

XXIV CONGRESO MUNDIAL DE CARRETERAS
MEXICO 2011

ESPAÑA – INFORME NACIONAL

TEMA ESTRATÉGICO C - SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS CARRETEROS: “UN PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA LA SEGURIDAD: PONER EN PRACTICA EL CONOCIMIENTO”

Roberto Llamas Rubio (rllamas@fomento.es)

Coordinador de Seguridad Vial

Pablo Pérez de Villar (pperezdevillar@fomento.es)

Jefe del Servicio de Seguridad Vial

Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento)

José M^a Pardillo Mayoral (impardillo@caminos.upm.es)

Subdirector del Departamento de Ingeniería Civil Transportes

Rafael Jurado Piña (rjurado@caminos.upm.es)

Profesor Titular de Universidad

ETSI Caminos, Canales y Puertos (Universidad Politécnica de Madrid)

Enrique Belda Esplugues (ebelda@dgt.es)

Dirección General de Tráfico (Ministerio del Interior)

Ana Arranz (aarranz@prointec.es)

Beatriz Molina (bmolina@prointec.es)

Departamento de Seguridad Vial

Prointec S.A.

RESUMEN

Las importantes consecuencias humanas, sociales y económicas de los accidentes de tráfico hicieron a las administraciones españolas concienciarse de la importancia de la seguridad vial en las vías de su competencia y comenzar a elaborar políticas y planes para la mejora de las condiciones de circulación en sus vías. El Gobierno de España ha declarado como uno de sus objetivos prioritarios la mejora de la seguridad vial, asumiendo el compromiso de la UE de reducir a la mitad el número de víctimas mortales por accidentes de tráfico en el horizonte de 2010 con respecto a 2001 y a la cuarta parte en 2020. Con este fin se está desarrollando un Plan Estratégico de Seguridad Vial que estructura las medidas a adoptar sobre todos los factores que influyen en la seguridad de la circulación y en concreto sobre la infraestructura viaria. Los principales campos de actuación en lo que se refiere a las infraestructuras viarias son la conservación, mejora y construcción de infraestructuras, el desarrollo de auditorías, estudios y normativas para mejorar la seguridad vial y la mejora de la explotación de la infraestructura y la gestión e información del tráfico. El presente informe recoge algunas de las iniciativas más novedosas y eficaces que han sido desarrolladas en España durante los últimos años para mejorar la seguridad de la circulación en la Red nacional de Carreteras incluyendo la clasificación de los niveles de seguridad de la red y de detección de tramos de alto potencial de mejora, la implantación de un sistema de información geográfico de apoyo a las inspecciones de la seguridad vial de la red, el desarrollo de procedimientos automatizados para el diseño de medidas de prevención del deslumbramiento por el sol en secciones críticas y para la evaluación de la consistencia del trazado, así como de un sistema automatizado de control y gestión de infracciones por exceso de velocidad. Los resultados obtenidos hasta el momento son muy positivos, habiéndose conseguido alcanzar el objetivo de reducción del 50% de las víctimas mortales establecido por la Unión Europea para el año 2010 con un año de antelación.

1. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE SEGURIDAD VIAL

En el año 2004 se formuló en España el Plan Estratégico de Seguridad Vial 2005-2008 con el objetivo de reducir en un 40% la cifra de fallecidos en accidentes de circulación durante ese período tomando como base los datos del año 2003. Este objetivo estaba en línea con el objetivo europeo de reducir en un 50% las víctimas mortales en el horizonte del año 2010 y claramente enfocado a mejorar la situación de la seguridad vial en España.

Para su logro se programaron unos objetivos operativos concretos con una serie de acciones a desarrollar en el período de vigencia del Plan. El Plan de Acciones Estratégicas Claves se estructura a través de diez áreas estratégicas que se entienden como prioritarias para mejorar la seguridad vial y que suponen una adaptación al caso español del esquema de prioridades del Programa de Acción Europeo. Son las siguientes:

- 1) Educación y formación vial
- 2) Concienciación de seguridad vial
- 3) Vigilancia y control
- 4) Seguridad de los vehículos
- 5) Infraestructuras y gestión e información del tráfico

- 6) Seguridad vial y laboral en el transporte
- 7) Atención a víctimas y sus familias
- 8) Investigación y análisis de seguridad vial
- 9) Participación de la sociedad civil
- 10) Coordinación entre Administraciones

En 2008 se superó el objetivo propuesto a nivel nacional de reducción del 40% de las víctimas mortales en el período de vigencia del Plan Estratégico, al haberse alcanzado una disminución de 2.300 víctimas mortales respecto al año 2003, lo que supone una reducción del 43%.

En la actualidad está en redacción el Plan Estratégico de Seguridad Vial 2010-2020, que dará continuidad a su predecesor.

Los principales campos de actuación en lo que se refiere a las infraestructuras viarias las siguientes:

- Conservación, mejora y construcción de infraestructuras y acondicionamiento en pos de la seguridad vial
- Desarrollo de auditorías, estudios y normativas para mejorar la seguridad vial
- Mejora de la explotación de la infraestructura
- Mejora de la gestión e información del tráfico

En lo que se refiere a la conservación, mejora y construcción de infraestructuras, está vigente el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) en el que se ha establecido como objetivos a medio y largo plazo conseguir una reducción del 50% del número de víctimas mortales de los accidentes de circulación en 2010 con respecto a 2002, y a la cuarta parte en 2020. Para alcanzar los objetivos la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento organismo responsable de la gestión de la red nacional de carreteras española tiene prevista la construcción de más de 5.600 kilómetros de alta capacidad, que significa un incremento del 62% en relación a los 9.000 km que estaban en servicio en 2005. En el año horizonte del Plan la red de alta capacidad estará constituida por casi 15 000 km con lo que el 94% de la población estará a menos de 30 km de un eje de alta capacidad y se conseguirá previsiblemente una mejora sustancial en la seguridad de los desplazamientos de largo recorrido si se mantiene la tendencia observada durante los últimos años en cuanto a la correlación entre el número de víctimas mortales y la longitud de vías de gran capacidad reflejada en la Figura 1.

En lo que se refiere a la conservación, se ha ido incrementando progresivamente la inversión anual hasta alcanzar un 2% del valor patrimonial de la red. Esta inversión no sólo incluye la conservación de la red, sino también incluye la inversión en mejoras locales de seguridad vial, mejoras de travesías, reordenación de accesos, integración de la carretera en el territorio, etc., habiéndose contrastado una fuerte correlación entre la inversión dedicada a conservación y la reducción del número de víctimas mortales registradas en la red tal y como se muestra en la Figura 2.

