2. INVESTIGACIÓN EN SINIESTROS VIALES.

Módulo 1. Teórico.

Tema 4. La inspección técnica policial.

4.1. Estudio de huellas y marcas.

- **4.1.1. Huellas.**
- **4.1.2. Marcas.**
- **4.1.3. Otros Restos.**

4.2. Estudio de los elementos intervinientes en un siniestro.

- **4.2.1. La vía.**
- **4.2.2. El vehículo.**
- **4.2.3. El factor y el fallo humamo.**

TEMA 4. LA INSPECCIÓN TÉCNICA POLICIAL.

Introducción y metodología de la investigación.

La **Inspección Técnica Policial (ITP)** es la fase científica y metodológica central en la investigación de siniestros viales, orientada a reconocer, fijar, recoger y analizar las evidencias físicas de la escena.

Puntos Clave:

- **Finalidad:** Responder de forma objetiva a las preguntas críticas de **cómo, por qué y quién** intervino en el accidente.

- **Valor Pericial:** Los datos recopilados aportan la base física y matemática para la posterior reconstrucción técnica del siniestro y constituyen **prueba pericial en el ámbito judicial**.

- **Estructura del Estudio:** La escena se analiza sistémicamente en dos bloques:

    1. **El entorno físico:** Estudio de huellas, marcas e incisiones sobre la calzada.
    2. **La trilogía vial y la conducta:** Interacción entre el factor humano (conductor/peatón), el vehículo y la vía.

4.1. Estudio de las huellas, marcas y otros restos.

Los neumáticos constituyen el único punto de contacto entre el vehículo y el suelo. Debido a esto, son probablemente los elementos sometidos a una mayor diversidad de esfuerzos, tales como compresión, tracción y flexión. Por ello, el buen estado de las cubiertas es sinónimo de seguridad activa; por el contrario, unos neumáticos inadecuados o con un mantenimiento deficiente no solo comprometen la estabilidad, sino que pueden ser la causa directa o un factor clave en un accidente.

Antes de adentrarnos en el estudio de las huellas es necesario conocer la anatomia y componentes estructurales del neumático.



- **Carcasa o armazón:** Estructura interna de capas de cables recubiertas de goma que soporta la presión de inflado y las cargas exteriores.
- **Banda de rodamiento (cima):** Capa exterior de caucho en contacto con el suelo. Su dibujo (escultura) garantiza tracción, adherencia y direccionabilidad, resistiendo la abrasión.
- **Capas de rodamiento (cinturón / lonas de cima):** Capas intermedias entre la banda y la carcasa que absorben impactos sin restar flexibilidad lateral a los flancos.
- **Hombros:** Zonas de transición entre la banda y los flancos. Disipan el calor generado por flexión y protegen la carcasa de rozaduras laterales.
- **Flancos o costados:** Paredes laterales que soportan la carga vertical y la flexión dinámica, aportando flexibilidad al sistema de suspensión.
- **Talones:** Aros de acero embebidos en goma que anclan fijamente el neumático a la llanta y garantizan la estanqueidad del aire.

Código de identificación técnica y homologación de los neumáticos.

Las inscripciones obligatorias grabadas en el flanco de un neumático constituyen su **código de identificación técnica y homologación**. Esta secuencia de números y letras especifica de forma exacta sus dimensiones, capacidades estructurales y límites de diseño mecánico.





RAMÓN BUENDÍA MAÍQUEZ.

La fecha de fabricación de los neumáticos aparece codificada mediante cuatro cifras. Las dos primera cifras indican la semana y las otras dos el año de fabricación. En el siguiente imagen, la numeración nos indica que el neumático fue fabricado entre el día 22 al 28 de junio del año 2025.



Protocolo de Inspección Técnica del Neumático.

Durante el examen físico de los neumáticos, y tras haber registrado exhaustivamente todas las inscripciones e índices reflejados en sus flancos, se debe dar respuesta técnica a los siguientes interrogantes:

- ¿Coinciden las dimensiones de los neumáticos y de las llantas con las especificaciones homologadas en la tarjeta de inspección técnica del vehículo?
- ¿Presenta el vehículo neumáticos de características o desgastes notablemente distintos entre el eje delantero y el eje trasero?
- ¿La banda de rodadura presenta algún síntoma de desgaste irregular?
- ¿Cuál es la profundidad del dibujo?

Ejemplos de desgaste irregular en un neumático.

Bajo presión (Insuficiente): El neumático se apoya principalmente en los laterales, lo que genera un desgaste acelerado en ambos **hombros** de la banda de rodamiento, dejando el centro con mayor relieve.

Sobre presión (Excesiva): La banda de rodamiento se abomba hacia el exterior, concentrando todo el apoyo y el desgaste mecánico exclusivamente en la **zona central** o cima, mientras que los hombros apenas tocan el asfalto.

Desgaste irregular por alineación (Convergencia o Divergencia): Se manifiesta cuando la zona exterior o interior de la banda de rodamiento de una misma rueda presenta un desgaste anormalmente acelerado en comparación con el resto del neumático.

Excesiva convergencia (ruedas "cerradas" hacia el frente): Provoca un desgaste prematuro que se inicia en el **hombro exterior** de la banda de rodamiento, mostrando a menudo un patrón de abrasión en forma de "escamas" o "dientes de sierra" al tacto.

Excesiva divergencia (ruedas "abiertas" hacia el frente): Concentra la abrasión y el desgaste severo en el **hombro interior** del neumático, comprometiendo gravemente la estabilidad direccional del vehículo antes de que se aprecie visualmente desde el exterior.



Profundidad del dibuno en los neumáticos.





Turismos y vehículos de turismo: El límite mínimo legal en España y en toda la Unión Europea es de **1,6 mm**. Circular por debajo de esta cifra compromete gravemente la seguridad vial (especialmente el riesgo de *aquaplaning*) y es motivo de sanción e inspección técnica desfavorable.

Vehículos pesados (camiones y autobuses de más de 3.500 kg: La normativa general establece que deben presentar un dibujo visible y con ranuras principales bien definidas, aunque se recomienda encarecidamente no bajar de los **2 mm** a **3 mm** debido a la masa del vehículo.

Motocicletas y ciclomotores: Legalmente se exige que las ranuras principales de la banda de rodamiento mantengan una profundidad mínima de **1,6 mm** en motocicletas, mientras que en ciclomotores basta con que el dibujo sea perfectamente visible (aunque por seguridad pericial y activa se aconseja sustituirlos mucho antes).

Para facilitar la inspección visual rápida, los fabricantes integran en los canales principales de la banda de rodamiento los **TWI** (*Tread Wear Indicators* o testigos de desgaste). Son pequeños tacos de goma de exactamente **1,6 mm** de altura; cuando el dibujo se enrasa con estos testigos, el neumático ha alcanzado su límite legal de uso.

4.1.1 <u>Huellas</u>.

El análisis del suelo y de las estructuras fijas ofrece al investigador un registro físico inalterable de la dinámica del siniestro. El manual clasifica estos indicios en tres categorías operativas:

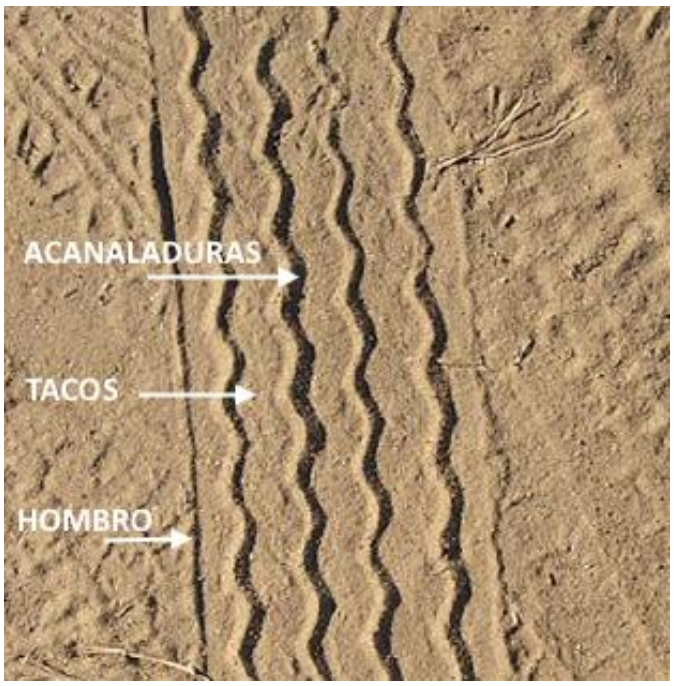
Huellas: Son las impresiones dejadas por los neumáticos sobre la superficie de rodadura. Su correcto análisis permite deducir el comportamiento dinámico del vehículo previo al impacto. Se clasifican principalmente en huellas de **frenada** (bloqueo de ruedas), **derrape** (pérdida de adherencia lateral), **aceleración** (patinaje por exceso de potencia) y **rodadura** (trayectoria libre).

1) Rodaje libre sobre terreno blando.

Impronta: Se considera impronta a la reproducción física del relieve de la banda de rodamiento sobre un terreno de consistencia blanda, independientemente de su grado de humedad. La fidelidad de esta huella depende directamente de la capacidad plástica del suelo que recibe la presión de la carga del neumático. Por lo general, este tipo de vestigios se localizan y documentan en los márgenes de la calzada, cunetas o caminos de tierra.

El análisis pericial de las improntas resulta fundamental para:

a) Determinar si existió una salida de vía parcial o inicial antes de producirse la colisión o la pérdida de control definitiva del vehículo.
b) Identificar o contrastar la morfología y características del neumático en siniestros con fuga del conductor implicado.
c) Establecer con precisión el ángulo cinemático de salida de la vía.

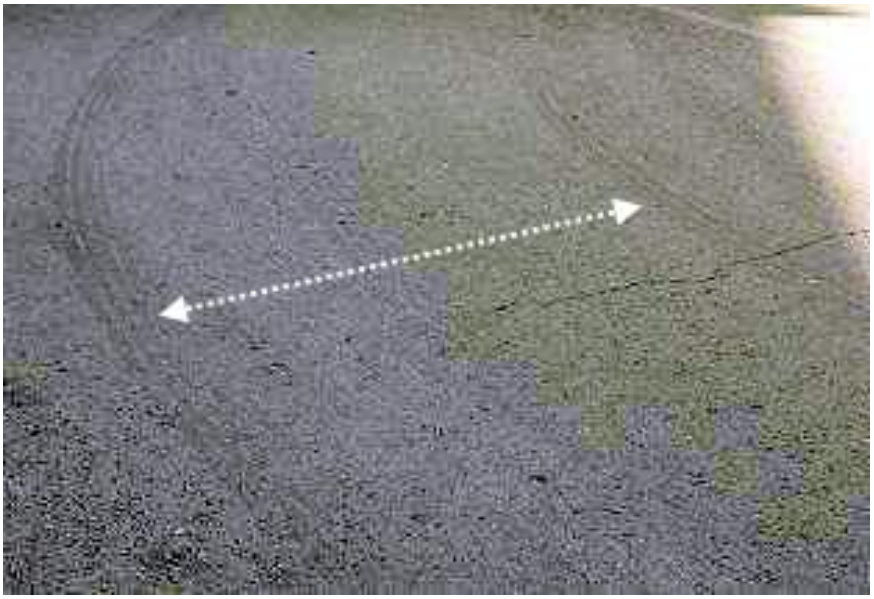


Rodadura: Esta marca se produce cuando la rueda gira libremente sobre terreno provisto de hierba, por ejemplo cuando un vehículo recorre una mediana ajardinada, produciéndose el aplastamiento de la hierba sin llegar a desgarrarla. Suele ser una huella efímera y raramente se aprecia el dibujo de la banda de rodadura.

