

EL ANÁLISIS SECUENCIAL DEL SINIESTRO VIAL: EL MÉTODO INRETS

JOSÉ ANDRÉS CAMPÓN DOMÍNGUEZ

Comandante de la Guardia Civil
Departamento de Investigación y Reconstrucción de
Accidentes de Tráfico (DIRAT)
Escuela de Tráfico de la Guardia Civil

RESUMEN

El método INRETS es la síntesis y la evolución de otros modelos secuenciales de un siniestro vial. La determinación de los parámetros característicos de cada secuencia del siniestro en el espacio y en el tiempo, para cada vehículo o persona implicada, junto a las acciones realizadas por el conductor o los usuarios de la vía sirven como premisa al estudio del siniestro desde una perspectiva prospectiva y preventiva. La integración de la reconstrucción cinemática de cada secuencia en la metodología de análisis genérico permite determinar con mayor precisión los factores accidentológicos que han contribuido al origen del hecho lesivo o los factores que han aumentado la gravedad de las lesiones ocasionadas a las personas implicadas. El establecimiento de un modelo de ficha para recoger los datos obtenidos en la aplicación del método permite un mejor sistema de almacenamiento de la información, que permite su posterior recuperación para el análisis individualizado del siniestro o para su integración en estudios de diagnóstico sobre siniestralidad. La aplicación sistemática de este método de investigación de los siniestros permite definir escenarios tipo que contribuyen al aislamiento y modelización de determinados supuestos de hecho, lo cual facilita enormemente la concepción de medidas preventivas a adoptar por parte de los poderes públicos, las empresas o la propia sociedad para evitar este fenómeno o al menos para paliar sus indeseadas consecuencias para las personas.

Palabras clave: modelo, método, secuencia, reconstrucción, siniestro, investigación en profundidad, cinemática, factores, ficha, análisis, diagnóstico.

1. FUENTES Y ORIGENES DEL METODO INRETS

El Decreto 85-894, de 18 de septiembre de 1985, crea en Francia el Instituto Nacional de Investigación sobre los Transportes y la Seguridad (Institut National de Recherche sur les Transports et leur Securite, INRETS), como resultante de la fusión de dos Institutos precedentes. Esta Institución es un organismo público de carácter científico y tecnológico, con una doble tutela del Ministerio de la Investigación y del Ministerio del Equipamiento, los Transportes y la Vivienda. Su área principal de intervención son los transportes terrestres. Por su propia estructura, prima en su actividad un enfoque multidisciplinar con el que se pretenden acometer competencias muy variadas. Por este motivo, el Instituto esta estructurado en unidades de investigación que actúan convenientemente combinadas y coordinadas en un problema determinado o en un área concreta de la investigación. España carece, de momento, de una institución de características similares a ésta.

El origen inmediato del método INRETS es el estudio en profundidad de siniestros viales (EDA, enquêtes détaillées d'accidents) llevado a cabo en los años ochenta en la localidad francesa de Salon de Provence, a la sazón sede del Departamento de Mecanismos de Accidentes (M.A) del INRETS (Br:97). Este tipo de estudios son una de las fuentes esenciales de información en la investigación de siniestros viales, y su puesta en práctica debería ser un compromiso para los poderes públicos (Mi:03). Los objetivos explícitos del EDA eran la adquisición de los conocimientos sobre los mecanismos generadores de la siniestralidad vial, así como sobre las posibles disfuncionalidades del sistema vial.

En este estudio se pudieron probar y validar modelos teóricos que intentaban, de una u otra forma, ofrecer un marco conceptual que permitiera analizar el siniestro vial como una secuencia de eventos que desembocaban en un resultado dañino para las personas o sus bienes. Un modelo no es más que la descripción, la explicación o la predicción de un determinado fenómeno. El principal modelo teórico desarrollado y aplicado en el estudio EDA fue un modelo secuencial del siniestro.

Los modelos de siniestros basados en eventos, también conocidos como modelos secuenciales, explican sus causas como el resultado de una cadena discreta de eventos que ocurren en un determinado orden temporal (Qu:08). Los modelos teóricos secuenciales del siniestro vial son relativamente abundantes, aunque realmente podrían reconducirse a un modelo único ya que la mayoría de ellos solo son diferentes perspectivas del mismo fenómeno, que utilizan un marco conceptual propio. En cualquier caso, lo que tienen en común todos estos modelos secuenciales es la consideración del siniestro vial como un conjunto de fases o secuencias, relacionadas cronológica y causalmente.

1.1. Fuentes explícitas del método

El método INRETS utiliza como base explícita de su conceptualización tres líneas de investigación diferentes (Br:97):

- La reconstrucción cinemática que permite recomponer la evolución espacio-temporal del siniestro a partir de las huellas y restos en la calzada, las deformaciones en los vehículos, y los otros indicios materiales (Lc:86). En esta línea de investigación, el siniestro es el producto de una cadena longitudinal de eventos.
- El análisis de tareas aplicado al estudio de los errores funcionales cometidos por el operador humano en ciertas fases del siniestro. Este tipo de análisis también se puede representar como un gráfico en árbol (fault tree análisis), de forma similar a la mostrada en la figura 1.
- Los métodos, tipo de árbol de causas, aplicados al estudio de las relaciones causales entre las diferentes secuencias. Para esta línea de investigación, el siniestro es el resultado de una multicadena de secuencias de eventos. En la Figura 1 puede verse un ejemplo de uno de estos modelos. El método puede trabajar retrospectivamente a partir de las consecuencias para llegar a las causas (árbol de causas), o de forma inversa, utilizando gráficos para analizar las consecuencias (análisis del error):

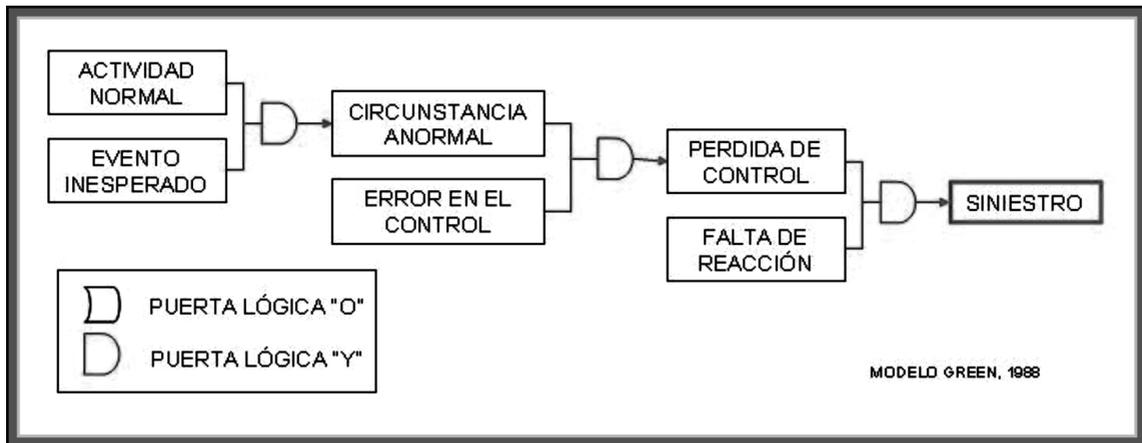


Figura 1: Gráfico explicativo a través de un árbol de causas de un modelo genérico de siniestro