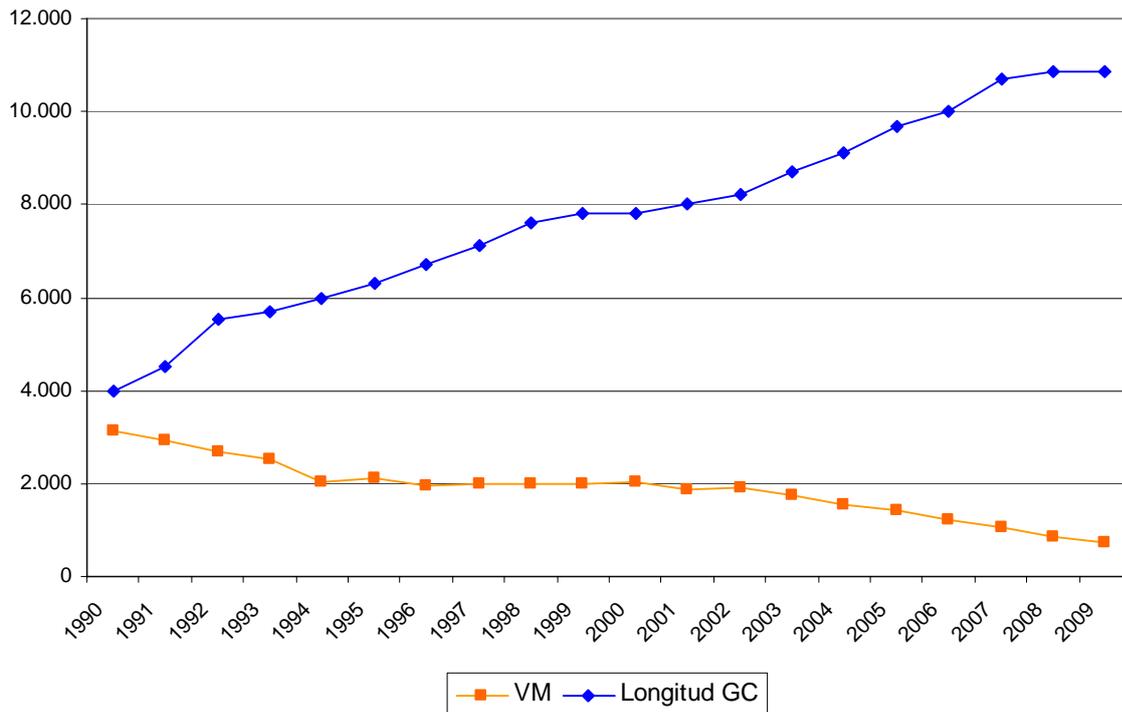


Figura 1 Correlación entre la longitud de red de gran capacidad y reducción de la mortalidad vial

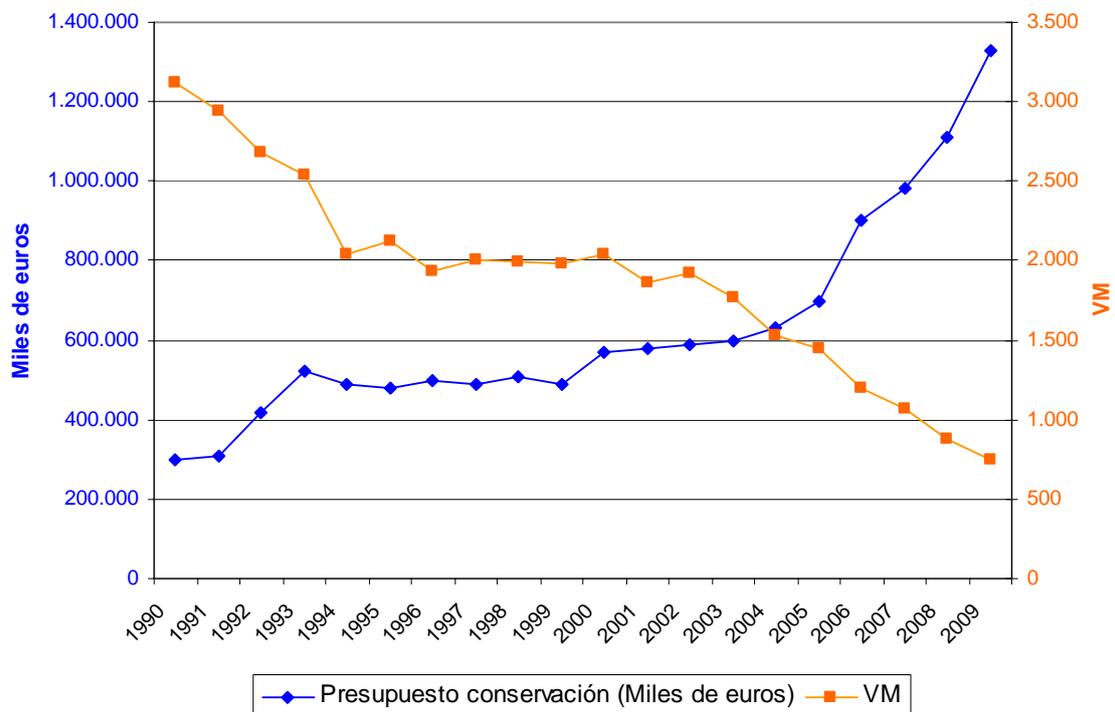


Figura 2 Correlación entre dotación presupuestaria para la conservación de la red y reducción de la mortalidad vial

Asimismo, para contribuir a la consecución del objetivo de reducción de la accidentalidad, se están adoptando una serie de procedimientos destinados a tener en cuenta la

seguridad vial desde la concepción misma de una carretera, y a lo largo de toda su vida de servicio, abarcando las etapas de planificación, proyecto, construcción, puesta en servicio y conservación.

En la fase de planificación se está desarrollando un procedimiento específico para la evaluación del impacto en la seguridad vial en las nuevas infraestructuras y en los acondicionamientos de las existentes, que permitirá cuantificar la reducción de la accidentalidad de las distintas alternativas planteadas para que sea tenida en cuenta como uno de los factores decisivos en la elección de la alternativa a proyectar.

En las fases de proyecto y de construcción se está implantando un sistema de auditorías de seguridad vial que constituyen una parte diferenciada del proceso de diseño. En dicho sistema, un equipo independiente de expertos en ingeniería de carreteras y seguridad vial revisa la configuración de los elementos físicos de una carretera y sus interrelaciones, con el fin de detectar potenciales riesgos para la seguridad de los usuarios y formular recomendaciones al equipo de planificación o de proyecto sobre las medidas adecuadas para evitarlos, antes de llegar a la etapa de construcción.

