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

A la vista de los resultados podemos concluir varios aspectos relacionados con la salida concreta que hemos estudiado a la vez que concedernos el permiso para generalizar y teorizar los resultados a muchas salidas de vías rápidas de nuestra red.

Se escogió esta salida porque las características técnicas y geométricas de la misma inducían a que el trazado de la vía es demasiado generoso y el nivel de información transmitido es demasiado bajo como para que se cumpliera la señalización de velocidad marcada. Así ha resultado efectivamente. Objetivamente resulta del tratamiento estadístico que el nivel de triunfo conseguido en la salida es ínfimo puesto que en la sección donde se respeta más el límite hay un 90% de infracción.

A nivel generalista, tomando toda la longitud de la salida, podríamos decir que hay un problema en la vía ya que los usuarios no respetan la velocidad que la señalización intenta imponer. Una de las principales causas de este fracaso podría ser la falta de información emitida hacia los conductores; el usuario viene circulando por una autopista durante un cierto periodo de tiempo considerable, con lo cual en su memoria a largo plazo están almacenadas las conductas que requieren la conducción por dicha vía. Al salir de ella y entrar en un tramo con velocidad menor encontramos una señalización convencional de final de autopista y carteles informativos de ruta. Esta señalización es tan obvia y los usuarios están tan habituados a ella que no les supone ningún estímulo significativo como para variar su patrón de comportamiento, además están junto a las señales de ruta que generalmente son las que suscitan más interés al conductor, restando importancia a la señalización de fin de autopista. Llegados a esta sección ficticia en que estamos el conductor todavía no ha recibido información de qué tipo de vía se va encontrar cuando salga de la autopista! Que va a salir de la autopista ya lo sabe!

En segundo lugar, una vez ya se ha salido de la autopista sin conocer con exactitud las características de la vía nueva, se van sucediendo consecutivamente señales de limitaciones de velocidad progresiva 100, 90, 70 y 50 km/h respectivamente, ya que nos vamos acercando a una rotonda de zona urbana y la velocidad máxima requerida son 50km/h. A la vez el trazado y el resto de condiciones de la vía se mantienen constantes, de tipo Autopista y excesivamente generosas para las velocidades que se pretenden. Posiblemente esta salida sea una antigua prolongación de la propia autopista que con los años varió el trazado, con lo que los cálculos de la misma se llevarán a cabo en su día para 120 km/h, y estas características técnicas resultado del cálculo no varían en toda la longitud de la salida, sin embargo se obliga a ir reduciendo la velocidad paulatinamente lo cual es difícil de conseguir con esta falta de adecuación.

Desde un punto de vista más detallista podemos intentar deducir cuales son los fallos de cada sección que inducen a diferentes niveles de incumplimiento.

Límite de sección (km/h)	Velocidad media (km/h)	Diferencia con límite (km/h)	Porcentaje de infracción
120	120	0	45
100	114,5	14,5	90
90	104,5	14,5	92
70	99	29	94
50	84,5	34,5	100

Tabla XXV: Resumen de resultados.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la tabla XXV, observamos distintos problemas en cada sección diferenciada que definen una tendencia de errores en el proyecto de la vía, de tal forma que se podría actuar para corregirlos.

En la primera sección estudiada (100km/h) obtenemos una media de 114,5km/h. Teniendo en cuenta que la vía predecesora es una autopista y que la sección en cuestión se encuentra a 600 metros de la salida, le hemos dado al usuario unos 18 segundos para reducir su velocidad 20 km/h, tiempo más que suficiente. Sin embargo se ve como la media se ha reducido un poco con respecto a la teórica de la autopista, pero no llega a reducirse lo que la norma indica. El motivo es que al salir de la autopista, por este simple hecho el conductor frena sensiblemente por instinto, ya que cualquier otra vía a la que acceda necesita una velocidad menor, por este motivo se reduce un poco la velocidad de la autopista. Sin embargo, una vez llevada a cabo esta pequeña reducción inicial, el conductor se da cuenta que el trazado y las condiciones de la carretera por donde va circular no requieren una reducción considerable, por lo que dejan de frenar manteniendo una velocidad elevada para la indicada en la primera sección: 100km/h.

En segunda sección nos encontramos que la velocidad media ha disminuido con respecto a la primera pero no lo suficiente como para cumplir la señalización, hay una diferencia entre ellas de 14,5km/h. El motivo es que a partir de la primera sección, el usuario va avanzando por la vía del ramal y progresivamente va disminuyendo la velocidad porque 'supone' que el ritmo que se llevaba en la autopista de la cual procede deberá acabarse en algún punto dado que ya no está en ella, pero no sabe cuando. No prevé peligro, por eso la pendiente de la curva de frenado es mucho menor que la que impone la señalización. Fijémonos que la diferencia entre la velocidad media y la que marca el límite está en 14,5km/h igual que en la primera sección, es decir el ritmo de reducción ha sido constante desde la salida de la autopista así como el ritmo de descenso de la velocidad límite también lo ha sido, pero presentando este último una pendiente mayor. El motivo de la diferencia de pendientes en las dos tendencias es la ausencia de información y motivos inhibidores de la vía.

Avanzando en planta se observa que en las dos últimas secciones el panorama empeora, la diferencia entre la velocidad media y el límite aumenta al igual que el porcentaje de infractores. Esto es así hasta llegar en la sección de límite 50km/h a una velocidad media de 84,5km/h y un 100% de infractores. El éxito de la seguridad de la salida va disminuyendo con la distancia recorrida. Sucede lo anterior porque, si ya de entrada la vía está sobredimensionada para su uso actual, además con la distancia recorrida se van exigiendo velocidades menores sin variar la definición geométrica de la carretera ni su contexto vial. Por eso las necesidades que reducción de velocidad que el usuario procesa son mínimas, con lo que a medida que la limitación se va reduciendo cuantitativamente el nivel de infracción aumenta porque el ritmo de frenada no es el necesario para mantenerla.

5.2.3 PROPUESTA DE SOLUCIONES

Los resultados obtenidos en la salida estudiada en concreto se pueden extrapolar para un gran número de salidas, en las que la señalización no es suficiente para conseguir un nivel óptimo de seguridad ya que existe una falta de coherencia entre esta y el trazado. Se trata pues de una falta de información hacia el conductor que se traduce

en una conducción libre, según las apreciaciones del propio usuario, lo cual puede ser peligroso en ocasiones.

Por estos motivos, para este caso y para los parecidos, se propone una mayor emisión de información hacia los conductores. La información es necesaria y clave para llevar a cabo una conducción adecuada y segura en cada momento. Para empezar debería saber el usuario a qué carretera se va a enfrentar y qué características la definen (entre ellas la velocidad para la cual ha sido proyectada).

Una vez se ha informado del tipo de vía al que se va a entrar, en el caso que sea necesario una reducción progresiva de la velocidad como en el caso de la transición analizada, esta reducción que se pretende debe ser coherente con el entorno. El conductor debe tener la información suficiente, explícita o implícita, como para entender la carretera y adaptar de una forma segura su conducción a ella. No puedes exigir a los conductores que porque se coloque una serie de señales de reducción de velocidad progresiva se cumpla manteniendo constante las características de la vía proyectada para una velocidad de proyecto del doble de la que estás pretendiendo. Se propone una reducción progresiva de la anchura de los carriles o una reducción progresiva de los arcenes. Así como bandas sonoras en el suelo aumentando de grosor con la distancia o disposición de arbolado u otro tipo de mobiliario urbano que provoque un cierto efecto túnel. También se podría disponer mobiliario de alguna manera que no dejara ver muchos metros a delante de la carretera, de tal forma que reduzcas los motivos excitadores que provocan el exceso de velocidad.

