



# Evaluación longitudinal del efecto de un radar de tramo sobre la siniestralidad vial en Coles. Ourense, España

A longitudinal assessment of the effect of a speed camera on road accident rates in Coles. Ourense, Spain

**Norberto Aser González Trigo**

Investigador independiente. Pontevedra. (España)

[norbgonzalez@uvigo.es](mailto:norbgonzalez@uvigo.es)

ORCID. 0009-0006-4794-4123

## Resumen

Los sistemas de control de vigilancia por tramo se han consolidado como instrumentos esenciales para la supervisión del cumplimiento de los límites de velocidad con el objetivo de reducir la siniestralidad vial. Así, el presente estudio evalúa el impacto producido en la accidentalidad tras la instalación de dicho sistema en una sección de vía situada en Coles (Ourense, España). Con tal fin, se empleó un diseño longitudinal de tipo before–after, el cual analizó datos de siniestros correspondientes a un intervalo temporal de 20 años, dividido en dos fases homogéneas: diez años previos y diez años posteriores a la implementación del dispositivo. Las variables de resultado consideradas incluyeron el número total de siniestros y su clasificación según la gravedad: siniestros con víctimas leves, graves y mortales. En conjunto, los hallazgos sugieren que el control de velocidad media constituye una intervención eficaz para la mejora sostenida de la seguridad vial, al promover una mayor homogeneidad en las velocidades de circulación y restringir conductas asociadas al riesgo. Asimismo, este estudio aporta evidencia empírica que respalda la eficacia de los radares de tramo como instrumento de política pública en la gestión y prevención de la siniestralidad vial.

Palabras clave: radar de velocidad de tramo; siniestros viales; estudio before–after.

## Abstract

Section-based speed enforcement systems, aimed at reducing traffic accidents, have become essential tools for monitoring compliance with speed limits. In this context, the present study evaluates the impact on accident rates following the installation of such a system on a section of road located in Coles (Ourense, Spain). To this end, a longitudinal before–after design was employed, analyzing accident data over a 20-year period divided into two phases: ten years prior to and ten years following the implementation of the device. The outcome variables considered included the total number of accidents, as well as their classification according to severity: accidents with minor injuries, accidents with serious injuries, and fatal accidents. Overall, the findings suggest that average speed enforcement constitutes an effective intervention for the sustained improvement of road safety, by promoting greater homogeneity in traffic speeds and restricting risk-related behaviors. Furthermore, this study provides empirical evidence supporting the effectiveness of section control speed cameras as a public policy tool in the management and prevention of road accidents.

Keywords: section speed enforcement; traffic accidents; before–after study.

**Cómo citar este trabajo:** González Trigo, Norberto Aser. (2026). Evaluación longitudinal del efecto de un radar de tramo sobre la siniestralidad vial en Coles. Ourense, España. *Cuadernos de RES PUBLICA en derecho y criminología*, (9), 01–12. <https://doi.org/10.46661/respublica.13444>.

**Recepción:** 15.05.2026

**Aceptación:** 06.06.2026

**Publicación:** en prensa



Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

## 1. Introducción

Los siniestros viales constituyen un problema crítico de salud pública a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009), estos siniestros causan anualmente más de 1,2 millones de muertes y entre 20 y 50 millones de traumatismos de diversa consideración, además de generar un notable coste socioeconómico.

Al examinar los factores determinantes de esta siniestralidad a partir de las estadísticas oficiales españolas de la Dirección General de Tráfico (DGT, 2026), se observa una clara distribución de responsabilidades.

Dichas fuentes atribuyen el componente subjetivo «el quién» a factores de origen antrópico, mientras que el componente causal «el qué», tanto en vías urbanas como interurbanas, se vincula principalmente con las distracciones, al consumo de alcohol y a la velocidad inadecuada.

La confluencia de estos tres factores es muestra representativa y explicativa de la práctica totalidad de los siniestros viales registrados anualmente.

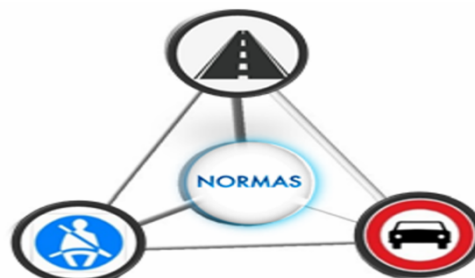
En consecuencia, la gestión de la velocidad excesiva o no adaptada<sup>1</sup> se ha consolidado como un eje central de las estrategias de seguridad vial, al ser un factor determinante de desequilibrio del sistema vial, el cual se encuentra comprometido por el subsistema humano/ antrópico como se ha mencionado (Trigo, 2020).

Además, una mayor velocidad reduce el tiempo de reacción, dificulta la percepción y valoración del entorno, aumenta la distancia de detención y amplifica los efectos de otros factores de riesgo, como la distracción, la fatiga o el alcohol.

Desde una perspectiva física, el peligro de circular a velocidad elevada se asocia directamente con el incremento de la energía

cinética del vehículo, magnitud que presenta una relación proporcional al cuadrado de la velocidad.

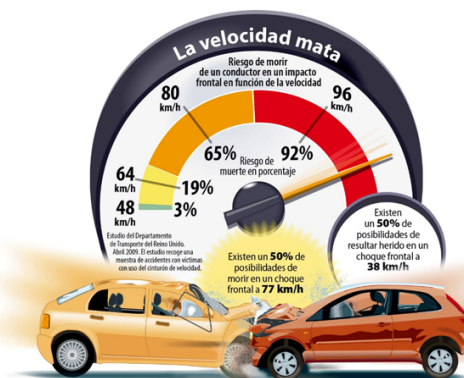
*Ilustración 1: Sistema Vial formado por cuatro subsistemas unidos por enlaces.*



Fuente Modelo Secuencial de Eventos de un Siniestro (MOSES). Elaboración propia.