Y por último, en las carreteras existentes ya se tienen implantados procedimientos para identificar y tratar aquellos tramos donde se concentran los accidentes –TCA-, para la realización de inspecciones periódicas y para clasificar los niveles de seguridad de la red con objeto de detectar carencias o elementos potenciales de riesgo para la seguridad de la circulación y proceder a su corrección así como para establecer las prioridades de actuación en aquellos tramos con mayor potencial de mejora.

2. CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE SEGURIDAD DE LA RED Y DE DETECCIÓN DE TRAMOS DE ALTO POTENCIAL DE MEJORA

Desde 1986 en España se vienen realizando cada año programas anuales de mejora de la seguridad en las carreteras en servicio. Estos programas incluyen un conjunto de actuaciones destinadas a resolver los tramos de concentración de accidentes y a mejorar preventivamente las condiciones de seguridad vial, subsanando las carencias funcionales detectadas para reducir el riesgo potencial de accidentalidad en el conjunto de la Red. El tratamiento de los tramos de concentración de accidentes (en adelante TCA) contempla un conjunto de actuaciones de elevada eficacia que afectan a un porcentaje de la red aproximado del 5%, en el que se producen un 20% de los accidentes con víctimas y un 15% de las víctimas mortales. Con carácter anual, el Ministerio de Fomento identifica los TCA teniendo en cuenta además de la accidentalidad registrada durante un periodo de 5 años, otras variables como la Intensidad Media Diaria (IMD), el tipo de vía y el entorno (urbano, interurbano o periurbano). Una vez identificados dichos tramos se procede a su estudio detallado por ingenieros especializados en estudios de seguridad vial, que inspeccionan cada uno de ellos realizando un análisis y diagnóstico de seguridad del que se derivan las actuaciones a realizar para su tratamiento y mejora. No obstante, la elevada eficacia de las actuaciones en los TCA, debe tenerse en cuenta que el otro 80 % de los accidentes y el 85% de las víctimas mortales se producen en el resto de la red. Es en esos tramos donde se desarrollan las actuaciones preventivas, que están encaminadas a eliminar elementos de la infraestructura potencialmente peligrosos, y a homogeneizar las características de la red, mejorándola antes de que tengan lugar los accidentes.

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento ha desarrollado un procedimiento de clasificación de los niveles de seguridad vial de los tramos de la Red

que constituye el primer paso de un análisis integral de seguridad en la red en servicio. Los resultados de estos análisis permiten proponer las medidas de mejora de la infraestructura, estimar sus costes y establecer su potencial de reducción de accidentes, de forma que se dispone de la información necesaria para establecer el orden de prioridades de ejecución de las actuaciones de mejora de la seguridad en función del ratio beneficio-coste. De esta forma, el procedimiento en conjunto está orientado a maximizar la rentabilidad social de los recursos dedicados a la mejora de seguridad vial en las carreteras en servicio. Los componentes de este procedimiento son los siguientes:

- a) Clasificación de la red en categorías de tramos comparables.
- b) Tramificación de la red en tramos homogéneos con arreglo a factores relacionados con la seguridad, como tipo de carretera, volumen del tráfico y tipología del tráfico.
- c) Estimación de la reducción potencial de costes de la accidentalidad alcanzable en cada tramo de la red mediante actuaciones de mejora de la infraestructura. El potencial de seguridad se calcula como la diferencia entre el coste de la accidentalidad por km del tramo durante el período de revisión y el coste esperado para carreteras del mismo tipo con las mejores condiciones de seguridad.
- d) Selección de los tramos en los que la reducción potencial de costes de la accidentalidad resulte más elevada para la realización de estudios de detalle. La denominación prevista para estos tramos es la de tramos con alto potencial de mejora de seguridad vial (TAPMS).