Soluciones más drásticas pero más eficientes serían remodelar la vía entera, por ejemplo, eliminando un carril de los dos que la forman, variando el tipo de pavimento y/o definiendo curvas en la salida que provocaran una reducción de la velocidad anticipada al acceso urbano.

5.3 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE VELOCIDADES EN LA ENTRADA DE MATARÓ SUD A LA C-32.

Paralelamente al estudio anterior se ha llevado a cabo un análisis de la entrada a la misma autopista por una vía contenida en la misma plataforma que la salida (figura 45). Se trata de una carretera de 2 calzadas, con dos carriles cada una, aunque en el caso de la entrada puntualmente tiene 1 único carril.



Figura 45: Imagen de la entrada analizada.

El objetivo de este apartado es analizar, igualmente que en el anterior, la coherencia del trazado con la limitación de velocidad así como la información que percibe el usuario que se traduce en un nivel de cumplimiento de la norma. Se plantea la hipótesis de que existen entradas de autopista o autovía en las que el trazado y las características viales son muy generosas demasiado prematuramente. La consecuencia de esto es que el conductor, que sabe que se va a incorporar a una autopista con un límite de velocidad de 120km/h, procese en su cerebro la información de carretera de 120km/h antes de llegar a la autopista, alcanzando velocidades excesivas en el propio enlace poniendo así en peligro la seguridad. Se trataría en este caso de falta de información implícita en la vía y el usuario dando por hecho que su velocidad límite son 120km/h, no entienda en la transición que todavía la vía no está preparada para eso. Para este análisis se ha elegido la entrada nombrada, además que por comodidad en el trabajo de campo, porque parece ser una candidata al fracaso en este aspecto, ya que dispone de dos amplios carriles (3.5 metros) en la mayoría de su longitud, y una larga longitud sin acuerdos en planta prácticamente.

El tramo estudiado en este punto se define en sus límites por la misma rotonda urbana en la que acababa la transición anterior y la autopista C-32. Por tanto las velocidades en los extremos son 50 km/h al principio y 120 km/h al final del tramo. Puntualmente durante unos 300 metros los dos carriles se convierten en un único carril, las transiciones de lo cual se pueden ver en las imágenes de las figuras 46 y 47 a un lado y otro de un puente que cruza perpendicular la zona de estrechamiento.



Figura 46 y 47: Desaparición de carril.

Las velocidades máximas limitadas mediante señalización convencional en orden de aparición son (se recuerda que el inicio de la vía está limitado a 50km/h por ser zona urbana):

- **70km/h:** a 150 metros de la rotonda se señaliza esta velocidad máxima. Esta señal se encuentra en una rampa suave. Será la primera sección de estudio.
- **50km/h:** a 500 metros de la primera sección de control se encuentra una señal de dicha velocidad máxima. El motivo de esta limitación es por el cambio de características de la carretera que pasa, unos metros más adelante, de dos a un carril por sentido. Esta sección rompe la tendencia de la velocidad en el enlace, ya que esta transición se dirige hacia una autopista y la velocidad de la primera debería ir aumentando progresivamente hasta alcanzar la de la segunda. Se verá como afecta al dinamismo del tráfico.
- **100km/h:** a 1300 metros de la sección anterior y a falta de 300 metros para llegar a la autopista definimos la última sección de control en este caso. Es la última restricción de velocidad antes de alcanzar los 120km/h de la vía más rápida hacia la que se dirige.

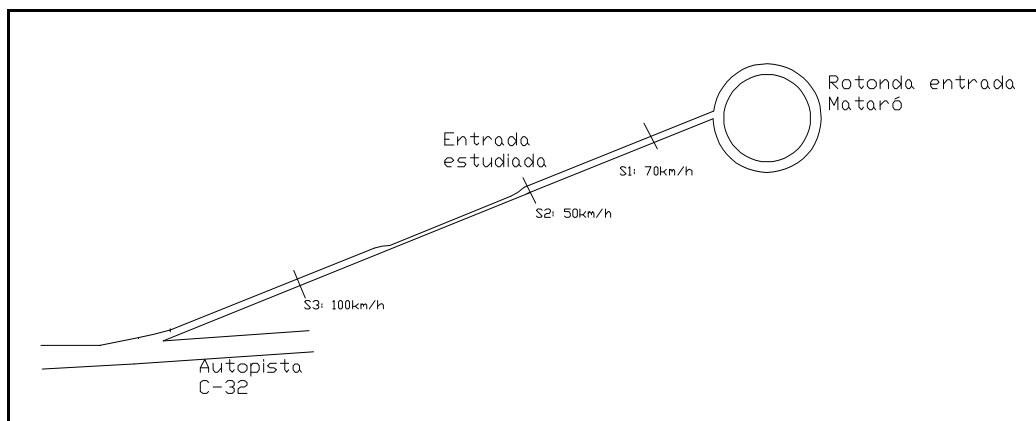


Figura 48: Croquis de situación.
Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el mismo procedimiento de análisis que en el caso de la salida obtenemos los resultados que siguen.

• **Sección de límite 70km/h.**

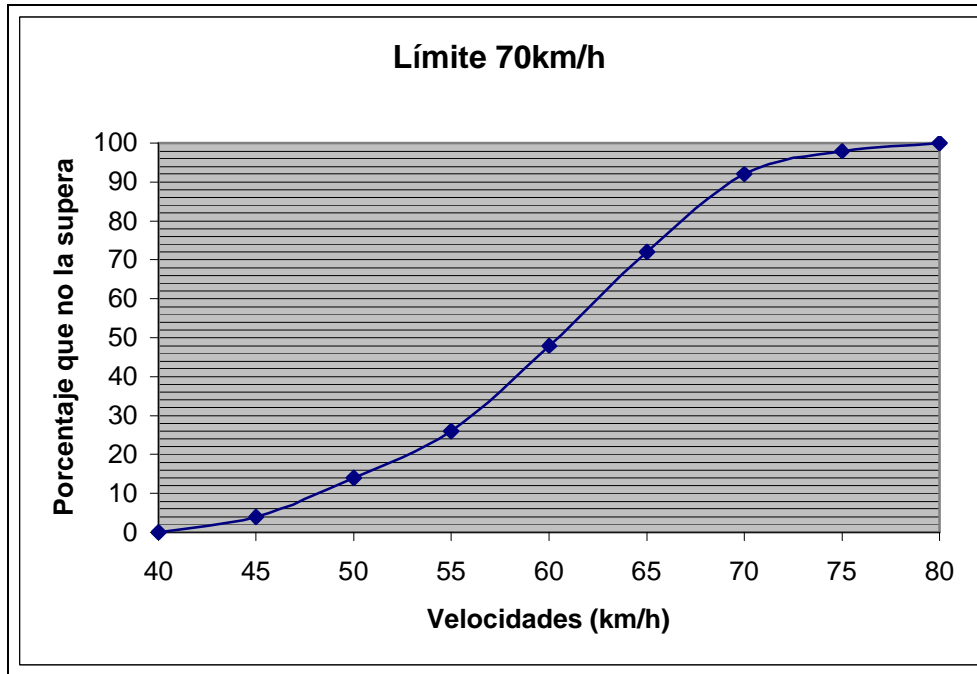


Figura 49: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 70km/h.

Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	60
Diferencia media-límite (km/h)	-10
Desviación estándar (km/h)	8,17
Porcentaje de infracción	8%
Máximo (km/h)	80
Mínimo (km/h)	44
Percentil 85 (km/h)	66,65
Percentil 15 (km/h)	50

Tabla XXVI: Resultados de la sección de 70 km/h.

Fuente: Elaboración propia.

Se trata del tramo de la salida de la rotonda, en la cual los vehículos salen a velocidades muy bajas. Posteriormente empiezan a elevar su velocidad pero esta sección se encuentra tras un tramo de suave rampa, que dificulta la aceleración considerable. Estos motivos conducen a los resultados anteriores, en los que la velocidad media de circulación en la sección es de 60 km/h, 10km/h menor que el límite y solamente un 8% de usuarios no cumple la ley.

• Sección de límite 50km/h.

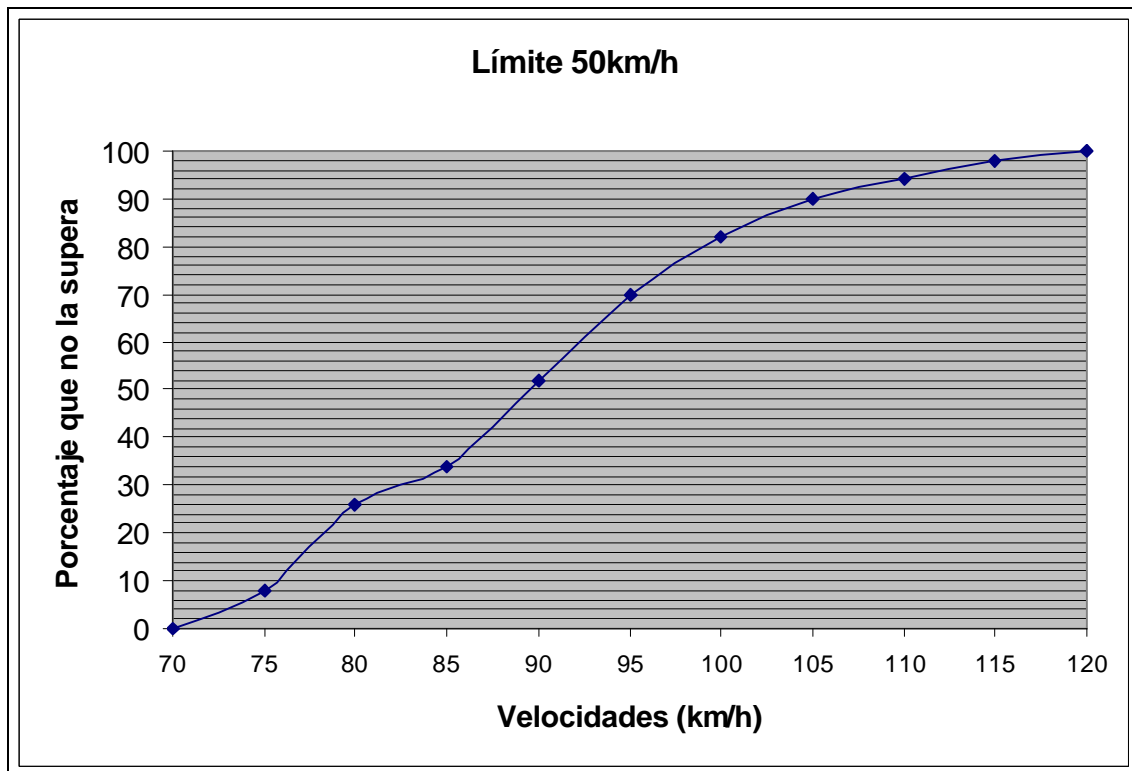


Figura 50: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 50km/h.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	88,5
Deferencia media-límite (km/h)	38,5
Desviación estándar (km/h)	11,68
Porcentaje de infracción	100%
Máximo (km/h)	118
Mínimo (km/h)	71
Percentil 85 (km/h)	100,65
Percentil 15 (km/h)	76,35

Tabla XXVII: Resultados de la sección de 50 km/h.
Fuente: Elaboración propia.

Se demuestra que la primera señal de 70 km/h esta muy cerca de la rotonda y no es representativa de la evolución de los vehículos entre velocidad muy baja (salida rotonda) y acceso a autopista. Sin embargo en esta sección con límite 50km/h comprobamos que la velocidad en el acceso ha ido aumentando progresiva y considerablemente.

Si no fuera por la eliminación de un carril en este punto le correspondería una limitación de 90km/h para seguir la progresión de aceleración aproximadamente constante, es lo que entienden los conductores! Véase en los resultados que el 100% supera los 50km/h establecidos y la media está en 88,5km/h. Se ve también en la grafica la escasa suavidad de la distribución acumulada, es por lo peculiar del punto transitorio entre un tramo de un carril a otro de dos.

Un resultado significativo que obtenemos de este estudio sin buscarlo es el poco cumplimiento que consigue la señalización de la eliminación de un carril ya que ningún

suceso de la muestra cumple con la velocidad marcada. Una posible causa es que se han tomado únicamente velocidades de vehículos que circulaban con velocidad libre, es decir que el tráfico no influía en su velocidad. En estos casos las incorporaciones de un carril a otro no comportan peligro ya que prácticamente circulan solos por la carretera. De todas formas la diferencia entre la media de velocidades y el límite señalado es de 38,5km/h, valor excesivamente elevado en cuanto a seguridad. Se abre por tanto otras hipótesis que se proponen para tesis o estudios futuros: están bien señalizados las eliminaciones de carril? Se informa al conductor con la suficiente antelación? Hasta que punto son respetados los límites de velocidad en las transiciones entre vía de dos carriles a vía de carril único y como puede afectar eso a la seguridad vial del tramo?

Se puede deducir del estudio de estas dos últimas secciones que la fisonomía del trazado y la vía en general y el comportamiento de los usuarios mantienen una relación causa-efecto muy estrecha. Como se ha indicado antes, si no hubiera estrechamiento de vía, la evolución de las velocidades sería correcta, incluso estaría dentro de los límites legales (correspondería 90km/h en la sección última) con lo que se entiende que los usuarios sacan sus propias conclusiones a partir de la información implícita que la carretera les da y adaptan a ellas sus conductas de comportamiento.

