



Ricardo Serrano de Andrés
Caballero Alférez Cadete de la Guardia Civil
Grado en Ingeniería de la Seguridad por la
Universidad Carlos III de Madrid

**EL FUTURO EN LA INVESTIGACIÓN Y
RECONSTRUCCIÓN DE SINIESTROS
VIALES. EL DISPOSITIVO E.D.R (EVENT
DATA RECORDER) Y SU APLICACIÓN PARA
AYUDAR A REDUCIR LA SINIESTRALIDAD**

EL FUTURO EN LA INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE SINIESTROS VIALES. EL DISPOSITIVO E.D.R (EVENT DATA RECORDER) Y SU APLICACIÓN PARA AYUDAR A REDUCIR LA SINIESTRALIDAD.

Sumario: 1.- APROXIMACIÓN INTEGRAL AL TRANSPORTE POR CARRETERA. 2.- MARCO NORMATIVO SOBRE LOS DISPOSITIVOS REGISTRADORES DE DATOS. 2.1.- Ámbito europeo. 2.2.- Ámbito estadounidense. 2.3.- Otros países. 3.- DISPOSITIVO EVENT DATA RECORDER (EDR). 3.1.- Descripción. 3.2.- Datos registrados por el EDR. 3.3.- Lectura de datos registrados. 3.4.- Interpretación de los datos. 3.5.- Utilidad de los datos obtenidos. 3.6.- Limitaciones. 3.7.- Importancia de las evidencias físicas. 4.- APLICACIÓN DEL MODELO SHELL A LA INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE SINIESTROS VIALES. 4.1.- Aproximación del modelo Shell al transporte por carretera. 5.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN. 6.- BIBLIOGRAFÍA.

Resumen: La reciente entrada en vigor del Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2019, estableció que desde julio de 2022 los vehículos de nueva homologación tipo, tienen que llevar incorporado un dispositivo registrador de datos (Event Data Recorder, EDR).

El artículo que a continuación se expone trata de conocer si este nuevo sistema va a ayudar a aminorar los tiempos de investigación y a facilitar las labores de reconstrucción de los siniestros viales a los agentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, encargados de estas tareas en lo que respecta a las vías interurbanas. Asimismo, se estudia si este nuevo sistema contribuirá a reducir considerablemente el número de siniestros y lesiones en el transporte por carretera.

Por último, se ha realizado una aproximación de como el modelo SHELL, utilizado por los investigadores de accidentes aéreos, pudiera ser implementado también en la investigación y reconstrucción de siniestros viales, teniendo en cuenta que el transporte aéreo, desde sus orígenes, ha sido el medio de transporte más seguro de la historia y el que desde un principio ha apostado por el concepto de seguridad integral.

Abstract: The recent implementation of EU Regulation 2019/2144 of the European Parliament and the Council on November 27, 2019, established that as of July 2022, newly homologated vehicle types must be equipped with an Event Data Recorder (EDR).

The following article aims to investigate whether this new system will help expedite accident investigation times and facilitate accident reconstruction tasks for officers of the Traffic Group of the Civil Guard, responsible for these activities on interurban roads. Additionally, it assesses whether this new system will significantly reduce the number of accidents and injuries in road transportation.

Finally, an exploration is conducted on how the SHELL model, traditionally used by aviation accident investigators, could also be applied to accident investigation and reconstruction in road accidents, taking into consideration that air transport has been the safest way of travelling in history and has been developed considering an integral approach.

Palabras clave: Siniestro vial, Registrador de datos de eventos, evidencia, seguridad vial, tráfico.

Key Words: Traffic accident, Event Data Recorder (EDR), evidence, road safety, traffic.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AAA	American Automobile Association
ABS	Anti-lock Braking System
ACM	Airbag Control Module
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
ATGC	Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil
CDR	Crash Data Retrieval
CFR	Code of Federal Regulations
CIAF	Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios
CIAIAC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil
CIAIM	Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos
CVR	Cabin Voice Recorder
DGT	Dirección General de Tráfico
DIRAT	Departamento de Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico
DLC	Diagnostic Link Connector
ECU	Engine Control Unit
EDR	Event Data Recorder
ERAT	Equipos de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico
FDR	Flight Data Recorder
ICAO	International Civil Aviation Organization
MITMA	Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
MOSES	Modelo Secuencial de Eventos de un Siniestro
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
OBD	On Board Diagnostics
UE	Unión Europea

1.- APROXIMACIÓN INTEGRAL AL TRANSPORTE POR CARRETERA

La necesidad de desplazamiento de los seres humanos ha existido desde tiempos inmemoriales, ya los primeros habitantes de la Tierra se movían para cubrir sus necesidades esenciales, como la búsqueda de alimentos o refugio. A lo largo de la historia, estas necesidades se han diversificado y ampliado, requiriendo desplazamientos cada vez más largos.

La movilidad, como se destaca en la declaración de motivos de la futura Ley de Movilidad Sostenible, desempeña un papel crucial en la vida de los ciudadanos. Las personas se trasladan con propósitos específicos, como ir al trabajo o disfrutar de actividades de ocio, aspectos vitales que influyen en su bienestar y calidad de vida. Por lo tanto, es responsabilidad de las autoridades públicas garantizar ese desplazamiento, considerándolo no solo como un medio, sino como un derecho en sí mismo. Además, este desplazamiento debe ser seguro, lo que significa que debe ser “*libre de peligros, daños o riesgos*” (RAE, 2023), independientemente del medio de transporte utilizado.

El concepto de seguridad no ha tenido la misma relevancia en el desarrollo de las políticas en los diferentes medios de transporte, un hecho que se ha visto y se ve reflejado de forma muy directa no solo en la cifra de víctimas mortales y heridos graves que se registran en cada medio de transporte, sino también en el encuadre administrativo de cada uno de ellos.

A modo de resumen, se puede decir que tanto el transporte ferroviario, como el marítimo y aéreo cuentan con una Comisión de Investigación específica de accidentes, un órgano colegiado adscrito al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), mientras que el transporte por carretera carece de la misma. Además, recientemente, el Gobierno ha aprobado el Proyecto de Ley por el que se crea la Autoridad Independiente de Investigación Técnica de Accidentes e Incidentes ferroviarios, marítimos y de aviación civil, una nueva autoridad encargada de explicar las causas de los siniestros, aportar recomendaciones de seguridad para evitar que vuelva a suceder. Esta nueva autoridad excluye a los accidentes de tráfico sufridos en vehículos para el transporte por carretera.

Los tres medios de transporte (aéreo, marítimo y ferroviario) cuentan con una Agencia Estatal de Seguridad especializada en cada uno de los tres modos de transporte.

En el caso del transporte por carretera la situación es totalmente diferente, ya que cada uno de los elementos (infraestructura, vehículos, factor humano) que conforman este tipo de transporte están ubicados en organizaciones administrativas y ministerios diferentes. La homologación de vehículos depende del Ministerio de Industria, las infraestructuras son competencia del MITMA, Diputaciones, Comunidades Autónomas y municipios y la vigilancia y regulación corresponde al Ministerio del Interior, que delega en la Dirección General de Tráfico (DGT) y en la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil (ATGC) en lo que respecta a las vías interurbanas (excepto en aquellas comunidades autónomas con las competencias transferidas).