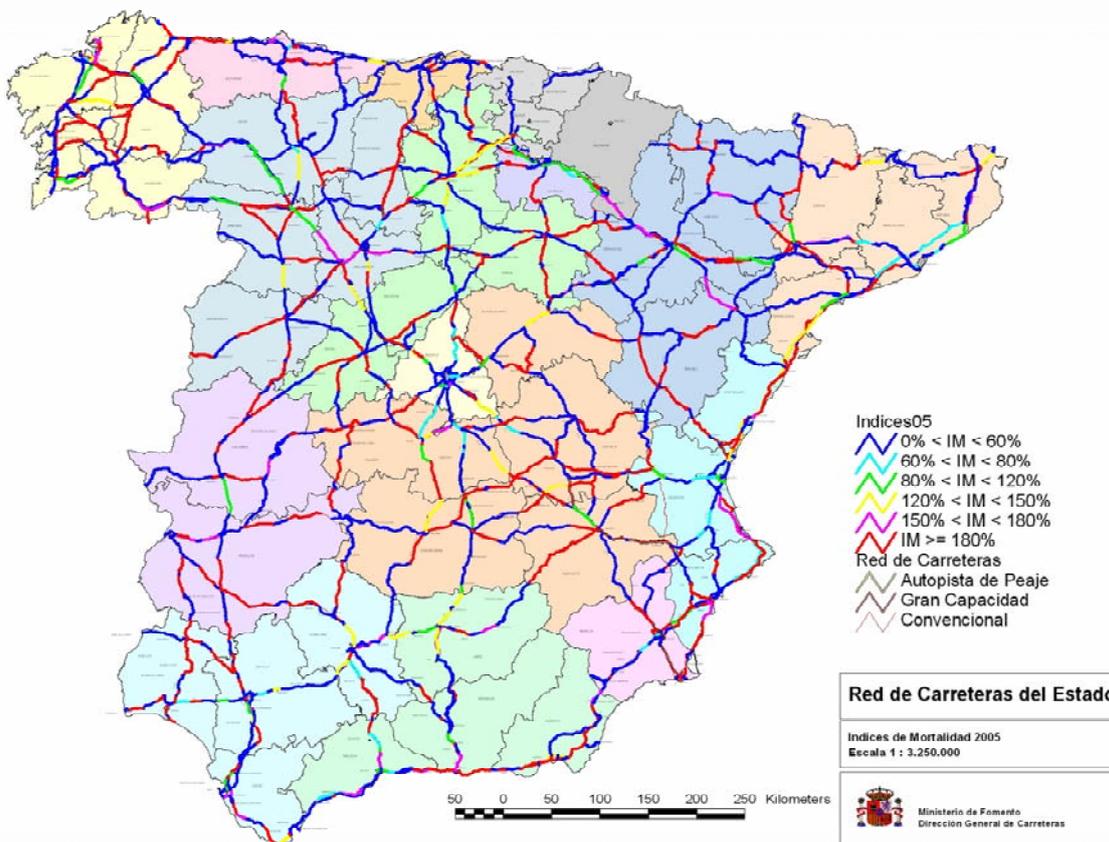
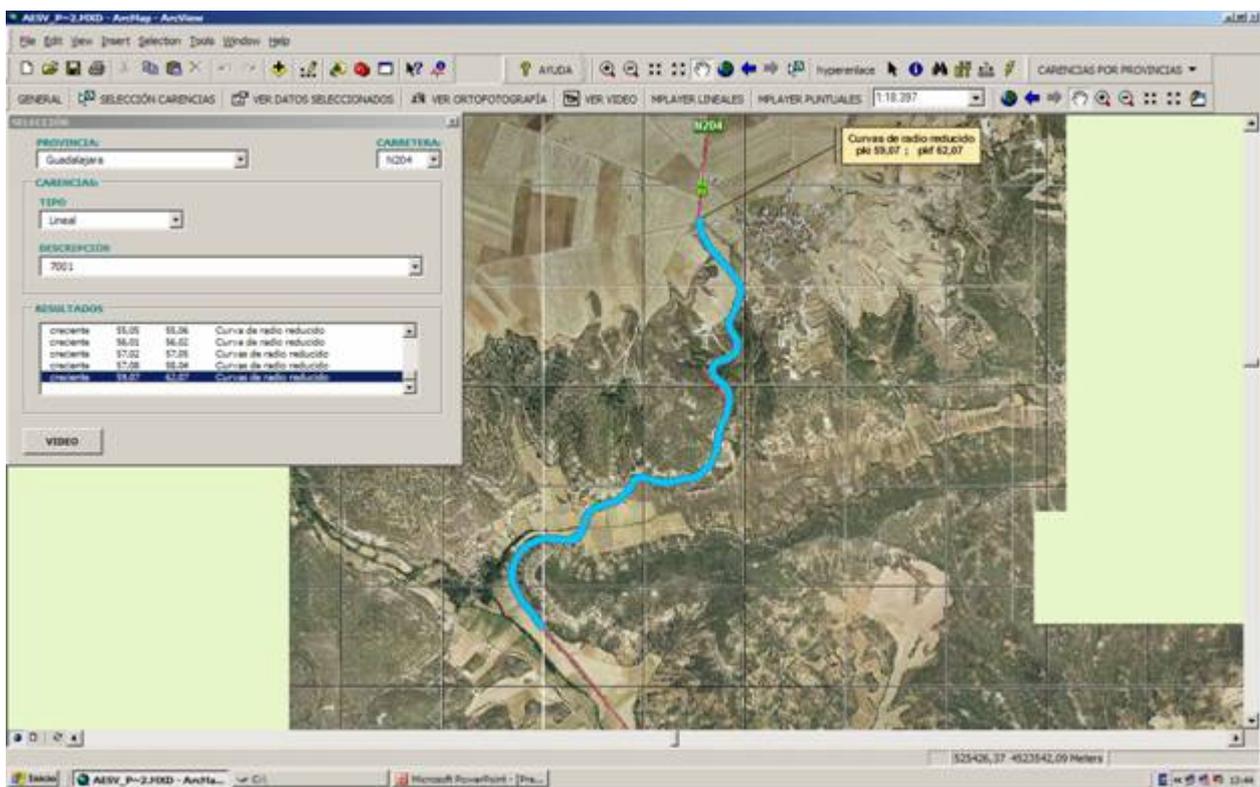


Figura 3 Clasificación de los tramos de la red para la priorización de actuaciones preventivas de mejora de la seguridad vial

3. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DE APOYO A LAS INSPECCIONES DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA RED

Las inspecciones de seguridad vial llevadas a cabo en España consisten en un proceso en el que un equipo de expertos en seguridad vial revisa de manera sistemática los elementos físicos de la infraestructura viaria (tanto sus características físicas y geométricas como su equipamiento) y sus interrelaciones para detectar riesgos potenciales para la seguridad de la circulación. Los principales resultados de la explotación de los datos tomados en campo durante la inspección y posteriormente tratados en gabinete son los siguientes:

- Inventarios generales de elementos de la carretera: trazado, intersecciones, enlaces, travesías, etc.
- Inventarios de elementos de seguridad: dispositivos de contención, limitaciones de velocidad existentes; prohibiciones de adelantamiento; balizamiento de curvas; señalización de advertencia de peligro, etc.
- Base de datos de elementos susceptibles de mejora.



Por su flexibilidad, se ha utilizado un sistema de información geográfica (GIS) para gestionar toda la información generada durante un proceso tan complejo como el de las inspecciones de seguridad vial.

Figura 4 Consulta del GIS de apoyo a las inspecciones de seguridad vial

El sistema facilita el desarrollo de las inspecciones ya que de su empleo se derivan automáticamente tres utilidades:

1. Continente de la información: el sistema permite almacenar la información recopilada durante la fase de inspección en una base de datos organizada en las tablas necesarias (tablas temáticas de elementos susceptibles de mejora, características geométricas, velocidades, tráfico, accidentes, etc) y referenciada a las coordenadas tomadas mediante GPS en la carretera.
2. Herramienta de trabajo: el desarrollo de pequeñas aplicaciones permite obtener directamente información relativa al trazado, las distancias de visibilidad, etc., identificando elementos susceptibles de mejora, así como asignar directamente puntos kilométricos a elementos identificados en el video.
3. Generador de resultados: la posibilidad de editar informes filtrados por los diferentes campos de cada tabla permite una adecuada gestión de los resultados del análisis, pudiendo editar la información por zonas, tramos, elementos, etc.

Además, existe la posibilidad de incorporar automáticamente otras bases de datos externas, que aunque no sean necesarias para la realización del análisis de seguridad vial sí pueden ser útiles para la explotación final de la información.

4. PROCEDIMIENTO AUTOMATIZADO PARA EL DISEÑO DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO POR EL SOL EN SECCIONES CRÍTICAS

Las situaciones de deslumbramiento por el sol en tramos críticos para la seguridad como las salidas de túneles o los ramales de entrada y salida de enlaces suponen un riesgo para la seguridad vial. En la Universidad Politécnica de Madrid se ha desarrollado una herramienta informática que permite identificar y cuantificar los problemas de deslumbramiento por el sol con el objetivo de facilitar el diseño de las medidas necesarias para evitar los problemas de seguridad vial que se originan en estas situaciones. El programa se basa en una metodología desarrollada previamente en la Universidad con financiación del Ministerio de Fomento que permite calcular los días e intervalos horarios del año en los que el sol puede deteriorar la visión de los conductores durante el recorrido de un determinado tramo de carretera, dependiendo de su localización geográfica, de su diseño geométrico y de las características físicas del entorno. Para obtener los valores de las variables del problema que dependen de la configuración del terreno y de la geometría de la carretera, se ha desarrollado un módulo independiente integrado en un programa de ordenador de diseño geométrico de carreteras.