• **Sección de límite 100km/h.**

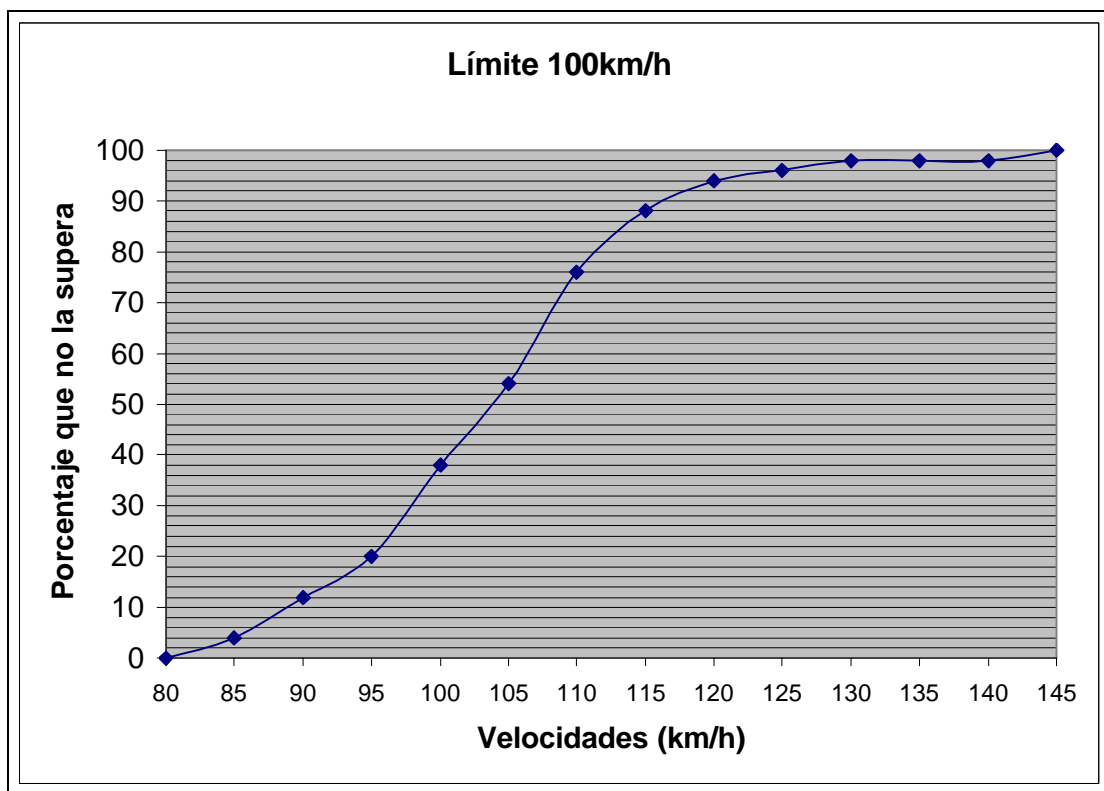


Figura 51: Distribución acumulada de velocidades en la sección de 100km/h.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	102,5
Deferencia media-límite (km/h)	2,5
Desviación estándar (km/h)	11,41
Porcentaje de infracción	62%
Máximo (km/h)	141
Mínimo (km/h)	84
Percentil 85 (km/h)	113
Percentil 15 (km/h)	92,35

Tabla XXVIII: Resultados de la sección de 100 km/h.

Fuente: Elaboración propia.

En esta última sección de control obtenemos una velocidad media de la muestra de 102,5 km/h, mientras que la señalización prohíbe circular por encima de los 100km/h, con lo cual el exceso medio de los vehículos son 2,5km/h.

5.3.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Tanto en la primera (70km/h) como en la última (100km/h) sección de control las medias de las velocidades tomadas están dentro del límite de velocidad de la sección, aunque el porcentaje de incumplimiento es elevado. La discordancia viene en la segunda sección de control en la que hay 38,5km/h de diferencia entre la media de las velocidades tomadas y el límite marcado por la señalización. Recordemos que en esta sección encontrábamos un elemento peculiar que era una eliminación de carril, por eso el límite de velocidad se reduce a 50km/h. Si no existiera dicho elemento peculiar el límite lógico de esta segunda sección serían 90km/h, velocidad que sí cumplirían los conductores al cruzar por este punto.

Se concluye, por tanto que los conductores sí entienden bien la información que se les transmite en el caso de las entradas a una vía más rápida, ya que los resultados de velocidades tomados así lo indican.

No ocurre lo mismo con los estrechamientos de calzada, en los que la velocidad media supera excesivamente al límite establecido. Se plantea este problema para estudiar las causas, consecuencia y posibles soluciones de estos puntos en otro estudio o tesina.

CAPÍTULO VI ROTONDAS

6.1 EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA Y FILOSOFÍA.

Las rotondas han sido uno de los éxitos más destacados en la ingeniería de tráfico de intersecciones en los últimos años. Realmente son un elemento tremendamente útil para el control del tráfico en intersecciones al mismo nivel, regulando la velocidades de entrada a al intersección y dando un orden de paso ordenado a los vehículos que acceden, lo cual permite equiparar las preferencias de ambas vías que confluyen.

Por el motivo anterior la construcción de rotondas en nuestras carreteras en los últimos años ha sido masiva y su respuesta bastante satisfactoria. En el contexto de la tesina el problema que nos planteamos a continuación está relacionado con las rotondas aunque no es consecuencia directa de su definición. Se plantea el problema de una rotonda en la que confluyan don carreteras de diferentes características técnicas y geométricas, que conlleven a distintos límites de velocidad en cada una. Suponiendo que un vehículo tipo viene por la carretera con límite superior, entra en la rotonda y sale por la salida de la vía de límite de velocidad menor; cómo este vehículo recupera la velocidad de circulación? Instantáneamente después de salir de la rotonda empieza a acelerar pero, hasta que velocidad acelera, hasta el límite de la vía por la que circula o todavía pretende asumir la velocidad de la vía más rápida por la que venía anteriormente?

Se plantean todas las preguntas anteriores pensando en la adecuación de las definiciones de las diferentes vías que confluyen en una misma rotonda y en la información que se le da al conductor sobre la carretera en la que va a entrar una vez superada la rotonda. Muchas veces en rotondas se cruzan carreteras de características diferentes y distintos límites de velocidad y la información sobre las necesidades de cada vía que allí confluye no es muy explícita, por eso dependiendo del trazado y del resto de elementos que conformen el contexto vial, puede llevar al conductor a no entender con claridad las nuevas necesidades y mantener los patrones de conducta que llevaba. Si proviene de una vía más rápida intentará asumir la velocidad que llevaba anteriormente, superando el límite legal y poniéndose en peligro.

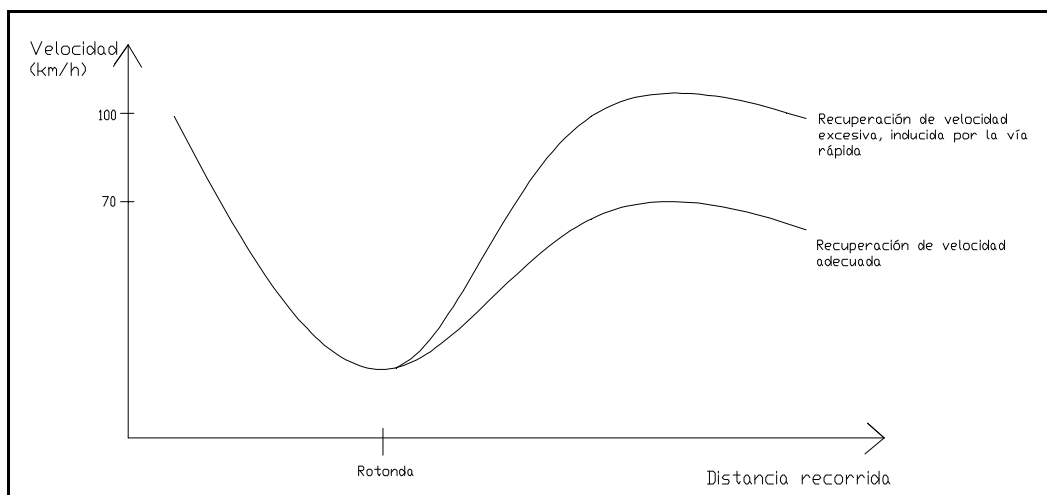


Figura 52: Hipótesis de velocidades antes y después de la rotonda.

Fuente: Elaboración propia.

Aún siendo consciente de que la rotonda es un elemento con la suficiente identidad como para ‘volver a empezar’ una nueva conducta de conducción, se pretende comprobar si realmente los hábitos del usuario se corresponden con las necesidades de la vía o se mantienen los que se tenían en la carretera por la que se circulaba anteriormente.

6.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE VELOCIDADES EN UNA ROTONDA DE CAMALLERA.

