

RELEVAMIENTO E INTERPRETACION DE HUELLAS DE CUBIERTAS SOBRE LA CALZADA

El presente no es un trabajo de “análisis de huellas” a partir de pruebas de campo, sino de investigación y recopilación de la bibliografía que se detalla al final del texto y que tiene por objetivo reunir conceptos imprescindibles para la formación técnica de quienes se dedican a la investigación y reconstrucción de siniestros viales.

INDICE

- 1) INTRODUCCION
- 2) HUELLA DE BLOQUEO
- 3) QUE PERMITEN DETERMINAR
- 4) DRAG FACTOR
- 5) TRANSFERENCIA DE PESO
- 6) EXAMEN DEL LUGAR DEL SINIESTRO
- 7) DIFERENTES TIPOS DE MARCAS
- 8) IMPENDING SKID MARK
- 9) INICIO DEL BLOQUEO
- 10) IDENTIFICACION CUBIERTA QUE PRODUJO LA MARCA
- 11) MEDICION DE HUELLAS
- 12) FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL LARGO DE HUELLA
- 13) CALCULO DE VELOCIDAD
- 14) PUNTO DE IMPACTO
- 15) COMPORTAMIENTO DURANTE EL BLOQUEO
- 16) A.B.S. (ANTILOCK BRAKE SYSTEM)
- 17) MARCAS POST COLISION
- 18) FINALIZACION DE LA HUELLA
- 19) CURVAS SUAVES
- 20) MARCAS DE FRENADO A BAJA VELOCIDAD
- 21) TIEMPO DE PERMANENCIA
- 22) MARCAS DE REMOLQUE
- 23) CONCLUSIÓN

24) GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS DE LA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN IDIOMA INGLES

25) BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El incremento de accidentes de tránsito generó un cúmulo de litigios, tendientes a componer los daños provocados y compensar los perjuicios sufridos por ellos.

En la práctica judicial se recurre a un experto cuya función es reconstruir la mecánica del accidente y determinar las causas que lo generaron. Entre la producción del accidente y el estudio del caso por parte del experto en el ámbito judicial, transcurre un período que puede extenderse por varios años, con la lógica imposibilidad –en esa instancia- de obtener rastros en el lugar del evento. Dicha tarea sin embargo es fundamental en cualquier reconstrucción, dado que permite recabar los datos sobre los que se fundará.

Quien se encargue de llevar a cabo la investigación deberá valerse de las constancias relevadas por el personal que se constituyó en el lugar del accidente apenas producido éste y que en muchos casos comete omisiones y/o errores.

Los datos que se obtienen a través del relevamiento inmediato del lugar del siniestro son (entre otros): posiciones finales de los cuerpos que colisionan, localización y tipo de daños sobre las unidades, restos de las unidades sobre la calzada, restos de líquidos sobre el pavimento, **marcas de las cubiertas de las unidades sobre la calzada**, etc.

Las "**marcas de cubiertas sobre la calzada**" resultan de fundamental importancia en la reconstrucción accidentalógica dado que permiten determinar: velocidades mínimas de circulación del rodado, punto de impacto, posición final post impacto de la unidad, localización del inicio del frenado de la unidad, dirección de la unidad pre y post impacto (giros incluidos) y hacer una estimación de la capacidad de frenado del rodado.

El objeto de la presente, es poner de manifiesto la especificidad de dicha cuestión y la necesidad de lograr una comprensión más clara de la "interpretación de la huella" con su correcto relevamiento durante el trabajo de campo; elementos que junto con las demás constancias del lugar del accidente permitirán una correcta recreación de la mecánica acaecida y la determinación del motivo desencadenante del siniestro, evitando dictámenes accidentalológicos indefinidos -debido a falta de datos- o conclusiones erróneas.

HUELLA DE BLOQUEO

Suelen utilizarse los términos "frenado" y "bloqueo" para definir el mismo fenómeno cuando en realidad se trata de dos circunstancias diferenciadas. Puede relevarse una huella de frenado sin que necesariamente se haya producido el bloqueo de la rueda.

Durante el proceso de frenado cuanto mayor sea la energía con que se aplica el freno más rápido se detendrá el rodado, pero esto ocurre hasta cierto punto. Si el freno es aplicado con violencia (panic stop) las ruedas detendrán su movimiento de rotación, aunque el automóvil aún se mueva. La energía cinética del rodado deberá entonces ser disipada entre las cubiertas y la calzada. Esta condición es conocida como bloqueo de los neumáticos y es la que genera la huella sobre la calzada.

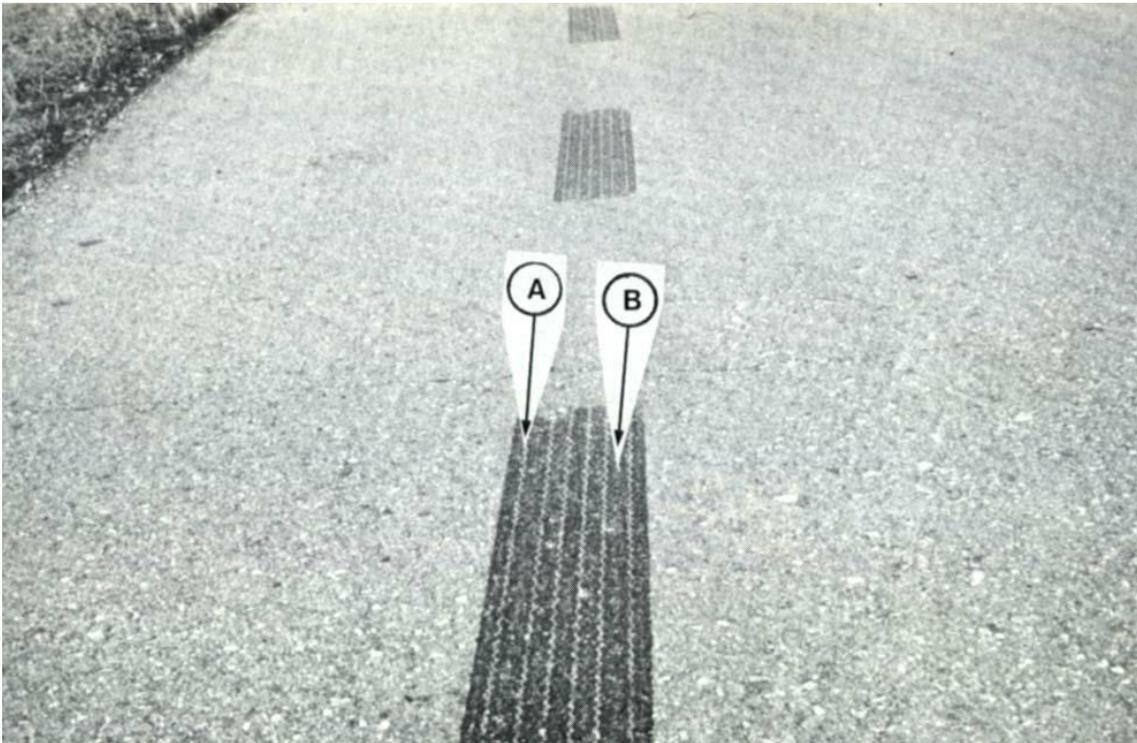


La marca de bloqueo sobre la calzada se origina debido al calor localizado en una pequeña superficie de la cubierta (la que está en contacto con la calzada) lo que provoca el ablandamiento del material de la cubierta, el que, al desprenderse, marca el pavimento. La marca que se observa es lo que en adelante llamaremos huella o marca de bloqueo (**skidmark**: huella/marca producida por el bloqueo de una cubierta sobre la calzada).

QUE PERMITEN DETERMINAR?

El investigador debe estar capacitado para reconocer e interpretar las huellas relevadas en el lugar del siniestro y sacar conclusiones a partir de ellas. Deberá poder determinar si una determinada huella encontrada en el sitio del accidente corresponde al siniestro bajo análisis. Cada huella debe ser en lo posible relacionada con la cubierta que la provocó y no debe tampoco confundirse huellas de bloqueos con las huellas provocadas por un vehículo que es remolcado posteriormente al siniestro.

Tampoco debe confundirse la huella que deja una "impronta" (donde es visible el "dibujo" de la cubierta) con una huella de bloqueo; dado que la impronta es dejada por una rueda que gira



Debe prestarse especial atención al "tipo" de huella a fin de no confundir huellas de frenado o bloqueo con huellas de derrape. Las huellas de bloqueo muestran "marcas o estrías internas" paralelas a la dirección de la huella, mientras que las huellas de derrape muestran estrías de dirección transversal a la huella. Pueden asimismo existir casos de bloqueo y derrape sucesivos, donde por la dirección de la estría respecto a la huella es factible determinar donde termina un fenómeno y comienza el otro.

Las huellas deben ser observadas cuidadosamente a los efectos de poder clasificarlas, deberán asimismo ser fotografiadas y medidas en su longitud y respecto a puntos fijos del

entorno del siniestro. Es común que aún personal dedicado a la reconstrucción de accidentes tengan una tendencia a identificar como huellas de bloqueo (skidmarks) a aquellas marcas que de hecho no lo son.

En la observación de las marcas sobre la calzada se deberá establecer a qué rueda de la unidad pertenece cada huella, determinando para cada una su inicio y fin.

Si se considera a la marca relevada como "skidmark" esta debe reunir las condiciones de tales marcas. En caso de existir dudas acerca del tipo de marca relevada se recomienda llamarla simplemente como marca de fricción "friction mark" o marca de cubierta "tire mark". (**friction mark/tire mark:** marcas de cubiertas sobre la calzada; marca no identificada en cuanto a su tipo/clase).

En principio, las marcas dejadas por una cubierta sobre la calzada pueden dividirse en dos grandes grupos, a saber:

a) marcas producidas por el bloqueo de la cubierta.(skidmark)

b) marcas producidas por una cubierta que está rodando.(imprint)

Asimismo se denomina "scuffmark" a la marca dejada por una cubierta que está rotando y resbalando simultáneamente.

DRAG FACTOR

En la práctica pericial debería ser usual la utilización del "drag factor" en los cálculos de velocidad, siendo un elemento de fundamental importancia como se verá a continuación. En su defecto, normalmente se utiliza el coeficiente de fricción, el que no es más que un caso particular de "drag factor".

El término "drag factor" (f) se define como la fuerza requerida para detener un rodado dividido por su peso ($f = F/W$). Como puede apreciarse la ecuación es similar a la del coeficiente de fricción ($\mu = F/W$).