1.2. Fuentes indirectas del método

El método INRETS utiliza, de manera indirecta a través de las tres líneas anteriores, un conjunto de conocimientos previamente establecido. En concreto, a través del modelo de reconstrucción cinemática tiene como fuentes indirectas:

- La teoría de la evolución del siniestro (Ba:60; Lm:66; Ba:86), tanto en su versión original anglosajona como en su versión española a través de los trabajos de López-Muñiz. En este análisis metodológico del siniestro vial se entremezclan aspectos físico-dinámicos con elementos de un enfoque psicológico del fenómeno, al igual que sucede en el Método INRETS. Este tipo de modelos pueden encuadrarse en el marco de la teoría del domino, en la que se considera que un determinado efecto es el resultado de una cadena de eventos lineal que han ido sucediéndose, y que como fichas de domino, han ido ocasionando que caigan unas a consecuencia de la caída de las anteriores.
- El modelo epidemiológico del siniestro (Ha:64), en su desarrollo analítico de los elementos de la circulación, –hombre, vehículo y medioambiente–, a lo largo de la secuencia de fases, –preimpacto, impacto y postimpacto–, que componen el desarrollo de cualquier siniestro vial.

1.3. Fuentes implícitas del método

Además, en el método INRETS, de forma implícita se utilizan las siguientes técnicas y modelos descriptivos o explicativos de la siniestralidad vial:

- Modelo para la evaluación de la seguridad o pirámide de seguridad (Hy:87). Para llegar a este modelo se ha aplicado la técnica de análisis de conflictos a la conducción de vehículos de motor. Se parte de la tesis que existe un continuo de gravedad desde una situación de conducción rutinaria, en la cual los sucesos se desarrollan ininterrumpidamente, hasta que se produce un siniestro. Así los eventos más frecuentes corresponden al normal desarrollo, es decir, los acontecimientos ininterrumpidos. Las siguientes fases las constituyen aquellos conflictos que son más frecuentes y no presentan un riesgo excesivo. Esto es lo que Hyden denomina conflictos potenciales y leves. Por encima de estas situaciones, y con una frecuencia proporcionalmente menor, se producen los cuasi-siniestros y, finalmente, los siniestros, que serían los eventos menos frecuentes de todos. Gráficamente, este modelo puede representarse como una pirámide, de ahí su denominación, tal y como puede verse en la Figura 2. En la cúspide se encuentran los siniestros a los que se llega de forma continua desde una situación de conducción normal.

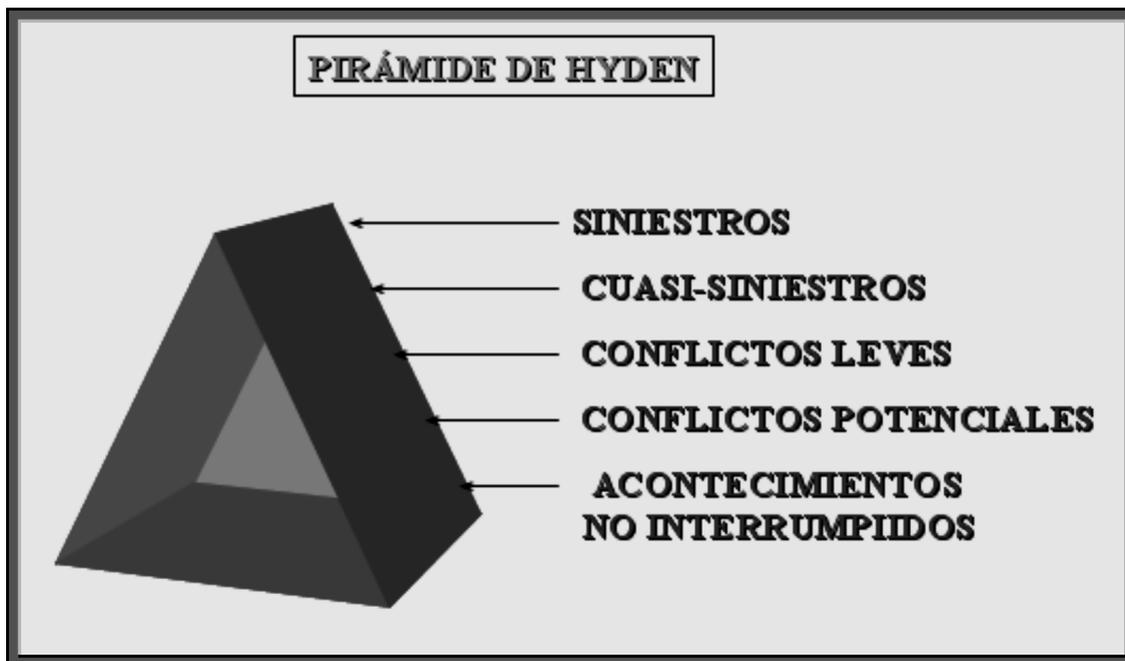


Figura 2: Modelo piramidal basado en la técnica de análisis de conflictos

– Modelo epidemiológico de análisis de factores de riesgo. Un factor es toda circunstancia o condición que contribuye a un resultado, sin la concurrencia de este factor, el resultado no existiría, aunque el factor individualmente considerado es un elemento, que por sí solo, no puede producir el resultado final. Un factor causal contributivo al siniestro o factor accidentológico es todo elemento del tráfico o del sistema de transporte que se ha identificado como parte de la evolución del proceso que desemboca en un siniestro de tal forma que este fenómeno no habría ocurrido si este factor hubiese sido diferente o inexistente. En el tránsito, el riesgo depende de cuatro elementos (Ba:86; Oc:98): el primero es la exposición, es decir la cantidad de movimientos o desplazamientos dentro del sistema que realizan los distintos usuarios o una población de determinada densidad; el segundo, es la probabilidad básica de sufrir una colisión, dada una exposición determinada; el tercero es la probabilidad de traumatismo en caso de choque, y finalmente el cuarto elemento es el resultado de dicho traumatismo. Existe una amplia y diversa tipología de factores, así

se habla de factor desencadenante al que inicia el proceso del siniestro, o factor primario y factor secundario en función de su relación directa con la producción del resultado, etc... Así en un estudio reciente del Laboratorio de Transportes Terrestres (Transport Road Laboratory, TRL), para identificar los factores contributivos a la siniestralidad en el Reino Unido, ha establecido una lista que contiene los quince factores desencadenantes observados con mayor frecuencia, de donde han obtenido los factores contributivos que habitualmente aparecen en la génesis de los siniestros viales en aquel país. Además, en dicho estudio se establece un intervalo de confianza de esta determinación para poder hacer coherente el análisis.