Para llevar a cabo la comprobación experimental de las hipótesis planteadas en el capítulo anterior se han tomado mediciones, con ayuda de un radar Doppler, de una muestra de vehículos turismos que accedían a una rotonda que daba paso al término municipal de Camallera, provincia de Girona. La razón de ser de esta rotonda es regular el tráfico del cruce al mismo nivel de las dos carreteras que confluyen en ella: GI-623 y GIV-6231, los límites de velocidad genéricos de las cuales son 100 y 80km/h respectivamente.



Figura 53: Plano de situación de la rotonda GI-623- GIV-6231.

Para analizar los parámetros que nos permitan juzgar la hipótesis planteada se lleva a cabo el siguiente procedimiento de trabajo: primeramente se toma una muestra de velocidades de vehículos que circula con velocidad libre por la vía más rápida (GI-623), para conseguirlo se define una sección de control a 1000 metros de la rotonda y sentido hacia ella, para que la misma esté lo suficientemente lejos como para que no afecte a la velocidad de los vehículos todavía. Con esta muestra se sacará la velocidad media entre otros parámetros estadísticos de interés, para poder conocer los patrones de

conducta que los conductores tienen sobre la conducción antes de encontrarse con la rotonda (todas las muestras son de 50 datos).



Figura 54: Vista de la carretera más rápida GI-623 desde la rotonda.

Posteriormente se traslada el equipo de medida a la carretera con límite de velocidad menor (GIV-6231) donde se medirán velocidades de coches en diferentes secciones para ver como estos van aumentando su velocidad hasta llegar a la velocidad libre de la carretera lenta. El objetivo es ver cómo de rápido se recupera la velocidad en esta segunda vía y cual es la velocidad libre media recuperada. Se definen para este fin cuatro secciones dónde se medirán velocidades:

- **S1:** 50 metros.
- **S2:** 100 metros.
- **S3:** 150 metros.
- **S4:** 350 metros; velocidad libre.

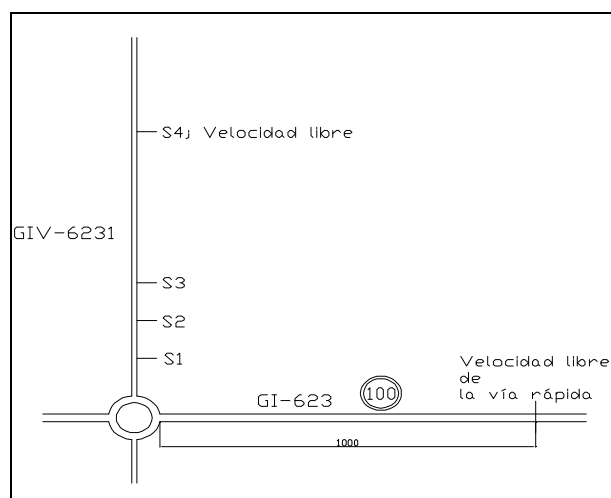


Figura 55: Croquis de situación.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 56: Vista de la carretera más lenta GIV-6231 desde la rotonda.

- Sección de velocidad libre de la vía más rápida (GI-623).

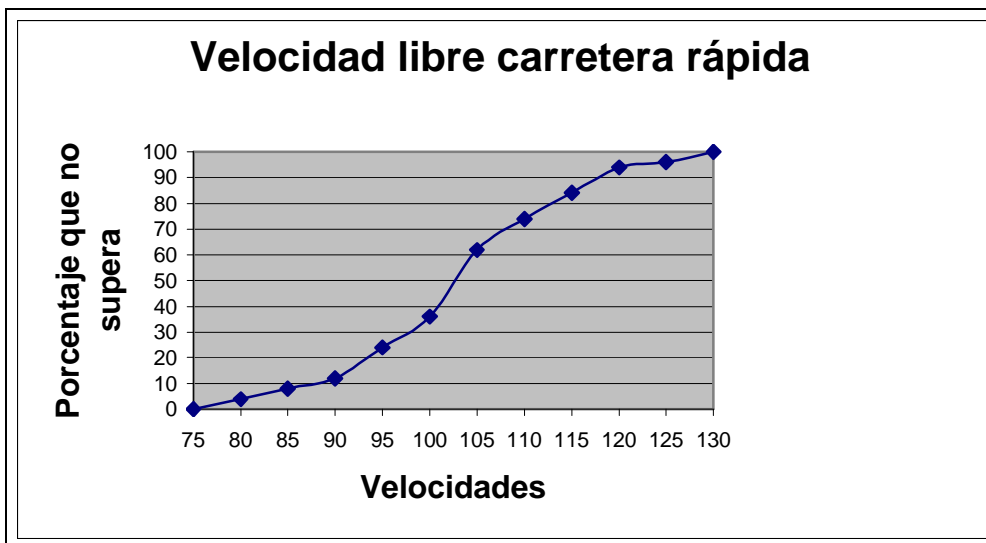


Figura 57: Distribución acumulada de velocidades libres en la carretera GI-623 .
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	101
Desviación estándar (km/h)	11,14
Porcentaje de infracción	64%
Máximo (km/h)	127
Mínimo (km/h)	75
Percentil 85 (km/h)	116
Percentil 15 (km/h)	92,35

Tabla XXIX: Resultados circulación libre en la carretera GI-623.
Fuente: Elaboración propia.

En velocidad libre por la carretera GI-623 se va circula a una velocidad media de 101km/h, con un 62% de infracción. No entramos a discutir el éxito en cuanto a

velocidad en este tramo, simplemente esta medida nos sirve para compararla con la velocidad libre de la vía más lenta.

• **S1: 50 metros de la rotonda en GIV-6231.**

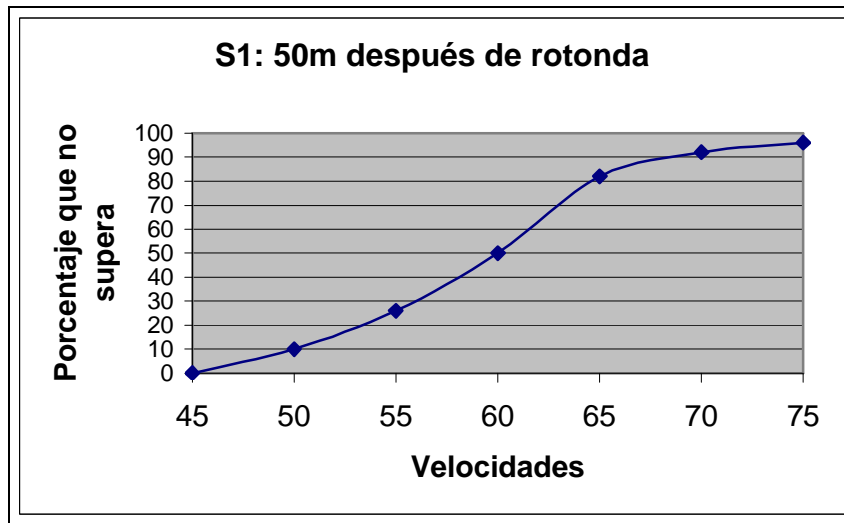


Figura 58: Distribución acumulada de velocidades 50m después de la rotonda.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	60
Infraactores (%)	0
Desviación estandar (km/h)	7,21
Máximo (km/h)	79
Mínimo (km/h)	46
Percentil 85 (km/h)	67,3
Percentil 15 (km/h)	53

Tabla XXX: Resultados 50m después de la rotonda.
Fuente: Elaboración propia.