2) Rodaje libre sobre terreno duro.

Tiznadura: Es un vestigio físico plasmado sobre el pavimento que se produce principalmente en épocas de altas temperaturas por la acción de neumáticos de vehículos pesados. Estas huellas se generan durante maniobras realizadas a baja velocidad con la rueda girando normalmente (sin bloqueo), donde el calor derivado del rozamiento y la presión transfiere el dibujo de la banda de rodamiento a la calzada de forma nítida.

Se caracterizan por ser señales de escasa intensidad cromática o contraste, aunque pueden presentar una longitud considerable e incluso trazar trayectorias curvas continuas.
Por su naturaleza operativa, este tipo de marcas se consideran indicios de circulación ordinaria y, por lo general, no guardan relación de causalidad con la producción de un accidente de tráfico.



Embarradura: Es el vestigio físico que se genera cuando un neumático, tras haber circulado previamente por una superficie de barro, transfiere de forma tardía el material adherido a sus canales sobre un pavimento firme y duro, plasmando temporalmente una señal nítida del dibujo de su banda de rodamiento.

La trascendencia de estas huellas en la investigación es eminentemente circunstancial; solo adquieren valor reconstructivo si se constata que fueron impresas por el vehículo momentos inmediatamente anteriores o posteriores a la producción del accidente (por ejemplo, para delimitar trayectorias de fuga o accesos desde vías no pavimentadas).



Estampa: Es la huella de transferencia continua que se genera cuando un neumático circula previamente por una superficie polvorienta o terrosa. Debido a la presión de la carga y al contacto dinámico, estas partículas finas se compactan y se alojan en el interior de los canales del dibujo de la banda de rodamiento. Al incorporarse el vehículo a un pavimento duro o asfalto limpio, dicho material acumulado se va desprendiendo progresivamente por la propia fuerza centrífuga de la rodadura, depositándose sobre la calzada y reproduciendo fielmente la morfología del neumático.

Este vestigio se manifiesta de forma decreciente, mostrando una gran nitidez inicial que se va difuminando de manera paulatina hasta que el material polvoriento se agota por completo y se limpia el dibujo de la cubierta.



Untadura: Es la huella de transferencia líquida generada por el neumático tras haber tomado contacto previo con fluidos derramados sobre la calzada (tales como aceite, líquido de frenos, anticongelante o ácido de batería). Dependiendo de la densidad de la sustancia y de la velocidad de rodadura, la marca puede reproducir fielmente la escultura de la banda de rodamiento o manifestarse simplemente como una franja continua y oscurecida.

Este vestigio es de vital trascendencia en la reconstrucción analítica, ya que suele delimitar con precisión la trayectoria e inercias seguidas por el vehículo en la fase post-colisión (fase de posición final).

En la inspección técnico-ocular se debe considerar que este tipo de huellas son altamente vulnerables. El tráfico rodado posterior de vehículos ajenos al siniestro sobre el área de conflicto puede superponer marcas, arrastrar el fluido y distorsionar significativamente la interpretación de las trayectorias originales.



Abrasión: Es el vestigio lineal que se plasma sobre la calzada cuando un neumático sufre una pérdida repentina de presión (pinchazo o reventón) y el vehículo continúa circulando en esa condición. Al carecer del colchón de aire interior, la banda de rodamiento se deforma por completo y el caucho es aplastado contra el pavimento de forma discontuina por las pestañas metálicas de la llanta, generando una fricción térmica y mecánica extrema.

Presentan una sección transversal variable, donde los bordes laterales de la huella muestran una intensidad cromática y una abrasión mucho más profunda debido a la concentración de la carga sobre los talones de la llanta. El trazado sobre el asfalto suele ser errático o marcadamente ondulado, reflejando las fuerzas de guiado asimétricas y las maniobras correctivas del conductor por mantener el control del vehículo.

La localización y el estudio analítico de estas huellas resultan críticos en la investigación criminalística vial, principalmente por dos motivos:

Como causa eficiente del siniestro: En salidas de vía o pérdidas de control previas, permiten datar el momento exacto en el que el neumático colapsó antes del impacto, demostrando que el reventón originó el accidente.

Como consecuencia del impacto: Estas marcas también pueden producirse en el momento exacto de la colisión. Cuando la violencia del impacto revienta el neumático, la llanta se clava y arrastra el caucho durante el desplazamiento post-colisión del vehículo hacia su posición final, siendo un indicador infalible para delimitar las trayectorias de descarte e inercias.



3) Rodaje bloqueado sobre terreno blando.

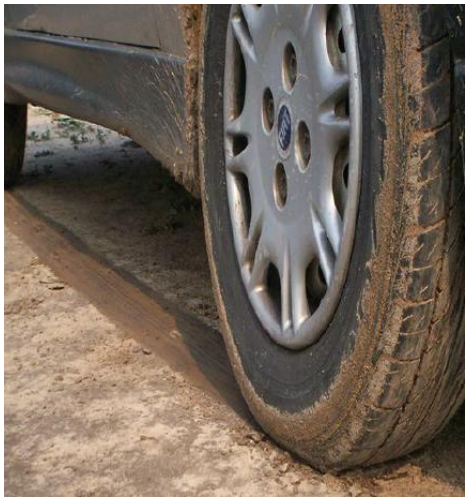
Surco: Es el vestigio tridimensional que genera un neumático bloqueado al deslizarse sobre superficies de consistencia blanda (tales como barro, tierra, arena o la vegetación de una cuneta).

Durante el desplazamiento, la rueda actúa como una pala, produciendo un barrido y excavación del material flotante. Visualmente, se manifiesta como una canaleta o zanja bien definida que suele concluir con una pequeña acumulación o "cuña" del material desplazado en el punto donde cesó el movimiento.

Un mismo proceso de frenada de emergencia con pérdida de trayectoria genera dos tipos de vestigios morfológicamente distintos según el sustrato:

Fase sobre el pavimento: Las marcas oscuras dejadas por la fricción y la transferencia de partículas de caucho se catalogan estrictamente como **huellas de frenada o deslizamiento**.

Fase sobre la cuneta o margen: En el instante en que el neumático bloqueado abandona el asfalto e ingresa en el terreno blando, el vestigio se transforma inmediatamente en un **surco**, a pesar de que la presión hidráulica de frenado y el bloqueo de la rueda hayan sido continuos durante todo el trayecto.





4) Rodaje bloqueado sobre terreno duro.

Raspadura: Se denomina raspadura al vestigio lineal en forma de surco fino o arañazo superficial que se plasma sobre el pavimento duro. Este fenómeno ocurre cuando una rueda se bloquea por completo existiendo previamente cuerpos duros extraños —como pequeños fragmentos de piedra, sílice, cristales o gravilla— incrustados entre los canales o tacos de la banda de rodamiento.

Al deslizarse el neumático sin girar, estos elementos actúan como punzones rígidos contra la capa de rodadura de la calzada. Debido a la concentración de la carga vertical del vehículo sobre la reducida superficie del objeto incrustado, este raya mecánicamente el ligante asfáltico o los áridos del pavimento, dejando una huella abrasiva muy localizada que denota la dirección del arrastre.





Barrido: Es el vestigio bidimensional que se genera cuando una rueda bloqueada se desliza sobre un pavimento liso, compacto y seco que presenta una capa superficial de polvo, tierra fina o suciedad acumulada. Al perder la rodadura, la banda de rodamiento actúa como un elemento frotador o escoba, desplazando mecánicamente las partículas sueltas hacia los márgenes de su trayectoria y dejando una franja temporal sensiblemente más limpia que el resto de la calzada.

Este efecto de limpieza delimita con precisión el ancho de sección del neumático en contacto con el suelo. Con frecuencia, el barrido no se presenta de forma aislada, sino que coexiste superpuesto con otros indicios de fricción, como las transferencias termoplásticas de caucho (huellas de frenada tradicionales) o las raspaduras, dependiendo del nivel de carga y de la rugosidad del asfalto subyacente.

Al tratarse de un mero desplazamiento de partículas volátiles no adheridas, es un vestigio de **muy baja persistencia**. Tiende a desaparecer con rapidez debido a la acción del viento, el paso del tráfico posterior o las condiciones meteorológicas, por lo que su fijación fotográfica y planimétrica debe realizarse de manera prioritaria durante la primera inspección técnico-ocular.



Secado (Huella de evaporación por fricción): Es un vestigio bidimensional e higrométrico característico de calzadas mojadas o húmedas tras un episodio de lluvia. Se genera cuando un neumático bloqueado se desliza sobre un pavimento liso y compacto; la fricción mecánica extrema entre el caucho y la superficie genera un incremento súbito de temperatura localizado (calor por rozamiento) que provoca la **evaporación instantánea** de la película de agua subyacente a lo largo de toda la trayectoria del arrastre.

Fase inicial: En el momento inmediato al accidente, la huella puede resultar sumamente difícil de percibir debido a la saturación de agua y a la humedad reinante en el ambiente, las cuales tienden a cubrir de nuevo la zona limpia.

Fase de contraste (Oreo): El fenómeno se vuelve plenamente visible cuando la calzada comienza a secarse de manera natural. En ese instante, y especialmente sobre pavimentos claros, asfalto pulido o de baja rugosidad, la franja donde se produjo la evaporación forzada se manifiesta como una **marca de tonalidad notablemente más clara y seca** que el entorno húmedo circundante.

Este indicio es de un valor extraordinario para el investigador, ya que delimita con precisión cronológica y espacial el eje geométrico de desplazamiento del vehículo en el instante exacto del conflicto, antes de que las condiciones meteorológicas alteren definitivamente la escena.