El análisis del deslumbramiento se lleva a cabo a través de la representación de las variables que intervienen en el problema en cartas cilíndricas. Además de las trayectorias solares a lo largo del año, otras variables del problema son la orientación de la visual del conductor, los conos de deslumbramiento y las obstrucciones visuales. Un cono de deslumbramiento es un cono cuyo eje se corresponde con la visual del conductor, y cuyo ángulo representa el límite a partir del cual un conductor deja de percibir los objetos situados en su campo visual cuando el sol se encuentra dentro de él. El valor de este ángulo depende de las características de los conductores, fundamentalmente de su edad.

En la Figura 5 puede observarse la representación de las variables sobre una carta cilíndrica en la que las variables se proyectan en un cilindro que rodea al conductor adoptando una escala uniforme para el eje de ordenadas.

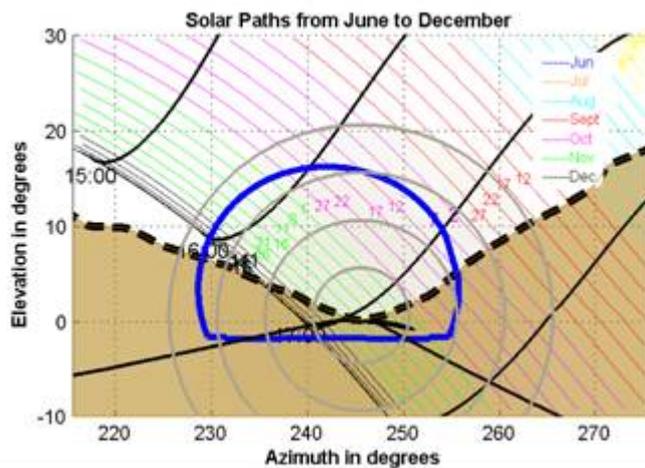


Figura 5 Representación de las variables determinantes de los problemas de deslumbramiento en una carta cilíndrica

La posición del sol en un determinado instante se representa mediante un punto, con su acimut en abscisas y su elevación en ordenadas. Sobre la carta cilíndrica se han representado los recorridos del sol para diferentes días del año. Cuando el conductor se encuentra en una determinada posición, pueden existir elementos que lo protejan de los rayos solares, tales como el terreno o el conducto de un túnel o las plantaciones y elementos de protección artificiales. Cada uno de estos elementos se representa en la carta cilíndrica mediante una línea que separa las zonas en las cuales el conductor está protegido de los rayos solares por dicho elemento de las zonas en las que no queda protegido. La orientación de la visual queda representada por un punto, y los conos de deslumbramiento mediante círculos con centro la orientación del conductor.

La metodología permite abordar los problemas existentes a las salidas de los túneles de carretera, y proporciona un procedimiento para estudiar el diseño de medidas frente al deslumbramiento y evaluar la eficacia de las mismas. Esta metodología fue aplicada en el análisis de los problemas de deslumbramiento en los Túneles del Miravete, en la autopista A-5, y en el diseño de medidas consistentes en plantaciones en las márgenes y cubierta sobre la calzada (Figura 6).

La metodología inicialmente desarrollada no permitía tener en cuenta la exposición prolongada al deslumbramiento durante el recorrido de un tramo de carretera, es decir, aquella que ocurre cuando el sol se encuentra de forma ininterrumpida dentro del campo visual del conductor durante un período largo de tiempo. Por ello se desarrolló un nuevo procedimiento para analizar estas situaciones, la cual puede ser aplicada tanto a carreteras existentes como a carreteras de nuevo diseño. En la fase de diseño, el procedimiento permite a los proyectistas analizar el impacto de la exposición prolongada al deslumbramiento en los conductores, permitiendo considerar este factor a la hora de comparar diferentes alternativas de trazado. Además, se puede evaluar cuantitativamente la eficacia alcanzada con la introducción de medidas frente al deslumbramiento, consistentes generalmente en plantaciones en las márgenes. La herramienta informática desarrollada ha sido aplicada en España en varios estudios específicos de localizaciones singulares en las cuales el deslumbramiento por el sol generaba situaciones de riesgo, tales como salidas de túneles, incorporaciones en autopistas o aproximaciones a intersecciones. Además, fue empleada en el análisis del impacto del deslumbramiento y el diseño de medidas en la autopista A-58 entre Trujillo y Cáceres.



Figura

6 Medidas planteadas en el túnel del Miravete (autovía A-5)

5. PROCEDIMIENTO AUTOMATIZADO DE EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL TRAZADO

Los resultados de una serie de investigaciones realizadas en distintos países coinciden en señalar la importancia de respetar las expectativas del conductor. La consistencia del trazado se puede definir como el grado de acuerdo entre las características geométricas de una carretera y las que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.

Al circular, los conductores adaptan su conducción a las condiciones que van encontrando. Cuando el trazado corresponde a lo que el conductor espera encontrar, la vía es consistente, lo que reduce la posibilidad que cometa errores y efectúe maniobras inseguras. Si la vía no responde a las expectativas del conductor aumenta la probabilidad de que se produzcan maniobras arriesgadas como frenazos o cambios de trayectoria bruscos.

La disminución de velocidad específica de un elemento del trazado respecto de los tramos contiguos es una de las variables características de la carretera que presenta un coeficiente de correlación más elevado con el índice de peligrosidad. De acuerdo con un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid y la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento la curva de regresión entre las dos variables en las carreteras de una calzada de la Red del Estado es uniformemente creciente con la reducción de velocidad específica respecto de los tramos contiguos. Por encima de los 30 km/h de disminución de velocidad la pendiente de la curva de regresión aumenta de forma acusada, por lo que se debe evitar que la reducción de las características de trazado provoque que se supere este límite, siendo deseable que la transición sea lo más gradual posible.

En la Universidad Politécnica de Madrid con financiación del Ministerio de Fomento y de la Asociación de empresas de conservación (ACEX) se ha desarrollado un programa de

detección y análisis automático de los problemas de seguridad relacionados con el trazado que consta de los siguientes componentes:

- Algoritmo de detección de elementos en los que la reducción de velocidades de circulación respecto de elementos contiguos del trazado exceda los límites de seguridad recomendables. La herramienta permite identificar tramos de las carreteras con elevado nivel de riesgo debido a la existencia de inconsistencias en el trazado en planta, que pueden obligar a los conductores a reducir bruscamente y de manera muy significativa sus velocidades de circulación.
- Algoritmo de detección de tramos en rampa en los que la diferencia de velocidades entre pesados y ligeros exceda los límites de seguridad recomendables en función de las condiciones del tramo (longitud, visibilidad, etc.).