– Método de estudio de casos. Una de las líneas de investigación utilizadas en el campo de la seguridad vial es la investigación en profundidad de los siniestros (Ba:60). El principio del que parte esta línea es el detallado análisis de los casos de siniestros, a partir de una colección de datos recogidos y estructurados de tal forma que permitan comprender la secuencia fáctica de eventos y relaciones

causales de cada caso considerado. No hay que olvidar que el método INRETS está vinculado al desarrollo del EDA, una investigación en profundidad de los siniestros viales en Francia.

Con todo este conjunto de métodos y técnicas de análisis de los siniestros viales, se ha construido un marco conceptual estructurado, que ha tenido y tiene una aplicación práctica relevante.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Todos los modelos secuenciales parten de una misma premisa: el siniestro vial, a pesar de su rapidez, no se produce de manera instantánea, sino que sufre una evolución secuencial que se desarrolla en el tiempo y en el espacio mediante una serie de circunstancias sucesivas que se van desarrollando hasta llegar a producir un resultado final lesivo para las personas o dañino para sus bienes (Bl:91). Este tipo de modelos permite tener en cuenta la importancia de la evolución espacio-temporal y las interacciones entre los implicados en el devenir del siniestro (Br:97).

El método INRETS consiste en establecer los hechos o eventos relativos al desarrollo del siniestro, apoyándose al máximo en una reconstrucción cinemática, para organizarlos en una serie de fases sucesivas.

No existe una definición de lo que se entiende como fase, ni en el Método INRETS ni en el modelo secuencial de reconstrucción cinemática, por lo que acudiendo a las fuentes originales se puede afirmar que una fase es el conjunto de posiciones de los vehículos implicados a lo largo del tiempo en que se van desarrollando los eventos que desembocan en la producción del siniestro.

Aquí existe una aparente contradicción entre la división y nomenclatura establecida en el método INRETS (Br:94) y la que se establecía en el modelo secuencial anterior (Lc:86). Así mientras en este último el siniestro consta de tres fases, –precolisión, colisión y poscolisión–, en el método INRETS hay cuatro fases, –conducción normal, peligro, urgencia y choque–, junto a dos puntos de ruptura, el primero que da lugar a una situación de peligro y el segundo, a la colisión o al impacto. En la Figura 3 se han establecido los paralelismos y equivalencias entre unas y otras fases.

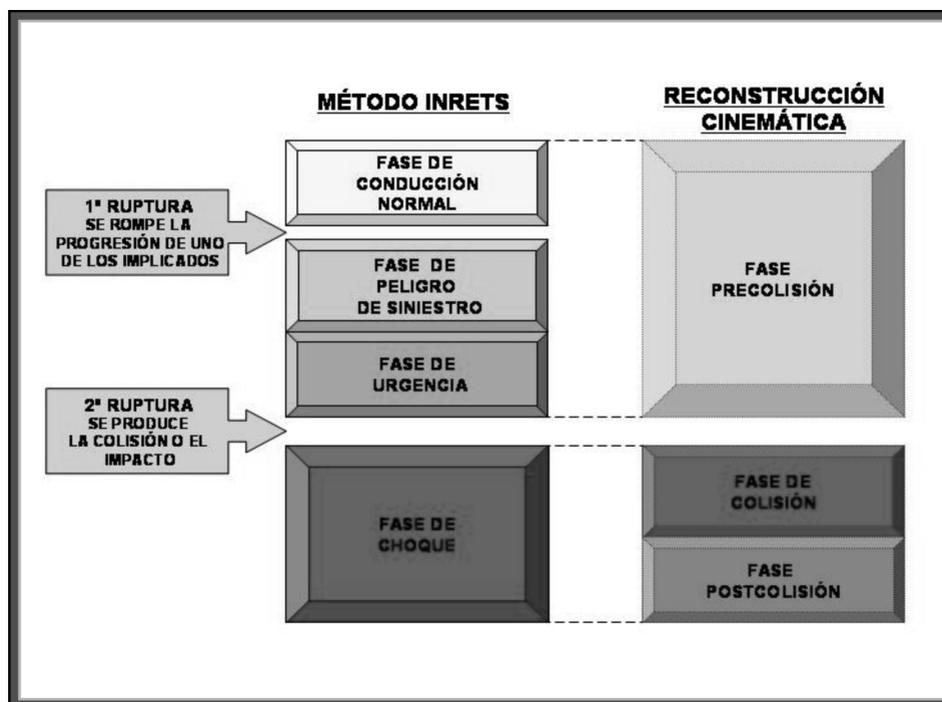


Figura 3: Comparación entre la secuencia de fases en el Método INRETS y el modelo secuencial de reconstrucción cinemática

Además, tanto en el método INRETS como en la descripción de la reconstrucción cinemática hay explícitas referencias a otras secuencias distintas a las representadas gráficamente en la Figura 3, muy semejantes a las contenidas en la teoría de la evolución del siniestro (Ba:60; Lm:66; Ba:86). Así, por ejemplo se hace referencia a la fase de percepción y a la fase de reacción dentro de la fase pre-choque, pero sin haberlas tenido en cuenta en la exposición inicial del método. En otras versiones de este método, la fase de peligro de siniestro se denomina fase de ruptura (Vs:07), entendiendo que ruptura es un evento inesperado que interrumpe la situación de conducción normal desestabilizando el equilibrio e introduciendo un factor de peligro al sistema.

Una secuencia cinemática es una entidad espacio-temporal que se distingue de los instantes anteriores y posteriores por la modificación de al menos un parámetro cinemático, la mayoría de las veces la aceleración del vehículo implicado.

Un evento no está definido completamente ni en el método INRETS ni el modelo secuencial cinemático, pero en todos los modelos secuenciales, los eventos tienen que tener una relación directa lineal con el siguiente evento de la cadena (Qu:08). En el método INRETS hay dos eventos que tienen especial relevancia.