Arrastre: Es el vestigio que se genera cuando, a consecuencia de las fuerzas dinámicas de un impacto o de un viraje crítico, el neumático se desplaza transversal o longitudinalmente sin rodadura libre (bloqueado por deformación estructural, daños en los elementos de suspensión o por la acción del sistema de frenado) hasta que el vehículo se detiene por completo.

- **Arrastres laterales:** Pueden manifestarse tanto en la fase previa a la colisión (debido a pérdidas de control, sobrevirajes o subvirajes extremos) como en la fase posterior al impacto.
- **Arrastres post-colisión:** Se producen de manera típica por el colapso mecánico de los ejes, atrapamiento de ruedas o transmisiones rotas tras el contacto físico entre las unidades implicadas.

Este indicio posee una relevancia **fundamental** en la investigación técnico-ocular, ya que permite:

- Trazar de forma inequívoca el vector de desplazamiento del vehículo desde el **Punto de Colisión (PC)** hasta su **Posición Final (PF)**.
- Determinar las inercias, transferencias de masas y direcciones de descarte tras el intercambio de energía.
- Validar o refutar los modelos físicos de simulación de trayectorias post-impacto.





Huella de frenado: en el contexto de la investigación de accidentes de tráfico es la marca longitudinal que dejan los neumáticos de un turismo sobre la calzada cuando las ruedas se bloquean total o parcialmente debido a una frenada de emergencia.

Este vestigio es fundamental en la reconstrucción analítica de siniestros viales. A continuación, se detallan sus características técnicas, su proceso de formación y su utilidad:

Cuando el conductor de un turismo pisa el pedal de freno con suficiente fuerza como para vencer la adherencia entre el neumático y el asfalto, las ruedas dejan de rotar pero el vehículo continúa avanzando por inercia.

La energía cinética del turismo se transforma rápidamente en energía térmica debido al rozamiento severo entre la banda de rodadura y la superficie de la vía.
Este incremento extremo de temperatura funde los componentes de caucho del neumático y ablanda el alquitrán del asfalto. El neumático se deforma e imprime una banda de goma quemada y partículas desprendidas sobre el pavimento.

A diferencia de otras marcas (como las de derrape o aceleración), las huellas de frenado de un turismo tienen rasgos muy específicos:

- **Dirección:** Su trayectoria suele ser rectilínea, siguiendo la proyección del vector velocidad del vehículo en el momento del bloqueo, ya que una rueda bloqueada pierde la capacidad de guiado direcciónal.
- **Tonalidad Progresiva:** Comienzan siendo muy tenues o casi invisibles (fase de pre-frenado o *shadow mark*) y se van oscureciendo y definiendo a medida que aumenta la temperatura y la transferencia de masa.
- **Morfología de la Huella:** En un turismo, la huella suele mostrar los bordes laterales más oscuros o marcados que el centro, debido a la flexión del neumático y a la transferencia de carga dinámica hacia el eje delantero, que aplasta el neumático contra el suelo.

Para los especialistas en reconstrucción de accidentes, esta marca es uno de los indicios físicos más objetivos para realizar cálculos físicos:

- **Determinación de la Velocidad Mínima:** Permite calcular la velocidad mínima a la que circulaba el vehículo al inicio del bloqueo mediante el principio de conservación de la energía.
- **Identificación del Comportamiento Dinámico:** La simetría o asimetría de las huellas revela si el sistema de frenos del turismo funcionaba correctamente en todos sus ejes o si existía alguna anomalía mecánica previa al impacto.

Los turismos equipados con sistema **ABS** (Sistema Antibloqueo de Frenos) no suelen dejar la clásica huella de frenado continua, sino una sucesión de marcas intermitentes o tenues (punteadas), ya que el sistema libera y aplica la presión de frenado sucesivamente para mantener el control de la dirección. La principal función del ABS no es necesariamente acortar la distancia de frenado, sino **mantener la capacidad de dirección**.


ABS


KALISPELL
WHITEFISH
ABS





Huellas de derrape: es el vestigio longitudinal y curvo que deja el neumático de un vehículo sobre la calzada cuando este **pierde la adherencia lateral** mientras la rueda continúa girando.

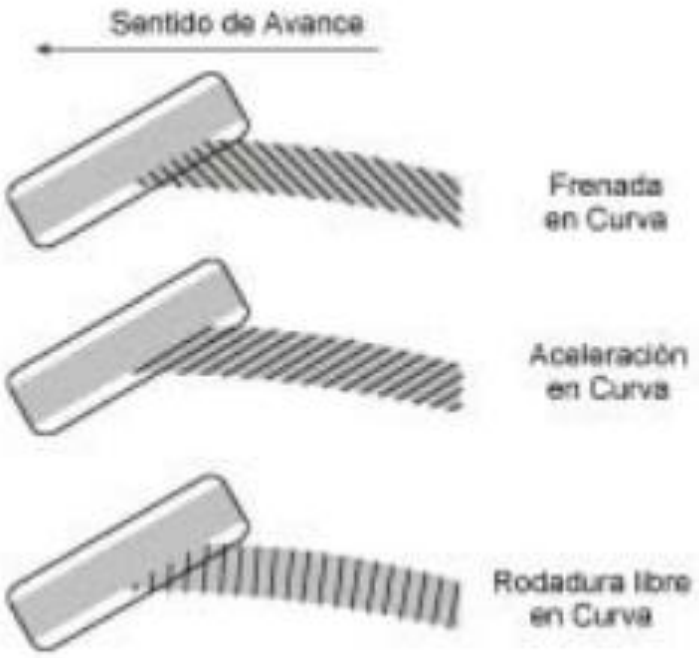
A diferencia de la huella de frenado (donde la rueda está bloqueada y el vehículo desliza en línea recta), en el derrape el vehículo experimenta un desplazamiento lateral u oblicuo respecto a su eje longitudinal, normalmente debido a una velocidad excesiva en curva o a una maniobra evasiva violenta.

El derrape se produce cuando la fuerza centrífuga (o la fuerza de inercia en un giro brusco) supera el límite de adherencia transversal entre el neumático y el pavimento.

- **Rotación y Deslizamiento Combinado:** La rueda sigue girando (no está bloqueada por el freno), pero rueda y desliza de forma simultánea de lado.
- **Hombro del Neumático:** Debido a la fuerza lateral, el turismo se inclina, produciendo una fuerte transferencia de masa hacia las ruedas exteriores del giro. El neumático se deforma ("flanquea") y apoya el **hombro exterior** de la banda de rodadura contra el asfalto.
- **Estrías por Fricción:** El fuerte rozamiento transversal funde los polímeros del caucho, rayando el asfalto y dejando marcas características.

Las huellas de derrape son fácilmente identificables en una inspección ocular por tres rasgos fundamentales:

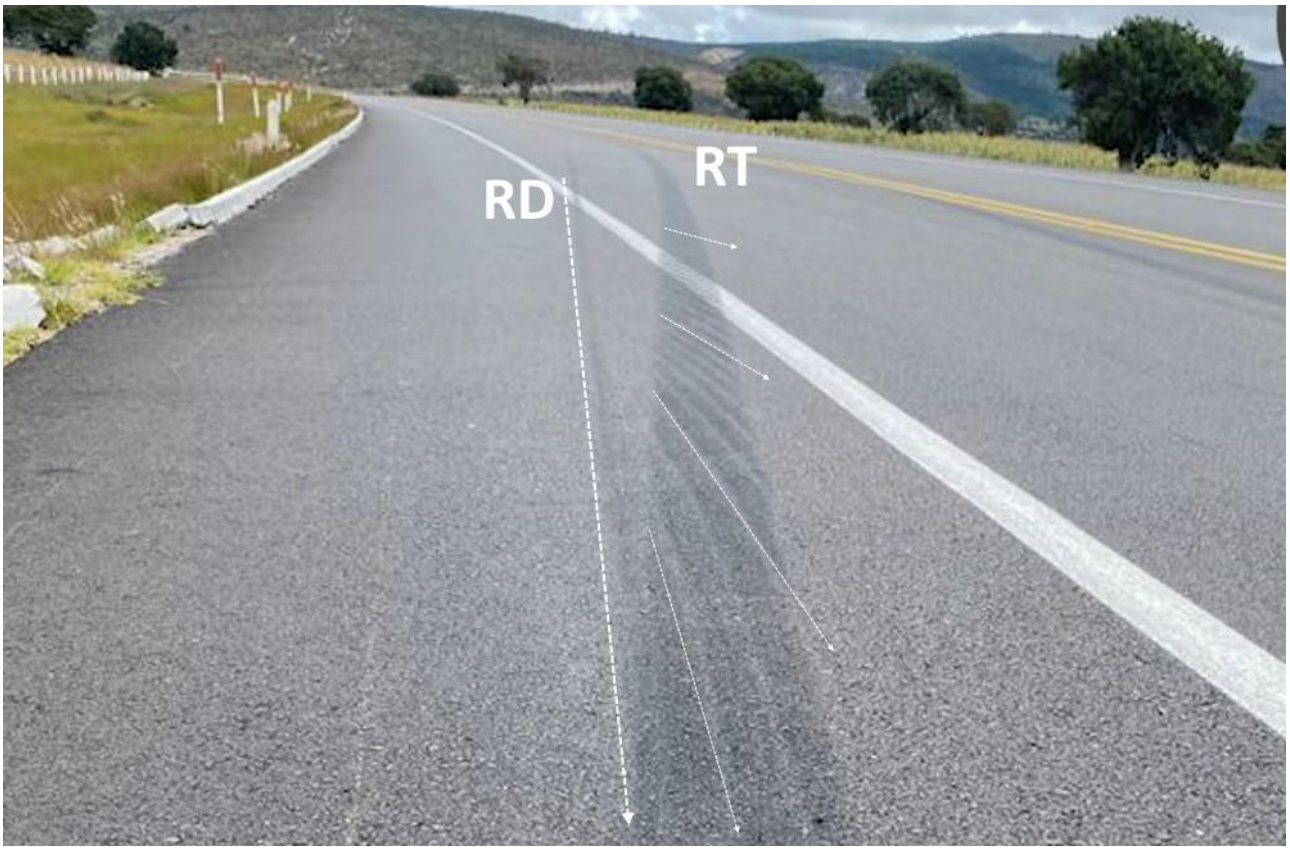
- **Trayectoria Curva:** Siguen una línea parabólica o curva que refleja la pérdida de control y la trayectoria real del centro de gravedad del vehículo.
- **Estrías Transversales o Diagonales:** Si se observan de cerca, presentan unas finas líneas o estrías dispuestas de forma transversal o diagonal a la dirección de la marcha. Estas estrías son causadas por el dibujo del neumático al deslizarse lateralmente mientras gira.
- **Inicio e Intensidad:** Suelen comenzar siendo muy sutiles y se van intensificando. En turismos, la rueda delantera exterior al giro es la que soporta mayor carga y, por tanto, suele dejar la marca más oscura y definida.