Finalmente, el programa obtiene varias salidas gráficas con los perfiles de velocidades correspondientes a diferentes percentiles de las distribuciones de velocidades. El programa utiliza para las velocidades en curva los modelos de regresión calibrados con los datos del plan de aforos, combinados con las capacidades de aceleración y deceleración de los vehículos. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de la salida de resultados.

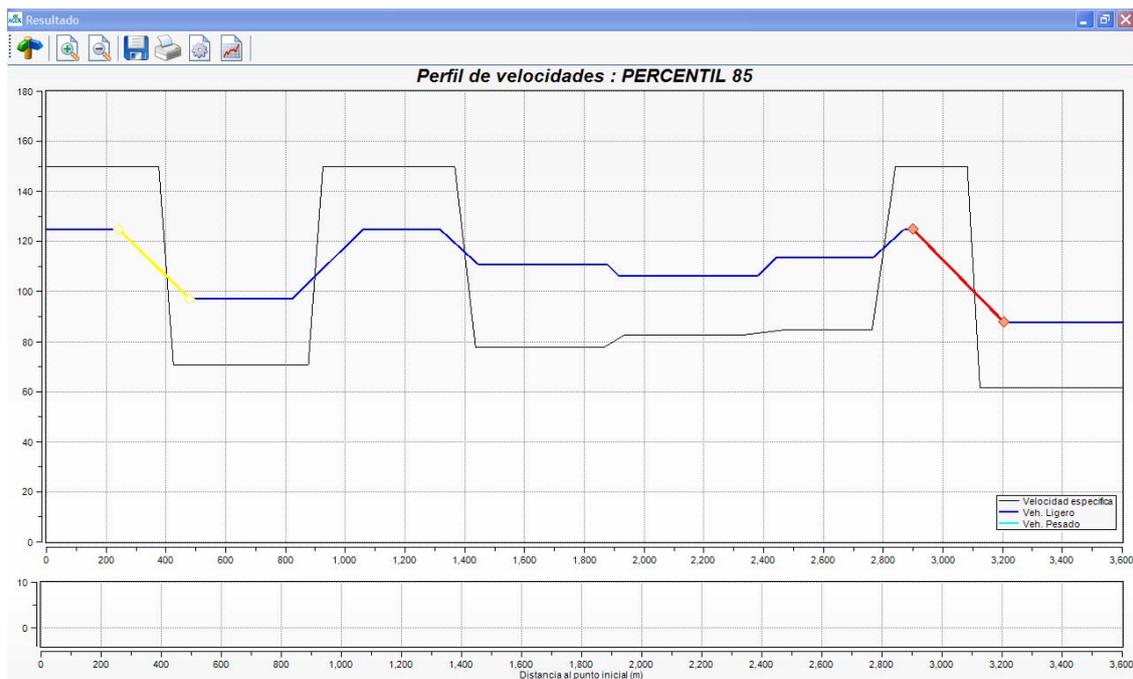


Figura 7 Gráfico de resultados del programa de análisis de la consistencia del trazado

En el perfil se refleja una línea roja, amarilla o verde cuando los saltos de velocidades sobrepasan unos límites, es decir, los vehículos tengan que decelerar demasiado. Por ejemplo, cuando se presenten saltos de velocidad superiores a 30 km/h, se marcará con una línea roja esta deceleración; en amarillo si el salto se encuentre entre 20 y 30 km/h, y en verde cuando esté comprendido entre 10 y 20 km/h.

Además, también se muestra un perfil con las velocidades específicas de la carretera. Estas velocidades son calculadas según los criterios de la norma, pero teniendo en cuenta el peralte real de la carretera y los valores máximos del rozamiento trasversal movilizado especificados en la norma. Esto permite comparar dichos valores (que son

valores adecuados para una conducción cómoda) con las velocidades reales de circulación.

6. SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD POR ESTACIONES DE RÁDAR Y SISTEMA AUTOMATIZADO DE GESTIÓN DE INFRACCIONES POR EXCESO DE VELOCIDAD

La Dirección General de Tráfico española inició en 2005 la implantación de un conjunto de medidas tendentes a reducir la alta siniestralidad vial, entre las que cabe destacar el Plan trienal 2005 - 2007 para la instalación de puntos de control de velocidad, generando a la conclusión del mismo una red de 518 Cabinas de Control de velocidad equipadas con 280 cinemómetros.

El Plan tenía como objetivos fundamentales los siguientes:

- Reducir las velocidades máximas de circulación y erradicar las especialmente elevadas.
- Reducción de las velocidades medias de circulación en carretera.
- Disminución de los gradientes de velocidad.
- Reducción del número de agentes de las fuerzas de vigilancia destinados específicamente al control de velocidad, posibilitando una mayor presencia en carretera para otros servicios.

El centro Estrada es un Centro de Proceso de Datos, en funcionamiento desde el 1 de marzo de 2008 en León, para el tratamiento de las capturas fotográficas de infracciones a las limitaciones de velocidad y la tramitación de las correspondientes sanciones.

Las capturas fotográficas y los registros de los datos de tráfico son remitidos por cada cinemómetro al Centro de Gestión de Tráfico correspondiente. Esto facilita el mantenimiento que se ejecuta desde cada centro de gestión, así como su vigilancia a través de las cámaras de video vigilancia con que van equipadas los equipos como medida disuasoria ante actos vandálicos. En cada centro de gestión de tráfico se almacena la información y se transmite al centro Estrada mediante un enlace de 2mb/s.

Los archivos son gestionados en el centro estrada, que devuelve al centro coordinador de radares, ubicado en el centro de gestión de tráfico de Madrid, información de los archivos tramitados diariamente diferenciados en periodos horarios: fotos de día, nocturnas, en cualquier época del año y resto. Con esta información, en el centro de gestión de tráfico de Madrid se contrasta el ratio de efectividad de cada cinemómetro en cada uno de los tres periodos citados anteriormente, lo que facilita el mantenimiento de los equipos y los posibles ajustes de las características de la cámara fotográfica y potencia del flash. También es comprobado tres veces al día el correcto estado del mismo mediante el acceso directo desde el centro de gestión de tráfico al cinemómetro.

Cada equipo consta de un sistema antivandálico con diversos sensores. Cualquier golpe sobre la cabina genera una alarma por vibración del equipo que es inmediatamente transmitida al centro de gestión de tráfico. Los equipos constan igualmente de cámaras que realizan grabaciones de manera permanente y que ante cualquier alarma transmite al centro de gestión de tráfico la grabación correspondiente al minuto anterior al disparo de la alarma.