Esto implica que variaciones mínimas en la velocidad de circulación generan un incremento significativo en la energía liberada durante el impacto, traduciéndose de forma directa en una mayor severidad de las lesiones sufridas por las personas implicadas.

*Ilustración 2: Efectos de la transferencia de energía cinética sobre los ocupantes en función de la velocidad.*



Fuente: Revista DGT – 40 años de infografías (2025)

Esta transferencia de energía resulta especialmente grave en los atropellos a peatones, donde el daño transferido al cuerpo humano aumenta de modo exponencial. La biomecánica de las lesiones revela el umbral crítico a partir de los 30 km/h y un incremento notablemente acusado en el intervalo

1

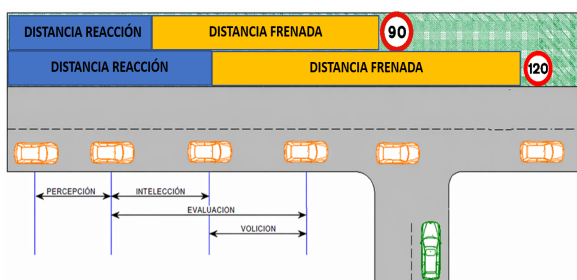
comprendido entre los 40 y los 55 km/h (DGT, 2014).

Ante este escenario, la OMS (2009) ha formulado recomendaciones orientadas a un control estricto de la velocidad, proponiendo un límite máximo de 50 km/h en zonas urbanas y enfatizando la necesidad de reducirlo a 30 km/h en entornos con una elevada presencia de usuarios vulnerables (peatones, ciclistas y motoristas).

La prevención eficaz de los siniestros exige su adecuada caracterización y comprensión teórica; tal como indica Tabasso (2012, p. 21) en referencia a Erik Hollnagel, únicamente a partir de un análisis riguroso de los siniestros es posible implementar medidas preventivas efectivas.

Por lo tanto, el objetivo central para la gestión del sistema vial consiste en armonizar sus subsistemas, adecuando la velocidad a las condiciones de la infraestructura, de adecuación normativa como la implementación de límites de velocidad a 30 Km/h, en entornos urbanos a la implantación gradual en los vehículos de los Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción (ADAS) que comenzó en el año 2022, y del comportamiento del conductor.

*Ilustración 3: Desarrollo del siniestro vial según la teoría PIEV. Para comprender la dinámica temporal del accidente, resulta de utilidad recurrir a la teoría PIEV<sup>2</sup>.*



Fuente Modelo Secuencial de Eventos de un Siniestro (MOSES). Elaboración propia.

De acuerdo con datos de la DGT (2020), un vehículo que circula a 120 km/h recorre una distancia de 33,3 metros por segundo durante la fase de reacción del conductor.

A este espacio se le debe sumar una distancia de frenado estimada en 70 metros, lo que resulta en una distancia total de detención de 103 metros. Durante la primera fracción de tiempo (reacción), el conductor recorre el espacio íntegramente sin que exista una deceleración efectiva.

En contraposición, si el vehículo circulase a 90 km/h (límite máximo genérico para vías convencionales), recorrería 25 metros en la fase de reacción y 40 metros en la de frenado, acumulando una distancia total de parada de 65 metros.

Esta diferencia de velocidad evidencia que el incremento de esta amplía significativamente la distancia de detención.

Si un elemento externo invade la trayectoria preferente a distancias inferiores a dichos umbrales (103 m a 120 km/h y 65 m a 90 km/h), la colisión deviene inevitable, independientemente de la pericia del operador, siendo el factor determinante la invasión antirreglamentaria de la vía y no la capacidad de respuesta del conductor.

Ello subraya la necesidad imperativa no solo de respetar los límites legales, sino de adecuar la velocidad a las condiciones reales de la infraestructura.

Y, dado que el sistema vial se encuentra supeditado al subsistema antrópico, las intervenciones públicas deben focalizarse prioritariamente en la modulación de la conducta humana.

En este ámbito, los sistemas automatizados de control de velocidad (tanto fijos como de

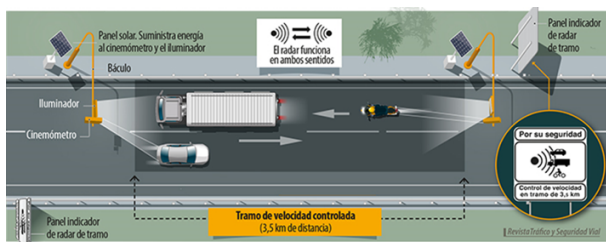
<sup>2</sup> Este acrónimo describe el proceso secuencial del conductor: Percepción (recepción de estímulos a través de los órganos sensoriales y el cerebro); IntelECCIÓN (identificación y comprensión del estímulo); Evaluación

(determinación de la respuesta apropiada y elección de la maniobra, como el frenado o el desvío lateral); y Volición (ejecución física de la decisión tomada).

tramo) representan herramientas clave para incentivar el cumplimiento normativo.

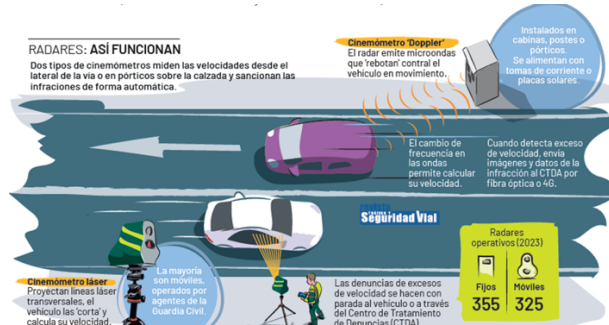
La implantación de radares de velocidad por tramo se ha desarrollado de forma progresiva dentro de las políticas de seguridad vial nacionales y autonómicas, siendo el dispositivo instalado en Coles (Ourense), una de las primeras iniciativas tecnológicas aplicadas en carreteras convencionales en España (DGT, 2026).