Respecto a la siniestralidad, los datos publicados por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM), en su informe anual en 2021 se “recibieron 283 notificaciones de accidentes e incidentes marítimos [...] en los

que se registraron un total de 9 fallecidos, 2 desaparecidos y 14 heridos graves”. En el caso del transporte aéreo, la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (CIAIAC), registró 42 accidentes en aeronaves en los que se produjeron 5 víctimas mortales y 9 heridos graves. Además, se produjeron 28 accidentes en aeronaves ultraligeras con 4 fallecidos y 5 heridos graves. Es necesario destacar, que ninguno de los 5 fallecidos en aeronaves correspondía a vuelos comerciales. Según el Informe Anual de la Agencia estatal de Seguridad Ferroviaria, en 2021, se produjeron 52 accidentes en los que fallecieron 15 personas y otras 19 resultaron heridas graves. Las 15 víctimas mortales fueron por arrollamiento o en accidentes en paso a nivel.

En el transporte por carretera, los datos recogidos en el Anuario Estadístico de Accidentes de la DGT, muestran que en 2021 se registraron 89.862 siniestros viales con víctimas en los que fallecieron 1.533 personas y otras 4.142 resultaron heridas graves.

Los datos oficiales presentados sobre los distintos modos de transporte muestran que el enfoque de la seguridad no ha sido uniforme en todos ellos. El transporte por carretera destaca como el único medio en el que las políticas a nivel supranacional y nacional no han abordado de manera integradora todos los componentes que conforman el sistema de transporte por carretera. En sus primeras etapas, los vehículos evolucionaron sin tener en cuenta factores como la infraestructura vial o la seguridad de los ocupantes. Las carreteras se diseñaban sin considerar los posibles errores humanos en la conducción, y los conductores se ponían al volante de vehículos que no habían sido concebidos para mitigar esos errores humanos, los cuales, en caso de ocurrir, a menudo resultaban en víctimas mortales o lesiones graves.

El planteamiento de Sistema Seguro se recoge en la Estrategia de Seguridad Vial 2030, elaborada por la DGT, y que es la hoja de ruta a seguir para alcanzar el objetivo de reducir la siniestralidad vial.

Dentro de la Estrategia de Seguridad Vial, una de las nueve áreas que la componen es la de vehículos seguros y conectados. Tomando como base el enfoque de Sistema Seguro, la industria de la automoción ha entendido, que la seguridad de los vehículos pasa por la introducción de nuevos sistemas tecnológicos que ayuden a la conducción. La Unión Europea (UE), conocedora de la importancia que tienen los vehículos para la reducción de los siniestros viales, ha ido incorporando como obligatorios una serie de Sistemas de Ayuda a la Conducción (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) que deben incluir los vehículos que se comercialicen en Europa para ayudar a paliar los errores humanos en caso de accidentes.

Uno de los dispositivos que contribuirá al análisis de las causas de los accidentes es el EDR, un sistema análogo a una caja negra que se incorpora en los vehículos y registra variables que enriquecerán y precisarán las investigaciones de los incidentes de tráfico. Además, facilitarán una comprensión más profunda de los límites en términos de lesiones, lo que permitirá mejorar las medidas de seguridad pasiva. Asimismo, este dispositivo se convertirá en una herramienta imprescindible para abordar aspectos legales en la reconstrucción de los accidentes y para la implementación de otros servicios destinados a mejorar la seguridad en las carreteras.

Este dispositivo de seguridad, que ha experimentado un notable retraso en su implementación en vehículos, ha demostrado en otros modos de transporte ser un

componente esencial para la investigación de accidentes y, aún más importante, para elevar los estándares de seguridad en los vehículos que están disponibles en el mercado.

2.- MARCO NORMATIVO SOBRE LOS DISPOSITIVOS REGISTRADORES DE DATOS

A lo largo de las últimas décadas, ha habido una transformación significativa en los sistemas tecnológicos instalados en los vehículos. Los ADAS se han desarrollado con el propósito principal de prevenir o disminuir los errores potenciales de los conductores, anticipándose a situaciones de peligro y tomando medidas apropiadas. En conjunto, estos avances contribuyen de manera considerable a la disminución de accidentes, así como de lesiones y víctimas mortales.

En el presente apartado se muestra la normativa actual relacionada con los diferentes dispositivos electrónicos registradores de eventos integrados en los vehículos, así como la forma de grabación y extracción de datos para un correcto análisis y reconstrucción de siniestros viales.

2.1.- ÁMBITO EUROPEO

A pesar de que Europa es el continente más seguro en lo que refiere el transporte por carretera, cifras aún provisionales del año 2022 estiman que aproximadamente 20.600 personas perdieron la vida y más de 100.000 resultaron gravemente heridas. Estos números son notoriamente altos y requieren de una acción decidida para su reducción. En la lucha por disminuir estas cifras, los países miembros de la UE están dando un paso significativo al establecer un ambicioso objetivo de Visión Cero (acercarse a la cifra de cero fallecidos y cero lesionados en el transporte por carretera).

Si se hiciera una retrospectiva de toda la legislación europea relativa a la homologación de piezas y vehículos que se ha ido publicando, se puede apreciar la constante preocupación que desde las últimas décadas ha mostrado la UE para que los vehículos que se fabriquen y se comercialicen sean seguros.

En la Resolución del Parlamento Europeo de 18 de mayo de 2017 ya se instaba a la Comisión a revisar sin demora el Reglamento nº 661/2009 relativo a los requisitos de homologación de tipo referente a la seguridad general de los vehículos. Es aquí donde de forma muy somera aparecen los registradores de datos de emergencia, como muestra de la importancia que tienen los avances tecnológicos para que puedan ayudar de forma significativa a la investigación de siniestros viales.

Por otro lado, en el marco de la Política de la UE en materia de seguridad vial para 2021-2030, con la medida número 50 de la Resolución del Parlamento Europeo de 6 de octubre de 2021, se solicita a la Comisión que defina de forma específica un conjunto de reglas para poder registrar y obtener los datos internos registrados en los vehículos, únicamente con el propósito de investigar accidentes y mejorar así la seguridad en las carreteras.

Definitivamente, se debe hacer especial mención al Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de noviembre de 2019, relativo a los requisitos de homologación de tipo de los vehículos a motor y de sus remolques, así como

de los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a esos vehículos, en lo que respecta a su seguridad general y a la protección de los ocupantes de los vehículos y de los usuarios vulnerables de la vía pública. Dicho Reglamento establece una serie de exigencias técnicas que deben ser integradas en los vehículos nuevos que se fabriquen, con el fin de asegurar un elevado nivel de seguridad. Constituye la fundamentación teórica en la que se sustenta la introducción de los dispositivos registradores de incidencias, los cuales son conocidos como EDR.

La normativa en cuestión define el EDR como “un sistema diseñado exclusivamente para registrar y almacenar parámetros e información críticos relacionados con una colisión, poco antes, en el transcurso e inmediatamente después de esta.” (Reglamento (UE) 2019/2144).

El motivo por el que se integran los registradores de datos en los nuevos vehículos que se fabriquen es para la obtención precisa de información en los instantes inmediatos al siniestro. De esta forma, se obtienen datos relevantes que pueden ser incluidos en los informes correspondientes e incluso para la elaboración de la reconstrucción del siniestro. En dicho Reglamento se establecen tanto los requisitos, como las fechas a partir de las cuales se tienen que implantar de forma obligatoria el EDR en los nuevos vehículos, las cuales dependen de la categoría en la que se encuadre el mismo. Por tanto, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento 2019/2144 del Parlamento Europeo, se pretende dotar a todos los vehículos del parque móvil europeo de nueva homologación de diferentes sistemas de ayuda a la conducción.