El primer punto de ruptura que es aquel evento que constituye una discontinuidad en la evolución normal de la situación de conducción rutinaria para uno de los implicados, marcando la transición a una situación degradada de peligro. El segundo punto de ruptura lo constituye la propia colisión, a partir de la cual cada vehículo, o cada implicado en esta colisión, evolucionan hasta sus posiciones finales.

Se denomina Estado primario a cada uno de los extremos de la secuencia cinemática, al cual se asocia un instante del tiempo, una posición y una velocidad. El estado inicial y el final señalan respectivamente el inicio y el fin de la secuencia cinemática y, como es lógico, el estado final de una secuencia es el estado inicial de la secuencia siguiente. Cada estado se encuentra caracterizado por los valores de sus parámetros cinemáticos (tiempo, espacio, velocidad), que en el caso del estado inicial se denominan valores de entrada y en el del final valores de salida.

Se define como Estado secundario o transitorio en una determinada secuencia, a aquel o aquellos en que se produce una modificación de un parámetro cinemático de una determinada secuencia que se corresponde con un estado primario para el otro u otros implicados en el siniestro. Los datos correspondientes a estos estados transitorios se denominan datos transitorios.

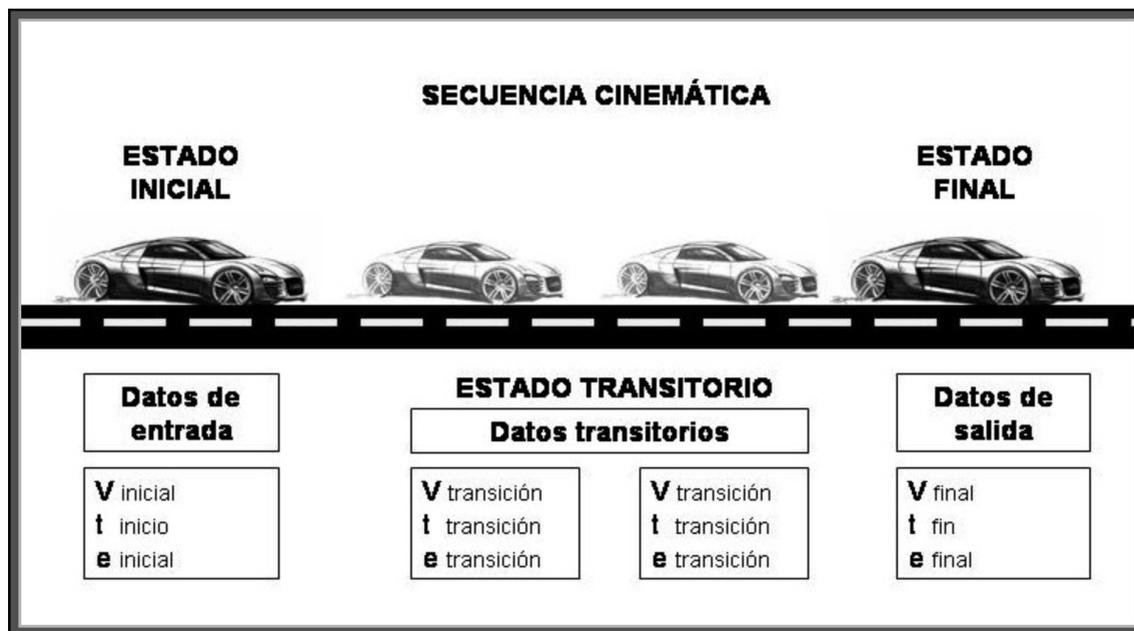


Figura 4: Representación gráfica de una secuencia cinemática

El modelo cinemático elemental no está definido explícitamente, pero podría describirse como el modelo matemático que permite calcular el estado final de un sistema mecánico, caracterizado por sus parámetros cinemáticos, a partir de un estado inicial o primario determinado.

Una vez establecida la secuenciación de las fases del siniestro y determinados los parámetros de los estados primarios y secundarios a través de la reconstrucción cinemática, el método INRETS reanaliza los datos para establecer los factores que están presentes en la génesis o en el desarrollo del siniestro. Por este motivo se diferencia entre factores accidentológicos, por un lado, y factores de gravedad, por otro.

El Factor accidentalológico es un estado de un elemento del sistema hombre-vehículo-infraestructura y medioambiente, que es necesario, pero no suficiente por sí solo, para que el siniestro se produzca, y sobre el que sería posible actuar de alguna forma (Ba:86; Br:97).

El Factor de gravedad, por el contrario, contribuye a agravar las lesiones o los daños materiales resultado de la colisión, y sobre él, también, es posible establecer algún tipo de acción o medida específica.

3. LA RECONSTRUCCIÓN CINEMÁTICA DEL SINIESTRO

Un proceso de reconstrucción explica como se produce el desarrollo espacio-temporal de la secuencia del siniestro, utilizando los datos recogidos en la escena del evento, la información procedente de las declaraciones de las personas implicadas y de los testimonios de los testigos y el análisis del resto de evidencias.

El método para llevar a cabo una reconstrucción cinemática del siniestro puede resumirse de la manera siguiente:

- Llevar a cabo una fase preparatoria.
- Establecer el listado de secuencias del siniestro.
- Realizar el planteamiento del problema cinemático.
- Determinar el camino lógico para realizar la reconstrucción.

- Definir los escenarios individuales.
- Analizar la coherencia global de la reconstrucción.

Es conveniente para comprender este método pararse, aunque sea brevemente, en cada uno de estos pasos sucesivos.

3.1. Llevar a cabo una fase preparatoria

En primer lugar hay que clasificar el siniestro concreto dentro de un tipo específico. Además, hay que recopilar la documentación y los datos de la escena del siniestro disponiendo de un croquis, de las fotografías y de una síntesis de las diligencias instruidas. Realizar una primera valoración, eminentemente cualitativa, del estado de la vía, de la información disponible sobre los conductores y usuarios, de la localización del punto de colisión y de las trayectorias posteriores seguidas por los vehículos y las personas implicadas. Es aconsejable establecer un rango de velocidades para cada vehículo implicado, en función de los primeros datos disponibles en la investigación.

3.2. Establecer el listado de secuencias del siniestro

Es una primera confrontación de la información disponible con la posible evolución del siniestro, en la que pueden establecer hipótesis de trabajo en aquellos puntos donde existan lagunas, incertidumbres o contradicciones. El método consiste en determinar la sucesión de eventos y reagruparlos en forma de secuencia cinemática. Sigue siendo un trabajo cualitativo.