*Ilustración 4: funcionamiento radar tramo (cinemómetro de control de velocidad media en vía convencional).*



Fuente: Revista DGT – Radar de tramo en carreteras convencionales (2015)

*Ilustración 5: funcionamiento radares fijos (cinemómetros Doppler y Láser).*



Fuente: Revista DGT – Infografía radares de tramo (2023).

## 2. Marco teórico

La literatura científica sostiene que la velocidad influye de manera directa tanto en la probabilidad de ocurrencia de un siniestro como en la gravedad de sus consecuencias.

El incremento de la velocidad afecta negativamente el desempeño del conductor en el proceso de toma de la decisión: la percepción del entorno, la capacidad de anticipación y la eficiencia de respuesta ante imprevistos. Incluso, cuando el peligro es correctamente percibido, evaluado e

identificado, la ejecución física de la maniobra evasiva queda condicionada por la distancia física recorrida por el vehículo, lo que eleva el potencial lesivo del impacto tanto para los ocupantes como para el resto de usuarios de la vía.

Por este motivo, las políticas públicas de seguridad vial priorizan el control operativo de la velocidad mediante dispositivos fijos y de tramo.

Aunque comparten el objetivo de reducir la siniestralidad, sus mecanismos de influencia conductual difieren sustancialmente.

Los radares fijos ejercen un efecto disuasorio localizado en un área próxima al dispositivo, induciendo con frecuencia comportamientos de adaptación táctica, reducciones bruscas de velocidad seguidas de aceleraciones inmediatas, conocidas en la literatura como *kangaroo jumps*.

El análisis espacial de la velocidad evidencia un patrón localizado de efecto de las cámaras, caracterizado por un perfil en “V”, donde la reducción de velocidad se concentra en el punto de control y los conductores recuperan rápidamente su velocidad original en distancias cortas (en torno a 1 km).

Este fenómeno, conocido como “efecto canguro”, refleja un comportamiento de desaceleración puntual seguido de aceleración, lo que genera variaciones bruscas de velocidad y potenciales riesgos para la seguridad vial.

Por el contrario, los radares de tramo supervisan la velocidad media a lo largo de un segmento vial continuo, lo que desincentiva dichas fluctuaciones y promueve una conducción notablemente más homogénea y predecible.

Esta estabilidad en el flujo vehicular reduce la exposición a maniobras de riesgo y disminuye la probabilidad de colisiones por alcance.

La evidencia empírica internacional asocia los sistemas de control de velocidad media con reducciones de la siniestralidad grave y mortal

de entre el 33% y el 85% (Soole et al., 2013; Montella et al., 2012).

Asimismo, estudios complementarios indican que la efectividad de estas intervenciones se potencia cuando se combinan con señalización preventiva y campañas de comunicación basadas en marcos teóricos sólidos, incrementando la percepción del riesgo de detección (Cameron & Delaney, 2010; Corbett & Simon, 1999; Wilmots et al., 2016).

No obstante, la literatura también advierte que la efectividad real puede verse modulada por factores contextuales como el diseño de la infraestructura, la intensidad del tráfico y las modificaciones en la demanda de la red viaria.

Por ello, resulta metodológicamente imprescindible el uso de estudios longitudinales extensos que evalúen la persistencia temporal de los efectos y permitan aislar la influencia de variables concurrentes.

### 3. Metodología

El presente estudio adopta un diseño cuasi-experimental longitudinal de tipo *before-after*.

Este enfoque metodológico es propio de los estudios observacionales en entornos reales de infraestructura viaria cuando no resulta factible disponer de un grupo de comparación concurrente o aleatorizado.

Si bien esta ausencia de grupo control limita la determinación de relaciones de causalidad estricta en un sentido puramente estadístico, el diseño permite identificar con rigor asociaciones temporales sólidas a medio y largo plazo.

La unidad de análisis consistió en el segmento viario sujeto a fiscalización en el término municipal de Coles (Ourense, España).

El período de observación abarcó un horizonte temporal de 20 años, dividido en dos fases consecutivas de igual duración:

- Fase pre-intervención (2006–2015): diez años previos a la implantación del sistema.
- Fase post-intervención (2016–2025): diez años posteriores a la consolidación del dispositivo.

Esta ventana temporal extensa minimiza el impacto de fluctuaciones interanuales espurias y el efecto de regresión a la media.

La variable independiente se definió como el periodo temporal relativo a la implantación del radar de tramo.

Como variables dependientes finales se cuantificaron los indicadores anuales de siniestralidad: el número total de siniestros, los siniestros con víctimas (leves y graves) y los siniestros mortales.

Como variables dependientes intermedias para rastrear los mecanismos de cambio conductual se midieron la velocidad media de circulación, la variabilidad intermensual de dicha velocidad y el grado de cumplimiento del límite reglamentario (establecido en 70 km/h).

Adicionalmente, se integraron variables contextuales y de exposición, específicamente la Intensidad Media Diaria (IMD) anual y mensual, para evaluar cambios estructurales en la demanda de tráfico.

Para asegurar una base de comparación homogénea e independiente de las variaciones del volumen vehicular, se calcularon tasas de siniestralidad grave normalizadas, expresadas como el número de siniestros graves y mortales por millón de vehículos, empleando la fórmula:

$$Tasa = \frac{N}{IMD \times 365 \times A} \times 10^6$$

Donde N es el número de siniestros, IMD representa la intensidad media diaria del periodo y A los años de duración de la fase (A=10).