En efecto, los términos de la derecha de ambas ecuaciones son los mismos pero la diferencia radica en que cuando hablamos de coeficiente de rozamiento " μ " el objeto bajo estudio debe estar resbalando sobre la superficie (bloqueo de cubiertas) y ese no es necesariamente el caso del "drag factor" (f).

Sólo se cumplirá "**Drag factor = Coeficiente de fricción**" en el caso de que todas las ruedas estén bloqueadas y sobre una superficie nivelada.

Cuando el rodado no bloquee todas sus ruedas, deberá calcularse el "drag factor" resultante en función de:

- a) "drag factor" correspondiente a cada eje.
- b) distancia horizontal entre el centro de gravedad del rodado al eje delantero.
- c) altura del centro de gravedad.

En el caso en que no todas las cubiertas hayan dejado huellas de bloqueo, son posibles dos circunstancias:

- a) todas las ruedas estaban frenando, pero algunas no lo suficiente como para bloquearse.
- b) algunas ruedas no frenaban.

Si algunas ruedas no dejaron marcas de bloqueo mientras otras lo hicieron es entonces importante saber cuál es el motivo; caben cuatro posibilidades:

- 1) la rueda no tenía frenos (es el caso de pequeños acoplados).
- 2) la rueda tenía freno que funcionaba, pero no fue utilizado (ruedas delanteras de motocicletas).
- 3) el freno no funcionó.
- 4) la rueda no llegó a bloquear pero frenaba al máximo de su eficiencia.

La inspección mecánica de la unidad puede aclarar el motivo de la falta de huella de bloqueo.

En una rueda que no frenó, su "drag factor" será el que surja de considerar su resistencia al rodamiento el cual puede ser tomado como 0.01 . Lo correcto sería tomar en consideración la distribución de peso sobre cada eje y determinar el "drag factor" resultante para la unidad, que como ya se dijo será diferente del coeficiente de fricción.

La expresión que permite calcular el "drag factor" es la siguiente:

$$fR = \frac{ff - xf(ff - fr)}{1 - z(ff - fr)}$$

En donde:

fR = "drag factor" total del vehículo.

ff = "drag factor" del eje delantero.

fr = "drag factor" del eje trasero

xf = cociente entre la distancia horizontal desde el centro de gravedad al eje delantero y la distancia entre ejes.

z = cociente entre la altura del centro de gravedad y la distancia entre ejes.

En el ejemplo siguiente podrá apreciarse lo expresado anteriormente en cuanto a la diferencia entre "drag factor" y coeficiente de rozamiento.

Consideremos un rodado con su centro de gravedad a una altura de 0.62 mts. sobre el nivel de piso y 1.28 mts detrás del eje delantero. La distancia entre ejes es de 2,86 mts. Asumimos que no hubo frenado de las ruedas delanteras en cuyo caso el "drag factor" será la resistencia a la rodadura (0.01). Consideramos el bloqueo de las ruedas traseras con un coeficiente de fricción de 0.65.

A partir de los datos anteriores es posible calcular:

$$z = 0.216$$

$$xf = 0.447$$

$$ff = 0.01$$

$$fr = 0.65$$

$$fR = \frac{0.01 - 0.447 (0.01 - 0.65)}{1 - 0.216 (0.01 - 0.65)} = 0.26$$

De lo precedente surge que el "drag factor" del rodado es 0.26 mientras que si se hubiese considerado el coeficiente de rozamiento se hubiese trabajado a los efectos de cálculo con un valor de 0.65 con una considerable diferencia en la velocidad obtenida como producto del cálculo a través de las huellas relevadas.

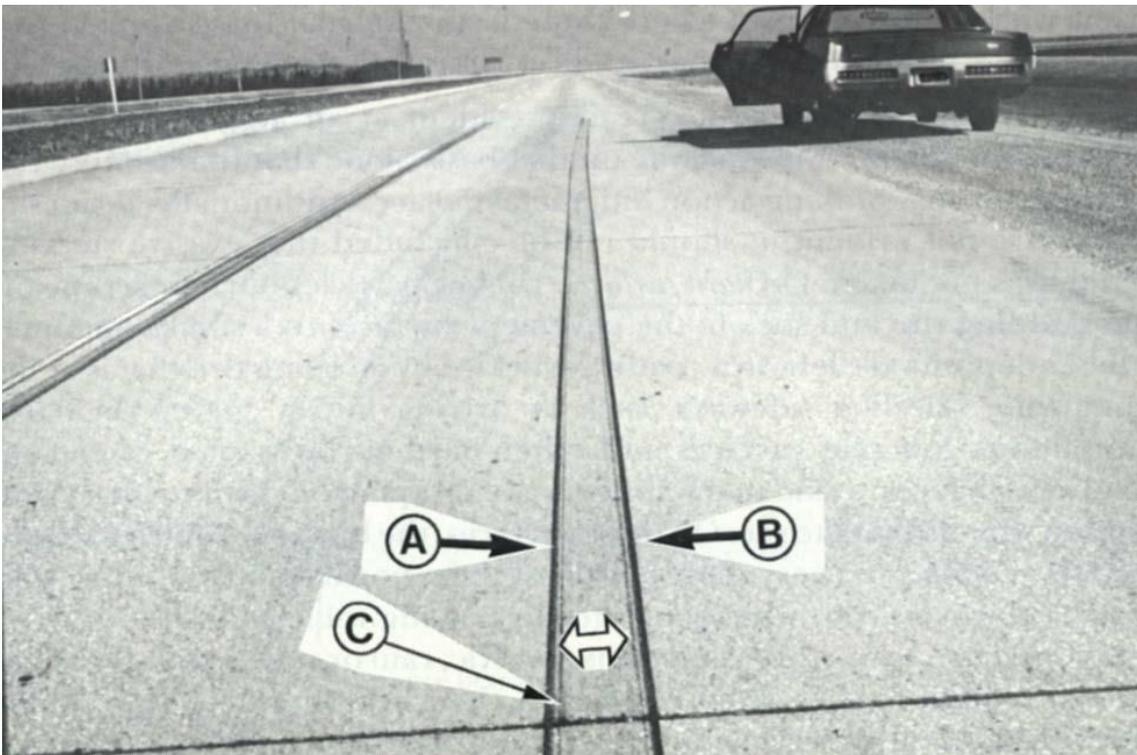
TRANSFERENCIA DE PESO

En el caso de bruscas frenadas se produce una traslación de pesos hacia el frente del rodado, con la consecuente sobrecarga de las ruedas delanteras. Esta sobrecarga (efecto similar a una pérdida de presión de la cubierta) es sobrellevada por los bordes externos de la cubierta en contacto de la calzada, a expensas de una descarga en la zona central.

Debido al mayor peso, es mayor el calor generado por lo que el aspecto de la huella será el de dos líneas oscuras, delgadas y paralelas, correspondientes a los bordes externos de la cubierta y líneas más claras en su interior. Tal configuración será de utilidad para definir si determinada marca relevada es de huellas traseras o delanteras, especialmente al inicio de la marca donde el efecto explicado es más definido.

En el caso de una cubierta lisa (bold tire) no se apreciarán las línea claras interiores.

Al mismo tiempo, las ruedas traseras acusarán una descarga (aunque normalmente no se separarán del piso) que harán adoptar a la cubierta una forma similar a una cubierta con exceso de presión de inflado (mayor carga en el centro) por lo que en un bloqueo con la unidad describiendo una trayectoria recta la huella trasera podrá en ocasiones verse dentro de las dos marcas dejadas por las huellas delanteras. En la próxima fotografía se indican con las referencias "A" y "B" las marcas correspondientes a las huellas de rueda delantera y con "C" la trasera.

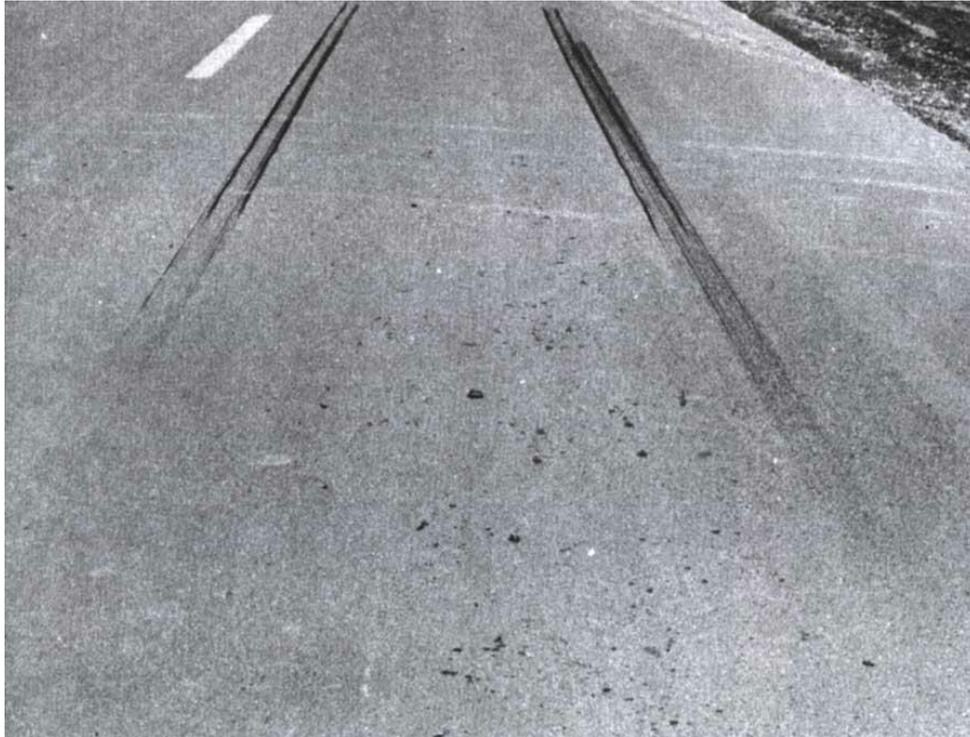


Ocasionalmente, las ruedas traseras pueden dejar marcas similares a las descritas para las delanteras y esto ocurre en caso de ruedas traseras sobrecargadas especialmente en pick up o camionetas.

Durante el frenado, la transferencia de peso de las ruedas traseras a las delanteras produce que las ruedas traseras bloqueen y resbalen antes de las delanteras, lo que da una condición de inestabilidad a la unidad produciéndose el giro de la misma sobre su eje vertical pudiendo girar hasta 180° respecto a su dirección inicial de marcha.