3.3. Realizar el planteamiento del problema cinemático

El objetivo de este paso es traducir el siniestro descrito literalmente en un problema cinemático. Se han de analizar sucesivamente las fases de Precolisión, Choque y Poscolisión. La fase precolisión y la poscolisión pueden ser afrontadas mediante un tratamiento similar, ya que a cada una de las secuencias cinemáticas definidas le corresponde un modelo cinemático básico, pej. a la secuencia de maniobra evasiva de frenado le corresponde un modelo

cinemático de movimiento rectilíneo uniformemente decelerado. Los parámetros cinemáticos a determinar en cada secuencia, en los datos de entrada y salida, son el tiempo (t), la distancia (d), velocidad (v), y la aceleración (a). La fase de choque requiere un tratamiento individualizado. En este análisis hay que estudiar las deformaciones de los vehículos, estimar la orientación de los vehículos en el momento del impacto y medir las trayectorias postcolisión de cada vehículo para poder aplicar el principio de conservación de la energía, así como los principios de conservación de los momentos lineal y angular. Con esto se consigue realizar una primera evaluación cuantitativa de velocidades. En este estado de la reconstrucción, el análisis de cada secuencia cinemática se hace de forma individualizada.

3.4. Determinar el camino lógico para realizar la reconstrucción

En este paso se pretende conseguir evaluar si el problema está planteado correctamente. Se confrontan los desarrollos secuenciales adoptados para cada implicado y deben aparecer como evidentes las interconexiones entre las diferentes secuencias. El orden en el cual deben ser tratadas las diferentes secuencias no está determinado, sino que han de ser las reglas de experiencia del investigador las que marquen el camino lógico para conseguir. Se puede realizar la reconstrucción tanto hacia delante, –desde la situación de conducción normal hasta la posición final–, o hacia atrás, –desde las posiciones finales pasando por el choque hasta el estado inicial–, dependiendo de la disponibilidad de datos y de la tipología de siniestro. No se realizan, todavía, cálculos numéricos.

3.5. Definir los escenarios individuales

Es quizás la fase más ardua de este método porque a lo largo de la misma se realizan los cálculos numéricos correspondientes a cada secuencia de los vehículos o personas implicadas. En caso necesario, en este momento es cuando deben realizarse los análisis de las hipótesis de trabajo planteadas en los pasos anteriores.

A partir de una síntesis de la información disponible se deben determinar los valores de los estados primarios y, a partir de ellos, de los estados transitorios. Por ejemplo para determinar la velocidad inicial de un vehículo en su secuencia de conducción normal pueden acudir a diferentes fuentes: en primer lugar, a la declaración del propio conductor o a los testimonios de los acompañantes o testigos externos; en segundo lugar, a los valores estimados por otros conductores o personas implicadas en el siniestro; en tercer lugar, a la velocidad máxima permitida en el correspondiente tramo de la vía; en cuarto lugar, a valores de referencia estadísticos para el itinerario o la vía donde se localizó el siniestro; en quinto lugar, al tacógrafo en el caso de vehículos pesados o a un sistema de caja negra en el caso de turismo equipados con este tipo de instrumentos; y en sexto lugar, a las evidencias directas recogidas en la escena del evento tales como longitud de la huella de frenado, al perfil de la deformación del vehículo, o a la altura del impacto de la cabeza en el caso de los peatones. Para cada fuente hay que establecer un criterio de credibilidad.

En cada secuencia de las listadas en pasos precedentes hay que enumerar cada una de las fuentes disponibles con su estimación de credibilidad sobre algunos datos necesarios para realizar los cálculos específicos, pej. en el caso de una secuencia de frenado hay que conseguir la información sobre el tipo de vehículo, el sistema de frenado que monta, las condiciones atmosféricas, las circunstancias de la vía y la inspección visual de las huellas. A continuación hay que buscar los valores de referencia a aplicar en la secuencia correspondiente, pej. en la frenada los rangos de los valores del coeficiente de deslizamiento de un neumático sobre asfalto, y a continuación argumentar la elección de algunos valores necesarios para poder realizar los cálculos pertinentes, pej. el coeficiente de deslizamiento de la ruedas sobre la superficie de la calzada en función de las circunstancias climatológicas, el estado de los neumáticos o el estado de conservación del pavimento.

Finalmente, hay que ver la manera de ensamblar los cálculos, estableciendo una variación de los valores utilizados y obtenidos, por exceso y por defecto. Con esta metodolo-

gía se consigue establecer para cada implicado un escenario espacio-temporal en el que se han establecido los valores de los parámetros de cada una de las secuencias cinemáticas. A estas alturas del trabajo todavía pueden persistir hipótesis de trabajo sobre determinadas secuencias o sobre los valores correspondientes a sus datos de entrada o de salida, ya que la reducción de los márgenes de incertidumbre debe hacerse en el siguiente paso a partir de la confrontación de los escenarios individuales.

3.6. Analizar la coherencia global de la reconstrucción

En primer lugar, se debe realizar una confrontación de los escenarios individuales a partir de la resolución de las ecuaciones de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía aplicadas a la colisión. Los datos de entrada de la secuencia de choque deben ser coincidentes con los datos de salida de la fase de precolisión, y los datos de salida de la secuencia de choque deben ser iguales a los datos de entrada de la fase postcolisión.

En una reconstrucción ideal todos los valores de velocidades y demás parámetros cinemáticos deberían casar como las piezas de un puzzle, tanto en el cálculo cinemático realizado de forma secuencial como en los cálculos puntuales realizados por métodos independientes. Los datos sobre siniestros reales, generalmente, se muestran tozudamente remisos a encajar con exactitud.

En el supuesto que existan ciertos desajustes en los resultados que ofrece la reconstrucción cinemática, hay que poner especial atención en los siguientes aspectos:

- Los escenarios individuales obtenidos a través de los diferentes cálculos numéricos se debería confrontar con las declaraciones de conductores, ocupantes y testigos.
- Las posiciones relativas de los vehículos en la fase precolisión deben ser compatibles con las posibilidades de percepción recíproca de las personas implicadas, en función de las distancias y campos de visibilidad, a lo largo de todas las secuencias previamente definidas.

- La evolución de las distancias relativas entre los vehículos deben ser coherentes con las maniobras evasivas realizadas por las personas implicadas, tanto comprobadas a través de las evidencias sobre la vía como a través de los testimonios de los implicados y testigos.
- Utilizar el tiempo calculado de reacción a través de la reconstrucción cinemática con los valores de referencia obtenidos en los diferentes trabajos monográficos sobre este tema.