En esta sección S1, con 50 metros recorridos desde la rotonda, la media de la velocidad de los vehículos es de 60km/h. Teniendo en cuenta que la velocidad límite de la vía es de 70km/h, se puede predecir ya que la recuperación de velocidad media es demasiado elevada. Esperemos a ver el resto de resultados.

• **S2: 100 metros de la rotonda en GIV-6231.**

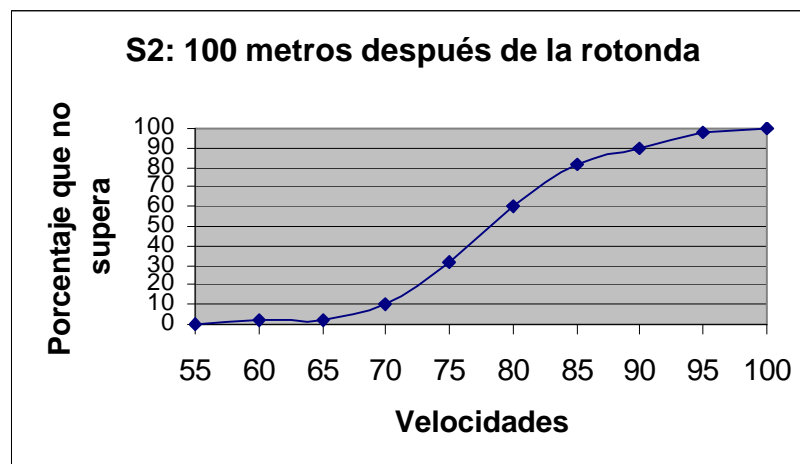


Figura 59: Distribución acumulada de velocidades 100m después de la rotonda.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	78
Diferencia con anterior medida (km/h)	18
Infraestructores (%)	40
Desviación estandar (km/h)	8,22
Máximo (km/h)	96
Mínimo (km/h)	58
Percentil 85 (km/h)	87
Percentil 15 (km/h)	70

Tabla XXXI: Resultados 100m después de la rotonda.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez recorridos 100 metros después de la rotonda la velocidad media es de 78km/h, con lo que ya superó el límite establecido de la vía. Ha recuperado 18km/h en 50 metros desde la sección de control S1, veremos la tendencia cual es, a ver si realmente va a recuperar la velocidad que teníamos en la vía de límite de velocidad 100km/h.

• S3: 150 metros de la rotonda en GIV-6231.

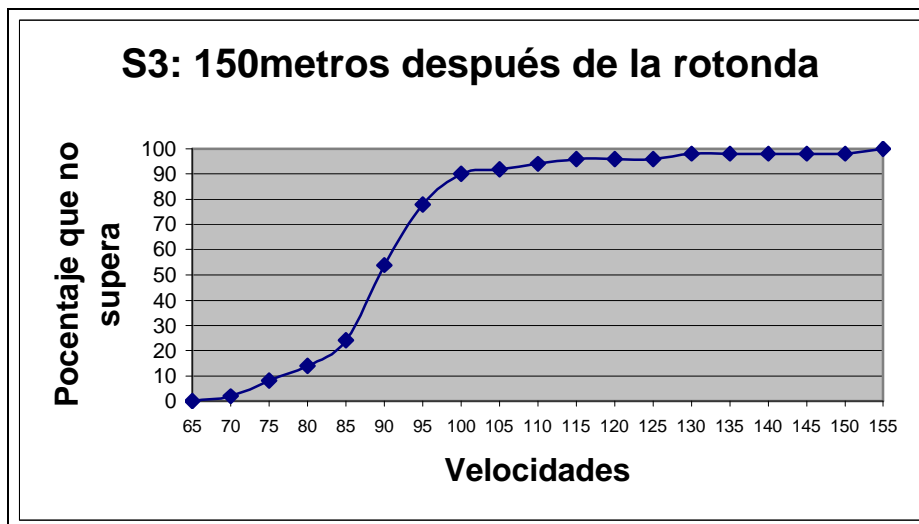


Figura 60: Distribución acumulada de velocidades 150m después de la rotonda.

Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	88,5
Diferencia con anterior medida (km/h)	10,5
Desviación estandar (km/h)	13,45
Infraestructores (%)	86,00
Máximo (km/h)	154
Mínimo (km/h)	68
Percentil 85 (km/h)	97,65
Percentil 15 (km/h)	81,7

Tabla XXXII: Resultados 150m después de la rotonda.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la sección anterior la velocidad media de la muestra ha aumentado en 10,5km/h, alcanzando ya los 88,5km/h. La tendencia de las velocidades es ascendente, se verá en la próxima sección de control hasta donde llega la media de la velocidad libre en al carretera más lenta.

- S4: 350 metros de la rotonda en GIV-6231: velocidad libre.

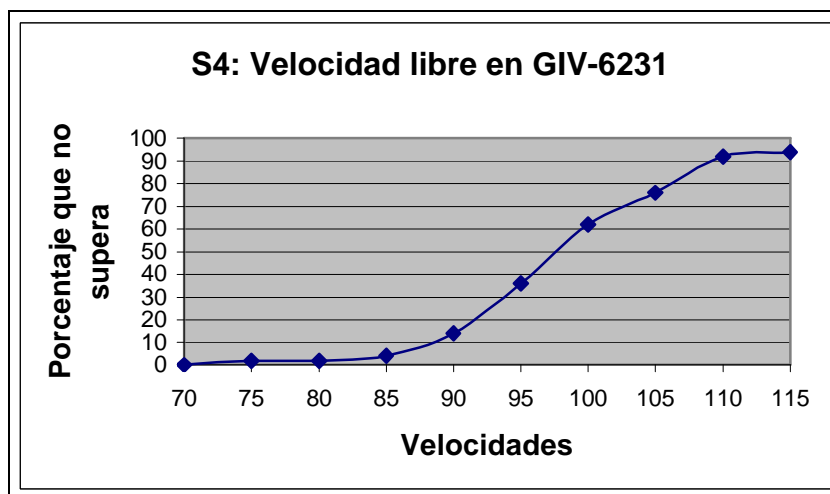


Figura 61: Distribución acumulada de velocidades libres en la GIV-6231.
Fuente: Elaboración propia.

Media (km/h)	98
Diferencia con anterior medida (km/h)	9,5
Infractores (%)	98
Desviación estandar (km/h)	8,91
Máximo (km/h)	117
Mínimo (km/h)	74
Percentil 85 (km/h)	107
Percentil 15 (km/h)	90

Tabla XXXIII: Resultados en tráfico libre en la GIV-6231.
Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia en este último análisis experimental que la velocidad libre media a la que llegan los vehículos en la carretera GIV-6231 es de 98km/h, muy superior al límite de la vía. En los últimos 200 metros la velocidad media ha aumentado en 9,5km/h.

6.2.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Se concluye de este estudio de evolución de la velocidad de los vehículos en una rotonda, en la que confluyen dos carreteras con diferente límite de velocidad, que cuando un coche entra en la rotonda procedente de la vía rápida y toma la salida por una carretera más lenta, la tendencia del conductor es a recuperar la velocidad que llevaba en la vía principal. La consecuencia directa del hecho anterior es la infracción del límite de velocidad establecido en la nueva carretera. Se ve en el caso analizado en esta tesina que la velocidad libre en la vía GI-623 es de 101km/h mientras que la velocidad libre media de los vehículos que salen por la carretera GIV-6231, de la red comarcal de la Diputación, con límite de velocidad de 80km/h en ese tramo, es de 98 km/h, muy superior al límite de la misma pero muy cercana a la velocidad libre media de la GI-623 de la que procedían.