						
Denominación	M1	M2	M3	N1	N2	N3
Registrador de datos de incidencias (EDR)						
Sistema de advertencia de somnolencia y pérdida de atención del conductor (DDR-DAD)						
Interfaz para la instalación de alcoholímetros de arranque (ALC)						
Señal de frenado de emergencia (ESS)						
Asistente de velocidad inteligente (ISA)						
Sistema avanzado de frenado de emergencia (AEB-VEH)						
Sistema de mantenimiento de carril (LKA)						
Detector de marcha atrás (REV)						
Sistema de control de presión de neumáticos (TPMS) directo						
Advertencia de colisión con peatones y ciclistas (VIS-DET)						
Sistema de información sobre ángulos muertos (BSIS)						
Sistema de advertencia de abandono de carril (LDW)						
Dispositivos de limitación de velocidad (SLI)						
Sistema avanzado de frenado de emergencia ante peatones y ciclistas (AEB-PCD)						
Sistema avanzado de advertencia de distracciones del conductor (DDR-ADR)						

 Vehículos nuevos matriculados a partir del 06/07/2022
  Vehículos homologados a partir del 06/07/2024 y matriculados nuevos a partir del 06/07/2026

 Vehículos homologados a partir del 06/07/2022 y matriculados nuevos a partir del 06/07/2024
  Vehículos homologados a partir del 01/01/2026 y matriculados nuevos a partir del 01/01/2029

Figura 1. Sistemas obligatorios según el Reglamento (UE) 2019/2144.

Fuente: (DGT, 2022)

2.2.- ÁMBITO ESTADOUNIDENSE

Cabe hacer especial mención a Estados Unidos, puesto que fue uno de los pioneros en la implantación de registradores de datos en los vehículos. En 1992 la empresa norteamericana General Motors incluyó diferentes dispositivos que grababan datos de los vehículos. Estos resultados fueron aprobados por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) y desde 1998 han sido extraídos y utilizados para la investigación y reconstrucción de siniestros viales.

En lo que respecta a la regulación legal de dichos dispositivos en Norteamérica cabe remitirse a lo dispuesto en el Código de Regulaciones Federales, texto que contiene una serie de normas y pautas generales destinadas a los diversos departamentos ejecutivos del gobierno federal de los Estados Unidos. Este documento se compone de 50 disposiciones que abarcan gran variedad de asuntos con el propósito de regular diversas áreas a nivel nacional. Dentro del título cuarenta y nueve se regula el transporte por carretera, y su desarrollo está a cargo de la NHTSA, equiparable a la DGT en España.

Dentro de la cuadragésima novena disposición, en su apartado 563, se desarrollan los grabadores de datos de eventos, los cuales deben ir integrados en los automóviles fabricados con fecha posterior al 1 de septiembre de 2012. Esta regulación se aplica de manera inmediata y obligatoria a vehículos cuyo peso máximo no supere los 3.885 kilogramos en su conjunto.

El propósito de esta medida es definir y estandarizar los procesos de fabricación de vehículos equipados con EDR para garantizar una uniformidad en la recopilación, almacenamiento y gestión de los datos proporcionados por estos dispositivos. Además, se establecen los criterios y requisitos aplicables a los fabricantes de automóviles y a los investigadores de siniestros viales.

Conforme a la Tabla 1, la NHTSA requiere que se registren únicamente los 5 segundos previos al impacto y 250 milisegundos posteriores al mismo. Este periodo se considera suficiente para capturar una visión completa del accidente de tráfico. Asimismo, la NHTSA establece como esenciales 15 elementos que deben ser registrados por los EDR. Sin embargo, permite la recopilación de hasta otros 30 datos adicionales si se siguen las pautas de registro estandarizadas entre todos los fabricantes.

Debido a estas razones, es evidente que Estados Unidos ha sido líder en la adopción del EDR, habiendo avanzado varios años en comparación con Europa, y ha obtenido resultados positivos en la investigación de accidentes de tráfico.

Item #	Data Elements	Recording Time*	Sampling Rate	Range	Accuracy	Resolution	Filter
1	Delta-V, Longitudinal	0 – 250 ms	100/s	-100 to 100 km/h	± 5%	1 km/h	N.A.
2	Maximum delta-V, Longitudinal	0 – 300 ms	N.A.	-100 to 100 km/h	± 5%	1 km/h	N.A.
3	Time, Maximum delta-V, Longitudinal	0 – 300 ms	N.A.	0 – 300 ms	± 3 ms	2.5 ms	N.A.
4	Speed, vehicle indicated	-5.0 to 0 s	2/s	-200 to 200 km/h	± 1 km/h	1 km/h	N.A.
5	Engine throttle, % full (accelerator pedal % full)	-5.0 to 0 s	2/s	0 – 100%	± 5%	1%	N.A.
6	Service brake, on/off	-5.0 to 0 s	2/s	On/off	N.A.	N.A.	N.A.
7	Ignition cycle, crash	-1.0 s	N.A.	0 – 60,000	± 1 cycle	1 cycle	N.A.
8	Ignition cycle, download	At time of download	N.A.	0 – 60,000	± 1 cycle	1 cycle	N.A.
9	Safety belt status, driver	-1.0 s	N.A.	On/off	N.A.	On/off	N.A.
10	Frontal air bag warning lamp	-1.0 s	N.A.	On/off	N.A.	On/off	N.A.
11	Frontal air bag deployment time, Driver (1 st stage, in case of multi-stage air bags)	Event	N.A.	0 – 250 ms	±2 ms	1 ms	N.A.
12	Frontal air bag deployment time, RFP (1 st stage, in case of multi-stage air bags)	Event	N.A.	0 – 250 ms	±2 ms	1 ms	N.A.
13	Multi-event, number of events (1 or 2)	Event	N.A.	1, 2	N.A.	1, 2	N.A.
14	Time from event 1 to 2	As needed	N.A.	0 - 5.0 s	0.1 s	0.1 s	N.A.
15	Complete file recorded (yes or no)	After Other Data	N.A.	Yes/no	N.A.	Yes/no	N.A.

s: second; ms: millisecond; km/h: kilometer per hour; RFP: right front passenger; N.A.: not applicable

* Relative to time zero

Tabla 1. Datos esenciales que deben ser registrados en los EDR.

Fuente: (NHTSA, 2006)

2.3.- OTROS PAÍSES

De manera similar a Europa y Estados Unidos, en distintos países se han establecido regulaciones relativas a los EDR que se incorporan en algunos de sus vehículos.

Por ejemplo, en Corea, conforme a la regulación KMVSS Art.56-2 (Orden MOLIT 534/2018), se ha requerido la inclusión de EDR en vehículos de pasajeros desde el año 2018.

En Japón, a partir de 2015, se han incorporado dispositivos registradores de eventos en vehículos de turismo, respaldados por la normativa japonesa J-EDR (Kokijigi 278/2008).

En Uruguay, desde 2003, se han instalado registradores de datos de eventos únicamente en vehículos que transportan mercancías peligrosas, en cumplimiento con el artículo 11 del Decreto 560/003.

Por último, en Suiza, los registradores de datos de eventos son exclusivos de los vehículos de emergencia, una medida adoptada en 2015 y amparada por el Reglamento VTS, en su artículo 102 (Muñoz, 2022).

3.- DISPOSITIVO EVENT DATA RECORDER (EDR)

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, los primeros análisis e investigaciones sobre los dispositivos EDR se remontan a la segunda mitad del siglo pasado en los Estados Unidos. En aquel entonces, varios fabricantes optaban por instalar en sus vehículos algún tipo de dispositivo que registrase datos e información relevante. Los primeros prototipos de estos dispositivos registraban información y señales de manera analógica.

Un estudio realizado por la Asociación Americana del Automóvil (AAA) en 2014 reveló que el 96% de los automóviles vendidos en Estados Unidos ya contaban con un EDR integrado.

La incorporación de sensores electrónicos en los vehículos ha impulsado la innovación en el parque móvil a nivel mundial, al mismo tiempo que ha conducido al desarrollo continuo de los EDR. Los fabricantes de automóviles han seguido un camino orientado hacia una mayor eficiencia energética y la mejora de los sistemas de seguridad.