El proceso de reconstrucción de un siniestro vial, cualquiera que sea el método concreto que se utilice, es un procedimiento reiterativo. Si al finalizar la reconstrucción se descubren incoherencias o lagunas en los resultados alcanzados, hay que retomar el trabajo desde los primeros estadios para conseguir superar el problema concreto detectado.

4. DESARROLLO DEL MÉTODO INRETS

El análisis secuencial del siniestro vial, según lo lleva a cabo el INRETS, parte de la misma tesis que el modelo piramidal de análisis de conflictos, según la cual existe una continuidad de eventos desde una situación de conducción normal hasta el desenlace final de la situación que provoca un siniestro vial.

El objetivo confeso de los autores de este método es la prevención de siniestros y de sus consecuencias. Es un método para ser utilizado en el diagnóstico de seguridad vial, de una forma más amplia que los estudios tradicionales de auditoría de seguridad vial centrados en el estudio de la infraestructura.

Como importante limitación de este sistema de trabajo, hay que apuntar que se trata de un método concebido para ser aplicado retrospectivamente a la ocurrencia del siniestro, por lo que debe basarse en un atestado o informe policial. De esta documentación debería extraerse la información necesaria para realizar un análisis secuencial del siniestro que permita realizar un diagnóstico de seguridad vial estableciendo, si fuera necesario, uno o varios escenarios tipo. El análisis de la información debería centrarse en el estudio de las declaraciones de los conductores e implica-

dos, los testimonios de los testigos, las evidencias materiales, el croquis y las fotografías tomadas en la escena del siniestro. Aquí tiene su entrada la reconstrucción secuencial cinematográfica del siniestro llevada a cabo según el procedimiento expuesto en el epígrafe anterior.

4.1. Análisis del desarrollo del siniestro

En primer lugar, hay que determinar el evento, –primer punto de ruptura–, que constituye el inicio de la situación de peligro de siniestro. Este evento se define desde un punto de vista exterior, y es característico del siniestro desde una perspectiva global, no desde una visión unilateral de alguno de los implicados. El elemento que constituye esta ruptura es una evolución espacio-temporal observable exteriormente, no una apreciación personal de alguno de los implicados.

A continuación, se deben describir los eventos que se producen, a lo largo del desarrollo del siniestro, en las diferentes posiciones que se van sucediendo a lo largo de las correspondientes fases. Estas fases son la situación de conducción normal, la situación de peligro de siniestro, la situación de urgencia y la situación de choque, que incluye la subfase postcolisión.

- La situación normal de conducción es aquella en la cual los usuarios de la carretera mantienen el control del vehículo, en el caso de los conductores, o de su movimiento, en el caso de los peatones y resto de usuarios.
- El punto de ruptura es el evento que determina que la situación normal de conducción acabará en un impacto, si no se hace nada para evitarlo.
- La situación de emergencia es aquella en la que al menos uno de los usuarios está en condiciones de realizar una maniobra evasiva para evitar el impacto.
- La situación de choque ocurre cuando la maniobra evasiva ha resultado errónea y por lo tanto no ha tenido éxito. A consecuencia de los correspondientes impactos resulta lesionadas las personas y dañados los bienes. Esta situación incluye, según la formulación original (Br:97), la

fase postcolisión en la cual los vehículos y los usuarios evolucionan en el espacio y el tiempo hasta que alcanzan su posición final.

Además, hay que pronunciarse y aclarar si los hechos constitutivos de cada fase, en cada caso concreto, son consecuencia de un normal funcionamiento o de un mal funcionamiento de los sistemas usuario/vehículo/entorno.

Finalmente, con el conocimiento adquirido sobre el desarrollo del siniestro se debe elaborar una ficha que contenga este análisis completo. El modelo a utilizar puede ser similar al presentado en el correspondiente anexo de este trabajo.

4.2. Determinación de los factores relevantes

El desarrollo secuencial del siniestro es la premisa necesaria para poder buscar, localizar e identificar los factores que han contribuido, de una u otra forma, al siniestro. No se trata aquí de analizar procesos ni fenómenos, sino de encontrar indicadores del estado de uno de los componentes del sistema del tráfico. En el epígrafe dedicado a los conceptos se han establecido las definiciones y diferencias entre los factores accidentológicos y los factores de gravedad.

La investigación para determinar la concurrencia de factores accidentológicos y factores de gravedad es la base para diseñar y aplicar medidas preventivas que eviten que se llegue a producir cualquier tipo de siniestro o paliativas de sus resultados lesivos para las personas.

Es complicado distinguir los factores accidentológicos de lo que tradicionalmente se ha denominado como causas de los siniestros viales. Baste aclarar que en los trabajos de tipo técnico y preventivo es preferible utilizar el primer concepto por tener menos connotaciones filosóficas y jurídicas, y estar perfectamente definido tal y como se hizo en el epígrafe dedicado a esta materia.

Para establecer cuáles son los factores de gravedad del siniestro, hay que precisar las lesiones que presentan cada una de las personas heridas o muertas determinando el

mecanismo lesional y de esta forma poder fijar las partes del vehículo o de la infraestructura que las han producido. A partir de estos datos los ingenieros pueden mejorar el comportamiento de los materiales y el diseño de esos elementos. También pueden observarse factores de gravedad susceptibles de ser atajados mediante el cumplimiento de las normas que regulan el tráfico, pej. el consumo de alcohol por parte de los conductores o el uso del casco por los motoristas.

Una vez completado el listado de los factores accidentológicos y de gravedad es conveniente trasladarlos a un formato uniforme. Para ello es preciso rellenar el apartado correspondiente de una ficha o formulario. Además la presentación en formato ficha permite un mejor almacenamiento de los datos para su posterior recuperación, tratamiento y análisis.

4.3. Observaciones en el lugar de los hechos

Eventualmente se puede proceder a realizar una observación y análisis del lugar de los hechos. Es interesante comprobar las condiciones aproximación, la configuración general de la vía, las condiciones de visibilidad, los problemas de percepción o de interpretación derivados de la configuración de la vía y de la señalización en ella existente, el estado de funcionamiento de los semáforos, las circunstancias del resto de tecnologías de señalización, y los comportamientos habituales de los conductores en el lugar del siniestro y sus proximidades. También puede resultar útil realizar un análisis en profundidad del escenario de los hechos midiendo la disposición de sus elementos para realizar un croquis, tomando una fotografía cenital, o determinando las velocidades medias y prácticas de los vehículos en ese punto.