Los datos proceden de registros oficiales de tráfico y siniestralidad, garantizando homogeneidad metodológica.

Se asume de forma realista el riesgo de un eventual infraregistro en siniestros de carácter leve, así como posibles variaciones menores en los criterios de clasificación administrativa a lo largo de las dos décadas analizadas.

De acuerdo con el propósito descriptivo del estudio, el análisis se fundamentó en la estadística descriptiva y la comparación de tendencias temporales agregadas, omitiendo deliberadamente pruebas de inferencia estadística o modelización multivariante.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentran la ausencia de un grupo de comparación concurrente, la posible influencia de factores contextuales no controlados (como cambios en la infraestructura, en la señalización, en la normativa o en la composición del tráfico), y el análisis de un único tramo viario, lo que limita la generalización externa de los resultados.

No obstante, el diseño adoptado proporciona una base metodológica adecuada para examinar la evolución de la siniestralidad asociada a la implantación de sistemas de control de velocidad media en condiciones reales de circulación.

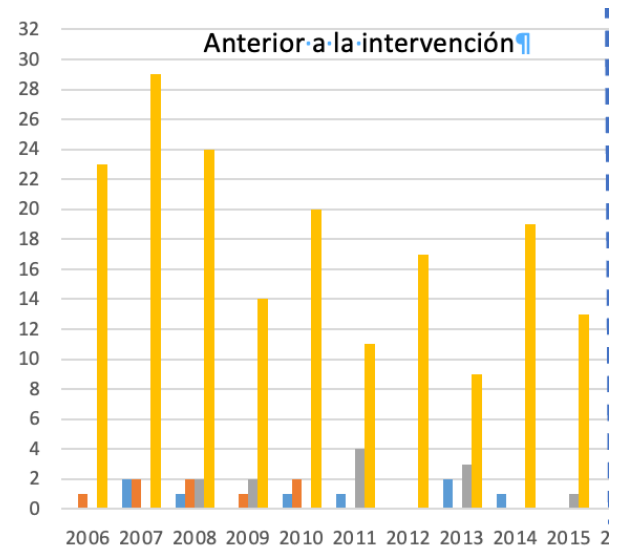
#### 4. Resultados

La explotación de los registros oficiales revela una contracción generalizada de la siniestralidad en el tramo objeto de estudio tras la implantación del cinemómetro de control velocidad media.

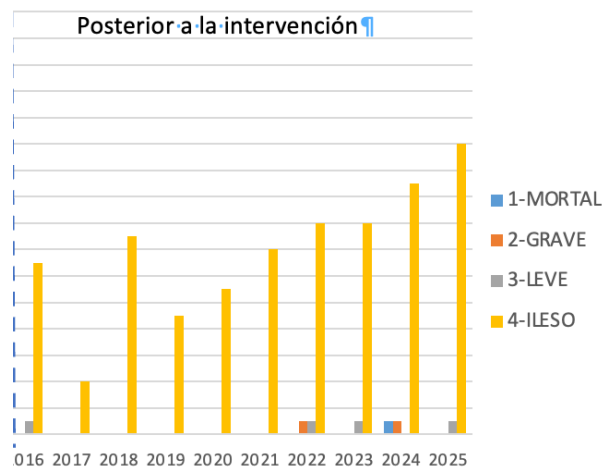
Esta tendencia decreciente afecta al cómputo global de siniestros y se manifiesta de forma significativamente acusada en las tipologías de mayor severidad lesiva.

La siguiente figura presenta la evolución anual de la siniestralidad desagregada por categorías de severidad (ileso, leve, grave y mortal), lo que permite apreciar los cambios en la composición y magnitud de los siniestros a lo largo del periodo de estudio.

Figura 1. Evolución anual de la siniestralidad por severidad en el tramo de Coles



Fuente: elaboración propia.



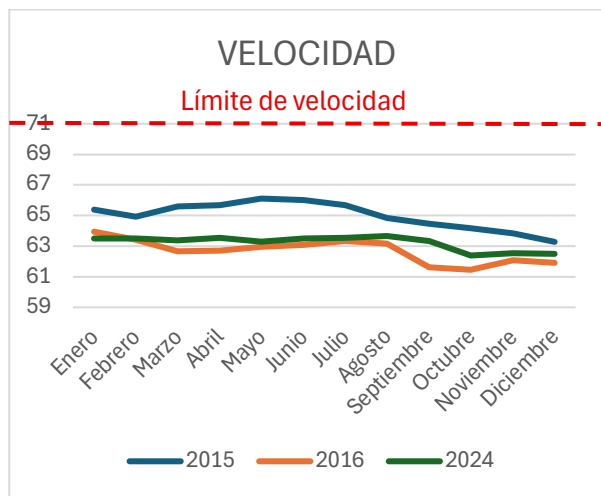
Fuente: elaboración propia.

#### 4.1. Evolución de la Velocidad Media.

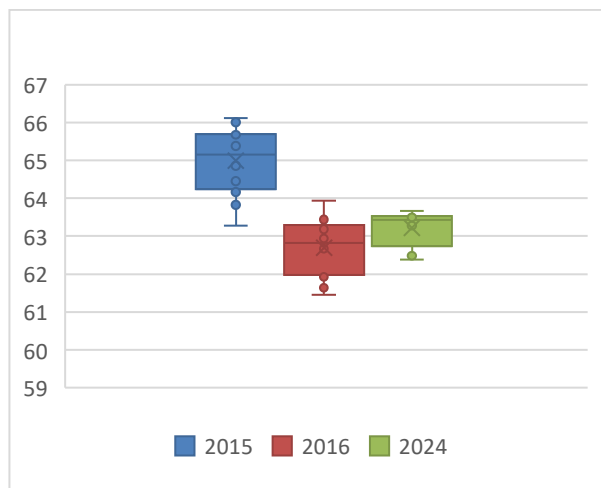
El análisis del comportamiento de la velocidad evidencia una alteración estructural tras la intervención.