A fin de evitar este efecto indeseado, los frenos delanteros son más potentes que los traseros, lo que hace que bloqueen primero las ruedas delanteras evitando el efecto descrito. Este es el motivo por el que en muchas oportunidades las huellas delanteras son mucho más largas que las traseras o inclusive no se observen huellas traseras.

Dado que en la zona de contacto con la calzada la cubierta se aplasta, esta zona de contacto de la cubierta tiene forma de óvalo. La "pisada" de la cubierta de forma oval es más larga que ancha (en el sentido de la crujía del rodado). La marca puede cambiar su ancho durante su desarrollo lo que indicaría que el rodado giró a medida que deslizaba. Analizando el ancho de la marca puede reconstruirse el giro de la unidad durante el deslizamiento y hasta su posición final. Independientemente de la forma de la marca, el investigador prestará especial interés al largo de la misma y tomará precauciones en la determinación del largo a considerar a los efectos de un cálculo de velocidad. Puede suceder que exista superposición de huellas delanteras y traseras, en dicho caso a los efectos del cálculo se le descontará al largo total de las marcas la distancia entre ejes. En la próxima figura se observa una frenada donde se relevan huellas delanteras (más oscuras) y traseras; se considerará como "largo efectivo" a los efectos de un cálculo de velocidad la distancia existente desde el inicio de las huellas traseras hasta la terminación de las huellas delanteras y posteriormente a dicha distancia se le descontará la "distancia entre ejes" del rodado.



EXAMEN DEL LUGAR DEL SINIESTRO

Se consideran **señales de neumáticos**, todas las marcas dejadas por los mismos al rodar pero sin deslizarse. Hay 5 clases:

- a) **Huellas:** neumáticos mojados o impregnados de alguna sustancia, rueda sobre pavimento rígido y seco.
- b) **Impresiones:** Se forman cuando la calzada está blanda o mojada.
- c) **Depósitos:** se forman cuando los neumáticos dejan en el pavimento el material suelto o blando que recogió en las ranuras de su dibujo.
- d) **Depósitos:** formados por residuos de la colisión: se forman cuando tras una colisión, se depositan residuos de partes del vehículo en las ranuras de los neumáticos.
- e) **Surcos:** se forman en superficies blandas (tierra mojada) cuando el rodado circula hacia adelante o hacia atrás. Si las ruedas están rotando, generalmente dejan la impresión de su dibujo en el fondo y a los lados del surco. Los surcos muestran claramente la trayectoria de la unidad y por lo general su dirección de marcha. Son particularmente útiles para localizar la posición final de la unidad al lado de la ruta después de haber sido remolcado.

Resulta fundamental diferenciar las marcas precedentes de "huellas de bloqueo". Normalmente se pueden diferenciar dado que las ruedas al rotar muestran:

- 1) **Huellas o impresiones** del dibujo del neumático que quedan estampadas sobre superficies blandas. Las ranuras longitudinales pueden indicar patinazos, pero nunca las diagonales o transversales.
- 2) **Salpicaduras** que se producen cuando las ruedas pasan por material blando y lo proyectan a los lados. Esto se observa en el borde de una impresión de neumático sobre barro, pero también puede observarse (en menor grado) cuando hay arena o agua.
- 3) **Graneado**. Está formado por material arrancado del pavimento por la presión del neumático y esparcido en forma de montoncitos o granos.
- 4) **Marcas de neumáticos igualmente claras respecto de las cuatro ruedas**. Si las cuatro ruedas de un automóvil (o las de un camión y remolque) dejan huellas igualmente claras es probable que el rodado en cuestión no haya desacelerado bruscamente y por consiguiente no haya deslizado. La desaceleración desplaza el peso del rodado en la dirección de marcha y los neumáticos de la parte sobrecargada ejercen una mayor presión sobre el pavimento y por lo tanto sus huellas resaltan más.

Sin embargo, una desigualdad en las marcas no significa necesariamente que el vehículo haya deslizado o patinado.

En lo que respecta a marcas de bloqueo de neumáticos podremos encontrarnos con cuatro situaciones diferentes, a saber:

- a) **No existir signos de marcas de bloqueo**: Esto no significa sin embargo que no hubo frenado de la unidad, sólo que posiblemente la magnitud del frenado no fue suficiente para producir el bloqueo de las ruedas. Podrían existir otras evidencias de frenado tales como el testimonio de testigos, o bien el rodado pudo estar equipado con un sistema antibloqueo de ruedas (ABS: anti-lock braking system) en cuyo caso las marcas serán visibles (y no siempre) durante un lapso muy corto después de producidas.
- b) **Marcas de todas las ruedas y de largo similar** (ninguna marca será más larga que el 5% de la marca más corta): en este caso a los efectos del cálculo de velocidad se tomará la marca más larga.

- c) **Hay marcas de bloqueo de las cuatro ruedas pero varían considerablemente en su largo.**
- d) **No todas las ruedas dejan marca de bloqueo sobre la calzada.**

Los casos c) y d) se consideran "marcas irregulares". A fin de calcular velocidades habrá que conocer los valores de "drag factor" (desaceleración) y la distancia en la cual operó. En estos casos se trabaja normalmente con el largo promedio de las marcas o bien se toma el largo de la marca más larga.

En el caso de trabajar con el promedio del largo de las marcas, la velocidad obtenida será una estimación "de mínima" de la mínima velocidad al inicio de la marca. Si se trabaja con la marca más larga obtendremos una estimación "de máxima" de la mínima velocidad al inicio de la marca. Ambos cálculos nos permitirán fijar un rango de velocidad mínima al inicio de la marca.

En caso de necesitarse una estimación más exacta de la velocidad, se deberá calcular el "drag factor" promedio durante el bloqueo; el que surge en función de la posición del centro de gravedad del rodado, su distancia entre ejes y las circunstancias particulares de frenado de cada eje/rueda en la oportunidad bajo estudio.

DIFERENTES TIPOS DE MARCAS

Una rueda que gira libremente puede dejar huella de deslizamiento si se desliza simultáneamente de costado es decir, en sentido paralelo a su eje.

Las impresiones de los neumáticos pueden transformarse en huellas de deslizamiento cuando las ruedas sometidas a la acción de los frenos dejan de girar. Recíprocamente, las huellas de deslizamiento pueden convertirse en impresiones.

El investigador experimentado deberá reconocer hasta 9 clases diferentes de huellas de deslizamiento. Generalmente un neumático que patina dejará por lo menos dos tipos de huellas en un sólo deslizamiento (aunque podrán ser hasta 3 ó 4). Así pues la marca o huella completa, estará compuesta de partes de las distintas clases aludidas y que se describen a continuación:

- 1) **Raspaduras en el pavimento:** Son los arañazos que produce el material duro (piedra, cristal, partículas de metal) que se incrustan en la superficie del neumático o en la trama del dibujo y que al triturarse rozan el pavimento. Ocurre en pavimentos húmedos o secos. Estas señales se asemejan a huellas de deslizamiento aunque son

más difíciles de localizar y fotografiar. Pueden ser visibles durante mucho tiempo después de producidos.

- 2) **Raspaduras de los neumáticos:** Conjunto de partículas de caucho limadas por el material de un pavimento duro; se producen antes de que el neumático se recaliente lo suficiente como para marcar el pavimento. La goma pulverizada puede verse en forma de una tenue "nube" en torno al paso de la rueda por la calzada.
- 3) **Barreduras:** cuando los neumáticos patinan sobre una calzada con suciedad o polvo, barren dicha suciedad dejando una zona ligeramente limpia.
- 4) **Absorción de humedad:** Estas marcas se producen cuando un neumático que patina, seca la humedad del pavimento en todo el largo de la huella. Son marcas fáciles de localizar pero desaparecen rápidamente sobre todo si la humedad ambiente es muy intensa.
- 5) **Manchas de materiales blandos:** Se produce este tipo de marca con barro o residuos generalmente húmedos cuando son esparcidos por el neumático que patina. Con frecuencia no muestran señal alguna de dibujo del neumático porque las ranuras de este se rellenan de material blando que pisa. Al final del deslizamiento suele haber una impresión del dibujo del neumático que señala el momento en que la rueda inicia nuevamente su rotación, desprendiendo el material recogido por las ranuras de la cubierta.
- 6) **Manchas de material bituminoso:** Se producen por exceso de asfalto o alquitrán, generalmente recalentados, cuando son pisados y esparcidos por un neumático que patina o giran. Esto suele ocurrir en parches y juntas del pavimento en tiempo caluroso y cualquier otro sitio donde el asfalto o el alquitrán afloran en la superficie. Deberá prestarse especial atención a fin de determinar si la rueda estaba girando o deslizando al pisar el alquitrán.
- 7) **Huella de deslizamiento:** Marca que deja el neumático al derretirse el caucho al patinar la rueda.
- 8) **Marcas de rozamiento del neumático durante la colisión:** Mientras dos vehículos están en contacto durante una colisión violenta, alguna de las partes dañadas pueden bloquear una rueda, impidiendo su giro. Al mismo tiempo durante la colisión se producen habitualmente grandes fuerzas en sentido descendente sobre la calzada. Si los vehículos se mueven se producirán en ese momento un intenso rozamiento entre el neumático y el suelo, que puede tomar la forma de una barredura o una mancha que señalan la posición del neumático en su punto de

máximo enganche. Estas marcas suelen ser más visibles cuando están implicados camiones en la colisión, ya que su peso sobre el pavimento es mayor.

- 9) **Surco:** es una hendidura labrada por un neumático al patinar, amontonando el material a ambos lados y al final del mismo. Ocurre en calzadas de tierra o grava y en los bordes de las rutas. Los surcos indican el sitio donde la rueda rebotó o golpeó el suelo, así como la dirección o curso general de la rueda. Pueden indicar también el punto donde comenzó la rotación del vehículo o la posición de una rueda sobre la que giró o se inclinó el vehículo con las otras ruedas sin contacto con el piso.

Las huellas de deslizamiento indican fundamentalmente que la rueda estaba bloqueada y que por lo tanto el conductor aplicó los frenos violentamente. La ausencia de huellas indica que el conductor no frenó violentamente o que los frenos eran inadecuados. Las huellas de deslizamiento indican asimismo una reducción de velocidad del rodado y permiten calcular la velocidad del rodado al inicio de las mismas.