3.1.- DESCRIPCIÓN

El EDR es un registrador de datos de eventos o incidencias diseñado para almacenar información relacionada con el funcionamiento del vehículo antes, durante y después de un incidente. Este componente tecnológico se encuentra integrado en el vehículo y registra estos datos en un orden cronológico, que pueden recuperarse una vez que ha tenido lugar el suceso. Es importante señalar que su alcance no se limita únicamente a colisiones, sino que abarca cualquier situación anormal que resulte en consecuencias significativas.

Este dispositivo tiene una apariencia física similar a una caja negra de pequeñas dimensiones y se encuentra colocado debajo de uno de los asientos delanteros. Por lo general, se sitúa en el punto más cercano al centro de gravedad del vehículo, lo que garantiza que factores como aceleraciones o cambios de velocidad de giro no se vean afectados. Por lo tanto, la ubicación del EDR desempeña un papel crucial, ya que una instalación incorrecta podría ocasionar interferencias significativas en la recopilación de datos. (Calderón, 2019).

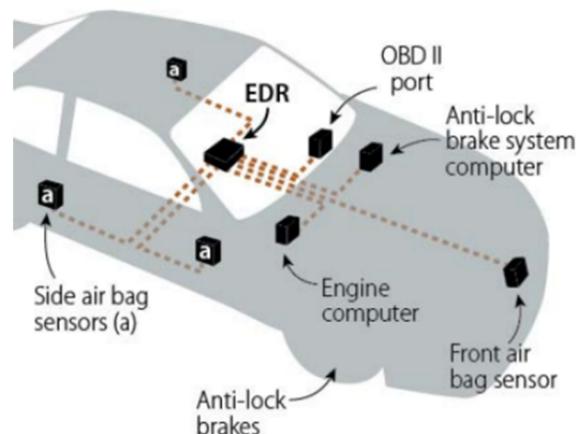


Figura 2. Ubicación unidades de control del vehículo. Fuente: (Canis B.P., 2014)

Se instalan en la unidad de control del airbag del vehículo y de la misma forma, reciben información de la unidad de control del motor (Engine Control Unit, ECU), del módulo de control del airbag (Airbag Control Module, ACM) o de los sensores de vuelco. Estos dispositivos ofrecen información diversa, algunos ejemplos de los datos que registra son a través del sensor de posición del acelerador, las revoluciones por minuto, el flujo de aire y el rendimiento del motor, incluyendo un diagnóstico de fallos.

Es importante considerar que el uso de los datos registrados directamente por el EDR, en lugar de a través de la unidad de control del airbag, se reserva para casos de siniestro total. Se trata de un método intrusivo que puede causar daños en el vehículo al acceder posteriormente a la información. Por lo tanto, la alimentación del EDR debe ser independiente de los demás componentes electrónicos del vehículo, lo que permite que registre datos después del siniestro y que los conserve durante el tiempo necesario para su lectura.

Tal y como se mencionó previamente, el EDR recopila información de diversos sensores, como la centralita del airbag, el sistema antibloqueo de ruedas (Anti-lock Braking System, ABS), el estado del cinturón de seguridad, las revoluciones por minuto del vehículo y las notificaciones automáticas de colisión. Estos datos se sobrescriben cada cinco segundos, lo que significa que solo se conservan los más recientes y cercanos al evento.

En lo que respecta al funcionamiento y activación del dispositivo EDR, cuando los sensores de aceleración del vehículo o sus sensores satélites identifican una fuerza que excede un umbral predefinido por el fabricante, generalmente alrededor de entre 1 y 2 veces la fuerza de la gravedad, durante cierto periodo de tiempo, el algoritmo se inicia.

Los eventos registrados estarían relacionados con aquellas situaciones o incidentes en los que el vehículo se ve involucrado y en los que ha sobrepasado los límites mencionados anteriormente. Debido a la capacidad limitada de la memoria, solo se puede almacenar un número restringido de eventos, cuyos datos se irán sobrescribiendo con el tiempo. (Muñoz, 2022)

3.2.- DATOS REGISTRADOS POR EL EDR

En cuanto a los datos registrados por el EDR, es importante destacar que no se puede realizar una comparación directa con las cajas negras utilizadas en aviones o en la industria ferroviaria. En primer lugar, tanto los Flight Data Recorder (FDR) como los Cabin Voice Recorder (CVR) recopilan información sobre los componentes de la aeronave, además de grabar conversaciones en la cabina. De manera similar, las cajas negras de los trenes también incluyen un CVR. Estos tipos de cajas negras operan de manera continua y realizan grabaciones constantes, mientras que el EDR de los vehículos registra datos solamente en situaciones específicas¹.

¹ “Hay dos escenarios en los que el EDR registra datos del vehículo: cuando hay un evento de despliegue, como cuando se despliegan las bolsas de aire del vehículo, o cuando hay un evento de no despliegue que cumple con ciertos criterios, como un cambio abrupto en la velocidad o dirección que indica impacto externo. Cuando se alcanzan estos umbrales, el EDR registra la entrada de los sensores del vehículo durante unos segundos, capturando información importante sobre la velocidad del vehículo, la entrada del conductor y otros factores antes, durante y después de un choque.” (BoschCDRTool, 2022)

Por tanto, los datos que se registran pueden distinguirse claramente según la fase en la que se produce el incidente: pre-colisión, colisión y post-colisión. A continuación, se muestra una tabla en la que se detallan los diferentes datos que el dispositivo EDR va a almacenar en función de la fase de la colisión. Asimismo, es importante considerar la generación del EDR, puesto que aquellos modelos más recientes podrán registrar mayor número de datos.

PRE-COLISIÓN	COLISIÓN	POST-COLISIÓN
Velocidad	Velocidad	Aceleraciones longitudinales y laterales.
Sistema de frenado	Delta-V longitudinal y lateral	Delta-V longitudinales y laterales
Presión del acelerador	Duración Delta-V	
Sistema ABS	Uso cinturones de seguridad	
Aceleración longitudinal	Activación airbags	
Ángulo de giro	Evento frontal, lateral o trasero	
Velocidad angular	Ciclos de ignición	

Tabla 1. Datos registrados en cada una de las fases del siniestro. Fuente: propia.

3.3.- LECTURA DE DATOS REGISTRADOS

Para extraer y leer los datos almacenados por el EDR, se utiliza el puerto OBD II (On board Diagnostics) que se encuentra integrado en el vehículo. En su origen, el puerto OBD II fue diseñado con el propósito de supervisar las emisiones y detectar posibles fallos en los vehículos. En 1996, se hizo obligatorio para todos los automóviles fabricados en Estados Unidos, mientras que en Europa está regulado por la Directiva 98/69/EC. Esta normativa establece de forma obligatoria la incorporación del puerto OBD II a los automóviles gasolina a partir del año 2000 y para los diésel a partir de 2003.

Tal y como se ha mencionado en líneas anteriores el carácter intrusivo del EDR, en aquellos siniestros en los que utilizar el puerto OBD II sea inviable debido a las condiciones fatales en las que queda el vehículo, se deberá realizar una extracción completa del EDR, para poder llevar a cabo su posterior análisis en el laboratorio.

En la actualidad, los diferentes cuerpos policiales que tienen atribuida la competencia de investigación de siniestros viales en Europa, emplean dos aparatos capaces de extraer la información relevante almacenada por el EDR. Estos son el Crash Data Retrieval (CDR) y el Crash Scan, ambos requieren la alimentación proporcionada por la batería del vehículo a través del ACM.