Un análisis de los resultados obtenidos, nos permite obtener las siguientes conclusiones:

- Las velocidades máximas captadas en nuestra red son claramente inferiores a las registradas al inicio del Plan.
- Las velocidades medias se han reducido significativamente, no sólo en los puntos de control de velocidad, sino en general en toda la red.
- El número de víctimas mortales en la carretera ha disminuido apreciablemente.

En la Figura 8 se puede observar la evolución de las velocidades medias desde la implantación del sistema. De los datos se desprende un importante descenso significativo, tanto de las velocidades máximas como de la velocidad media de circulación. Esta disminución de los gradientes de velocidad ha originado una modificación muy positiva del comportamiento de los conductores que ya se puede apreciar en nuestras vías.

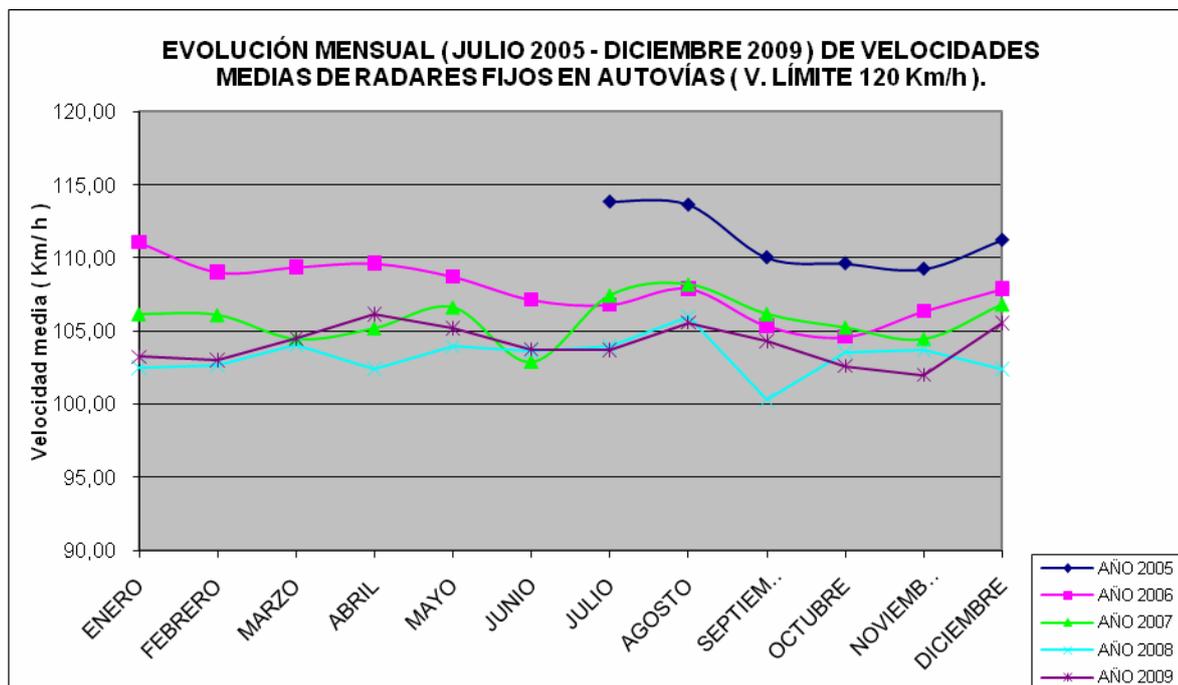


Figura 8 Evolución de las velocidades medias de circulación desde la implantación del sistema de control de velocidad por estaciones de radar

7. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEGURIDAD VIAL EN ESPAÑA

La aplicación conjunta de las medidas que se han expuesto en el marco de los Planes Estratégicos de Seguridad Vial y de Infraestructuras y Transporte ha dado como resultado una importante mejora de la seguridad vial en España en los últimos años. La Figura 9 muestra la evolución de las cifras de víctimas mortales registradas en el conjunto de la red viaria española desde 2000 a 2009. En ella se puede apreciar el importante descenso registrado a partir de 2003, que ha permitido que en 2009 se supere la reducción del 50% de las víctimas mortales –un 52,4%– con un adelanto de un año respecto del objetivo fijado por la Unión Europea.

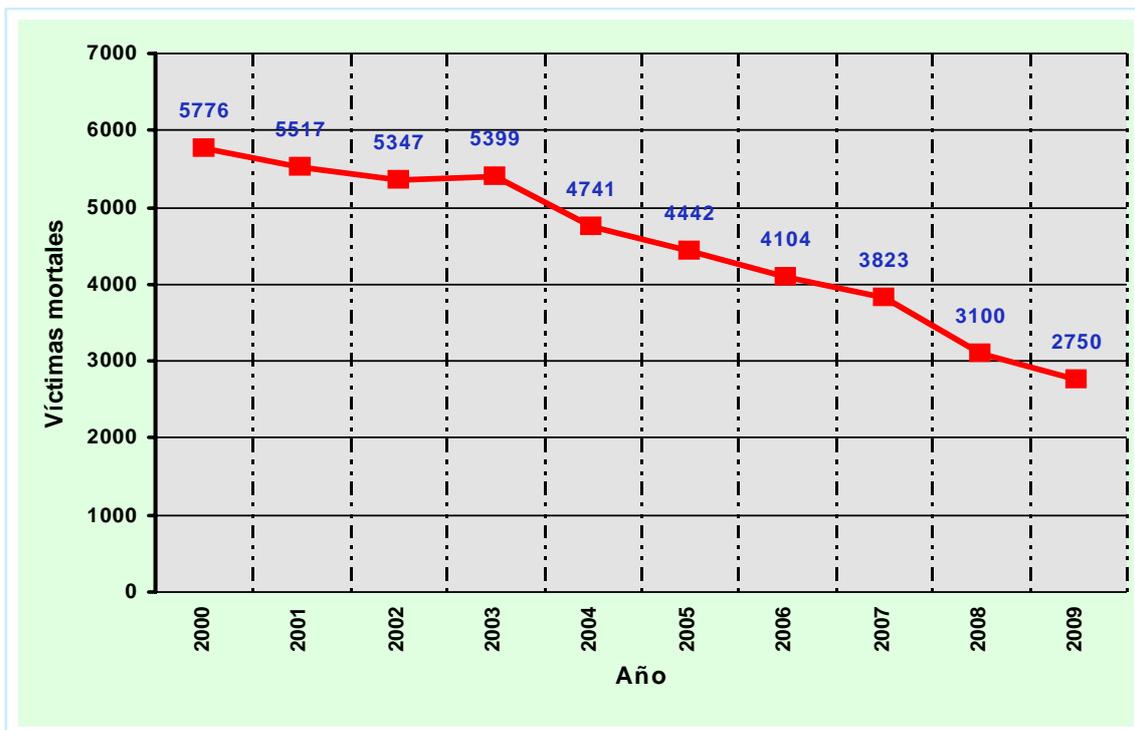


Figura 9 Evolución de las víctimas mortales en accidentes de circulación en España en el período 2000-2009