Ejemplos:

En la imagen se observa la **huella de fricción** impresa por un turismo que ha perdido el control tras trazar una curva hacia su derecha. Debido a un **exceso de velocidad**, el eje trasero del vehículo sufrió un deslizamiento lateral (sobreviraje).

Este fenómeno dejó grabada la marca señalada como **RT** (Rueda Trasera), donde se aprecia un cambio progresivo en la dirección de las **estrías** a medida que el conductor corregía la trayectoria y el vehículo recuperaba la estabilidad. Finalmente, se observa cómo esta trayectoria tiende a converger con la huella de fricción impresa por la **RD** (Rueda Delantera).



En las siguientes fotografías podemos observar una huella de frenado impresa por uno de los vehículos implicados en el accidente.

La huella de frenado se inicia en el punto (1) y finaliza en el punto (3).



El punto de colisión se reseña con el número (2), lugar donde se observa el cambio de dirección de la huella, de color más suave tras el impacto al perder la gran mayoría de su energía cinética.

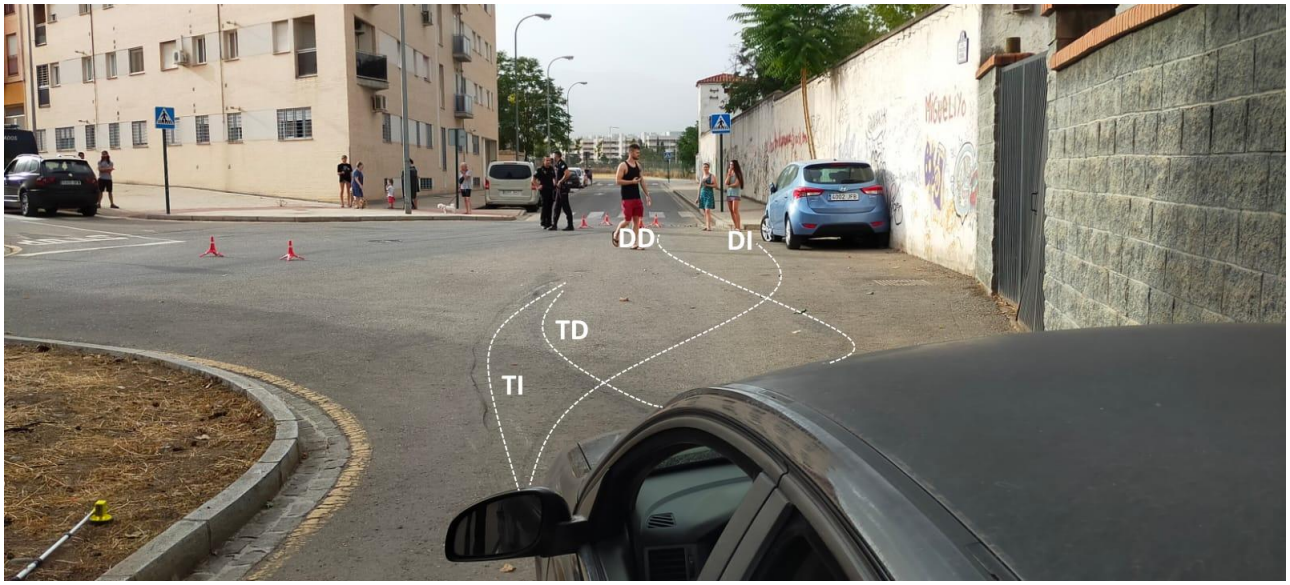


En la siguiente fotografía podemos observar unas huellas de fricción causadas por la roto-translación post-impacto de un vehículo accidentado.

DI y DD.- Huellas de fricción post-impacto por derrape de la rueda delantera izquierda y derecha del turismo.

TI y TD.- Huellas de fricción post-impacto por derrape de la rueda trasera izquierda y derecha del turismo.

La rueda trasera izquierda TI deja impreso en la calzada arañazos (contacto llanta-asfalto) y una tiznadura negra marcada y fina, "serpenteante", típico del deslizamiento de un neumático reventado.



En las siguientes Fotografías de detalle, se observa la finalización de las huellas de fricción impresas por los neumáticos delanteros de un turismo fugado del lugar del accidente tras colisionar con el lateral de un turismo estacionado.

"NDI y NDD" huellas de fricción de los neumáticos delantero izquierdo y derecho respectivamente, en la que se observa como el turismo desvió su trayectoria a consecuencia de la colisión con el lateral del turismo estacionado, diferenciándose claramente la entrada pre-colisión y la salida post-colisión.



La letra “H” nos ubica una huella de fricción por aceleración, causada al darse a la fuga el turismo causante del accidente.



4.1.2. <u>Marcas.</u>

Arañazo: Es el vestigio lineal, estrecho y de escasa profundidad que se genera sobre la superficie del pavimento por el contacto dinámico de un componente metálico aguzado o de reducida sección transversal. A diferencia de otras huellas de deformación macroscópica, el arañazo no llega a fracturar de forma severa la base estructural del asfalto, sino que raya mecánicamente el ligante o los áridos superficiales a lo largo de una trayectoria determinada.

Son las alteraciones físicas producidas sobre la calzada o el mobiliario urbano por las partes metálicas o rígidas del vehículo. Destacan los **raspados** (desprendimiento de pintura o asfalto), los **surcos** (incisiones profundas) y las **estrías**. Son fundamentales para ubicar con precisión el Área de Conflicto (punto de impacto).

Su localización en el escenario de un accidente es crítica, ya que puede originarse en diferentes momentos del conflicto:

En el momento del impacto (Fase de conflicto): Se produce por el colapso estructural y el efecto de "máximo enganche" (*maximum engagement*) entre las masas de los vehículos, donde los componentes deformados son empujados con violencia contra el suelo. Delimita con gran fiabilidad el **Punto de Colisión (PC)**.

En la fase post-colisión: Se genera cuando piezas desprendidas, elementos de la transmisión o brazos de suspensión rotos arrastran sobre la calzada mientras el vehículo se desplaza por inercia hacia su **Posición Final (PF)**.

En la fase de retirada (Post-accidente): Puede ser causado de forma accidental durante las maniobras de rescate o al ser remolcado el vehículo por los servicios de grúa, por lo que el investigador debe aprender a aislarlos para evitar falsos positivos en el análisis cinemático.

Las dimensiones y la profundidad de estas marcas no son estáticas, sino que varían en función de la evolución de las fuerzas vivas durante el siniestro:

De arañazo a hendidura: Ocurre cuando un arañazo inicial incrementa bruscamente su profundidad debido al aumento de la fuerza normal resultante (un empuje vertical hacia abajo provocado, por ejemplo, por el vuelco o el peso de otro vehículo superpuesto).

De hendidura a arañazo: Sucede el fenómeno inverso; una incisión profunda va perdiendo intensidad cinética y carga vertical a medida que el vehículo disipa su energía, reduciéndose a un arañazo superficial antes de cesar el movimiento.



Hendidura: Son arañazos con profundidades superiores a los 15 milímetros aunque pueden tener superficies más amplias que las del simple arañazo, variando la forma según el objeto metálico que las haya producido y la fuerza ejercida. Lo que distingue el arañazo de la hendidura es su profundidad.

Surco: Estas marcas, con las características de las marcas descritas en los apartados anteriores, suelen tener longitudes considerables por el deslizamiento prolongado de la parte metálica que la produjo. Podríamos decir que un surco es una hendidura prolongada.

Normalmente son producidos por vehículos de una masa considerable como camiones o semirremolques.

Restregón metálico:

Llamamos restregón a aquellos arañazos de han sido producidos por superficies amplias, por lo que adoptan una forma ancha o bien forman un conjunto de estrías. Por sí sola es difícil determinar su dirección.

Pueden ser ocasionados por un vehículo que vuelca y su carrocería golpea el pavimento y se desplaza sobre la superficie, observándose entonces un conjunto de estrías que pueden ser acompañados de pintura.



4.1.3. Otros restos materiales.

Comprende la transferencia de materia y fluidos en la escena. Incluye el desprendimiento de **restos sólidos** (cristales, plásticos, tierra de los pasos de rueda) y el vertido de **líquidos** (aceite, líquido de frenos, combustible, restos biológicos). Su dispersión ayuda a determinar las posiciones finales y el movimiento post-impacto.

Categoría Principal	Vestigio Específico	Condición / Terreno	Mecanismo de Formación	Utilidad Pericial / Reconstructiva
1. Neumáticos: Rodaje Libre	**Impronta**	Terreno blando (independiente de la humedad)	Reproducción física del relieve de la banda de rodamiento por la presión del neumático.	Determina salidas de vía parciales, identifica la morfología del neumático (fugas) y fija el ángulo cinemático de salida.
	Rodadura	Terreno blando (con hierba / mediana)	Aplastamiento de la hierba por el giro de la rueda sin llegar a desgarrarla (efímera).	Identifica la trayectoria en zonas ajardinadas (raro ver el dibujo).
	Tiznadura	Terreno duro (altas temperaturas)	Baja velocidad sin bloqueo; el calor por rozamiento y presión transfiere el dibujo de forma nítida.	Indicio de circulación ordinaria; generalmente no guarda relación de causalidad con el accidente.
	Embarradu-ra	Terreno duro	Transferencia tardía del barro previamente adherido a los canales del neumático.	Valor circunstancial; delimita trayectorias de fuga o accesos desde vías no pavimentadas.
	Estampa	Terreno duro	Desprendimiento progresivo (decreciente) de polvo/tierra compactado previamente en los canales por fuerza centrífuga.	Reproduce fielmente la morfología del neumático al incorporarse al asfalto limpio.
	Untadura	Terreno duro (presencia de fluidos)	Transferencia líquida (aceite, frenos, etc.) que	Delimita la trayectoria e inercias en la fase post-colisión. Muy

Categoría Principal	Vestigio Específico	Condición / Terreno	Mecanismo de Formación	Utilidad Pericial / Reconstructiva
			puede formar una franja oscura o el dibujo del neumático.	vulnerable a la contaminación por tráfico posterior.
	Abrasión	Terreno duro	Pérdida repentina de presión (reventón); las pestañas de la llanta aplastan el caucho generando fricción extrema.	Trazado errático/ondulado con bordes más oscuros. **Causa:** Data el colapso previo. **Consecuencia:** Marca el arrastre post-impacto.
2. Neumáticos: Rodaje Bloqueado	**Surco**	Terreno blando (barro, arena, cuneta)	La rueda actúa como pala, barriendo y excavando el material hasta formar una canaleta con una "cuña" final.	Marca la transición cuando un neumático bloqueado abandona el pavimento e ingresa a la cuneta.
	Raspadura	Terreno duro	Deslizamiento sin girar con cuerpos extraños (piedras, cristales) incrustados que rayan mecánicamente el asfalto.	Deja una huella abrasiva muy localizada que denota la dirección del arrastre.
	Barrido	Terreno duro (con polvo o suciedad)	El neumático actúa como escoba, desplazando las partículas sueltas y dejando una franja limpia (baja persistencia).	Delimita con precisión el ancho de sección del neumático. Prioritaria su fijación fotográfica.