En primer lugar, el CDR del fabricante Bosh es la herramienta más extendida en el mercado para la extracción y lectura de la información registrada por el EDR. Se trata de un dispositivo externo al vehículo que recopila los datos y genera un informe que contiene los eventos anteriores, durante y posteriores al accidente. Dicho informe contiene una lista de los datos obtenidos del EDR y comunica las restricciones o limitaciones conocidas relacionadas con el tipo específico de módulo EDR que se está descargando. (daSilva, 2008)

El fabricante Bosch proporciona una lista de aquellos vehículos en los que se puede realizar la lectura de datos. Una limitación de esta herramienta es que no existe un único cable universal que funcione en todos los vehículos, ya que los cables y las entradas varían dependiendo la marca y modelo del vehículo.

En la actualidad, la ATGC cuenta con dos modelos de CDR (CDR 500 y CDR 900), los cuales difieren en los vehículos en los que pueden ser empleados. Tienen un software y hardware similar y requieren de actualizaciones constantes que posibiliten la extracción de datos más completa posible.

La herramienta CDR mantiene la integridad de los datos del EDR, asegurando que no se borren ni modifiquen, lo que garantiza la autenticidad de la información para investigaciones posteriores. Para llevar a cabo la extracción de los datos, el CDR debe estar conectado tanto a un ordenador con el software "readout" instalado, como al puerto OBD II del vehículo. A continuación, se muestra un esquema de la conexión.

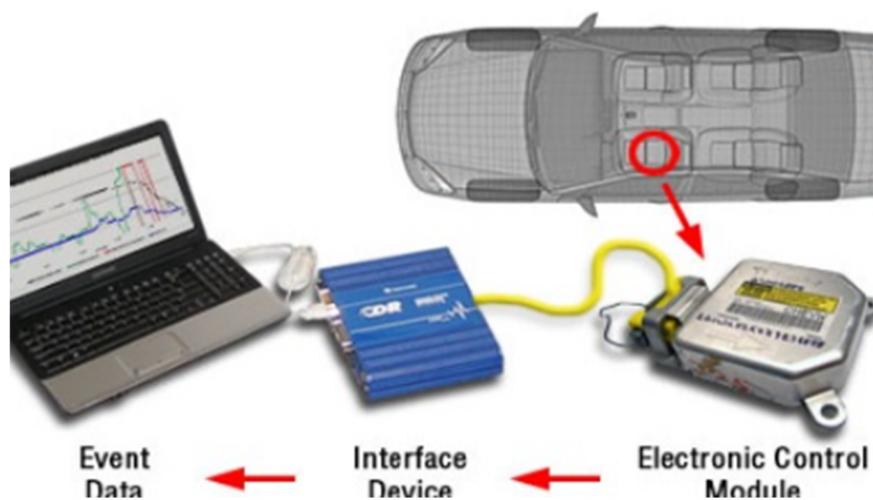


Figura 3. Conexión CDR de Bosch. Fuente: (AAATeam, 2018)

La lectura de datos del EDR a través del CDR puede realizarse de tres formas distintas:

- *“Por medio del puerto DLC (Diagnostic Link Connector), conectando el módulo de interfaz CDR al puerto DLC/OBD II y a un ordenador portátil, utilizando el cableado del vehículo, y teniendo en cuenta que se debe disponer de una fuente de energía que puede ser externa o en su caso, si está disponible, la del propio vehículo.*

- *Conectando el módulo de interfaz CDR directamente al módulo EDR de forma directa a través de cables y adaptadores, hallándose éste instalado en el vehículo (Direct-to-module Retrieval) y auxiliándose igualmente de un ordenador portátil.*
- *Desmontar el módulo EDR del vehículo, realizando la lectura en una zona firme y sin movimiento, igualmente a través de cables y adaptadores (Desktop Readout) y con conexión al software a través de un ordenador portátil.”*

(Muñoz, 2022)

Por otro lado, tal y como se ha mencionado anteriormente, existe también el dispositivo Crash Scan, el cual se concibe como más simple y rápido de usar que el CDR de Bosch. Al igual que el CDR, antes de llevar a cabo la lectura de datos del vehículo, se debe comprobar si este está o no soportado por la aplicación.

La particularidad de este dispositivo radica en la necesidad de conectar un dispositivo inteligente al sistema a través de Bluetooth para extraer el informe que contiene los datos del EDR. Para llevar a cabo esta acción, es esencial contar con la aplicación Crash Scan instalada, la cual genera un informe con los datos cifrados. Dicha información presenta la forma de “ceros y unos”, la cual se transfiere a los servidores centrales de Crash Scan a través de un protocolo HTTPS de elevada seguridad.

Para poder acceder al informe y observar la información descifrada es necesario ponerse en contacto con el servidor Crash Scan, quien lo autoriza, descifra y realiza el envío del informe en formato PDF.

Tal y como se puede observar en la página web de la aplicación Crash Scan, algunos de los datos que se muestran en el informe son:

- Riesgo de lesión en los vehículos implicados
- Velocidad pre-colisión
- Alertas
- Diagnóstico
- Registro de colisiones
- Datos pre-colisión
- Estado del airbag y cinturones de seguridad
- Alertas e indicadores de siniestralidad
- Estimación de daños materiales

El paquete provisto por la compañía incluye un cable que se conecta al puerto OBD II del vehículo y el propio dispositivo. Es importante tener en cuenta que el vehículo debe estar con el contacto encendido, pero sin estar arrancado.



Figura 4. Kit Crash Scan. Fuente: (CrashScan, 2022)

3.4.- INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

La investigación de siniestros viales implica dos fases: la recopilación de datos en el lugar del suceso y el análisis de la información obtenida. La primera etapa consiste en la obtención de evidencias físicas y la extracción de datos del EDR. La segunda fase se centra en el estudio y la formulación de hipótesis basadas en estos datos.

Es fundamental conocer las restricciones impuestas por el fabricante del EDR antes de analizar la información obtenida. La capacidad de reconstrucción de un siniestro vial es un desafío importante para los investigadores, y la calidad y cantidad de información juegan un papel crucial. Diversos expertos pueden tener interpretaciones diferentes de un accidente, lo que destaca la importancia de una revisión colaborativa.

El EDR facilita el trabajo de los investigadores en términos de tiempo y recursos, pero no reemplaza la inspección ocular en el lugar del accidente ni la experiencia de los investigadores en la reconstrucción. Estos elementos, combinados con la información del EDR, son esenciales para una investigación completa de un accidente.

3.5.- UTILIDAD DE LOS DATOS OBTENIDOS

En los últimos años, la tecnología incorporada en los vehículos ha generado avances significativos en la industria automotriz, lo que ha dado lugar a la aparición de diversos medios que mejoran las investigaciones existentes. Uno de estos avances es el dispositivo EDR, que es utilizado por varios sectores para analizar causas, reconstruir siniestros viales y obtener conclusiones entre otros. A continuación, se presenta una lista de los grupos que se benefician de los datos recopilados por este dispositivo registrador de eventos:

En primer lugar, la integración de EDR en los vehículos tiene como principal objetivo mejorar la seguridad vial, lo que concuerda con la hipótesis de que estos dispositivos reducen los accidentes. Esta inversión en seguridad beneficia a la población en general y a los usuarios de la vía.

Además, los fabricantes de vehículos utilizan los datos del EDR para evaluar y mejorar los componentes de seguridad que puedan haber fallado en caso de colisión o accidente. Esto contribuye de la misma forma a la mejora continua de sus sistemas de seguridad.

Los datos del EDR son de gran interés para las fuerzas policiales encargadas de investigar y reconstruir siniestros viales, ya que proporcionan información detallada antes, durante y después del evento, lo que ayuda a determinar las causas y circunstancias del accidente.

Asimismo, en procesos judiciales, estos datos precisos del EDR se utilizan para depurar responsabilidades, especialmente en situaciones en las que no hay testigos imparciales. Esto agiliza los procedimientos legales y beneficia a abogados, peritos, tribunales y compañías de seguros.