Normalmente, las ruedas que patinan no acusan indicios de maniobra del volante. Sin embargo hay cuatro casos en los que las huellas de deslizamiento curvadas pueden parecer maniobras de volante, a saber:

- a) Si resbalan únicamente las ruedas traseras, el vehículo es controlado por las ruedas delanteras que siguen su rotación. Esto sucede a menudo en las unidades semirremolque en las que los frenos están reglados para que las ruedas traseras frenen antes de las delanteras evitando así que el remolque "se le vaya encima". Las huellas de deslizamiento resultante pueden curvarse hacia la derecha o izquierda.
- b) El rodado con todas sus ruedas bloqueadas, se desliza hacia la parte más baja de la calzada. La huella será una curva muy poco pronunciada.
- c) El vehículo gira mientras patina.
- d) El vehículo es remolcado.

Huellas de deslizamiento superpuestas: podrán ser observadas cuando las ruedas traseras pisan las marcas dejadas por las ruedas delanteras. Este solape en las marcas longitudinales hace difícil averiguar donde empiezan a patinar las ruedas delanteras y donde terminan las traseras. Sólo puede haber superposición de marcas en los patinazos muy rectos, dado que si la marca sigue una trayectoria curva, no puede haber solape completo.

A menudo en las huellas de deslizamiento superpuestas parece haber dos marcas paralelas. En ese caso convendrá averiguar si patinaron las cuatro ruedas o sólo dos de ellas. Si patinaron todas las ruedas, el comienzo de las huellas de deslizamiento lo señalarán las ruedas traseras y el final las delanteras. Así pues la distancia que patinó el vehículo será menor que la longitud combinada de las huellas de deslizamiento en una magnitud igual a la distancia entre ejes. Conviene examinar detalladamente las huellas de deslizamiento para localizar señales en el suelo que indiquen donde comenzó y terminó el deslizamiento de cada rueda.

El comienzo del patinazo de una rueda delantera queda indicado generalmente por una ligera desviación, ensanchamiento u oscurecimiento de la marca superpuesta. A veces el solape es tan exacto que resulta imposible distinguir alguna señal del mismo.

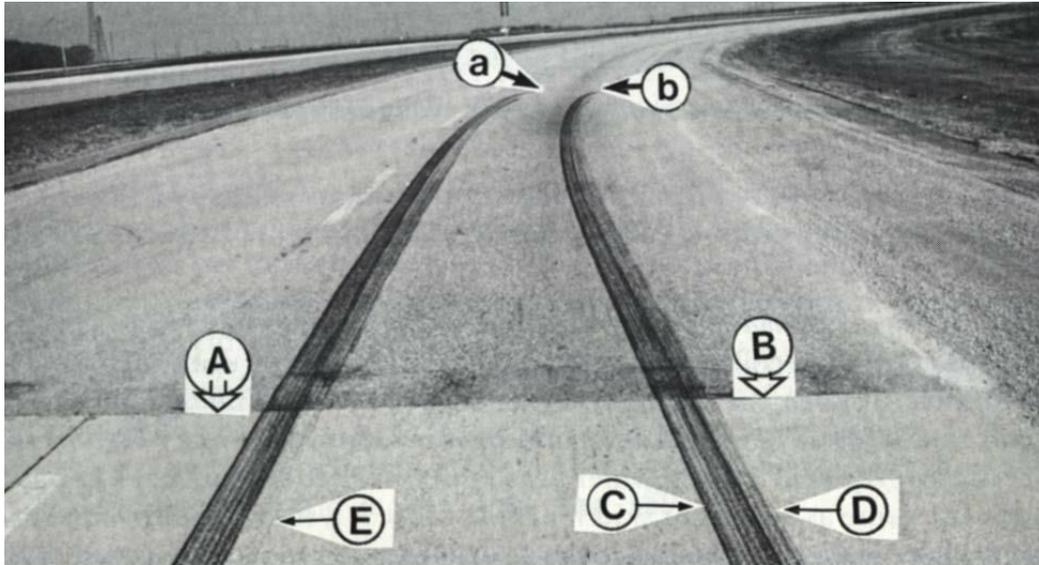
Como último recurso el investigador puede admitir la hipótesis de que existe un solape y que las ruedas traseras dejaron de patinar a una distancia de las ruedas delanteras igual a la que hay entre ejes; y que las ruedas delanteras comenzaron a patinar a esa misma distancia delante de las traseras. Sin embargo, no se debe formular esta hipótesis hasta obtener indicios seguros de que patinaron las cuatro ruedas.

A continuación se ofrecen algunas orientaciones para poder determinar si patinaron las cuatro ruedas:

- a) Efectuar un detenido examen de los neumáticos: quizás se encuentren zonas donde el material esté quemado o donde la goma recalentada ha formado pequeños trenzados o rollos. Si estas señales están aún frescas probarán que el neumático patinó recientemente.
- b) Si en un ensayo de deslizamiento se bloquean las cuatro ruedas al aplicar fuertemente los frenos, se tendrá la seguridad de que las huellas de deslizamiento fueron producidas por las cuatro ruedas.
- c) Medir una longitud igual a la distancia entre ejes, lo mismo al final que al principio de las huellas de deslizamiento, para determinar el supuesto lugar en que las ruedas empezaron a patinar.

Remitiéndonos a la fotografía de la página 9 observamos las referencias "A" y "B" corresponden a los bordes externos de las ruedas delanteras sobrecargadas por la traslación de peso hacia ellas. La referencia "C" (líneas internas a las anteriores) corresponden a las marcas dejadas por las ruedas traseras, descargadas durante el frenado.

Asimismo en la figura siguiente, puede apreciarse un bloqueo sobre dos superficies de diferente adherencia (separadas en la línea A/B); la referencia "C" corresponde a las marcas dejadas por las ruedas delanteras, "D" y "E" corresponden a las ruedas traseras (son más claras y levemente descentradas respecto a las delanteras).



Es posible asimismo que las huellas de deslizamiento de las ruedas delanteras no se deban enteramente al bloqueo de las mismas, toda vez que un neumático desinflado o sobrecargado puede dejar señales de rozamiento aún sin aplicar los frenos es decir, con la rueda en rotación.

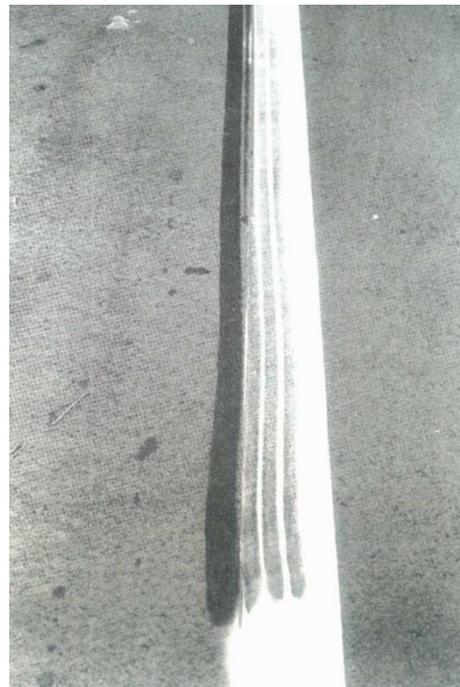
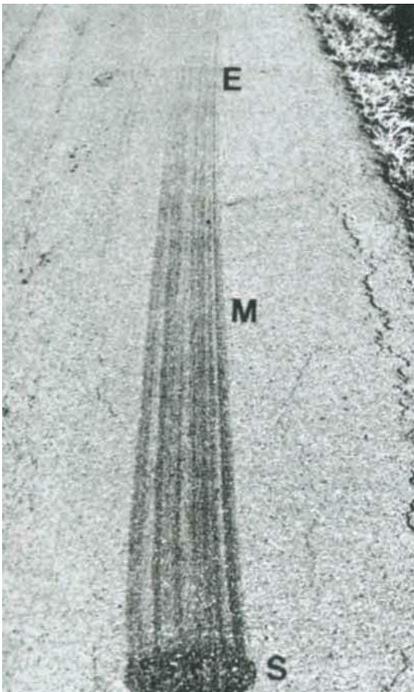
Por otro lado, para que se produzca el efecto de sobrecarga sobre las ruedas delanteras a causa del desplazamiento hacia adelante de la carga, la desaceleración habrá de ser muy intensa. De esta forma aunque la rueda no esté bloqueada, su resistencia al avance será tan grande (o incluso mayor) que si estuviera realmente bloqueada. Por consiguiente a los efectos prácticos se considera esta rueda como una rueda que patina.

La diferencia entre las huellas delanteras y traseras no siempre es evidente: En superficies de grava u otros materiales sueltos raras veces de acusan diferencias. En superficies deslizantes cuando el desplazamiento de la carga es leve, tal diferencia apenas se puede percibir. También son muy pequeñas las diferencias en el caso de camiones o coches antiguos cuyos neumáticos tienen una elevada presión de aire, ya que la deflexión de estos es demasiado pequeña para reflejarlas.

Huellas de fricción: Son las marcas dejadas en la calzada por neumáticos que patinan o rozan fuertemente la superficie mientras la rueda aún gira. Pueden ser de varias clases, a saber:

- 1) **Por desaceleración:** se producen cuando el rodado desacelera por acción de los frenos y los neumáticos giran y patinan al mismo tiempo. Suelen localizarse al comienzo de las huellas de deslizamiento, después de aplicar el freno con bastante fuerza para desacelerar el rodado, pero antes de que las huellas queden totalmente bloqueadas. Esas marcas son muy cortas si se pisa el freno con violencia y en general no se diferencian de la parte sombreada de las huellas de deslizamiento.
- 2) **Por aceleración (acceleration scuff):** son las que dejan las ruedas motrices impulsadas por la fuerza del motor y que giran sobre el pavimento. Usualmente, asimilamos al deslizamiento como un proceso relacionado con el frenado de la unidad, pero debe tenerse presente que puede ocurrir deslizamiento durante una aceleración del rodado. El hecho de "picar" desde la posición de detenido puede dejar material de la cubierta sobre la calzada y estas marcas son las llamadas en la bibliografía inglesa "**acceleration marks**" "**burn marks**" o "**acceleration scuff**".

Dichas marcas se producen cuando se acelera bruscamente provocando en principio el giro de la cubierta en el mismo lugar (marca inicial) con posterior movimiento de la unidad hacia adelante, que deja asimismo otra huella sobre la calzada. En algunos casos puede confundirse la marca correspondiente al desplazamiento de la unidad con una "skidmark". El inicio y fin de una "acceleration scuff" son puntos muy característicos.



En caso de estar el rodado sobre pavimento, la marca inicial debido al giro de la cubierta (en el mismo sitio) provocará un gran recalentamiento de la cubierta que dejará una marca puntual muy oscura.