En el periodo 2015-2016 las velocidades medias mensuales mostraban valores más elevados y una notable dispersión intermensual. Por el contrario, en el año 2024, con la medida plenamente consolidada, la velocidad media se estabilizó de forma consistente en el entorno de los 63 km/h (lo que representa un margen de seguridad frente al límite reglamentario de 70 km/h), registrándose una reducción de los valores absolutos y una homogeneización del patrón de circulación a lo largo de los meses.

Fig. 2. Velocidad media de circulación, y distribución de las velocidades medias mensuales por año.



Fuente: elaboración propia.

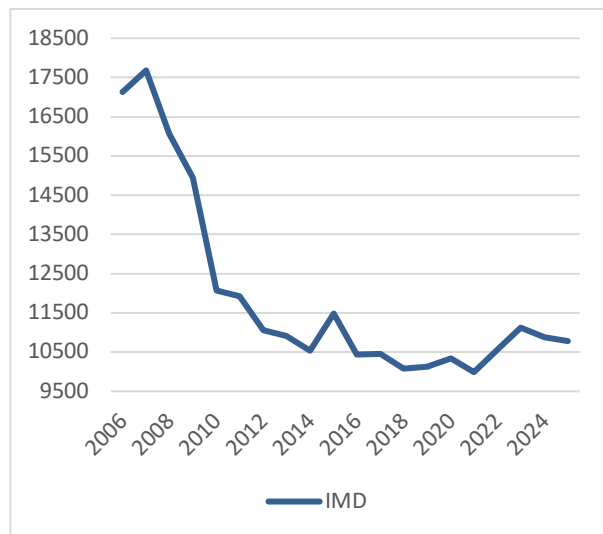


Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. Evolución del Volumen de Tráfico e Impacto de la AG-53.

La Intensidad Media Diaria (IMD) registró una alteración en su serie histórica. A partir del año 2010 se identificó una tendencia descendente en el flujo vehicular del tramo, efecto directamente atribuible a la entrada en servicio de la autovía AG-53 (Dozón–Ourense) en abril de 2009, la cual absorbió una fracción sustancial del tráfico de largo recorrido. Tras este periodo de transición, el volumen de tráfico se estabilizó en el entorno de los 10.000 vehículos/día, mostrando valores comparables con los niveles basales de la fase inicial del estudio, exceptuando el intervalo 2006–2009.

Figura 3. Evolución de la Intensidad Media Diaria en el tramo analizado.



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. Normalización de Tasas de Siniestralidad.

Con el fin de valorar la exposición al tráfico, se calcularon tasas de siniestralidad normalizadas para los periodos previo y posterior a la implantación del sistema de control de velocidad por tramo. Para ello, se agregaron los siniestros registrados en cada periodo y se utilizaron los valores medios de Intensidad Media Diaria (IMD) como denominador. Dado el reducido número absoluto de siniestros graves, estas tasas se presentan como un indicador descriptivo complementario, orientado a contextualizar la evolución observada bajo condiciones de exposición al tráfico comparables.

Tabla 1. tasas de siniestralidad normalizadas para los periodos previo y posterior a la implantación del sistema de control de velocidad por tramo.

Periodo	Años incluidos	Nº siniestros graves + mortales.	IMD media (veh/día)	Duración del periodo (años)	Vehículos totales del periodo	Tasa por millón de vehículos
Pre-intervención	2006–2015	$N_1 = 24$	$IMD_1 = 13378$	$A_1 = 10$	$IMD_1 \times 365 \times A_1$	$(N_1 / Vehículo)$

						$s) \times 10^6$
Post-intervención	2016-2025	$N_2=3$	$IMD_2=10478$	$A_2=10$	$IMD_2 \times A_2$	$(N_2 / Vehículos) \times 10^6$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Tasas de siniestralidad grave normalizadas por volumen de tráfico en los periodos pre y post intervención.

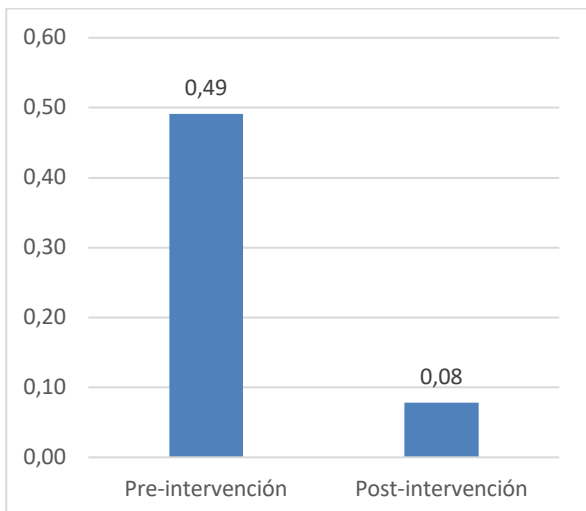
Periodo	Años incluidos	Nº siniestros graves + mortales.	IMD media (veh/día)	Duración del periodo (años)	Vehículos totales del periodo	Tasa por millón de vehículos
Pre-intervención	2006-2015	24	13378	10	48829700	0,49
Post-intervención	2016-2025	3	10478	10	38244700	0,08

Fuente: elaboración propia.

Los datos constatan que el número absoluto de siniestros graves y mortales descendió de 24 a 3 entre ambos periodos.