Si fuera necesario, a consecuencia de este estudio del lugar del siniestro, proceder a una reinterpretación de los pasos precedentes. A partir de la información obtenida, lo más frecuente es poder inferir los factores accidentológicos que no habían sido detectados hasta el momento, o confirmar los que ya se habían señalado, y más raramente descartar alguno de los que se habían apuntado.

La meta de esta observación sistemática no es la realización de un estudio de diagnóstico ni una auditoría de seguridad vial, para lo cual es necesario un trabajo más profundo y dilatado en el tiempo, sino que su verdadero objetivo es más limitado, tan solo se trata de complementar, con la inspección ocular del lugar del siniestro, el estudio retrospectivo realizado sobre documentación.

4.4. Creación de escenarios tipo de siniestros

Un escenario tipo de siniestro es definido como un prototipo de desarrollo correspondiente a un grupo de siniestros que presentan similitudes desde un punto de vista global en la secuencia de eventos y en sus relaciones de causalidad, a lo largo de las diferentes fases que conducen a la colisión (FI :01), o en otras palabras un modelo de proceso de desarrollo del siniestro caracterizado por semejanzas en la cadena de eventos, las acciones, las relaciones causales y las consecuencias en términos de daños a las personas y propiedades. Estos escenarios han sido elaborados a partir de los Estudios Detallados de Siniestros (EDA). Este concepto ha sido, inicialmente, utilizado en el marco de las investigaciones sobre los métodos de diagnóstico de seguridad vial.

5. CONCLUSIONES

El Instituto Nacional de Investigación sobre los Transportes y la Seguridad (INRETS) es una institución de coordinación de los proyectos e iniciativas sobre investigación que ofrece unos resultados excelentes en Francia. Sería deseable la creación de un Instituto similar en España con misiones semejantes al INRETS porque aquí, aunque existe un nivel de investigación aceptable, los niveles de cooperación e interacción son, todavía, bajos. La creación de una red neuronal integrada de centros dedicados a la investigación de siniestros de tráfico, en particular, y sobre seguridad vial, en general, sería otro paso necesario para conseguir que este tipo de actividades fueran eficaces al buscar y conseguir objetivos que redunden directamente en la reducción de la

siniestralidad y sus indeseables consecuencias. Además, se conseguiría ser altamente eficientes en este tipo de proyectos necesariamente multidisciplinarios, caracterización especialmente deseable cuando se hallen sufragados, en todo o en parte, con fondos públicos.

Hay que resaltar una relación que, aunque al lector de este trabajo le haya podido pasar desapercibida, tiene un especial interés porque puede, por sí sola, determinar una futura línea de investigación. El modelo descriptivo del siniestro, el modelo secuencial, surge como necesidad al iniciar una investigación en profundidad sobre este tipo de fenómenos, el estudio EDA, de donde se deduce como conclusión obvia que no es posible acometer ningún tipo de investigaciones en detalle sin tener previamente definido un modelo del fenómeno que se pretende aprehender. Además, como consecuencia implícita se puede añadir que el modelo elegido va a determinar, en buena parte, la metodología investigativa a utilizar y, por ende, las técnicas y procedimientos aplicados.

El Método INRETS de análisis de siniestros viales no ha surgido de la nada, sino que es la síntesis de otros modelos previos a los que se han añadido conceptos procedentes de diferentes áreas del conocimiento para conseguir un resultado final realista que permita describir cómo sucedió el siniestro y qué factores se encontraban en su origen y posterior devenir.

La clave de esta tipología de modelos secuenciales del siniestro vial se encuentra en su entendimiento del fenómeno como una evolución espacio-temporal de diferentes elementos que puede ser reconstruida y analizada de una forma retrospectiva. En este caso el concepto de secuencia es vital, ya que además de la idea de este devenir lleva implícita la de orden. De esta forma la información sobre cada evento ocurrido o cada acción adoptada por una persona no se agolpan en una fase de forma aleatoria, sino que el investigador tiene que buscar el concreto orden de las secuencias de todos los implicados de forma que el conjunto descriptivo del siniestro encaje de manera coherente.

El método INRETS incluye como valor añadido al análisis secuencial un estudio ordenado de los factores implicados en el siniestro.

La diferenciación entre factores accidentológicos, los que por sí generan el hecho, y factores de gravedad, los que solo agravan las consecuencias del hecho lesivo o dañoso, sirve para posteriores aplicaciones de los análisis individualizados a conjuntos de siniestros agrupados geográficamente o tipológicamente. El objetivo final de estos estudios es realizar un diagnóstico de los factores implicados que permita a los poderes públicos la adopción de las medidas preventivas y paliativas necesarias y suficientes.

En muchos de estos estudios, los resultados generales son expresados en forma de frecuencia de implicación de varios factores causales identificados. Sin embargo, los factores no aportan una base lo suficientemente amplia para analizar las posibilidades de prevención, especialmente cuando se busca un nuevo enfoque tanto en el método de análisis como en las medidas a adoptar más allá de la simple corrección de anomalías. Los resultados generales deben ser presentados y analizados teniendo en cuenta los aspectos dinámicos del siniestro, la secuencia de eventos y los procesos funcionales en los cuales se desarrolla aquel.

En el caso de ser aplicado este método de forma sistemática puede servir como punto de partida para realizar investigaciones y trabajos en mayor detalle o con una determinada finalidad u orientación. Entre las muchas posibilidades de explotación posterior que tiene la información recogida de esta manera se pueden citar los siguientes:

- Análisis temáticos o monográficos de una tipología determinada de siniestros.
- Análisis geográfico y situacional de los siniestros.
- Escenarios tipo de siniestros.
- Diagnóstico de problemas de seguridad.
- Auditorias de Seguridad Vial.

Al utilizar el método INRETS en el marco de la investigación en profundidad francesa REAGIR se ha llegado a la conclusión que el factor humano es la causa de más del 90 % de los siniestros mortales. Esto significa que casi el 10 % de las causas de los siniestros se puede atribuir a otros factores diferentes al conductor o al resto de los usuarios de la vía (Go:06).

El método de análisis secuencial del siniestro vial, y el procedimiento de reconstrucción cinemática, desarrollados en el INRETS son unas herramientas conceptuales poderosas para realizar un análisis individualizado de un siniestro cualquiera.

6. FUTURAS INVESTIGACIONES

Con el método INRETS se abre una línea de investigación que debe cubrir un amplio espacio de conocimiento hasta ahora no sistematizado, los modelos conceptuales de un siniestro. Se debería avanzar hacia la definición de un nuevo modelo secuencial de eventos del siniestro, que aglutine los logros hasta ahora conseguidos por otros autores integrando las nuevas tecnologías aplicables a la investigación y reconstrucción de este tipo de fenómenos. Simultáneamente hay que realizar un esfuerzo para lograr acompasar el estudio del siniestro a través de la búsqueda de la secuencia de eventos con otros enfoques de análisis del mismo que pretenden encontrar la respuesta a por qué se producen dichos eventos.