Por otro lado, el Gobierno utiliza estos datos para reducir los costes sociales asociados a los accidentes de tráfico, promulgando leyes que regulan aspectos de seguridad vehicular e infraestructuras.

El sector del automóvil, conocido por su innovación constante, utiliza los registros del EDR para mejorar los sistemas de seguridad y la estructura de los vehículos. Por tanto, en la adquisición de vehículos de segunda mano, los compradores pueden verificar si un vehículo ha estado involucrado en accidentes previos gracias a la información registrada por el EDR.

Finalmente, los operadores de flotas y servicios de emergencia utilizan los datos del EDR para reducir fraudes y mejorar la atención en accidentes, permitiendo tomar decisiones críticas en el lugar de los hechos, como la evaluación de la gravedad del accidente y el estado de las víctimas.

3.6.- LIMITACIONES

El uso del EDR en vehículos ha generado un debate significativo en torno a la privacidad de los datos que recopilan. Muchos compradores de vehículos se han planteado preguntas sobre los límites y las capacidades de estos dispositivos, y diversas organizaciones de derechos civiles y defensores de los derechos humanos han expresado su preocupación sobre la posibilidad de que los EDR puedan ser utilizados para el "espionaje" de los conductores.

Desde la UE, se justifica la implementación de los EDR con el enfoque de almacenar los datos de manera anónima y protegerlos contra cualquier forma de manipulación o uso indebido. Además, se asegura que la grabación de datos se limite al intervalo de tiempo que rodea a la colisión, abarcando los momentos anteriores y posteriores al evento. Esto significa que no hay función que permita identificar al conductor o propietario del vehículo, y tampoco se incluye ningún dispositivo geolocalizable que pueda rastrear la ubicación del vehículo.

Es importante destacar que los EDR se diferencian de las cajas negras utilizadas en aviones o trenes en el sentido de que no registran información visual o auditiva, como imágenes, videos o conversaciones dentro del vehículo. Su propósito se centra

exclusivamente en recopilar datos sobre el funcionamiento de los sistemas de seguridad del vehículo y las acciones que tienen lugar durante un siniestro. Esto implica que no se vulneran las disposiciones de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Sin embargo, existe controversia sobre el uso de los datos registrados por los EDR en el ámbito del proceso penal. En los últimos tiempos, ha habido un aumento en los casos en los que estos datos se han admitido como evidencia empírica para la reconstrucción de accidentes de tráfico. No obstante, resulta esencial recordar que el propósito principal de la inclusión de estos dispositivos es mejorar la seguridad de los vehículos mediante la extracción de datos después de un siniestro, y no obtener información de carácter personal.

El dispositivo EDR es relativamente nuevo en el sector de la automoción, en comparación con su extensa historia de uso en otros modos de transporte, como la aviación y el ferrocarril. A medida que se acumula más experiencia en su aplicación, es probable que los datos recopilados se amplíen progresivamente, tal como ha sucedido en otros campos. Sin embargo, es esencial contar con personal debidamente capacitado para interpretar los datos que estos dispositivos proporcionan.

Otra limitación se encuentra en la antigüedad del parque móvil español, ya que una gran cantidad de vehículos no están equipados con EDR.

Asimismo, el Reglamento 2019/2144 que establece la inclusión de los EDR no especifica el proceso de extracción de datos, lo que conduce a la existencia de múltiples dispositivos multimarca que dependen del modelo y año de fabricación del vehículo. Esto puede dificultar la extracción de datos en muchos casos y requiere un mayor desarrollo y estandarización en el uso de estos dispositivos, desde los fabricantes de vehículos hasta los investigadores de accidentes.

3.7.- IMPORTANCIA DE LAS EVIDENCIAS FÍSICAS

Tal y como se ha mencionado en líneas anteriores, cuando se lleva a cabo la reconstrucción e investigación de un siniestro vial, no se deben olvidar todas aquellas evidencias físicas que se encuentren en el lugar de los hechos. Por tanto, “aspectos como huellas y vestigios, posiciones finales alcanzadas por los vehículos, visibilidad, características técnicas, escenario del siniestro, etc., siguen siendo los datos que, complementados por lo aportado por el EDR, permitirán mediante un buen análisis llegar a determinar todos los aspectos que dieron lugar al accidente, así como las causas y circunstancias en las que se produjo, resultando esencial la labor de un buen reconstructor de accidentes de tráfico.” (Centro Zaragoza, s.f.)

No cabe duda de que el dispositivo EDR simplifica las tareas de los investigadores y ofrece datos valiosos sobre el funcionamiento del vehículo en los instantes cercanos al siniestro. Estos datos no deben ser evaluados por separado; en su lugar, la interpretación debe considerar tanto el factor humano como las condiciones de la carretera en la que circulaba el conductor.

La investigación de siniestros viales es un proceso minucioso que se enfoca en aclarar cualquier detalle que pueda haber causado el accidente. En vías interurbanas, esta

labor es llevada a cabo por el Equipo de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (ERAT) de la Guardia Civil. A través del método científico, se busca responder a una serie de preguntas clave, como qué sucedió, quién lo causó, cuándo ocurrió, cuántas personas estuvieron involucradas, dónde tuvo lugar y por qué. A diferencia de otras disciplinas, la criminalística se centra en abordar todas estas cuestiones utilizando enfoques de observación, procedimientos y análisis. A menudo, las respuestas a las preguntas de dónde, cuándo y quién no son difíciles de determinar, pero comprender las circunstancias y las causas del accidente es el aspecto más desafiante de la investigación.

En lo que respecta a la validez jurídica de las pruebas materiales y tangibles, es comprensible que en un juicio oral y en la emisión de una sentencia, las evidencias físicas tengan un mayor peso probatorio en comparación con, por ejemplo, un testimonio. Sin embargo, esto no significa que se deba prescindir de los testimonios; más bien, los testimonios desempeñan un papel importante al unir criterios y vincular las pruebas materiales.

En términos sencillos, la reconstrucción de un siniestro vial implica investigar lo que sucedió antes, durante y después del evento. Esto requiere documentar de manera organizada y visual todos los aspectos relacionados con la escena, incluyendo la infraestructura, los vehículos, el factor humano y los testimonios de testigos o involucrados. A continuación, se presenta un esquema que enumera las evidencias y pruebas que deben ser recopiladas del incidente.



Figura 5. Esquema de las fuentes de prueba a recoger en un siniestro vial.

Fuente: (Campón, 2019)

4.- APLICACIÓN DEL MODELO SHELL A LA INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE SINIESTROS VIALES.

Tal y como se ha explicado previamente en el primer apartado, las cifras de accidentes aéreos difieren en número de las relacionadas con el transporte por carretera. La investigación de accidentes de aviación ha contado desde sus inicios con una entidad u organización encargada de este propósito. En España, es la CIAIAC la responsable de investigar los accidentes de aviación civil.

A lo largo de las últimas décadas, los sistemas de seguridad operacional han evolucionado rápidamente, al igual que la organización encargada de llevar a cabo las investigaciones de accidentes. Según la entrevista realizada a los jefes de laboratorio de la CIAIAC, el enfoque de la investigación no es responder a la pregunta "¿qué sucedió?", sino más bien "¿por qué sucedió?", para luego examinar y ahondar en las áreas que podrían haber fallado y, de esta manera, lograr el objetivo de reducir los accidentes.