Si la brusca aceleración se produce con el rodado en movimiento no se apreciará ninguna marca como comienzo del fenómeno.

Una vez comenzado el movimiento de la unidad (con sus ruedas girando y deslizando) la marca irá desapareciendo gradualmente hasta que las ruedas dejen de resbalar.

En algunas oportunidades la brusca aceleración produce (atento a la traslación de peso hacia la parte trasera y contrariamente a lo que ocurre durante el frenado) la traslación virtual de pesos hacia la parte posterior de la unidad con la consiguiente sobrecarga de las cubiertas, teniendo entonces tales marcas la apariencia de un bloqueo o de una cubierta desinflada.

En muchas oportunidades las marcas por aceleración se producen cuando el conductor intentando una frenada violenta aprieta el acelerador, lo que le asignará al investigador la difícil tarea de determinar si las marcas relevadas corresponden a una aceleración o a una frenada.

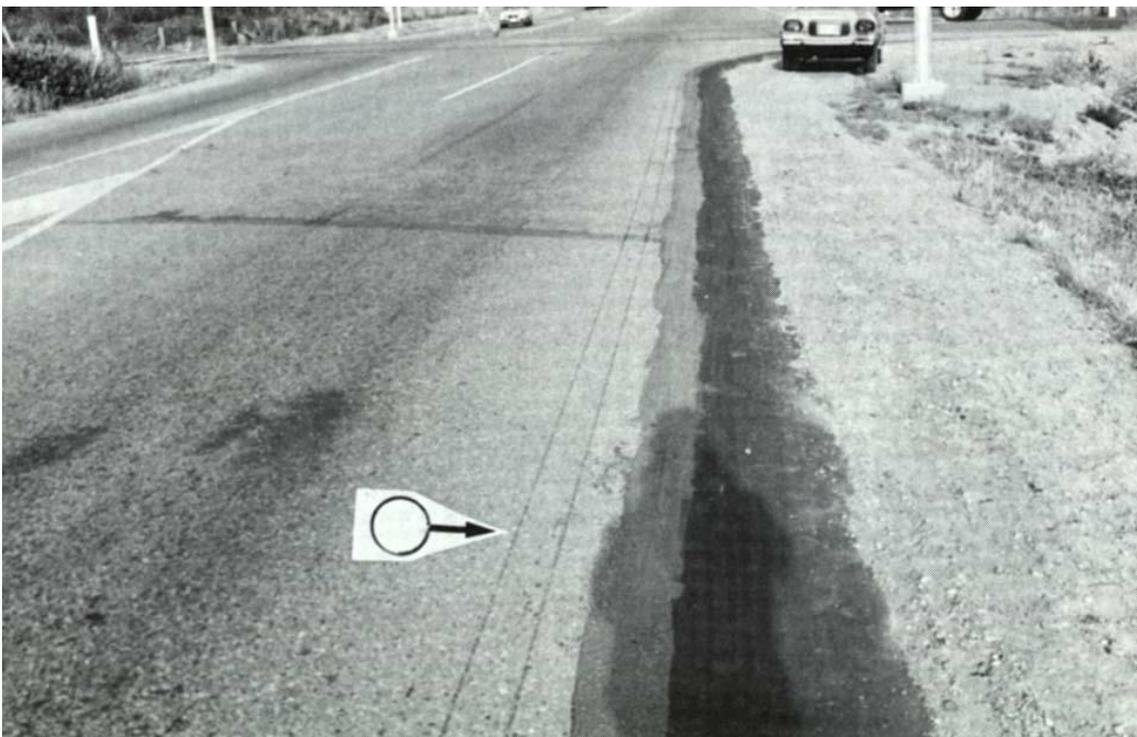
A fin de determinar el origen de la marca debe inspeccionarse la cubierta del rodado; en caso de que la marca se haya producido por un bloqueo de la cubierta entonces **sólo la porción de cubierta en contacto con la calzada** tendrá una apariencia particular (negra y lisa). En caso de que el rodado haya sido acelerado de forma tal que sus cubiertas giren "patinando", entonces será la periferia completa de las ruedas tractoras la que tendrá un aspecto negro y limpio. La inspección de las cubiertas debe ser siempre efectuada, a fin de definir el tipo de marca que estamos tratando.

- 3) **Laterales:** son las marcas que deja un neumático que rueda libremente sin aceleración ni desaceleración pero que a la vez se desliza de costado. Generalmente las deja un rodado que sigue una curva, pero también las puede dejar un rodado después de una colisión. Cuando el deslizamiento es totalmente paralelo al eje de la rueda, esta no girará y las huellas de fricción serán similares a las de deslizamiento lateral.

Las características de las huellas de fricción laterales son un estriado transversal o diagonal sobre el pavimento. Se debe relevar la dirección de tales estrías y si se confecciona un croquis localizar en él dicha dirección.

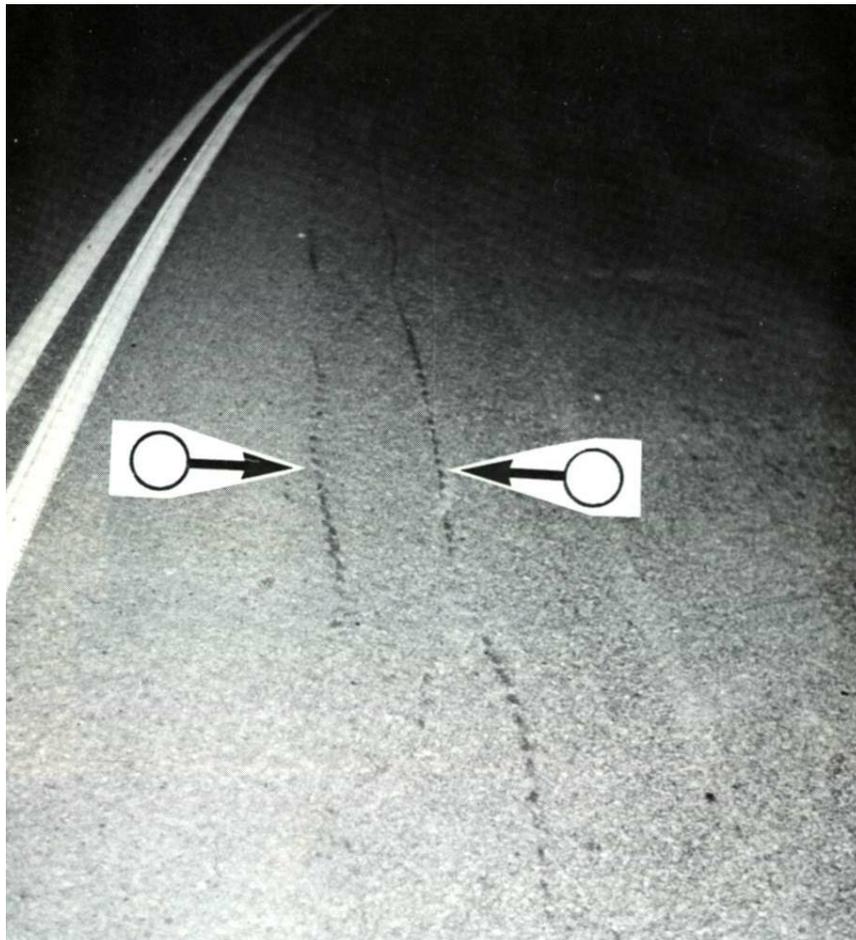
Las huellas de fricción después de una colisión señalan el curso de la rotación y pueden fusionarse con las huellas de deslizamiento lateral.

- 4) Por neumáticos desinflados (flat tire mark): producidas por los bordes de los neumáticos desinflados o sobrecargados. Un neumático que gira desinflado se recalienta especialmente en los bordes o cantos donde la presión es mayor, por lo que la cubierta desinflada y sobrecargada comienza a "aletear" alrededor de la llanta resbalando lateralmente respecto a la dirección de avance de la cubierta. Una cubierta trabajando en estas condiciones (distorsión que resulta del "cupping effect" y bordes externos de la cubierta cargando la mayor parte del peso a ella transmitida) se recalienta a alta velocidad o en largas trayectorias. En estas condiciones los cantos rozan fuertemente la superficie de la calzada y dejan señales que se parecen a las huellas de deslizamiento de las ruedas delanteras, pero que pueden distinguirse de ellas. Las huellas de fricción por neumáticos desinflados pueden indicar si una de las causas del accidente fue un reventón o un pinchazo. Si una de estas huellas lleva hasta el lugar del accidente en el que un vehículo perdió el control antes del punto clave, es probable que la pérdida de aire de un neumático haya contribuido al mismo. Sin embargo, la ausencia de tales huellas no prueba que la pérdida de aire no haya contribuido; los neumáticos desinflados no dejan siempre estas marcas.



La marca dejada por una cubierta desinflada puede diferenciarse de una "skidmark" de ruedas delanteras, atento a las siguientes características:

- a) la marca dejada por una cubierta desinflada puede tener varios kilómetros de largo.
- b) generalmente acusan una maniobra de volante.
- c) pueden ser arqueadas y ondulantes a diferencia de las de deslizamiento que son rectas y regulares.
- d) un minucioso examen de las huellas de deslizamiento permitirá ver unas líneas finas y definidas en la dirección de marcha del vehículo; sin embargo si tales líneas aparecieren en las huellas de fricción de un neumático desinflado, serían transversales más que longitudinales.
- e) normalmente sólo hay una marca de neumático desinflado, mientras que si una rueda delantera deja una huella de deslizamiento, la otra también lo hará. Así pues si hay dos es más factible que se trate de huellas de deslizamiento. Esto no es concluyente sin embargo, sobre todo si las marcas son cortas.



Impresiones ("imprint", "print", "impression" o "deposit" en la bibliografía inglesa): Es la marca dejada sobre la calzada por una cubierta que está girando, sin resbalar. Este tipo de marca muestra el dibujo de la cubierta (al no haber deslizamiento, la impronta no es "barrida" por la misma cubierta).

Este tipo de marca aparece cuando la cubierta recoge material de un lugar y lo deposita en otro, con la forma de su dibujo. También es posible observarlo en calzadas de características blandas.

El ancho de estas marcas será similar al de la cubierta.