La tabla de valores y la gráfica de evolución de velocidades donde se plasman estos resultados se adjuntan seguidamente.

Distancia recorrida (m)	Velocidad media (km/h)	Infractores (%)
-250	101	64
0	5	0
50	60	0
100	78	40
150	88,5	86
350	98	98

Tabla XXXIV: Resumen de resultados.
Fuente: Elaboración propia.

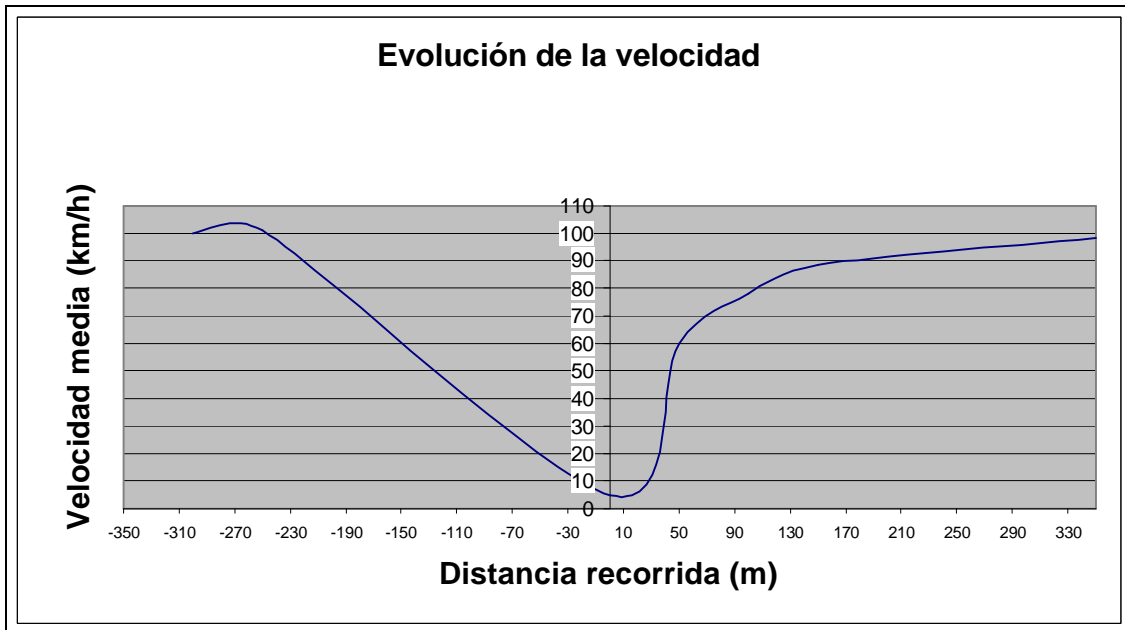


Figura 62: Evolución de la velocidad.
Fuente: Elaboración propia.

Se representa en la gráfica anterior la velocidad media de la muestra en función de la distancia recorrida, siendo la distancia cero (origen de coordenadas) la posición donde se encuentra la rotonda en cuestión. Se ha tomado velocidad del interior de la rotonda igual a 5km/h, pero podría ser incluso nula, dependiendo del tráfico que haya en su interior que obligue o no a pararse para incorporarse a ella. Se ve como desciende la velocidad media de la muestra al acercarse a la rotonda, hasta llegar a ella con el límite inferior de la misma. En esta fase de frenado sólo se tienen dos puntos conocidos y se ha extrapolado una recta entre ellos. Seguramente la realidad esté más cerca de una parábola convexa pero se debe tomar como una suposición de un tramo que no es el objeto de estudio. A partir de este punto se da un proceso de aceleración brusco de los vehículos que define una línea con tendencia asintótica a los 100 km/h, que es casi la velocidad media que llevaban en la vía de la que proceden. Se está cometiendo así una infracción, ya que en la carretera GIV-6231 el límite es menor.

Se pueden buscar las causas de este comportamiento erróneo de los conductores en la información que reciben los mismos ante este elemento de trazado, ya que es sobre lo que se basa su conducta ante los acontecimientos. Toda la información que reciben los usuarios la encontramos en el cartel informativo que se adjunta en la figura 63 en el cual se puede extraer algún déficit de detalle que puede llevar a conductas erróneas en el receptor, tal y como sucede.



Figura 63: Señalización previa a la rotonda en el sentido del tráfico.

Para contextualizar la crítica decir que la carretera que señala dirección Banyoles, Figueres, Girona i AP-7 es la GI-623, que corresponde a la vía más rápida, mientras que la que señala dirección Vilaür corresponde a la GIV-6231 con menor límite de velocidad (en la que se han tomado las medidas analizadas). Se observa como la señalización da la misma importancia a ambas carreteras, por lo que a tamaño, color y disposición de las letras se refiere. Consecuencia de esto es que los conductores que circulan por la GI-623 no deducen ningún cambio en la tipología de la carretera en el caso que quieran incorporarse a la GIV-6231, por este motivo la velocidad media de los vehículos tiende a la velocidad que traía en la carretera más rápida, incurriendo en la infracción.

Esta cadencia denunciada en el diseño de la vía, más concretamente en la señalización en este caso, podría solventarse con un poco de esfuerzo por parte de las administraciones y los proyectistas. Seguramente esta señalización cumple con la norma, pero da una información insuficiente para el objetivo que se estudia en la tesina. El proyectista se ha limitado a cumplir la norma y esta tiene lagunas en este sentido. Habría que transmitir de alguna manera al usuario que, en el caso que quiera salir por la carretera GIV-6231, va a circular por una vía de características diferentes a la carretera de la que procede, por lo que deberá condicionar su velocidad entre otros aspectos de conducción (se podría indicar en el cartel las velocidades máximas de las carreteras que confluyen en la rotonda, por ejemplo).

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES

7.1. CONCLUSIONES GENERALES

Se planteaba en el Capítulo I una problemática general en cuanto a Seguridad Vial que todos, más o menos, conocíamos y la solución global es de difícil definición. Esta tesina no se ha centrado en solucionar ni sacar conclusiones sobre este dilema y problema global ya que sería demasiado pretencioso pretender solucionar un problema de este calibre con un trabajo individual ya que no se trata sólo de un problema técnico, sino también económico, social, legal, judicial, etc. Deberían intervenir todos los agentes actores de los que se ha hablado para intentar definir algunas directrices de actuación al respecto, por lo que no sería suficiente con una auditoria a un proyecto. Aunque no se profundizó en este tema sí que hay parámetros que se tienen bastante claros y se corroboran parcialmente con las teorías expuestas en el presente trabajo. La primera conclusión del dilema global es que es una tarea que se debe afrontar conjuntamente entre los actores que aparecen en la movilidad de la población, como se ha dicho antes. Se debería olvidar los intereses individuales de cada uno para luchar por el mismo objetivo que debe ser el aumento de la seguridad en nuestras carreteras. En segundo lugar se concluye que la única manera de actuar sobre la seguridad vial con éxito es mediante los conductores. Son ellos los que al fin y al cabo deciden la conducta de la conducción, por lo tanto el objetivo de las medidas tomadas debe ser el conocimiento y los agentes inhibidores de los conductores. Como dice la teoría de la homeóstasis del riesgo el conductor intentará equilibrar interiormente las sensaciones que percibe de riesgo y satisfacción, por este motivo la información de aumento del riesgo en la conducción debe elevarse para llegar a una velocidad menor a este punto de equilibrio. En este último parámetro podemos intervenir los Ingenieros de Caminos, proyectando trazados o contextos viales que aumenten la sensación de riesgo.