De igual manera, la evolución de la accidentalidad ha sido muy positiva en la red nacional de carreteras (Red de Carreteras del Estado). Así, en el período 1991-2009, el índice de peligrosidad (número de accidentes con víctimas por cada cien millones de km recorridos) en 2009 fue tres veces menor que en 1991 y el de mortalidad (número de fallecidos en accidentes por cada cien millones de km recorridos) 9 veces menor, al haber pasado dichos índices de 31,5 a 4,3 y de 9,3 y 0,5, respectivamente. En la Figura 10 se refleja la evolución anual de los índices de peligrosidad y de mortalidad en el período 1991-2009.

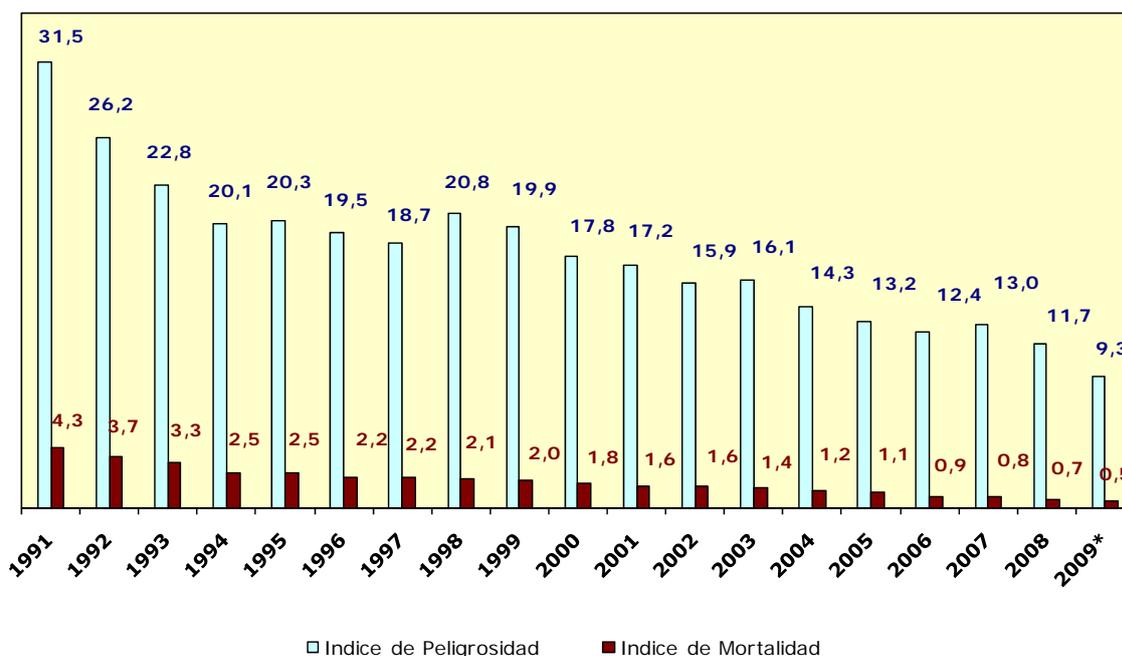


Figura 10 Evolución de los índices de peligrosidad (accidentes con víctimas/ 10^8 veh-km) y de mortalidad (víctimas mortales/ 10^8 veh-km) en la R.C.E. en el período 91-09

En conclusión se puede afirmar que la estrategia de mejora de la seguridad vial llevada a cabo en España los últimos años ha conseguido alcanzar los objetivos establecidos incluso con antelación a la fecha prevista y pone de manifiesto la importancia de actuar conjunta y coordinadamente sobre todos los aspectos que intervienen en la seguridad de la circulación. Una contribución importante a esta mejora en la seguridad vial de España ha sido el esfuerzo inversor realizado en mejorar y modernizar las infraestructuras viarias, mediante la construcción de nuevas infraestructuras, variantes de población, el aumento de la inversión dedicada a la conservación -hasta alcanzar el 2% del valor patrimonial de la red- y a las actuaciones específicas de mejora de la seguridad derivadas de inspecciones y análisis detallados de la accidentalidad por equipo de expertos (eliminación de tramos de concentración de accidentes, medidas preventivas, ...).

8. REFERENCIAS

Dirección General de Tráfico (2005): "Plan Estratégico de Seguridad Vial 2005-2008. Plan de acciones estratégicas claves". Ministerio del Interior, Madrid.

Pardillo Mayora, J.M. y Llamas Rubio, R. (2001): "Correlación de las características de las carreteras de dos carriles y la accidentalidad". Carreteras nº 125. Enero-Febrero 2003. Pags. 7-16. Asociación Española de la Carretera, Madrid.

Pardillo Mayora, J.M. y Llamas Rubio, R. (2003): Relevant Variables for Crash Rate Prediction in Spain's Two Lane Rural Roads". Transportation Research Board 82nd Annual Meeting. Washington DC. Enero 2003.

Pardillo Mayora, J.M. (2009). Clasificación de las carreteras en función de la reducción potencial de costes de la accidentalidad y aplicación a la gestión de la seguridad vial. IV Congreso Nacional de Seguridad vial. Logroño. Mayo 2009.

Jurado-Piña, R. y Pardillo-Mayora, J.M. (2009). A methodology to predict driver vision impairment situations caused by sun glare. Transportation Research Record 2120, Transportation Research Board, Washington, D.C., páginas 12–17.

Jurado-Piña, R.; Pardillo-Mayora, J.M. y Puy Huarte, J. (2010). Software tool for the analysis of highway alignments to detect and prevent sun glare vision impairment hazards. IV International Symposium on Highway Geometric Design. Transportation Research Board. Valencia.

Jurado-Piña, R., Pardillo-Mayora, J.M. y Jiménez, R. (2010). A methodology to analyze sun glare related safety problems at highway tunnel exits. Journal of Transportation Engineering, Vol. 136, Nº 6, páginas 545-553

Jurado-Piña, R. y Pardillo-Mayora, J.M. (2010). A methodology to analyze sun glare impact on highway under prolonged exposure. Journal of Transportation Engineering, IN PRESS