Expresado en términos de tasa normalizada, el riesgo de sufrir un siniestro grave o mortal por millón de vehículos se contrajo de 0,49 a 0,08, lo que supone una reducción del 83,6% en la tasa de siniestralidad con exposición controlada.

Figura 4. Tasa de siniestros graves por millón de vehículos en los periodos pre y post intervención.



Fuente: elaboración propia.

## 5. Discusión

Los hallazgos derivados del análisis longitudinal del tramo de Coles resultan congruentes con la literatura científica internacional, la cual ratifica de manera sólida que los sistemas automatizados de control de velocidad media inducen mejoras sustanciales en la seguridad vial.

La literatura científica existente sobre los sistemas automatizados de control de velocidad muestra, con un grado razonable de consistencia, que este tipo de intervenciones se asocian con mejoras en el comportamiento de conducción y reducciones de la siniestralidad, si bien su efectividad depende de múltiples factores contextuales y operativos (pago de la multa tras la detección y vigilancia policial activa), como el tipo de dispositivo, su configuración (posición de la señalización influye en la atención visual y en la elección de velocidad; señales en la calzada favorecen una conducción más segura al mantener el foco en la vía), el entorno vial, el nivel basal de velocidad, las campañas de velocidad insertadas en marcos teóricos sólidos, y el marco institucional de fiscalización en el que se insertan (Corbett, C. & Simon, F., 1999; Delaney, A. et al., 2004; Hirst et al., 2005; Pilkington, P. & Kinra, S., 2005; Owen et al., 2016; Roux & Zamora, 2013; Lee, Y. M. & Sheppard, E., 2020).

No obstante, la validación metodológica de estos resultados exige desgranar detalladamente los factores concurrentes y las limitaciones intrínsecas del diseño observacional aplicado.

### 5.1. Análisis Crítico del Factor de Confusión: la apertura de la AG-53.

Una de las principales aportaciones de esta discusión radica en evaluar el impacto real que tuvo la apertura de la autovía AG-53 en abril de 2009 sobre la siniestralidad del tramo convencional bajo estudio. Los datos de tráfico muestran que la IMD media descendió de 13.378 vehículos/día en el periodo pre-intervención a 10.478 vehículos/día en el post-intervención, lo que representa una

reducción neta del volumen de tráfico del 21,7%.

Desde una perspectiva analítica, si la reducción de la siniestralidad se debiera exclusivamente a la disminución de la exposición al tráfico (menos vehículos circulando), el descenso de los siniestros graves debería haber mostrado una proporción lineal similar a la caída de la IMD. Sin embargo, los resultados constatan una reducción del 87,5% en el número absoluto de siniestros graves y mortales (pasando de 24 a 3). Al controlar analíticamente esta variación mediante la tasa normalizada por millón de vehículos, se observa que el riesgo relativo cayó drásticamente de 0,49 a 0,08.

Este desajuste pone de manifiesto que la reducción de la demanda de tráfico explicada por la AG-53 es un factor de confusión que contribuyó a la mejora del entorno, pero que resulta claramente insuficiente para justificar por sí sola la magnitud del descenso de la accidentalidad grave. La apertura de la autovía generó un efecto de "desvío de tráfico", transfiriendo el tránsito de largo recorrido y el transporte pesado hacia una infraestructura de alta capacidad y con mejores condiciones de seguridad intrínseca.

Al quedar la vía convencional liberada de estos flujos, el tráfico remanente (predominantemente local) interactuó de manera directa con el radar de tramo implantado. El dispositivo operó modificando de forma efectiva el patrón conductual de los conductores locales, logrando reducir y estabilizar la velocidad media en torno a los 63 km/h. Esta pacificación del tráfico atenuó de forma drástica la energía cinética disponible en los impactos potenciales.

Ello confirma que, si bien la AG-53 redujo la exposición al riesgo, el radar de tramo actuó como el mecanismo catalizador de la pacificación del flujo vehicular a lo largo de toda la sección controlada.

## **5.2. Mecanismos de modificación conductual y ventajas del radar de tramo.**

El efecto preventivo observado se fundamenta en la teoría de la modificación conductual a través de procesos perceptivos y cognitivos ligados al riesgo de detección y a la certidumbre de la sanción (Cameron & Delaney, 2010). Mientras que los radares de punto fijo tienden a inducir que se reduzca la velocidad de modo localizado vinculado a un comportamiento de adaptación táctica (caracterizados por frenadas puntuales y aceleraciones posteriores), el sistema de control de velocidad media por tramo fomenta la conducción homogénea que se mantiene a lo largo de toda la sección controlada (De Pauw et al., 2014; Srinivas & Swamy, 2018; Vadeby, A., & Howard, C. 2024).

También, se ha estudiado el efecto de la instalación de múltiples cámaras (2 o más), esta medida incrementa la reducción de accidentes en términos absolutos, especialmente en radios cortos (en torno a 200 metros), mostrando un efecto dependiente del contexto espacial, y especialmente indicadas para tramos de alto riesgo (Li, Haojie et al., 2020). Asimismo, las señales de radar con retroalimentación de velocidad mantienen su efecto disuasorio a largo plazo y mejoran la seguridad en contextos específicos como entornos universitarios, escolares... (Williamson, M. R. et al., 2016).

Y este aspecto, desde el punto de vista de la seguridad vial, resulta particularmente relevante, ya que la estabilización del flujo del tráfico en Coles es coherente con los postulados de (Srinivas & Swamy (2018), quienes asocian ese patrón de conducción con un descenso de las colisiones, especialmente siniestros viales graves por alcance.

Esta pauta de comportamiento es análoga con la relación no lineal entre velocidad y severidad de las lesiones, ampliamente documentada en la literatura (Hirst et al., 2005), según la cual pequeñas reducciones en la velocidad media pueden traducirse en descensos desproporcionadamente elevados en la probabilidad de accidentes graves y

mortales. Ello refuerza la relevancia de intervenciones orientadas a la gestión sostenida de la velocidad, frente a actuaciones de carácter puntual.