Como sucede en los siniestros viales, el factor humano es responsable de la mayoría de ellos, y lo mismo ocurre en la aviación. Por lo tanto, en las últimas décadas, se ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo al estudio de este problema. Como resultado de esto, se implementó el modelo SHELL en las investigaciones realizadas por la CIAIAC. Este enfoque tiene como objetivo abordar lo sucedido en un accidente mediante el análisis de la interacción entre el ser humano y su entorno, otros usuarios de la vía o el vehículo en sí. En este último aspecto, se puede considerar la correlación entre los datos obtenidos del análisis y la información proporcionada por el EDR, en el caso del transporte por carretera.

El modelo SHELL fue creado por Elwyn Edwards en 1972, y modificado en 1975 por Frank Hawkins, quien hizo la aportación de un diagrama para su mejor comprensión y visualización.



Figura 6. Diagrama modelo SHELL. Fuente: (Acosta, 2023)

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) adoptó esta herramienta con el propósito de entender las acciones que realizaba el piloto en relación con los demás factores circundantes.

De manera similar, la CIAIAC emplea este enfoque para investigar accidentes aéreos civiles, centrándose no solo en la acción del piloto, sino también en comprender la causa detrás de esa acción. Este método se fundamenta en explorar las vulnerabilidades humanas resultantes de la interacción con otros elementos y factores involucrados en la operación.

El modelo SHELL, denominado así por sus iniciales, se centra en el estudio completo de un accidente y se compone de cinco elementos clave que interactúan entre sí. El componente central, *Lifeware*, representa a las personas y su capacidad de adaptación y relación con los siguientes. El *Software* se refiere a los recursos no materiales, como normas, procedimientos o señalización. El *Hardware* hace referencia al medio físico en el que se lleva a cabo la conducción, como es un avión o un automóvil. Por otro lado, el *Environment* abarca el entorno que rodea al conductor, incluyendo las condiciones meteorológicas, estrés o presión entre otros.

La importancia del modelo SHELL radica en el estudio de las interacciones entre estos elementos, las cuales van a posibilitar un análisis exhaustivo de los comportamientos, rendimiento y seguridad del piloto. Permite comprender cómo las personas interactúan con su entorno y cómo estas interacciones pueden influir en los accidentes y sus causas. A continuación, se detallan las interfaces objeto de estudio:

- *Lifeware – Hardware*: trata de conocer cómo las personas interactúan con la maquinaria y equipos, lo que afecta al rendimiento humano en las operaciones. También destaca la importancia de la tecnología, la cual a veces puede ocultar problemas técnicos.

- *Lifeware – Software*: se refiere a cómo las personas interactúan con recursos no materiales que influyen en la conducción, como manuales, procedimientos y señales de tráfico.

- *Lifeware – Lifeware*: se centra en las relaciones interpersonales en el entorno de trabajo, como la interacción entre pilotos, controladores, ingenieros y otros profesionales.

- *Lifeware – Environment*: dicha interfaz estudia la relación entre las personas y el entorno, tanto interno como externo. Incluye factores como la temperatura, el ruido, las condiciones meteorológicas, la infraestructura de la vía y cómo estos influyen en la toma de decisiones de los conductores.

(Organización de Aviación Civil Internacional, 2012)

4.1.- APROXIMACIÓN DEL MODELO SHELL AL TRANSPORTE POR CARRETERA

El modelo SHELL, ampliamente utilizado en la aviación para evaluar la seguridad operacional, puede resultar beneficioso para las investigaciones de siniestros viales. Este enfoque se basa en las relaciones entre el componente humano (*Lifeware*) y los sistemas involucrados en la conducción, como el *software*, *hardware* y el entorno.

Después de la entrevista mantenida con los jefes de laboratorio de la CIAIAC, se concluye que el modelo SHELL es claramente aplicable a la investigación de siniestros viales. Este enfoque integral es capaz de identificar los aspectos que influyen de forma determinante en la seguridad general del sistema. Así, al realizar la reconstrucción de un siniestro vial, es esencial analizar cada uno de los componentes mencionados, tanto de manera aislada como su relación con el factor humano.

Por tanto, al examinar la relación L-Hardware (*Lifeware - Hardware*), se analizan los elementos de seguridad del vehículo, como frenos, airbags y sistemas de dirección. Los datos del EDR se pueden usar para comprender cómo estos sistemas funcionaron durante el siniestro, proporcionando información sobre la velocidad, el uso de los pedales y otros parámetros relevantes.

La interfaz L-Software se enfoca en la información en la vía, como señales de tráfico y condiciones del pavimento. Asimismo, es objeto de estudio la altura y visibilidad de las señales, la cantidad de información y si el estado del pavimento puede influir en la toma de decisiones del conductor.

En la relación L-Environment destaca la importancia de las condiciones meteorológicas y del entorno, ya que pueden afectar el comportamiento del conductor. Factores como la luz, el estado del pavimento y la visibilidad son cruciales para comprender los siniestros viales.

Por último, la relación L-Lifeware se centra en el factor humano, que es responsable de la mayoría de los siniestros. Se analiza el estado mental, el estrés, la fatiga, las distracciones y otros aspectos relacionados con el conductor. Comprender estos factores es fundamental para identificar las causas del accidente y prevenir futuros incidentes.

En resumen, el enfoque del modelo SHELL en la seguridad operacional es aplicable a la investigación de siniestros viales, permitiendo una comprensión más profunda de los factores que contribuyen a los siniestros viales y facilitando la prevención de futuros accidentes.

5.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Anualmente en el mundo, más de un millón de personas pierden la vida y alrededor de cincuenta millones sufren lesiones graves debido a accidentes de tráfico, cifras alarmantes que son condenadas de forma unánime por todas las entidades internacionales, dado que en su mayoría podrían prevenirse.

En España, las autoridades encargadas de mantener el orden y la seguridad pública desempeñan tareas de investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico. La Guardia Civil, por ejemplo, delega esta responsabilidad en dos equipos especializados: el ERAT y el Departamento de Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (DIRAT). Estos equipos asumen la tarea de analizar los siniestros viales más graves y significativos dentro de su jurisdicción.

En lo que respecta a la normativa vigente, es relevante destacar que el Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo, promulgado el 27 de noviembre

de 2019, establece el requisito de que los vehículos de nueva homologación tipo incorporen un registrador de datos de incidentes. Sin embargo, es importante señalar que esta regulación no aborda los programas o sistemas específicos necesarios para extraer la información almacenada. En consecuencia, esta normativa representa el primer paso en la incorporación de estos dispositivos, anticipando el potencial desarrollo y utilidad de los EDR en un futuro próximo.

La información actualmente capturada por el EDR, que incluye datos como la velocidad, el ángulo de dirección del vehículo y el momento en que se activa el freno, simplifica las tareas de investigación en la reconstrucción de accidentes. Sin embargo, es esencial que los investigadores interpreten adecuadamente los datos extraídos y estén al tanto de las limitaciones de datos específicas de cada vehículo en cuestión. Esto implica que la información proporcionada por el EDR no debe ser analizada de forma aislada, sino que debe considerarse como un complemento a las prácticas de investigación que se han llevado a cabo hasta el momento.

Aunque los datos recopilados por el EDR son anónimos y no pueden ser vinculados a un individuo específico, la presencia de un EDR en un vehículo puede actuar como un factor disuasorio en el comportamiento de los conductores. Esto se debe a que las acciones como la conducción a velocidades excesivas u otras conductas evasivas pueden ser verificadas mediante el análisis de la información registrada, lo que a su vez podría tener implicaciones en términos de indemnizaciones a pagar o la determinación de responsabilidades.

Además de su función en la reconstrucción de accidentes, el EDR posibilita obtener información sobre el estado y el comportamiento del vehículo en los momentos cercanos a una colisión. Esto ofrece a los fabricantes de automóviles la oportunidad de invertir en mejoras de los sistemas de seguridad de los vehículos para prevenir futuros accidentes.