Se ha concluido también con resultados de diferentes estudios a lo largo de la tesina que existen situaciones ante las cuales el usuario está falto de información acerca de lo que le ocurrirá próximamente, por lo que a la circulación se refiere. Podemos también intentar solucionar este hecho, proyectando carreteras que den más información, que sean más explícitas y ayuden al conductor a entender el trazado. La señalización es una parte importante de la información que se transmite al usuario y por eso hay que usarla de una manera eficiente para ello. Es de mala práctica ceñirse únicamente a lo que la norma nos obliga a señalar ya que las recomendaciones de diseño de carreteras en nuestro país son mejorables en este aspecto. Nuestro conocimiento técnico sobre las carreteras y nuestro sentido común estructurado son herramientas mucho más eficaces para conseguir estos objetivos así que sería recomendable diseñar la señalización con estas últimas herramientas y como paso final comprobar que la decisión tomada cumple la norma.

De todas formas la señalización no es el único canal de información que tenemos para transmitir información a los usuarios, el diseño general de la carretera también da mucha información implícita al conductor que ayuda a entender más la conducción aumentando así la seguridad en la misma.

Se ha concluido también en los Capítulos I y IV que la información que se da conductor es clave pero hay maneras mucho más eficientes de actuar sobre el subconsciente de los usuarios para aumentar su sensación de riesgo. Un accidente de

tráfico puede comportar lesiones graves o incluso la muerte, pero parece ser que el cerebro humano no está preparado para entender estas amenazas tan terminales. Son consecuencias tan graves que los conductores piensan que a ellos nunca les pasará, además la muerte es una gran desconocida, por lo que no llegamos a asumir que nos puede pasar. Necesitamos pues, por suerte o por desgracia, algún motivo inhibitor más cercano, más humano y más tangible y en los tiempos en los que vivimos qué mejor amenaza que el dinero. Efectivamente se ha demostrado que las amenazas mediante sanciones económicas son las que más resultado han dado en los últimos años, pero con una gran diferencia.

Al margen de las conclusiones generales expuestas hasta ahora, en la tesina se ha trabajado en dos líneas claras de problemática; las transiciones y las rotondas, ambas desde el punto de la adecuación de la velocidad y englobadas en un posible marco de control llevado a cabo por una auditoría de seguridad vial.

En la primera parte del trabajo específico podemos concluir que las transiciones son puntos del trazado de nuestras carreteras que necesitan una mayor atención en su definición ya que, actualmente, tienen problemas de entendimiento. No todas las transiciones presentan el mismo problema, lógicamente. Algunas de ellas presentan dilemas de frenadas bruscas por falta de espacio físico, otras de falta de adecuación de la velocidad con el trazado, etc. Se ha estudiado en la tesina las transiciones, de entrada y salida de autopista, en las que el trazado de la vía no se va adecuando a la velocidad máxima permitida. A la salida de una autopista, por ejemplo, la velocidad máxima señalizada va disminuyendo hasta llegar a otro sistema de circulación como puede ser un poblado (lo que era en el caso estudiado) mientras que el contexto vial, en el que se incluye el trazado y las características geométricas de la sección no se van adaptando a esta reducción de velocidad. La consecuencia de esto es una falta de adecuación de la velocidad por parte de los conductores ya que la señalización indica una velocidad máxima con la que el trazado no es coherente.

Serviría una auditoría de seguridad vial en este caso para comprobar, tanto en carreteras de nueva construcción como en carreteras en servicio, que el diseño de la carretera va acorde con el límite de velocidad establecido y la señalización. En el caso que no sea así habría de adecuar el diseño para los usuarios entendieran en qué tipo de elemento de trazado se encuentran y no siguieran pensando inconscientemente que están en la autopista todavía.

Por lo que a las entradas se refiere el estudio de campo y el posterior tratamiento estadístico de los datos no han dado conclusiones claras de fallos en el diseño. Posiblemente sea que no existen estas carencias, pero posiblemente también se por que se ha elegido una entrada a autopista un tanto peculiar. Es una entrada con rampa en alzado, lo cual reduce las velocidades medias y además tiene una eliminación de carril en su parte central (la calzada pasa de dos a un carril), lo cual también rompe la dinámica libre del tráfico. Ha servido sin embargo para concluir o plantear una duda nueva en otro elemento de trazado: las eliminaciones de carril. Se ha deducido que son un punto en los que la velocidad máxima permitida no se cumple, también es verdad que las velocidades que se han medido para esta tesina han sido velocidades libre, ya que eran las que nos interesaban en este caso, lo cual no quiere decir que con tráfico denso la velocidad media en el paso de dos carriles a uno disminuya. Ante la duda se plantea este posible dilema entre la falta de adecuación o falta de entendimiento por parte de los conductores de este tipo de elementos de trazado, que sería placentero se estudiara en una próxima tesina, por ejemplo.

La segunda parte del trabajo desarrollado trataba sobre las rotondas en la que confluyen carreteras con diferente límite de velocidad y ver que comportamiento siguen los vehículos que entran por la carretera rápida en la rotonda y toman una salida de una vía más lenta. El resultado ha sido que las velocidades medias en la salida de la rotonda (por la vía lenta) tienden a alcanzar la velocidad media que se tría por la carretera más rápido, incumpliendo así el límite de velocidad de la nueva vía. Se puede concluir de este hecho que existe una falta de información transmitida al conductor que ignora en qué tipo de carretera se adentra después de la rotonda. Se ha visto también en los carteles de señalización que no se diferencia la importancia de las dos vías en la señalización. Otra conclusión posible es una falta de coherencia global de la rotonda. Las rotondas suelen ser elementos limítrofes entre proyectos, ya que suponen un corte claro en los trazados de las carreteras que se utiliza como frontera entre adjudicaciones como se ha dicho. Este hecho puede suponer una falta de coherencia en la globalidad de la rotonda ya que cada parte se encarga de llevar a cabo su actuación sin preocuparse del sentido general del cruce. Para este o la anterior conclusión se puede llegar a soluciones si algunas administraciones se hicieran cargo del tema y se nombrara un equipo técnico que hiciera una auditoria con la que poder comprobar estos posibles fallos.

BIBLIOGRAFÍA

Baruya, A. (1997), A Review of Speed-Accident Relationship for European Roads, editors Transport Research Laboratory, Berkshire.

Cairney, (1999). P. Pedestrian Safety in Australia. Report No. FHWA-RD-99-093. Washington, DC: USDOT, FHWA.

Catchpole, J. (1998), Age, Driving Experience and Type of Accident Involvement, paper presented to Young Driver Launch NSW by NRMA, Sydney.

Daly, P., Morgan, C., Jordan, P. (1998), Is Local Government Addressing the Implementation Issues in Road Safety Audit?, editors Proceedings Papers Presented at Transport 98 the 19th ARRB Conference, Sydney.

Intra, (2004 a). Estudio de velocidades en Autopistas de ACESA. Barcelona.

Intra, (2005 b). Estudio de velocidades en Autopistas de ACESA. Barcelona.

Jones, T.L. and P. Tomcheck. (2000), Pedestrian accidents in Marked and Unmarked Crosswalks: A Quantitative study, editors ITE Journal, p. 42-46.

Stover, V.G. (1993). Access Control Issues Related to Urban arterial Intersection Design, editors In Transportation Research Record 1385. Washington.

(2005) Proyecto MASTER de la Comunidad Europea.