En algunos casos es interesante observar la aparición de "imprints" sucesivas e interrumpidas, posteriormente a una huella de bloqueo. Durante el bloqueo, el área de la cubierta en contacto con el piso se calienta adquiriendo una consistencia blanda y pegajosa. Si el rodado no se detiene al final de la huella de bloqueo y el pedal de freno es liberado, la cubierta comenzará a girar dejando una "imprint" cada vez que la zona caliente quede en contacto con el pavimento. La distancia entre estas "imprints" será justamente la circunferencia de la cubierta.

En el caso de que la calzada sea de pasto, éste será empujado hacia adelante y aplastado posteriormente al paso de la rueda, el pasto volverá parcialmente a su posición. En estos casos la apariencia de la huella no permitirá determinar si se trata de una "skidmark" o "imprint".

Marcas Intermitentes (intermittent skid marks): Algunas marcas de frenado pueden ser intermitentes sobre la calzada y esto puede ser producto de varios factores, a saber:

- a) que la unidad haya rebotado (contacto intermitente sobre la calzada) hasta su estabilización.
- b) deslizamiento sobre un tramo mojado de calzada.
- c) ovalización de campanas de freno que cause un bloqueo intermitente de la rueda.

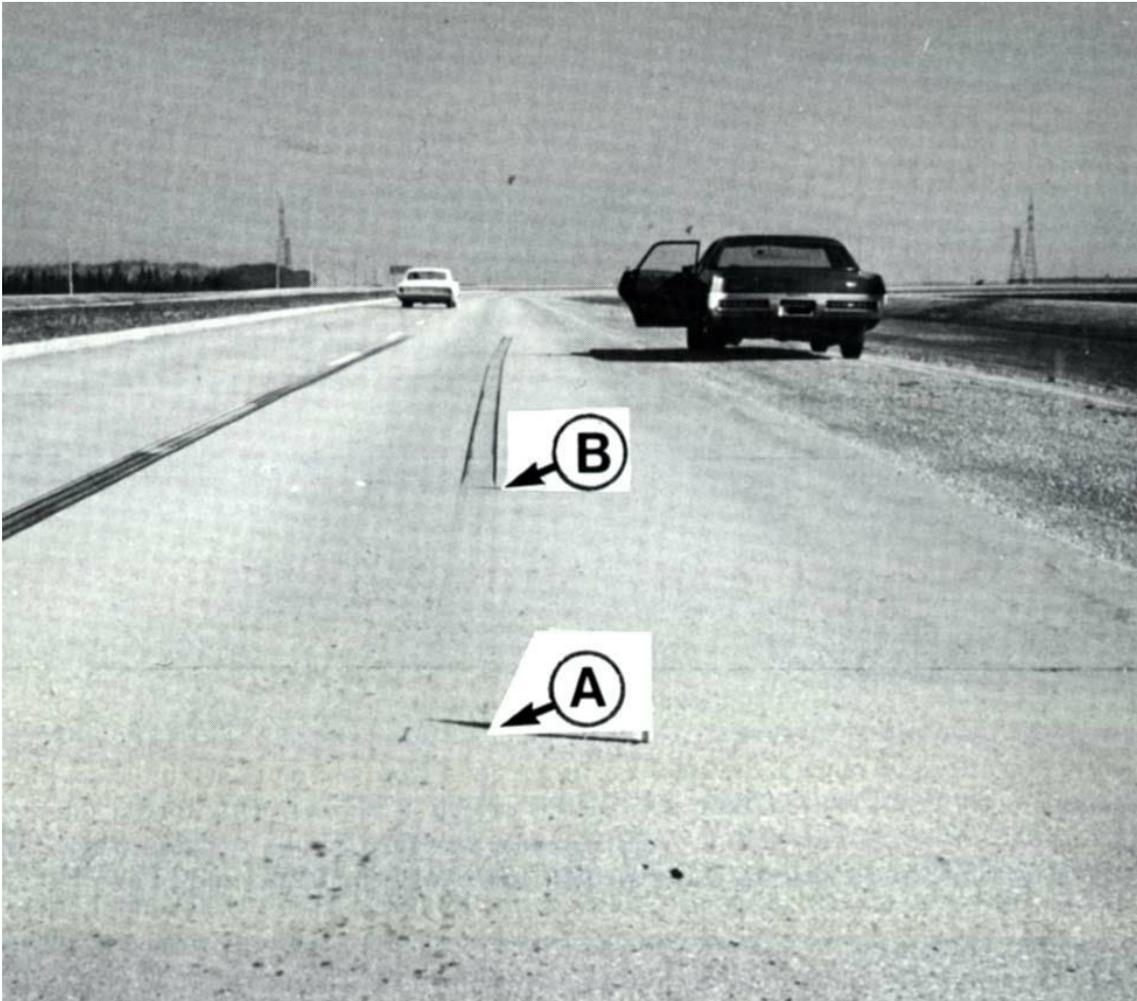
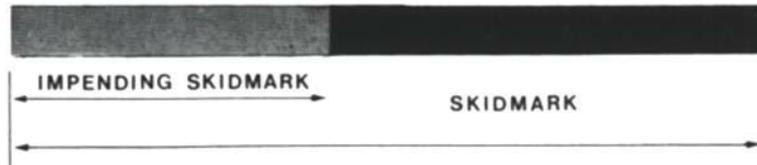
Las marcas intermitentes pueden indicar que el vehículo tenía una capacidad de frenado parcial; si el investigador tiene razones para sospechar que los frenos no funcionaban correctamente, deberá procederse teniendo en cuenta tal circunstancia en el cálculo de la velocidad.



Centrifugal skidmarks: Podrá darse el caso que el rodado haya girado sobre sí mismo (respecto a su centro de gravedad) mientras resbalaba, haciendo que las marcas se crucen; estas marcas son llamadas en la bibliografía inglesa "centrifugal skidmarks" y el nombre matemático de la curva descrita es "cicloide". Con respecto a las "centrifugal skidmarks" ha sido discutido que cuando un automóvil está girando y resbalando, la cantidad de energía disipada por cada rueda en un instante determinado será diferente de la energía disipada por las otras tres ruedas, pues las ruedas se moverán más rápidamente cuando estén en la posición donde el movimiento de giro coincide con el movimiento lineal respecto a la media vuelta siguiente, donde el movimiento de giro se resta respecto del movimiento lineal. Se cumplirá que la cantidad de energía disipada por una rueda durante el giro estará continuamente cambiando, pero la cantidad total de energía se mantendrá constante respecto a un deslizamiento sin giro y podremos entonces tratar el movimiento como si sólo fuese rectilíneo (entre el inicio y el fin de la marca centrífuga) a los efectos de la medición del largo de la huella. Discutible.

IMPENDING SKID MARKS

Se denomina "impending skid mark" al tramo de huella dejado por una rueda frenada en el lapso previo al inicio del bloqueo. La marca tiene la apariencia de una sombra oscura y termina cuando se inicia la huella de bloqueo propiamente dicha (skid mark). Normalmente es una marca de difícil visualización (en especial si la inspección del lugar del siniestro no se hace inmediatamente de sucedido).



Es de recalcar que el instante en que se produce la "impending skid mark" es el de mayor efectividad de frenado de la unidad, por lo que el largo de la "impending skid mark" siempre debe ser incluido en el largo de la huella de frenado.

Dado que la inclusión del largo de la "impending skid mark" en general no es posible, la velocidad calculada a partir de la "skid mark" **es la mínima velocidad calculable** (el método de cálculo de velocidad a partir de una "skid mark" no incluye el cómputo de velocidad perdida previamente al inicio de la marca).

El punto exacto donde comienza el deslizamiento de la cubierta sobre la calzada, es difícil de determinar por dos razones:

- a) las cubiertas pueden resbalar sobre la calzada sin dejar marcas visibles.

- b) se necesita algún tiempo y distancia desde el instante en que la unidad comienza el proceso de frenado hasta que se produce la detención del giro de la rueda.

Después que la cubierta comienza a deslizar, transcurre algún tiempo/distancia antes que la fricción caliente la cubierta lo suficiente como para dejar marcas sobre la calzada. Durante este período de desaceleración y mientras se incrementa la presión sobre el pedal de freno, la rueda va deteniendo su movimiento de rotación y podrá o no dejar marca sobre la calzada. Inclusive aún después de que haya cesado la rotación de la cubierta puede suceder que en principio no se releven marcas sobre la calzada. El largo de este período de transición (entre el inicio del bloqueo y la detección de la marca) depende principalmente de la velocidad con que se aplica el pedal de freno.

Al examinar la huella se tratarán de determinar dos puntos (recorriéndola en sentido contrario al de marcha del vehículo):

- a) el punto donde definitiva, clara e indubitablemente puede determinarse el inicio de una huella de arrastre o bloqueo.
- b) el punto donde no hay signo alguno de huella.

La marca o huella comprendida entre estos dos puntos tiene varios nombres: impending skidmarks, incipient skidmarks, shadow, warmup distance.

Así, la detención del rodado comienza previamente a la detección de las huellas sobre la calzada por lo que la velocidad de la unidad calculada a partir de las huellas debe ser considerada como la mínima velocidad calculable.

A su vez, la facilidad de localización de a) y b) dependerá principalmente de la magnitud y dirección de la iluminación el sector y de la distancia/ángulo con que se observe la huella. Es una práctica recomendable consultar con otra persona donde "ve" el inicio/fin de las marcas y cuando se hayan definido estos puntos se marcarán estos con tiza o pintura a fin de facilitar su medición y fotografiado.

El investigador deberá agacharse y observar el pavimento desde un ángulo muy cerrado, con el objeto de poder determinar el comienzo del patinazo.

En pavimentos rígidos y limpios, sobre todo si son rugosos aparecerá una sombra antes de la marca definitiva. Se deberá observar el patinazo desde un ángulo muy bajo y con el ojo a unos 30 centímetros del suelo. En pavimentos húmedos (sobre todo si están cubiertos de barro, tierra, etc) se determinará donde termina la "impresión" del neumático y se convierte en patinazo.

INICIO DEL BLOQUEO

Debe tenerse presente que existen condiciones que retardan el inicio del bloqueo, con el consiguiente acortamiento de la huella, a saber:

- 1) Una mayor carga sobre la cubierta aumenta el "agarre" de la misma haciendo que el bloqueo se inicie más tarde y esto puede deberse a:
 - 1-a) Mayor peso sobre el lado del rodado correspondiente a esa cubierta.
 - 1-b) Pendientes o desniveles de la calzada que incrementen la carga en un neumático en particular.
 - 1-c) Trayectorias curvas en que los neumáticos exteriores se ven sobrecargados.
- 2) Mayor coeficiente de fricción cubierta-calzada.
- 3) Menor distancia (brazo de palanca) entre el punto de contacto cubierta-calzada y el centro de la rueda, lo que puede deberse a:
 - 3-a) Cubierta con menos presión de aire, lo que aumenta la deflexión lateral, reduciendo por consiguiente el brazo de palanca.
 - 3-b) Sobrecarga por peso sobre la cubierta.
 - 3-c) Excesivo desgaste de la cubierta.
- 4) Buenas condiciones de ajuste y trabajo del sistema de frenos, en contraste con superficies de trabajo mojadas o aceitosas.