El método INRETS puede producir magníficos resultados al ser aplicado a una específica tipología de siniestros en un determinado entorno. Es probable que los frutos de este tipo de investigaciones sean más visibles cuando se aplique en una zona urbana, ya que los escenarios tipo resultarían más obvios y, por lo tanto, más fácilmente adoptables las medidas que impidan la producción de este tipo de siniestros o que ayuden a paliar sus nocivos efectos. Se pretende aplicar esta técnica de análisis al atropello a peatones en una ciudad de tamaño pequeño, con la visión puesta en la posible aplicación a entornos urbanos mayores a través de la generalización del método utilizado.

La aplicación conjunta y renovada de un nuevo modelo de siniestro, junto a una metodología de investigación más estructurada y una serie de herramientas de análisis de las causas de un determinado tipo de siniestros en un entorno previamente definido tiene que desembocar en un nuevo enfoque para llevar a cabo investigaciones en profundidad sobre siniestros. Esta nueva forma de afrontar el siniestro, integrando la investigación individualizada

en una base de datos en profundidad que permita posteriores análisis focalizados hacia la adopción de medidas efectivas que eviten los siniestros, es una de las metas de futuro a conseguir en el campo de la seguridad vial.

BIBLIOGRAFÍA

- (Ba:60) BAKER, J.S.: *Experimental case studies of traffic accidents: a general discussion of procedures and conclusions*, Northwestern University Traffic Institute, Evanston, Illinois, (1960).
- (Ba:86) BAKER, J.S.; FRICKE, L.B.: *The traffic accident investigation manual*, Northwestern University Traffic Institute, Evanston, (1986).
- (Bn:85) BENNER, Ludwig: *Rating accident models and investigation methodologies*, Pergamon Press, National Safety Council, Journal of Safety Research, Vol. 16, Washington, (1985), pgnas. 105-126
- (Bl:91) BORRELL VIVES, Joaquín; ALGABA GARCIA, Pedro; MARTINEZ-RAPOSO PIEDRAFITA, Juan: *La Investigación de accidentes de tráfico*, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, Ministerio del Interior, Dirección General de Tráfico, Madrid, (1991), pgnas. 595.
- (Br:97) BRENAC, Thierry: *L'analyse séquentielle de l'accident de la route (Méthode INRETS)*, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), Outils et méthodes núm. 3, mars, Arcueil Cedex, (1997), pgnas. 80.
- (Ca:02) CAMPÓN DOMÍNGUEZ, José Andrés: *La evolución del accidente*, Cuadernos de la Guardia Civil: Revista de seguridad pública, Num. 26, Madrid, (2002), pgnas. 131-148.
- (Fe:86) FERRANDEZ, F.; FLEURY, D.; MALATERRE, G.: *L'étude détaillée d'accidents (EDA): Une nouvelle orientation de la recherche en sécurité routière*, Recherche transport Sécurité, núm. 9-10, Arcueil Cedex, (1986), pgnas. 17-20.
- (Fe:95) FERRANDEZ, F.: *L'étude détaillée d'accidents orientée vers la sécurité primaire, méthodologie de recueil et de pré-analyse*, Presses de L'Ecole Nationale des Pons et Chaussées, Paris, (1995), pgnas. 244.
- (Fl:01) FLEURY D.; BRENAC, T.: *Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnosis studies*, Elsevier, Accident Analysis & Prevention, vol.33, London, (2001), pgnas. 267-276.
- (Go:06) GONNEVILLE, Pierre de; MARTIN, Guy: *Savoirs de base en sécurité routière*, Ministère de l'Équipement du Tourisme et de la Mer, Service d'Études techniques des routes et autoroutes (Sétra), mars, Bagneux Cedex, France, (2006), pgnas. 5.
- (Ha:64) HADDON, W.; SUCHMAN, EA; KLEIN, D.: *Accident research: methods and approaches*, Harper & Row, New York, NY, (1964)
- (Ha:72) HADDON; W.: *A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity*, Journal of Trauma 12, New York, (1972), pgnas. 193-207.
- (Lc:86) LECHNER, D.; MALATERRE, G.; FLEURY, D.: *La reconstitution cinématique des accidents*, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), Rapport INRETS núm 21, décembre, Arcueil Cedex, (1986), pgnas. 158.
- (Lm:66) LOPEZ-MUÑIZ GOÑI, M.: *La reconstrucción de accidentes de tráfico*, Editorial Gesta, Madrid, (1966), pgnas. 112.
- (Mi:02) MIQUEL, Gérard: *La recherche en sécurité routière*, Sénat, Rapport D'information, núm. 29, Annexe au procès-verbal de la séance du 23 octobre, Paris, (2002), pgnas. 100.
- (Oc:98) OECD: *Safety of vulnerable road users*, OECD, Report DSTI/DOT/RTR/RS7(98) 1 FINAL, Paris, (1998).
- (Qu:08) QURESHI, Zahid H.: *A Review of Accident Modelling Approaches for Complex Critical Sociotechnical Systems*, Defence Science and Technology Organisation, Command, Control, Communications and Intelligence Division, DSTO-TR-2094, Edinburgh South Australia, (2008), pgnas. 66.
- (Vn:97) VAN ELSLANDE, P.; ALBERTON, L.: *Scénarios-types de production de l'erreur humaine dans l'accident de la route, problématique et analyse qualitative*, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), Rapport de recherche núm. 218, Arcueil Cedex, (1997).
- (Vn:07) VAN ELSLANDE, P.; FOUQUET, Katel: *Analyzing 'human functional failures' in road accidents*, Consortium Trace, Project No. 027763 – TRACE, Brussels, (2007), pgnas. 39.

Internet, páginas web:

Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Inrets)
<http://www.inrets.fr/>

Délégation interministérielle à la sécurité routière: <http://www.securite-routiere.equipement.gouv.fr>

Ministerio de Fomento de Francia: <http://www.equipement.gouv.fr>

Service d'Études techniques des routes et autoroutes: <http://www.setra.fr>

Proyecto TRACE: www.trace-project.org

Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU): <http://www.certu.fr>

ONG Violencia vial: <http://www.violenceroutiere.org>

Ministerio de Defensa Australiano: <http://web-vic.dsto.defence.gov.au/workareas/library/>