Categoría Principal	Vestigio Específico	Condición / Terreno	Mecanismo de Formación	Utilidad Pericial / Reconstructiva
	Secado	Terreno duro (calzada mojada o húmeda)	El calor por rozamiento evapora instantáneamente la película de agua. Visible en la fase de "oreo" (secado natural).	Valor extraordinario; delimita con precisión cronológica y espacial el eje geométrico del vehículo en el conflicto.
	Arrastre	Terreno duro o blando	Desplazamiento transversal o longitudinal sin rodadura debido a fuerzas de impacto, viraje crítico o colapso mecánico.	Traza el vector desde el Punto de Colisión (PC) a la Posición Final (PF); determina inercias y valida simulaciones.
	Huella de frenado	Terreno duro	Bloqueo total/parcial por frenada de emergencia; la fricción funde el caucho y ablanda el alquitrán dejando una banda rectilínea.	Tonalidad progresiva, bordes más oscuros. Sirve para calcular la **velocidad mínima** e identificar anomalías mecánicas. *(El ABS deja marcas intermitentes).*
	Huella de derrape	Terreno duro	Pérdida de adherencia lateral mientras la rueda continúa girando debido a velocidad excesiva o maniobra violenta.	Trayectoria parabólica con estrías transversales/diagonales. Indica sobreviraje/subviraje y la dinámica del centro de gravedad.
3. Alteraciones Metálicas / Rígidas	**Arañazo**	Pavimento duro / Mobiliario	Contacto dinámico de componentes metálicos aguzados que rayan el ligante	Delimita el Punto de Colisión (en el impacto por *maximum engagement*) o

Categoría Principal	Vestigio Específico	Condición / Terreno	Mecanismo de Formación	Utilidad Pericial / Reconstructiva
			superficial sin fracturar la base.	trayectorias post-colisión e inercias. *(Evitar falsos positivos de grúas).*
	Hendidura	Pavimento duro	Arañazo con profundidad superior a 15 mm debido al incremento de la fuerza normal o carga vertical.	Indica la evolución de las fuerzas vivas o el aumento del empuje vertical (ej. vuelco).
	Surco (Metálico)	Pavimento duro	Una hendidura prolongada con longitudes considerables debido al deslizamiento continuo.	Producido habitualmente por vehículos de gran masa (camiones o semirremolques).
	Restregón metálico	Pavimento duro	Arañazos producidos por superficies amplias que forman un conjunto de estrías anchas (ej. carrozados en vuelcos).	Identifica zonas de contacto por vuelco o arrastre de carrocería; suele ir acompañado de transferencia de pintura.
4. Otros Restos Materiales	**Detritus de colisión**	Cualquier superficie	Desprendimiento brusco de barro, polvo, óxido o alquitrán acumulados en los bajos del chasis por la sacudida inercial.	Si están amontonados o agrupados, determinan con casi total certeza el **Área de Impacto Clave** por su caída vertical.

Categoría Principal	Vestigio Específico	Condición / Terreno	Mecanismo de Formación	Utilidad Pericial / Reconstructiva
	Fluidos del vehículo	Pavimento duro	Proyección o vertido por rotura, fisura o volcado de depósitos mecánicos. Se clasifican en:	Ayuda a determinar las posiciones finales y el movimiento post-impacto. Su orden de frecuencia es:
			* **a) Agua/Refrigerante:** El más común (impactos frontales).	

4.2 ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS INTERVINIENTES EN UN SINIESTRO.

El proceso de investigación de un accidente de tráfico comienza con una minuciosa recopilación de datos. Disponer de información de entrada de alta calidad es indispensable para obtener resultados fiables; de hecho, el éxito o el fracaso de cualquier reconstrucción radica en **una rigurosa inspección ocular**.

El objetivo principal es recabar la mayor cantidad de información posible sobre las circunstancias que rodearon el siniestro. Para ello, la investigación se articula en torno a la conocida **"Trilogía Vial"** (los tres elementos clave del tráfico):

- **El factor humano:** Víctimas, conductores y testigos.
- **El vehículo:** Los automóviles implicados y sus deformaciones.
- **La vía:** La infraestructura y su entorno inmediato (la escena del accidente).

Describir con total fidelidad el estado de estos tres elementos en el momento del impacto es el propósito global de la toma de datos. **Cualquier información que no se registre en el momento será difícil, si no imposible, de recuperar.** La escasez o falta de fiabilidad de los datos iniciales puede frustrar cualquier intento posterior de averiguar la secuencia real de los acontecimientos.

La recopilación de datos técnicos exige una dedicación considerable que a menudo se infravalora, olvidando que es el primer y más básico eslabón de la cadena de reconstrucción. Además, esta información suele encontrarse dispersa en diversas fuentes.

Por tanto, el accidente de tráfico es el resultado del fallo sistémico en la interacción de los tres elementos que componen el sistema vial. El investigador debe aislar y analizar cada componente para comprender la causalidad del evento:

- **La vía y el entorno**: Estudio del escenario físico donde se desarrolla el siniestro. El analista debe evaluar la geometría de la infraestructura (alineaciones, pendientes, peraltes), las características del pavimento (coeficiente de rozamiento, baches), la señalización (visibilidad y estado), la iluminación y la influencia de las condiciones meteorológicas (lluvia, hielo, niebla).

- **El vehículo**: Inspección forense de las unidades de tráfico implicadas. Se centra en la catalogación de las deformaciones (dirección y magnitud de las fuerzas de deformación), la recogida de datos de las unidades de control electrónico (EDR o "cajas negras") y la verificación del estado de los sistemas de seguridad activa (frenos, dirección, neumáticos) y pasiva (airbags, cinturones de seguridad).

- **El factor humano**: Análisis de las condiciones psicofísicas y socio-culturales de los usuarios de la vía (conductores, peatones y pasajeros). El manual aborda la evaluación de aspectos intrínsecos como la edad, la experiencia, el estado de fatiga, el estrés, las capacidades sensoriales y la posible influencia de factores exógenos como el alcohol, las drogas o los fármacos.

- **El fallo humano**: Definido como la acción u omisión concreta que rompe el equilibrio de seguridad en la conducción. A diferencia del factor humano general, el fallo humano se categoriza operativamente en **errores de percepción** (no ver una señal, valorar mal las distancias) y **errores de ejecución** (maniobras evasivas incorrectas, velocidad inadecuada para las condiciones existentes, distracciones al volante).

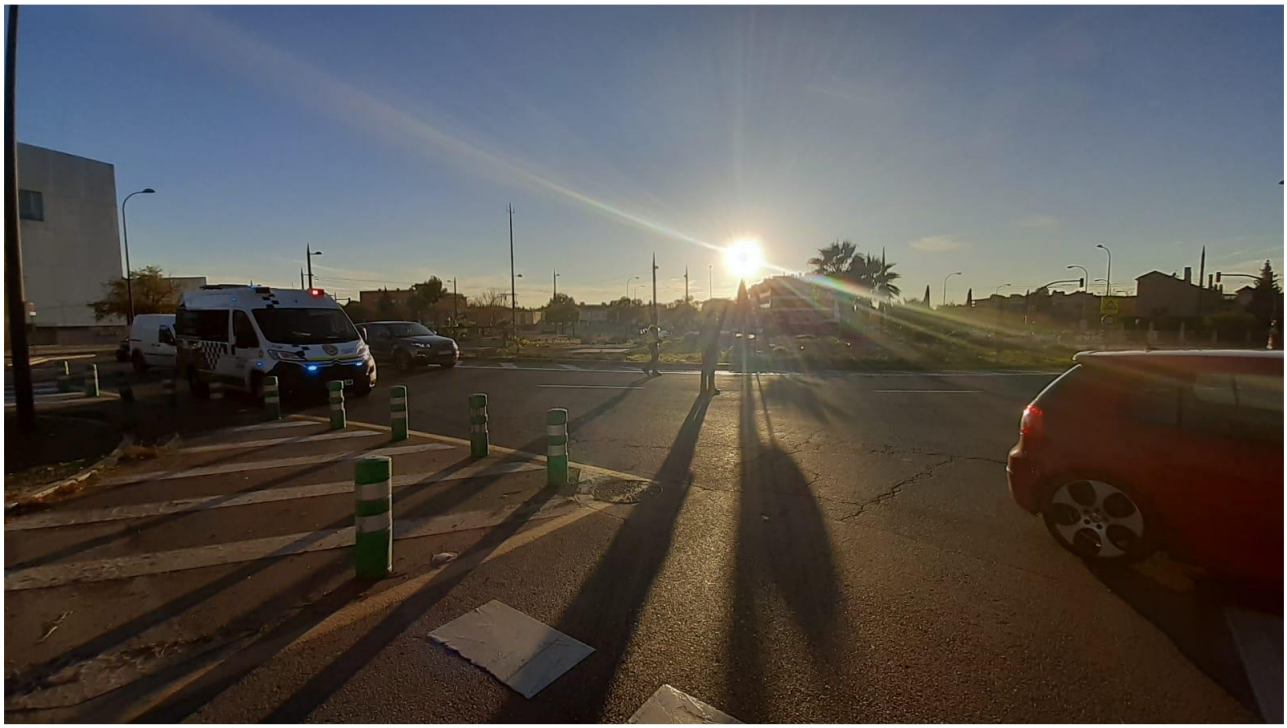
4.2.1. La vía.

De forma general, las evidencias y datos que deben recogerse en el escenario del accidente se clasifican en dos grandes categorías según su persistencia en el tiempo: **datos inmediatos** y **datos duraderos**.

A. Datos inmediatos (o efímeros).

Son aquellos factores o indicios que pueden desaparecer rápidamente debido al tráfico, las condiciones ambientales o el paso del tiempo. Requieren una fijación fotográfica y medición prioritaria:

- **Factores ambientales y de visibilidad:** Condiciones meteorológicas, condiciones de iluminación (solar o artificial), así como la presencia de sombras u obstrucciones visuales móviles.



- **Indicios volátiles en la superficie:** Charcos de combustible, agua u otros fluidos, y residuos o restos de los vehículos esparcidos por la vía.



- **Huellas temporales de neumáticos:** Marcas de deslizamiento sobre el pavimento, o huellas impresas en terrenos blandos, barro o nieve.