IDENTIFICACION DE LA CUBIERTA QUE PRODUJO LA MARCA

La mejor colección de huellas de deslizamiento carecerá de valor como prueba material si no se identifica el vehículo que las hizo.

A continuación se ofrecen algunas orientaciones para relacionar las marcas con el vehículo:

- a) Vehículo al final de la huella de deslizamiento. Es la forma de identificación más eficaz, fácil y corriente. Sin embargo conviene asegurarse de que el coche está

situado exactamente al final de las huellas, ya que ha habido investigadores que han sido engañados por otros vehículos parados al final de las huellas después de que el rodado que las dejó fue remolcado.

- b) El investigador encuentra a un testigo que declara haber visto patinar el coche sobre aquellas huellas. A veces la declaración de que los neumáticos "chirriaron" es suficiente para relacionar el único rodado presente en el lugar del hecho, con las huellas de deslizamiento allí existentes.
- c) Puede darse el caso de que no haya testigos y que el coche haya desaparecido del lugar (estando aún disponible para inspeccionarse), pero el investigador puede confrontar las impresiones del neumático al principio y al término de las huellas de deslizamiento con la trama del dibujo de los neumáticos. Esto puede no ser muy eficaz pues el mismo dibujo se repite en muchos neumáticos. Es posible que el investigador pueda probar que un neumático del vehículo bajo estudio dejó aquellas marcas, pero sólo en teoría porque no podrá afirmar que no las dejó otro vehículo.
- d) Pueden encontrarse huellas de deslizamiento en el lugar de un accidente, pero no pueden identificarse con el vehículo que las dejó. Sin embargo su posición y características son de tal naturaleza que sería muy baja la probabilidad de que pertenezcan a otro rodado. Puede pues llegarse a la conclusión de que fueron dejadas por vehículos implicadas en el accidente, aunque a los efectos judiciales esto quizás no sea una prueba suficiente. Por otro lado las huellas de deslizamiento en intersecciones (especialmente si hay semáforos) deben ser tratadas con mayor cuidado al identificarlas con el vehículo, pues la posibilidad de que las haya dejado otro rodado es aún mayor.

A fin de una correcta identificación de las huellas el investigador deberá agacharse sobre el pavimento y examinar minuciosamente la marca. Buscará también con detenimiento la posible existencia de marcas superpuestas. Es posible que un segundo rodado siguiese muy de cerca a otro que sufrió un accidente y dejase huellas de deslizamiento que pudieran tomarse como huellas traseras del rodado accidentado.

MEDICION DE HUELLAS

Cuando se ha establecido que todas las ruedas bloquearon aproximadamente la misma distancia, será el largo de la mayor la que se usará a los efectos del cálculo de velocidad. Sin embargo, a los efectos de utilizar un criterio conservativo en cuanto a la velocidad podrá promediarse el largo de las marcas.

En los casos de superposición de huellas traseras y delanteras (overlap skid marks) el comienzo de la marca corresponde a las ruedas traseras mientras que el final corresponde a las ruedas delanteras. En estos casos el largo a considerar a los efectos de cálculo, será la distancia entre los puntos de inicio y final de la huella descontada la distancia entre ejes. (wheel base).

En el caso de un sistema dual de ruedas, puede haber una o dos marcas de bloqueo. En el caso de dos marcas, serán consideradas como si fuese sólo una y la medición se efectuará desde la primera indicación de bloqueo hasta la última, independientemente de que hayan sido producidas por dos cubiertas distintas.

En el caso de huellas de bloqueo con forma de "curva suave", la medición se efectuará siguiendo la forma de la curva.

En el caso de haberse producido un giro durante el traslado con bloqueo (spin skid mark) se deberá medir el largo de cada huella siguiendo su forma y se promediarán las distancias obtenidas. Si las marcas son confusas, borrosas o no discernibles a los efectos de la medición, se computará entonces la distancia recta entre el primer indicio de bloqueo y el último. Esta medición recta resultará ser muy conservativa a los efectos de un cálculo de velocidad. El investigador deberá asimismo ser muy cuidadoso en no confundir una marca producto de un giro de la unidad (spin) con marca producto de un derrape (yaw mark).

Puede darse el caso de marcas de bloqueo "intermitentes" o productos de un "rebote" de la unidad sobre la calzada (Skip/bounce skidmarks). Se definen así a las marcas que no son continuas y con interrupciones de aproximadamente 1 metro. Los camiones descargados y con remolque, al bloquear sus ruedas pueden rebotar sobre la calzada dando entonces marcas interrumpidas. A los efectos del cálculo de velocidad se tomará la longitud total, desde el inicio al final de la huella (incluyendo los espacios entre marcas).

En el caso de automóviles suele encontrarse marcas de bloqueo que varían su tonalidad oscura/clara en forma intermitente lo que indica que existió una variación de la presión de la cubierta sobre la calzada producto de un efecto de cabeceo (pitch) de la unidad.

No deben confundirse "skip skid marks" con las huellas de frenado correspondiente a un bloqueo intermitente "intermittent skid marks". En este caso los espacios entre marcas se producen por un accionamiento intermitente del pedal de freno. Los espacios entre marcas suelen tener una longitud (valor orientativo) de entre 4,50 y 6 metros dependiendo de la velocidad del rodado y el tiempo de reacción del conductor.

En caso de huellas intermitentes, sólo se computarán a los efectos del largo de huella las longitudes efectivas de la huella relevada sobre la calzada (se descontarán los espacios intermedios entre huellas).

En caso de existir una brusca desviación de la huella (crook) se medirá en forma separada el largo de la huella antes y después de la irregularidad.

Generalmente no resulta dificultoso determinar el punto donde finaliza la huella (en especial si el rodado aún está en su posición final post impacto), pudiendo resultar más complejo hallar el inicio de la marca.

No será suficiente la medición del largo de cada marca, sino también su posicionamiento y orientación respecto a puntos fijos o ejes de referencia dentro de la calzada, dado que este dato es de fundamental importancia para la determinación del punto de impacto y la recreación de la mecánica del accidente.

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL LARGO DE LA HUELLA

Existen factores que influyen en el largo de huellas, a saber:

- a) **Temperatura:** cuanto mayor sea la temperatura de la cubierta o la calzada, con mayor facilidad se desprenderá material de la cubierta, apareciendo entonces una marca más oscura.
- b) **Carga soportada por la rueda:** A mayor peso, mayor será el calor creado por la fricción, traduciéndose en un aumento de la temperatura.
- c) **Material de la cubierta:** cuanto más blando sea el material de la cubierta con mayor facilidad dejará huella de bloqueo sobre la calzada.
- d) **Dibujo de la cubierta:** Para la misma carga y presión de inflado, las cubiertas con surcos más anchos en su dibujo, tendrán una menor área de contacto con la calzada (con el consecuente aumento de presión específica) lo que generará mayor temperatura debido a la fricción.

CALCULO DE VELOCIDAD

La fórmula que permite calcular la velocidad del vehículo en función de las huellas de bloqueo es la siguiente:

$$V^2 = 2 \mu g d$$

donde:

V: Velocidad (en m/seg) desarrollada por el móvil al inicio de las marcas de bloqueo.

μ : coeficiente de rozamiento.

d: longitud de las marcas de frenado (en metros).

g: aceleración de la gravedad (9,8 mt/seg²)

Debe tenerse presente que la fórmula previa debe ser modificada (o bien aclarada la restricción existente al darse el margen de velocidades del rodado) ante circunstancias particulares, a saber:

- a) no todas las ruedas estén frenando. (Eficiencia de frenado)
- b) el rodado no se detiene "naturalmente" sino debido a un impacto.
- c) la calzada tiene una pendiente mayor al 5/6 % .
- d) el rodado está remolcando un trailer sin frenos.
- e) el rodado resbala con sus dos ruedas derechas en una superficie con coeficiente de rozamiento diferente de las ruedas izquierdas o bien en dos superficies sucesivas de distinta adherencia.

Ante el caso de un embestimiento peatonal, la fórmula citada puede ser utilizada dado que la energía disipada en el embestimiento no afecta su validez.

Con respecto al caso a) cabe mencionar que la "eficiencia de frenado" (n) valdrá: 1 (las cuatro ruedas frenan); 0,75 (una rueda no frena); 0,50 (dos ruedas no frenan); 0,25 (tres ruedas no frenan). Los porcentajes precedentes valen en el caso teórico de considerar el peso total de la unidad distribuido en forma pareja en las cuatro ruedas, aunque como valores más reales puede adoptarse 0,60 para las ruedas delanteras y 0,40 para las traseras.

La fórmula precedente tomará entonces la forma

$$V^2 = 2 \mu g d n \dots \dots \dots (1)$$

La eficiencia de frenado tiene una influencia fundamental en la distancia necesaria para detener la unidad durante el bloqueo. Cuanto menor sea la eficiencia de frenado mayor será la distancia necesaria para detener la unidad. En muchos casos podrá tenerse una idea

de la eficiencia de frenado a partir de la observación de las huellas de frenado. Si sólo hay tres "skidmarks" y no hay rastros de "impending skidmark" de la cuarta cubierta (o si se tiene evidencia que la cuarta rueda rodaba libremente) puede asumirse para la eficiencia de frenado un valor de 0,75. En caso de una sola huella de bloqueo, sin rastros del resto de las cubiertas, podrá asumirse un valor de 0,25 para la eficiencia de frenado.

Es fundamental confirmar las conclusiones que se saquen acerca de la eficiencia de frenado (a partir de las huellas) ya sea a través de un peritaje mecánico del sistema de frenos de la unidad o efectuando ensayos de frenado con el mismo rodado. No se debe caer en el error de considerar que porque una rueda no deja huella de frenado, esa rueda no frena; justamente la rueda puede no haber bloqueado pero estar frenando a punto de bloquear y por consiguiente con una “máxima eficiencia de frenado”.