### 5.3. Limitaciones metodológicas de la investigación.

Resulta imperativo reconocer las limitaciones metodológicas del estudio para evitar interpretaciones causales deterministas. La principal restricción radica en el carácter observacional del diseño cuasi experimental *before-after*, y en la ausencia de un grupo de control concurrente (es decir, un tramo gemelo en la misma región con idéntica evolución de tráfico, pero sin radar de tramo).

Asimismo, la posible influencia de factores de confusión no controlados y el análisis de un único tramo restringen la generalización externa de los hallazgos (Roux & Zamora, 2013).

A su vez, el enfoque adoptado se fundamenta en un análisis descriptivo longitudinal y no incorpora modelos estadísticos inferenciales ni procedimientos de ajuste multivariante que permitan estimar el efecto independiente de la intervención.

En consecuencia, los resultados deben ser tomados con prudencia científica, configurando una sólida evidencia de asociación compatible con la seguridad vial, pero no una prueba de causalidad matemática aislada.

### 6. Conclusiones

El análisis longitudinal desarrollado sobre el tramo viario de Coles (Ourense), confirma que la implantación de un sistema de control de velocidad por tramo se asocia con una reducción profunda y sostenida de la siniestralidad vial, manifestándose de forma especialmente enérgica en la incidencia de lesiones graves y mortales a lo largo de la década posterior a su implementación.

El examen de los factores de confusión permite concluir que la reducción de la siniestralidad se produjo de forma independiente a la contracción del tráfico

derivada de la entrada en servicio de la autovía AG-53. Aunque la apertura de dicha infraestructura de alta capacidad redujo la Intensidad Media Diaria de la vía convencional de aproximadamente 13.000 a 10.000 vehículos/día, la caída de los siniestros graves fue desproporcionadamente superior a dicha reducción. La tasa normalizada por millón de vehículos disminuyó de 0,49 a 0,08, lo que demuestra empíricamente que, bajo condiciones de exposición equivalentes, el riesgo intrínseco de fallecimiento o lesión grave en el tramo decreció sustancialmente tras la activación del radar de tramo, compatible con una contribución relevante de la medida más allá del trasvase de tráfico a la autovía.

Los resultados corroboran los postulados teóricos que otorgan ventajas estructurales a los sistemas de control de velocidad media frente a la fiscalización por punto fijo. Al desincentivar las conductas de adaptación táctica y los frenazos localizados, el radar de tramo propició un cumplimiento homogéneo del límite legal y una reducción duradera de la velocidad media y su variabilidad.

En este sentido, los hallazgos de este estudio respaldan la conveniencia de priorizar la implantación de sistemas de control de velocidad por tramo como herramienta de política pública en carreteras convencionales y, especialmente, en tramos identificados como de alto riesgo. No obstante, la efectividad de estas medidas depende en gran medida de su adecuada planificación, diseño e integración dentro de estrategias más amplias de seguridad vial, complementadas con actuaciones de señalización, diseño de la infraestructura y acciones de comunicación y concienciación.

Finalmente, a pesar de las limitaciones inherentes a un diseño observacional de tramo único y sin grupo de control concurrente, la presente investigación aporta una base empírica sólida y prolongada en el tiempo. Los hallazgos confirman la necesidad de integrar estos dispositivos automatizados dentro de estrategias integrales de seguridad

vial, donde la gestión de la velocidad se complementa de forma sinérgica con el diseño de la infraestructura, la señalización preventiva clara y las acciones continuas de comunicación y concienciación ciudadana.

## Referencias

- CAMPÓN DOMÍNGUEZ, José. Andrés. (2009). El modelo secuencial de eventos de un siniestro (MOSES). *Securitas Vialis*, 1(3), 91-104. <https://doi.org/10.1007/s12615-009-9014-4>
- CAMERON, Max., & DELANEY, Amanda. (2010). *Contrôles de vitesse: effets, mécanismes, densité et analyse économique pour chaque mode d'intervention. Les Cahiers Scientifiques du Transport, n° spécial Économie de la sécurité routière : définition, connaissance et enjeux*, (57) 63-83.
- CATHALIFAUD, Marcelo. Arnold, & OSORIO, Francisco. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de moebio*, (3).
- CORBETT, Claire., & SIMON, Frances. (1999). *The effects of speed cameras: How drivers respond*. Department for the Environment, Transport and the Regions. Centre for Criminal Justice Research Department of Law Brunel University.
- DE PAUW, Ellen., DANIELS, Stijn., BRIJS, Tom., HERMANS, Elke., & WETS, Geert. (2014). Behavioural effects of fixed speed cameras on motorways: Overall improved speed compliance or kangaroo jumps? *Accident Analysis & Prevention*, 73, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.08.019>
- DELANEY, Amanda., LOUGH, Bella., WHELAN, Michelle., & CAMERON, Max. (2004). *A review of mass media campaigns in road safety* (Report No. 220). Monash University Accident Research Centre.
- Dirección General de Tráfico. (2025). Las principales cifras de la siniestralidad vial 2024. <https://www.dgt.es/menusecundario/dgt-en-cifras/dgt-en-cifras-resultados/dgt-en-cifras-detalle/Las-principales-cifras-de-la-siniestralidad-vial-2024/>
- Dirección General de Tráfico. (2026, 27 de febrero). Tráfico instala 33 nuevos radares en las carreteras españolas. <https://www.dgt.es/comunicacion/notas-de-prensa/20260227-Trafico-33-nuevos-radares-carreteras/>
- Dirección General de Tráfico. (s. f.). Conducir con exceso de velocidad. <https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/evita-conductas-de-riesgo/conducir-con-exceso-de-velocidad/>
- Dirección General de Tráfico. (2020, septiembre). Excesos de velocidad: distancia de detención y mantenimiento. *Revista Tráfico y Seguridad Vial*. <https://revista.dgt.es/es/reportajes/2020/09-SEPTIEMBRE/0922-Excesos-velocidad-distancia-detencion-y-mantenimiento.shtml>
- Dirección General de Tráfico. (2023, diciembre). Infografía: Radares de tramo. *Revista Tráfico y Seguridad Vial*. [https://revista.dgt.es/es/multimedia/infografia/2023/12DICIEMBRE/1221\\_N268\\_InfografiaRadaresTramo.shtml](https://revista.dgt.es/es/multimedia/infografia/2023/12DICIEMBRE/1221_N268_InfografiaRadaresTramo.shtml)
- Dirección General de Tráfico. (2015, agosto). Infografía: A más velocidad, más peatones fallecidos. *Revista Tráfico y Seguridad Vial*. <https://revista.dgt.es/es/multimedia/infografia/2015/0810-A-mas-velocidad-mas-peatones-fallecidos.shtml>
- GONZALEZ TRIGO, Norberto. Aser. (2020). Vehículo autónomo y conectado: desafío a la seguridad vial. *Gladius et Scientia. Revista de Seguridad del CESEG*, (2). <https://doi.org/10.15304/ges.2.7224>
- GONZALEZ TRIGO, Norberto. Aser. (2024) «Análisis del uso de la fuerza en el ámbito de la seguridad pública», *Estudios en Seguridad y Defensa*, 19(38), pp. 303–324. doi: 10.25062/1900-8325.4945.
- HIRST, William. M., MOUNTAIN, Linda. J., & MAHER, Mike. (2005). Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures? *Accident Analysis & Prevention*, 37(4),