- **Regulación del tráfico:** Presencia de señalización provisional o de obra.



B. Datos duraderos.

Son aquellos elementos que permanecen inalterables durante un período de tiempo prolongado, lo que permite su análisis detallado incluso días después del suceso:

- **Geometría y configuración vial:** Trazado, dimensiones y configuración general del lugar del accidente.



- **Características de la vía:** Estado general y tipo de pavimento, así como la señalización vial fija (tanto vertical como marcas viales).



- **Obstrucciones visuales permanentes:** Elementos fijos como vegetación, edificios, mobiliario urbano o biondas que afecten a la visibilidad.



- **Marcas viales persistentes:** Huellas de neumáticos impresas en pavimentos secos y rígidos, así como los surcos, raspaduras o entalladuras producidas por las partes metálicas de los vehículos sobre la calzada.



4.2.2. El vehículo.

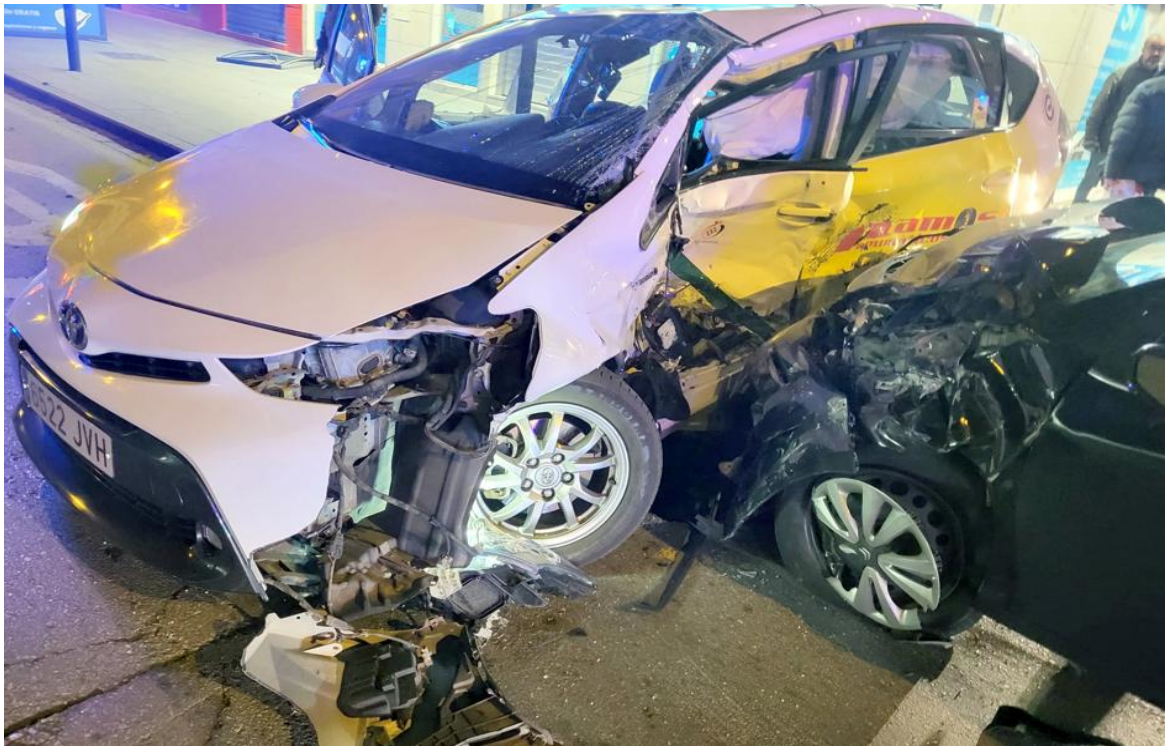
Daños directos e inducidos.

En la investigación de siniestros viales, los daños más evidentes son las deformaciones, abolladuras o roturas que sufren los componentes del vehículo a causa del impacto. El análisis de estas deformaciones permite determinar la posición relativa entre los vehículos durante la fase de contacto. Asimismo, en la mayoría de los casos, revela la dirección, el sentido y la magnitud de las fuerzas que los provocaron.

Para un análisis riguroso, es fundamental que el investigador sepa distinguir entre **daños Inducidos o daños directos o por contacto** (tanto externos como internos).



En ocasiones, esta distinción resulta compleja a simple vista. Por ejemplo, en una colisión lateral el astillado de un vidrio templado (habitual en las ventanillas laterales) no ofrece indicios claros sobre si la rotura se produjo por un impacto directo o por la torsión del marco estructural. En cambio, en el vidrio laminado, al mantener su cohesión, es posible analizar la morfología de las fracturas para determinar su origen:



A) <u>Daños inducidos</u>.

Son aquellos desperfectos causados en zonas del vehículo que no han recibido un impacto directo, sino que se producen por la transmisión de tensiones a través de la propia estructura o por el efecto de la fuerza de desaceleración de la colisión.

Este fenómeno es especialmente visible en la carrocería y el bastidor. Por ejemplo, una colisión frontolateral severa puede llegar a deformar el techo o provocar la apertura e inoperabilidad de las puertas del lado opuesto al impacto debido a la transferencia de energía y la torsión estructural.



B) Daños directos o por contacto.

Los daños por contacto se clasifican según su origen en **externos e internos**:

B.1) Daños por contacto externo: Son aquellos que sufre cualquier parte de la estructura del vehículo debido al impacto directo contra un elemento ajeno a este, ya sea otro vehículo, un peatón, un obstáculo fijo o la propia superficie de la calzada.

Dentro de la morfología general de los daños por contacto, se distinguen los siguientes tipos:

- **Arañazos:** Incisiones estrechas y de escasa profundidad que, aunque pueden llegar a rayar la chapa, generalmente solo afectan a las capas superficiales de pintura.



- **Hendiduras:** Surcos profundos causados por el rozamiento continuo de un elemento metálico o cortante. Afectan tanto a la pintura como a la estructura metálica y, si la fuerza es suficiente, pueden derivar en un corte total de la pieza.



- **Raspados (o raspaduras):** Se producen por el rozamiento friccional entre dos superficies o cuerpos, generando un desprendimiento de pintura que permite al investigador reconstruir la geometría de los objetos en contacto.



- **Desprendimientos:** Piezas o componentes estructurales que se separan o saltan de su posición original de anclaje (paragolpes, puertas, aletas, etc.).



- **Abolladuras:** Deformaciones plásticas de la chapa metálica en forma de concavidades o convexidades, producidas por fuerzas de compresión o impactos directos.



B.2) Daños por contacto interno: Son las deformaciones o roturas producidas en el interior del habitáculo. Por lo general, son causados por el desplazamiento intrínseco de los ocupantes o de la carga transportada durante la colisión o en las fases de deceleración y vuelco.

En la imagen se aprecian las deformaciones en el respaldo del asiento del conductor, compatibles con el impacto dinámico proyectado por la ocupante de la plaza trasera izquierda, quien no hacía uso del cinturón de seguridad. Este desplazamiento e impacto posterior contra la estructura del asiento delantero evidencia la falta de retención de la pasajera durante la deceleración del vehículo.



En la imagen se aprecian las deformaciones y roturas en la zona inferior izquierda del salpicadero, compatibles con el impacto directo de la rodilla izquierda del conductor, quien no hacía uso del cinturón de seguridad. Asimismo, se observa el pedal de embrague completamente hundido y desplazado, lo que evidencia una acción de frenado o reacción de pánico mediante la presión enérgica del pedal en los instantes previos o simultáneos a la colisión.



La fractura de la luna parabrisas nos puede indicar sin ha sido por daños inducidos o directos.

- **Líneas de fractura paralelas** que parten del borde del cristal suelen denotar **daños inducidos**.



- **Líneas de fractura radiales y concéntricas** (en forma de tela de araña) evidencian un **daño por contacto**.



Inspección técnico-ocular del habitáculo en accidentes de tráfico.

El habitáculo de un vehículo siniestrado es un contenedor biográfico de los segundos que dura una colisión. Mientras que los vestigios sobre la calzada nos explican la trayectoria y la física exterior de las unidades implicadas, el interior del vehículo nos revela la historia humana del accidente: la cinemática de las víctimas.

Cuando se produce un accidente de tráfico, la violencia del impacto desencadena una transferencia de energía que deforma estructuras, activa sistemas pirotécnicos y proyecta cuerpos y objetos en milisegundos.

Datos clave que se deben tomar:

1. Sistemas de Seguridad Pasiva.

A. Cinturones de Seguridad.

- **Posición de inmovilización:** Verificar si el cinturón quedó bloqueado, retraído o extendido.
- **Marcas de transferencia y fricción:** Buscar quemaduras por fricción en la cinta, transferencia de fibras de la ropa del ocupante, o marcas del tejido del cinturón en la ropa de las víctimas (evidencia de que estaba abrochado bajo carga).
- **Anclajes y hebilla:** Comprobar si la lengüeta está introducida en el cierre y si hay deformaciones en los puntos de anclaje.
- **Pretensores pirotécnicos:** Verificar si se activaron (suelen acortar el recorrido del cierre o dejar marcas de humo/calor).

B. Airbags (Bolsas de Aire).

- **Estado de despliegue:** Registrar qué airbags se desplegaron (frontales, laterales, de cortina, de rodilla) y cuáles no.
- **Evidencias biológicas o textiles:** Buscar transferencia de maquillaje, sangre, saliva o fibras textiles en la tela de la bolsa (ayuda a correlacionar qué ocupante impactó contra qué airbag).
- **Daños mecánicos:** Inspeccionar si la bolsa presenta roturas por impacto con objetos punzantes que portaban los ocupantes (bolígrafos, gafas, etc.).

2. Mandos, Indicadores y Cuadro de Instrumentos.

A. El Cuadro de Instrumentos (Salpicadero).

- **Velocímetro y tacómetro:** Comprobar si las agujas se quedaron "clavadas" en un valor específico debido al corte de energía del impacto (debe tomarse con cautela, pero es un indicio).
- **Testigos luminosos:** Registrar qué luces de avería o advertencia quedaron encendidas en el cuadro (fallo de frenos, ABS, motor, airbag).
- **Odómetro:** Anotar el kilometraje total del vehículo.

B. Mandos de Control.

- **Posición de la llave/botón de encendido:** Verificar si estaba en posición de contacto (*On/Run*).
- **Mandos de iluminación:** Comprobar la posición del interruptor de luces (apagadas, posición, cruce, carretera, antiniebla) para contrastar con las condiciones del accidente (si fue nocturno).

- **Limpiaparabrisas:** Posición del mando (apagado, intermitente, continuo) para verificar su uso si el accidente ocurrió bajo la lluvia.
- **Caja de cambios:** Registrar la marcha insertada (en vehículos manuales) o la posición de la palanca (en automáticos: D, P, R, N).