En la actualidad, el dispositivo EDR tiene limitaciones en cuanto a los datos que recopila, pero los avances tecnológicos permitirán la medición de otros aspectos, como la fatiga o las distracciones. Esto se asemeja a la tecnología que ha estado en uso durante años en las cajas negras de las aeronaves, las cuales son capaces de detectar el estrés o la fatiga del piloto mediante la frecuencia de la voz o el parpadeo, por ejemplo. Todos estos datos llevarán a facilitar la labor de investigación y reconstrucción de siniestros viales.

Sin embargo, si se desea erradicar los accidentes de tráfico, es fundamental dar un paso adicional. No basta solo con identificar las causas que originaron el incidente, sino que también es necesario entender por qué ocurrió en primer lugar, con el fin de prevenir futuras recurrencias. Para lograr este avance cualitativo, sería beneficioso incorporar varios elementos del modelo SHELL al Modelo Secuencial de Eventos de un Siniestro (MOSES) que actualmente emplea la ATGC para investigar los accidentes de tráfico.

El modelo SHELL, como se mencionó anteriormente, se centra en el factor humano y su relación con otros individuos, la infraestructura, el entorno, el vehículo y otros recursos no materiales que influyen en la conducción. Esto se hace con el propósito de prevenir accidentes futuros.

Una cuestión que no ha sido abordada en este artículo debido a su amplitud es la relación del EDR con los demás sensores que se instalarán a los vehículos en el futuro. Esto permitirá que el conductor reciba la máxima cantidad de información posible para adaptar su comportamiento a diversas situaciones y prevenir incidentes, una situación que estaría vinculada con el concepto de vehículos conectados y, posiblemente en un futuro más lejano, con la idea de vehículos autónomos.

Además, en los próximos años, podría concebirse el EDR como un dispositivo similar al tacógrafo utilizado en el transporte profesional. De esta manera, las autoridades de tráfico podrían requerir su uso y, a través de lectores portátiles, acceder al comportamiento del conductor en un momento específico.

Es evidente que estos avances representan los primeros pasos hacia el objetivo de alcanzar la meta de cero fallecidos en accidentes de tráfico para el año 2050, sin descuidar la importancia de invertir en formación, educación, vigilancia y control.

6.- BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, M. (11 de Febrero de 2023). *El Modelo SHELL*. Formación AVSAF/AVSEC: <https://www.avsaf.es/post/el-modelo-shell>

AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD FERROVIARIA. (2022). *Informe Anual 2022. Situación hasta 31 de diciembre de 2021*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. https://www.seguridadferroviaria.es/recursos_aesf/ias_nsa_espana_2022.pdf

ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF AUTOMOTIVE MEDICINE. AAAM TEAM. (17 de Enero de 2018). *Event Data Recorder (EDR). Position Statement*. Association for the Advancement of Automotive Medicine: <https://www.aaam.org/event-data-recorder-position-statement/>

BOSCHCDRTOOL. (2022). *The Bosch CDR Tool. Key Applications for Insurance and Law Enforcement. Crash Investigators*. <https://crashdatagroup.com/pages/the-bosch-cdr-tool>

CALDERÓN, P. G. (2019). *Estudio de la viabilidad y diseño de cajas negras para automóviles como ayuda a la investigación policial en accidentes de tráfico*. Trabajo de fin de Grado

CAMPÓN DOMÍNGUEZ, J. A. (2019). *Manual de Investigación de Siniestros Viales (Atestados)*. Ministerio del Interior. Dirección General de la Guardia Civil. Dirección General de Tráfico

CENTRO ZARAGOZA. (s.f.). Proceso de lectura de EDR (Event Data Recorder). *Revista técnica de Centro Zaragoza*: <https://revistacentrozaragoza.com/proceso-de-lectura-de-edr-event-data-recorder/>

CODE OF FEDERAL REGULATIONS. (28 de Agosto de 2006). *PART 563 - EVENT DATA RECORDERS*. Title 49. <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-V/part-563>

- COMISIÓN PERMANENTE DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MARITIMOS. (2022). *Memoria Anual 2021*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/ciaim_informe_anual_2021_web.pdf
- CRASH SCAN. (2018). *Collision Sciences Claims Report*. <https://www.collision-sciences.com/services.html>
- DASILVA, M. P. (2008). *Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement*. National Highway Traffic Safety Administration.
https://rosap.nhtsa.gov/view/dot/6182/dot_6182_DS1.pdf
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO (DGT). (2021). *Anuario Estadístico de accidentes 2021*. Ministerio del Interior. https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/downloads/dgt-en-cifras/publicaciones/Anuario-Estadistico-de-Accidentes/Anuario-Accidentes-2021_vf.pdf
- DIRECTIVA 2009/18/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por la que se establecen los principios fundamentales que rigen la investigación de accidentes en el sector del transporte marítimo y se modifican las Directivas 1999/35/CE del Consejo y 2002/59/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 131, de 28 de mayo de 2009.
<https://www.boe.es/doue/2009/131/L00114-00127.pdf>
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. (2013). *Safety Management Manual (SMM)*. Third Edition. <https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-GUY/Doc%209859%20SMM%20Third%20edition%20en.pdf>
- LEY ORGÁNICA 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. *Boletín Oficial del Estado*, 294, de 6 de diciembre de 2018. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2018/12/05/3/con>
- MUÑOZ RODRÍGUEZ, J. C. (16 de Mayo de 2022). Aplicación del modelo secuencial de eventos del siniestro vial (MOSES) con los datos recogidos de los sistemas electrónicos instalados en los vehículos siniestrados. *Trabajo Fin de Máster*.
- NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION (NHTSA). (2006). *Event Data Recorders (EDRs). Final Regulatory Evaluation*.
<https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/fmvss/EDRFRIA.pdf>
- OBSERVATORIO NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL (DGT). Ministerio del Interior. (2022). *Estrategia de Seguridad Vial 2030*. Dirección General de Tráfico.
https://seguridadvial2030.dgt.es/export/sites/sv2030/.galleries/descargas/Estrategia_de_Seguridad_Vial_2030.pdf
- OBSERVATORIO NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL (DGT). Ministerio del Interior. (2022). *Las principales cifras de siniestralidad vial - España 2021*. Dirección General de Tráfico. <https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/downloads/dgt-en-cifras/publicaciones/Informe-de-siniestralidad-vial-Espana-2021.pdf>

[cifras/publicaciones/Principales_Cifras_Siniestralidad/Las-principales-cifras-2021_vf_LI_vf.pdf](#)

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA . (13 de Marzo de 2023). *Definición de: Seguridad*. Diccionario panhispánico del español jurídico: <https://dpej.rae.es/lema/seguridad#:~:text=Gral.,todo%20peligro%2C%20da%203%B1o%20o%20riesgo>.

REGLAMENTO (CE) nº 661/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, relativo a los requisitos de homologación de tipo referentes a la seguridad general de los vehículos de motor, sus remolques y sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellos destinados. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 200, 31 de julio de 2009. <https://www.boe.es/doue/2009/200/L00001-00024.pdf>

REGLAMENTO (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2019, relativo a los requisitos de homologación de tipo de los vehículos de motor y sus remolques, así como de los sistemas y componentes destinados a esos vehículos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 325, de 16 de diciembre de 2019. <https://www.boe.es/doue/2019/325/L00001-00040.pdf>

RESOLUCIÓN DEL PARLAMENTO EUROPEO, de 6 de octubre de 2021, sobre el Marco de la política de la Unión Europea en materia de seguridad vial para 2021-2030 –. Recomendaciones sobre los próximos pasos hacia la «Visión Cero», *Diario Oficial de la Unión Europea*, 132, de 24 de marzo de 2022. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52021IP0407>