- 731–741.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.03.014>
- LEE, Yee. Mun., & SHEPPARD, Elizabeth. (2020). Effects of position of speed limit signs and the presence of speed camera on drivers' speed choice: An eye-tracking study. *Transportation Research Part F*, 74, 386–395.  
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.08.030>
- LI, Haojie., ZHU, Manman., Graham, Daniel. J., & YINGHENG Zhang (2020). Are multiple speed cameras more effective than a single one? *Accident Analysis & Prevention*, 139, 105488.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105488>.
- Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. (s. f.). Serie histórica de mapas de tráfico.  
<https://www.transportes.gob.es/carreteras/nuestra-red/movilidad/mapas-traffic/serie-historica-mapas>
- MONTELLA, Alfonso., PERSAUD, Bhagwant., D'APUZZO, Mauro., & IMBRIANI, Lella. Liana. (2012). Safety evaluation of automated section speed enforcement system. *Transportation Research Record*, 2281(1), 16–25.  
<https://doi.org/10.3141/2281-03>
- NILSSON, Göran. (2004). Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221, Doctoral thesis Lund Institute of Technology.
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Global status report on road safety 2023.  
<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/75c6a07d-8dbb-4c81-9a21-35c3ab70eda2/content>
- OWEN, Richard., URSACHI, George., & ALLSOP, Richard. (2016). *The effectiveness of average speed cameras in Great Britain*.
- PILKINGTON, Paul., & KINRA, Sanjay. (2005). Effectiveness of speed cameras in preventing road traffic collisions and related casualties: Systematic review. *BMJ*, 330(7487), 331–334.  
<https://doi.org/10.1136/bmj.38324.646574.AE>
- ROUX, Sébastien., & ZAMORA, Philippe. (2013). L'impact local des radars fixes sur les accidents de la route. *Economie et Statistique*, 460(1), 37–68.  
<https://doi.org/10.3406/estat.2013.10197>
- SEOANE, Paulo. (09 sep 2018). Entrevista a GONZALEZ TRIGO, Norberto. Aser. “Nos sorprende el aumento de cifras de conductores con exceso de alcohol”. La Voz de Galicia.  
[https://www.lavozdegalicia.es/noticia/ourense/2018/09/09/sorprende-aumento-cifras-conductores-exceso-alcohol/0003\\_20180909C5994.htm?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.lavozdegalicia.es/noticia/ourense/2018/09/09/sorprende-aumento-cifras-conductores-exceso-alcohol/0003_20180909C5994.htm?utm_source=chatgpt.com)
- SOOLE, David. W., WATSON, Barry. C., & FLEITER, Judy. J. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 54, 46–56.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.01.018>
- SRINIVAS, Akshay., & SWAMY, Vishal. Bharadwaj. S. M. (2018). Influence area of speed cameras. Department of Mechanics and Maritime Sciences Chalmers University Of Technology. Master's thesis in Automotive Engineering. Gothenburg, Sweden
- TABASSO, Carlos. (2012). Paradigmas, teorías y modelos de la seguridad y la inseguridad vial.  
[www.institutoivia.com/doc/tabasso\\_124.pdf](http://www.institutoivia.com/doc/tabasso_124.pdf)
- VADEBY, Anna., & HOWARD, Chistian. (2024). Spot speed cameras in a series. *Accident Analysis & Prevention*, 199, 107525.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107525>
- WILLIAMSON, Michael. R., FRIES, Ryan., & ZHOU, Huaguo. (2016). Long-term effectiveness of radar speed display signs. *Journal of Transportation Technologies*, 6, 99–105.  
<https://doi.org/10.4236/jtts.2016.63009>
- WILMOTS, Brenda., HERMANS, Elke., BRIJS, Tom., & WETS, Geert. (2016). Speed control with and without advanced warning sign. *Safety Science*, 85, 23–32.  
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.014>