3. Deformaciones Interiores y Puntos de Impacto.

- **Columna de dirección y volante:** Inspeccionar si el volante está doblado o desplazado hacia el conductor, o si la columna colapsó (indicio de un impacto fuerte del tórax del conductor).
- **Salpicadero y guanteleta:** Buscar marcas de impactos de las rodillas o piernas de los ocupantes de los asientos delanteros.
- **Techo y montantes interiores:** Evaluar deformaciones que indiquen un vuelco o intrusión externa, así como restos de cabello o sangre que revelen impactos de las cabezas.
- **Pedales (Freno, Acelerador, Embrague):** Analizar si están doblados o si las suelas de los zapatos del conductor dejaron huellas impresas en la goma del pedal (evidencia de una acción de frenado de pánico de última hora).

4. Estado y Configuración de los Asientos.

- **Posición longitudinal:** Distancia del asiento respecto al volante y pedales (clave para cotejar la estatura de quien afirmaba conducir).
- **Inclinación del respaldo:** Verificar si el respaldo colapsó hacia atrás por el impacto (común en alcances traseros) o si estaba excesivamente reclinado.
- **Reposacabezas:** Altura y posición para evaluar el riesgo o la producción del esguince cervical ("latigazo cervical").
- **Anclajes:** Comprobar si los asientos se desprendieron de sus rieles por la fuerza inercial.

5. Indicios Biológicos, Objetos Libres y Telefonía.

- **Ubicación de restos biológicos:** Sangre, restos óseos o tejidos en el parabrisas, volante o pilares. Ayudan a realizar el mapa de proyección de los cuerpos.
- **Dispositivos móviles (Teléfonos/GPS):** Localización en el habitáculo (en el suelo, en un soporte, en la consola central). Verificar si la pantalla quedó encendida, si había aplicaciones de navegación activas o indicios de distracción.
- **Equipaje u objetos sueltos:** Registrar objetos pesados sueltos en el habitáculo que se hayan convertido en proyectiles durante el accidente, y buscar marcas de sus impactos en el interior.

6. Módulo de Datos de Eventos (EDR / "Caja Negra").

- Aunque requiere equipo especial de extracción, en la inspección ocular se debe localizar el **puerto OBD-II** (generalmente bajo el salpicadero en la zona del conductor) para asegurar su accesibilidad, ya que registrará los datos de los segundos previos al impacto (velocidad, uso del freno, aceleración, giros de volante, etc.).

En la siguiente imagen se observa el cinturón de seguridad del asiento delantero derecho **extraído y bloqueado** en su posición operativa. Este vestigio material evidencia que el ocupante de dicha plaza **hacía uso del sistema de retención** en el momento de la colisión.



A diferencia del caso anterior, en la siguiente imagen se observa el cinturón de seguridad del asiento delantero totalmente **retraído, tensado y bloqueado**. Este vestigio material constata que el ocupante de dicha plaza **no hacía uso** del sistema de retención en el momento del accidente.

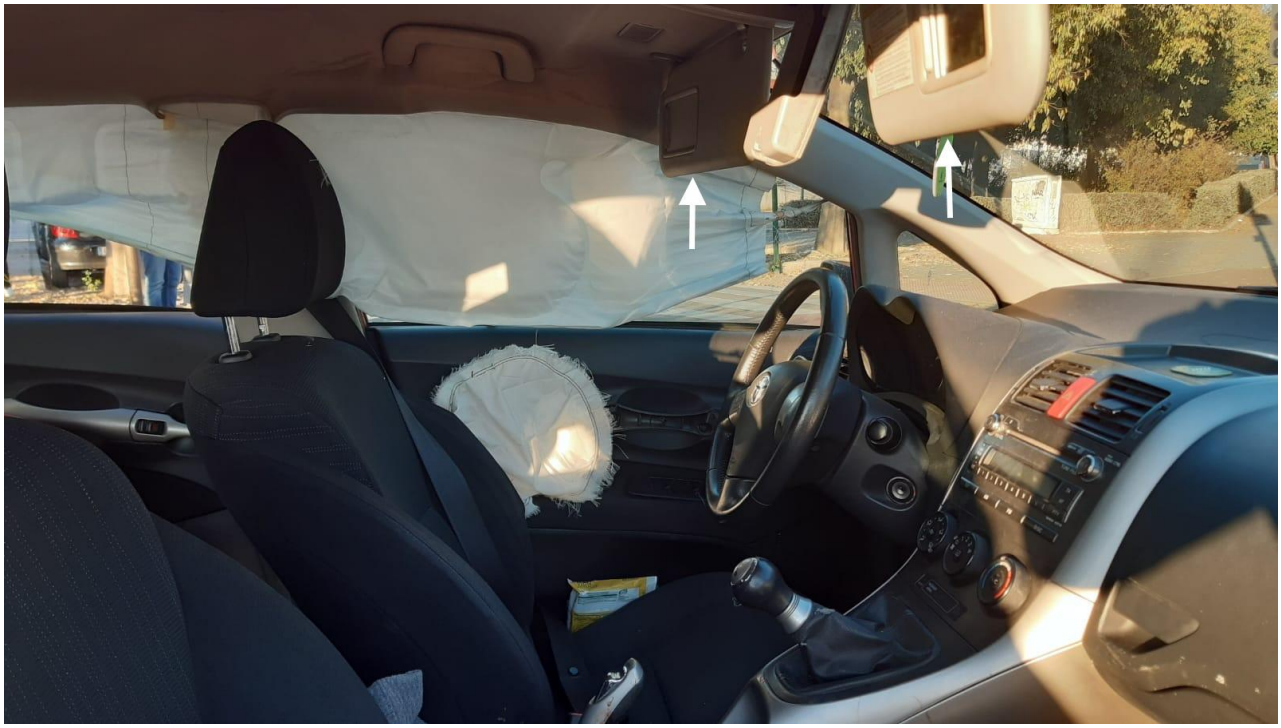


En las siguiente imágenes se observa distintas bolsas de aire del airbag activadas.





En esta ocasión, resultó determinante constatar en el habitáculo que la conductora del turismo **hacía uso de la visera solar** (desplegados según se aprecia en la imagen), indicio clave sobre las condiciones de visibilidad por deslumbramiento. Asimismo, se verificó que la palanca de cambios se encontraba **insertada en la segunda relación de marcha** tras el impacto. Su conductora hacia uso del cinturón de seguridad.



Bloque Metodológico	Categoría / Elemento	Vestigios e Indicios Clave a Registrar	Utilidad Pericial y Reconstructiva
1. Análisis de Deformaciones	**A. Daños Inducidos**	• Desperfectos en zonas sin impacto directo. • Deformación del techo o inoperabilidad de puertas opuestas. • Vidrio laminado: Líneas de fractura paralelas desde el borde.	Evidencian la transmisión de tensiones a través de la estructura y el efecto de las fuerzas de desaceleración.
	B. Daños Directos *(Contacto externo)*	• **Arañazos:** Incisiones estrechas y superficiales en pintura.	Revelan la posición relativa de las unidades, la dirección, el sentido y la

Bloque Metodológico	Categoría / Elemento	Vestigios e Indicios Clave a Registrar	Utilidad Pericial y Reconstructiva
		• **Hendiduras:** Surcos profundos (pueden cortar la pieza). • **Raspados:** Fricción entre superficies con transferencia/pérdida de pintura. • **Desprendimientos / Abolladuras:** Piezas sueltas o deformaciones plásticas.	magnitud de la Línea de Fuerza Principal.
	C. Daños Directos *(Contacto interno)*	• Deformaciones o roturas en el interior del habitáculo. • Vidrio laminado: Líneas de fractura radiales y concéntricas *(tela de araña)*.	Identifican los impactos producidos por el desplazamiento intrínseco de los ocupantes o de la carga.
2. Inspección del Habitáculo	**A. Seguridad Pasiva**	• **Cinturones:** Posición de bloqueo extendido/retraído), marcas de transferencia textil, quemaduras por fricción y activación de pretensores. • **Airbags:** Estado de despliegue, transferencia biológica/textil (maquillaje, sangre, fibras) y roturas por objetos punzantes.	Reconstruye la cinemática de las víctimas y determina de forma inequívoca el uso efectivo de los sistemas de retención bajo carga.
	B. Mandos e Instrumentos	• **Cuadro:** Agujas de velocímetro/tacómetro "clavadas", testigos de avería activos (ABS, motor, airbag) y kilometraje (odómetro). • **Mandos:** Posición del interruptor de luces,	Contrasta las declaraciones con las condiciones ambientales (nocturnidad, lluvia), averías previas o velocidades de impacto aproximadas.

Bloque Metodológico	Categoría / Elemento	Vestigios e Indicios Clave a Registrar	Utilidad Pericial y Reconstructiva
		limpiaparabrisas, llave/botón de encendido y relación de marcha insertada.	
	C. Deformaciones Interiores	• Volante doblado/desplazado o columna de dirección colapsada. • Marcas de rodillas en salpicadero/guantera; intrusiones en techo/montantes. • Pedales doblados o con huellas de suelas impresas en la goma.	Correlaciona las lesiones corporales con las estructuras del vehículo; el grabado en los pedales evidencia frenadas de pánico de última hora.
	D. Configuración de Asientos	• Posición longitudinal en los rieles, inclinación del respaldo (colapso). • Altura/posición del reposacabezas y estado de los anclajes.	Clave para verificar la estatura de quien afirmaba conducir, analizar alcances traseros y evaluar el riesgo de esguince cervical.
	E. Elementos Libres y Telefonía	• Ubicación de restos biológicos (sangre, tejido) en parabrisas o pilares. • Localización de móviles/GPS (suelo, consola), estado de pantalla y apps de navegación. • Equipaje u objetos sueltos con marcas de impacto en el habitáculo.	Traza el mapa de proyección de los cuerpos, identifica el habitáculo original, define vectores de salida de proyectiles libres y aporta indicios de distracción.
	F. Caja Negra (EDR)	• Localización y accesibilidad del puerto	Asegura la extracción de datos de los

Bloque Metodológico	Categoría / Elemento	Vestigios e Indicios Clave a Registrar	Utilidad Pericial y Reconstructiva
		OBD-II (bajo el salpicadero).	segundos previos (velocidad, acelerador, giros de volante, frenado).

4.2.3. <u>El Factor y el Fallo Humano en la Seguridad Vial</u>.

El objetivo fundamental de la seguridad vial es proteger al ser humano de los peligros derivados del tráfico. El hombre es el elemento dinámico y principal de la circulación; sus aptitudes, actitudes, formación y habilidades determinan de manera directa la producción o prevención de los siniestros viales.

Estadísticamente, **el factor humano es el mayor responsable de la siniestralidad**, estando presente en la toma de decisiones y la ejecución de maniobras. Los fallos humanos representan **entre el 70% y el 90%** de los accidentes de tráfico, situándose muy por encima de los factores "vía" y "vehículo".

El conductor tiene la obligación legal y técnica de mantener el dominio continuo del vehículo y adaptarlo a las condiciones del entorno, por lo que la responsabilidad de prever el riesgo recae casi invariablemente en él.

1. Clasificación de los Fallos Humanos: Causas Directas e Indirectas.

Para el análisis pericial y policial, los fallos humanos se dividen en dos grandes bloques:

A. Causas Directas.

Son los fallos inmediatos en la cadena cinemática del conductor que provocan el siniestro de forma directa:

- Alteraciones o errores en el **reconocimiento e identificación** del entorno.
- Defectos en el **procesamiento de la información y la toma de decisiones**.
- Errores en la **ejecución de las maniobras**.

B. Causas Indirectas.

Estados preexistentes o transitorios del conductor que afectan negativamente a sus capacidades psicomotoras:

- **Físicas o fisiológicas:** Insuficiencias sensoriales (visuales/auditivas), motoras o alteraciones orgánicas permanentes.
- **Psicológicas:** Problemas de atención, inestabilidad emocional, agresividad, trastornos de la personalidad o una baja percepción del riesgo.
- **Trastornos psicofísicos transitorios:** Fatiga, somnolencia, estrés, depresión, así como el consumo de alcohol, drogas o fármacos.
- **Factores de inexperiencia:** Falta de pericia que amplifica los efectos del cansancio y propicia errores de juicio.
- **Agentes inhibidores de la prudencia:** Exceso de confianza (común en conductores profesionales).

2. Tipología de Accidentes Ligados al Factor Humano.

A. Accidentes por Distracción.

Cualquier estímulo (visual, auditivo o cognitivo) que desvía la atención de la tarea principal de conducir.

- **Exigencias internas:** Cuidado de niños o animales, manipulación de la radio, climatizador o guantera, y de forma crítica, **el uso del teléfono móvil o GPS**.
- **Incidencias de habitáculo:** Fumar (encender el cigarrillo, controlar la ceniza o la caída de la brasa), lo que obliga a retirar una mano del volante y apartar la vista de la vía.
- **Estímulos externos:** Mirar carteles publicitarios, otros accidentes, peatones o paisajes.

Fumar duplica el riesgo de sufrir un accidente de tráfico. Encender un cigarrillo requiere una media de 3 segundos; a una velocidad de 100 km/h, esto equivale a recorrer **82 metros a ciegas**.

B. Accidentes por Infracción Normativa.

Acciones voluntarias en su ejecución, pero involuntarias en su resultado trágico (conductas imprudentes). Las infracciones más recurrentes en la siniestralidad son:

- Velocidad excesiva o inadecuada.
- Adelantamientos antirreglamentarios.
- No mantener la distancia de seguridad.
- No respetar las prioridades de paso ni la señalización (vertical, horizontal o luminosa).
- Omisión o incorrección en la señalización de las maniobras.

C. Accidentes por Defectos Psicofísicos.

Son complejos de determinar si no constan restricciones en el permiso de conducción. Requieren investigación de antecedentes médicos o testificales:

1. **Discapacidad visual/auditiva:** Pérdida de agudeza, reducción del campo visual (visión monocular), hipoacusia o baja recuperación tras un deslumbramiento.
2. **Discapacidades físicas y orgánicas:** Limitaciones de motilidad (ej. artrosis grave), patologías cardiovasculares (arritmias, riesgo de síncope o infartos), insuficiencias respiratorias o metabólicas (diabetes con cuadros de hipoglucemia aguda).
3. **Trastornos mentales y de conducta:** Demencias, esquizofrenia, brotes psicóticos, cuadros depresivos severos o trastornos de la personalidad con conductas antisociales o impulsivas.

D. Accidentes por Consumo de Sustancias (Alcohol y Drogas).

- **Efectos del alcohol:** Eleva falsamente la autoconfianza y la agresividad, ralentiza la toma de decisiones, mermando la agudeza visual y la discriminación cromática. Además, incrementa críticamente el **tiempo de reacción**. El "efecto resaca" actúa análogamente a un estado de fatiga severa, manteniendo la merma de facultades aun con tasas de alcoholemia ya negativas.
- **Estupefacientes y fármacos:** Producen alteraciones psicomotoras y alucinaciones similares o más agudas que las del alcohol.

E. Accidentes por Sueño y Fatiga.

- **El Sueño y los "Microsueños":** Provocan pérdida de conciencia por fracciones de segundo y una relajación total del sistema nervioso y muscular. Los accidentes nocturnos por esta causa suelen registrar consecuencias más letales.
- **La Fatiga:** Estado psicológico y físico que genera pesadez, parpadeo constante, torpeza en la ejecución de maniobras, aburrimiento y una mayor aceptación inconsciente del riesgo.

3. Factores Psicosociales: Asertividad y Empatía al Volante.

La conducción genera a menudo un fenómeno de transformación conductual amparado en el "anonimato" del tráfico y la protección metálica del vehículo. El conductor no empático tiende a externalizar la culpa, utilizando mecanismos de defensa psicológicos (el *Superyó* de Freud) para justificar sus errores y responsabilizar siempre a los demás.

- **La Empatía Vial:** Consiste en la habilidad de comprender y prever la situación del otro usuario (*"no hagas a los demás lo que no quieres que te hagan a ti"*). El conductor empático es estadísticamente más responsable, sufre menos accidentes y acumula menos sanciones.
- **Pérdida de empatía:** Según estudios de *Attitudes* (UAB), un 54% de los ciudadanos son empáticos en su vida cotidiana, pero al ponerse al volante, un 32% pierde dicha condición. Este déficit es notablemente alto en trayectos cortos y rutinarios de menos de 30 minutos.
- **Percepción por usuarios:** Los peatones son percibidos como los usuarios más empáticos del ecosistema vial, mientras que los motoristas y ciclistas se perciben como los menos empáticos.

4. Marco Legal y Educativo (Perspectiva Policial).

- **Educación Vial:** Debe orientarse como una formación moral y social encaminada a la reducción progresiva de la siniestralidad. Los cuerpos de **Policía Local** desempeñan una función pedagógica crucial, cooperando activamente con los centros escolares como especialistas de apoyo, sin sustituir la labor del docente.

Bloque / Categoría	**Concepto / Componente**	**Descripción y Datos Clave**	**Implicaciones en la Conducción / Ejemplos**
Premisa General	**El Factor Humano**	• Elemento dinámico y principal de la circulación. • Responsable de **entre el 70% y el 90%** de los accidentes. • Obligación legal y técnica de mantener el dominio continuo del vehículo.	Sus aptitudes, actitudes, formación y habilidades determinan directamente la producción o prevención del siniestro.
1. Clasificación de Fallos	**A. Causas Directas**	Fallos inmediatos en la cadena cinemática del conductor que provocan el siniestro directamente.	• Errores de reconocimiento/identificación del entorno. • Defectos en el procesamiento de información y toma de decisiones. • Errores en la ejecución de maniobras.
	B. Causas Indirectas	Estados preexistentes o transitorios que afectan negativamente a las capacidades psicomotoras.	• **Físicas:** Insuficiencias sensoriales o motoras. • **Psicológicas:** Problemas de atención, agresividad. • **Trastornos transitorios:** Fatiga, estrés, alcohol/drogas. • **Inexperiencia:** Falta de pericia. • **Inhibidores de prudencia:** Exceso de confianza.

Bloque / Categoría	Concepto / Componente	Descripción y Datos Clave	Implicaciones en la Conducción / Ejemplos
2. Tipología de Accidentes	**A. Por Distracción**	Estímulos (visuales, auditivos o cognitivos) que desvían la atención de la tarea principal de conducir.	• **Exigencias internas:** Uso de móvil/GPS, niños, radio. • **Habitáculo:** Fumar *(encender el cigarrillo = 3 seg = 82 metros a ciegas a 100 km/h; duplica el riesgo).* • **Externos:** Carteles, peatones, otros accidentes.
	B. Por Infracción Normativa	Conductas imprudentes: acciones voluntarias en su ejecución, pero involuntarias en su trágico resultado.	• Velocidad excesiva o inadecuada. • Adelantamientos antirreglamentarios. • No mantener la distancia de seguridad o prioridades de paso. • Defectos en la señalización de maniobras.
	C. Por Defectos Psicofísicos	Complejos de determinar en la investigación pericial si no constan restricciones en el permiso.	• **Visuales/Auditivos:** Pérdida de agudeza, visión monocular, hipoacusia. • **Orgánicos:** Artrosis grave, arritmias, síncopes, hipoglucemia. • **Mentales:** Demencias, esquizofrenia, trastornos de personalidad.
	D. Por Consumo de Sustancias	Sustancias que alteran críticamente las capacidades psicomotoras y disminuyen la aptitud para resolver problemas.	• **Alcohol:** Eleva falsamente la autoconfianza, reduce agudeza visual y ralentiza la toma de decisiones *(el "efecto resaca" actúa como fatiga severa con tasa ya negativa).* • **Drogas/Fármacos:** Provocan alteraciones y alucinaciones.
	E. Por Sueño y Fatiga	Estados psicofisiológicos de decaimiento físico y mental.	• **Sueño:** Pérdida de conciencia por fracciones de segundo (**microsueños**). Accidentes nocturnos más letales.

Bloque / Categoría	Concepto / Componente	Descripción y Datos Clave	Implicaciones en la Conducción / Ejemplos
			• **Fatiga:** Pesadez, parpadeo constante, torpeza en maniobras y mayor aceptación inconsciente del riesgo.
3. Factores Psicosociales	**Empatía Vial**	Habilidad de comprender y prever la situación del otro usuario *(mecanismo de reducción de siniestros).*	El conductor empático es estadísticamente más responsable, sufre menos accidentes y acumula menos sanciones.
	Pérdida de Empatía	Transformación conductual amparada en el anonimato y la protección del vehículo.	El 54% de los ciudadanos son empáticos en su vida cotidiana, pero **el 32% la pierde al volante** (sobre todo en trayectos < 30 min).
	Percepción por Usuarios	Graduación de la empatía percibida entre los diferentes actores de la vía.	• **Más empáticos:** Peatones, seguidos de conductores de turismos. • **Menos empáticos:** Motoristas, seguidos de ciclistas.
4. Perspectiva Policial	**Educación Vial**	Formación moral y social orientada a la disminución progresiva de la siniestralidad vial.	Los cuerpos de **Policía Local** desempeñan una función pedagógica crucial como especialistas de apoyo en centros escolares.