A fin de entender qué es la “máxima eficiencia de frenado” debemos aquí recurrir al concepto de “deslizamiento aparente de la rueda” (G). Se define mediante la diferencia porcentual entre la velocidad de rotación de la rueda en un momento determinado y la que tendría en ese mismo momento si estuviese girando libremente (sometida a un par motor/freno nulo), es decir

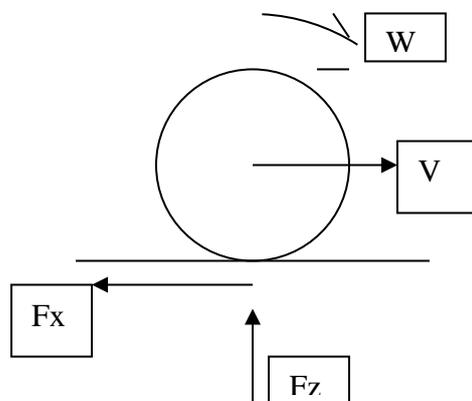
$$G = \frac{W_1 - W}{W_1} \times 100$$

Dónde:

G = deslizamiento aparente (%)

W = velocidad de rotación en un instante determinado

W₁ = velocidad de rotación en giro libre



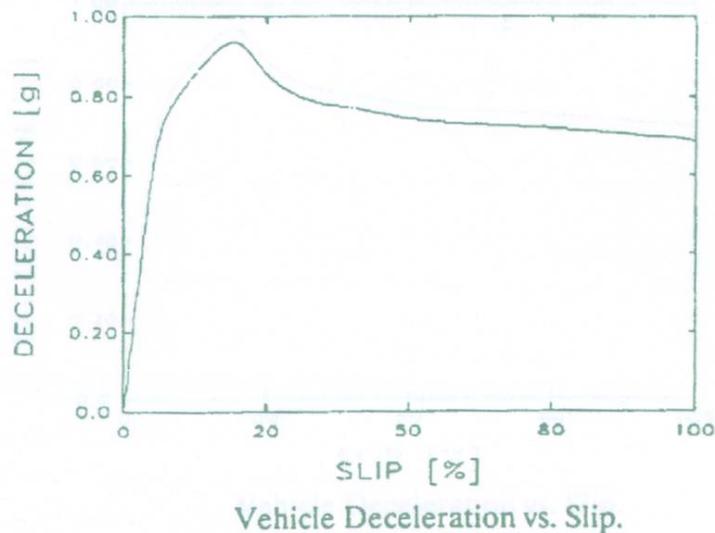
Si a un neumático que gira libremente bajo una carga Fz (carga de la rueda) se le impone una desaceleración progresiva de su velocidad de rotación, se producirá un deslizamiento

aparente de valor G. Como reacción se originara un esfuerzo F_x (Fuerza horizontal entre neumático y pavimento) . Se deduce que si la velocidad de rotación de la rueda es nula ($W= 0$) es decir con la rueda bloqueada el deslizamiento aparente será $G= 100 \%$.

Asimismo se define al coeficiente de rozamiento longitudinal CRL mediante la expresión

$$CRL= F_x/F_z$$

En la figura siguiente se aprecia la relación entre el deslizamiento aparente (G) y el Coeficiente de Rozamiento Longitudinal (CRL) de donde puede apreciarse que la capacidad de máxima generación de esfuerzo longitudinal corresponde a un valor de deslizamiento aparente del orden del 15 % (la máxima capacidad frenante ocurre con una “modesta reducción” de la velocidad angular de un 15%).



Se observa también que el CRL disminuye si la rueda esta bloqueada. Este hecho justifica también que al conducir se recomienda no aplicar a fondo los frenos durante largo tiempo, sino que es mas adecuado acciones cortas y frecuentes sobre el pedal de freno tratando de conseguir “estar” en la zona de la curva con el mayor CRL lo que nos permitirá frenas en distancias mas cortas

Dado lo precedente, surge entonces que la fórmula (1) no contempla el proceso de frenado previo al bloqueo de neumáticos, lo que representa una disminución de entre el 15 y 30 % de la **energía cinética** del rodado en el momento que se aplica el pedal de freno (y previamente a la localización de huellas sobre la calzada); por lo que recalculando en función de las consideraciones precedentes, obtenemos:

- a) Para 15% de pérdida de energía cinética

$$V^2 \text{ (Km/h)} = 299 \mu d n$$

b) Para 30% de pérdida de energía cinética

$$V^2 \text{ (Km/h)} = 363 \mu d n =$$

d = distancia de bloqueo (mt)

Este porcentaje aplicado (15/30%) salva asimismo la indefinición en cuanto a la medición de la "impending skidmark" (marca previa al bloqueo) la que en la mayoría de los casos no es visible y debiera ser tomada en cuenta en el cómputo del largo de la huella de frenado.

En el caso de existir un impacto con otro rodado al finalizar la huella de bloqueo, la velocidad calculada no reflejará entonces toda la velocidad del rodado previamente al impacto, sino sólo la velocidad necesaria para producir la huella. El vehículo siempre marcha a una velocidad superior a la calculada en función de las huellas de bloqueo, pues existen otras pérdidas de velocidad, a saber:

- a) Por deformaciones producto del impacto.
- b) Por distancias recorridas posteriormente al impacto.

Las pérdidas de velocidad mencionadas deben sumarse entonces a la velocidad calculada en base a las huellas de frenado.

Tal como expresa Stannard Baker en su "MANUAL DE INVESTIGACIONES DE TRANSITO" (pag. 574): "En ningún accidente con graves desperfectos indicarán las huellas de frenado más de una pequeña parte de la velocidad y en algunos casos sólo una pequeñísima parte. Si las huellas han sido debidamente identificadas y medidas, las velocidades antes del frenado tendrían que ser mucho más altas que las calculadas por las huellas de deslizamiento y aún mucho más altas si hubo daños considerables".

(NOTA: Deberá prestarse especial atención al calcular "velocidades iniciales de circulación" en función de pérdidas sucesivas de energía por bloqueo, impacto, etc, planteándose en tales casos la ecuación de Conservación de la Energía Mecánica a fin de arribar a la expresión matemática correcta que describe el fenómeno).

En el caso de un rodado que desliza con sus dos ruedas derechas en una superficie con coeficiente de rozamiento diferente de las ruedas izquierdas la ecuación (1) puede expresarse como sigue

$$V = \sqrt{127(\mu_1 + \mu_2)xd}$$

Donde “ μ ” corresponde al coeficiente de rozamiento sobre cada una de las superficies y “d” representa la distancia recorrida.

V= Velocidad al inicio de las marcas (km/h)

d1 y d2= distancias en metros

En el caso de un rodado que desliza sobre dos superficies sucesivas de distinta adherencia

$$V = \sqrt{254(\mu_1 x d_1 + \mu_2 x d_2)}$$

Donde “ μ ” y “d” corresponden al coeficiente de rozamiento y distancias recorridas en forma sucesiva sobre cada una de las superficies.

V= Velocidad al inicio de las marcas (km/h)

d1 y d2= distancias en metros

Desaceleraciones (en “g”) en función de la “marcha” (rodamiento libre)

Punto muerto.....0,007 a 0,015 (Vel aprox. 2 mt/seg)

Punto muerto.....0,017 a 0,024 (Vel aprox. 12 mt/seg)

En 5° marcha (trasmisión manual).....0,035 a 0,065

En 1° marcha (trasmisión manual).....0,095 a 0,365

En 3° marcha (trasmisión automática).....0,035 a 0,080

En 1° marcha (trasmisión automática).....0,145 a 0,285

Para cubiertas desinfladas podrá asumirse una desaceleración de 0,12 / 0,21 x g

PUNTO DE IMPACTO

Es posible la determinación del punto de impacto a través de la apariencia de las huellas de bloqueo, en las que podrá observarse:

- a) Ensanchamiento de la huella en el punto de impacto. La desaceleración brusca producto del impacto provoca un desplazamiento virtual del centro de gravedad de

la unidad hacia adelante, con la consecuente sobrecarga de las ruedas delanteras las que al ser aplastadas agrandan la zona de contacto.

- b) Cambios bruscos en la dirección de las huellas de frenado; producto del impacto que cambia la dirección de marcha de la unidad.
- c) Interrupción abrupta de la huella (en lugar de una disipación suave producto de un proceso de deslizamiento natural) son un indicio del punto de impacto, donde la velocidad del vehículo se disipa en deformaciones sobre su estructura.

Las huellas relevadas en el punto de impacto (collision skip skid) son de gran importancia desde el punto de vista práctico aunque su aparición y detección no es común. Resultan como producto de un impacto (con peatón/ciclista/animal) de un rodado que está con sus ruedas bloqueadas. Producto del impacto las ruedas reciben una fuerza que se traduce en un aumento de presión sobre la calzada dejando una marca más ancha o más oscura. Dada la elasticidad del sistema se produce entonces un alivio de presión de las cubiertas notándose entonces que la marca será más clara. Este tipo de marcas ocurre con mayor frecuencia en rodados livianos (y nunca en camiones).

Collision Scrub: Son marcas dejadas por una rueda que bloquea como producto de un impacto (sin proceso de frenado previo o "panic stop" por parte del conductor) y pueden ser muy visibles atento al gran incremento de presión de la cubierta sobre la calzada al momento del impacto, aunque la facilidad para detectarla dependerá del tipo de calzada considerada.

Posteriormente al impacto la marca cambia de apariencia y puede suceder:

- a) que la rueda continúe girando en cuyo caso la marca se desvanece o se transformar en una "scuffmark".
- b) que la rueda continúe bloqueada debido al impacto (daño) pero cambiando su apariencia (más clara) debido a la disminución de carga.
- c) que debido al daño acaecido sobre la rueda, ésta se desprenda o deja de tener contacto con la calzada en cuyo caso la marca se interrumpe.

Estas marcas son de gran importancia (y en muchos casos las únicas que se relevan) dado que permiten determinar el punto de impacto sobre la calzada. En la fotografía siguiente se ha identificado como "A" a la marca de bloqueo de una rueda delantera; "B" corresponde a una rueda trasera; "C" corresponde al cambio brusco de dirección

(producto del impacto) de la rueda delantera; "D" es la marca post impacto de rueda delantera.



También será posible detectar bruscas desviaciones o cambios de dirección en las huellas de bloqueo ("crooks-bends-offsets") producto de una fuerza exterior que ha obligado al cambio abrupto de dirección de la unidad.

Son desviaciones muy cortas y en ángulos muy cerrados. Al igual que las ya estudiadas "collision scrub" marcan la posición de la rueda en el instante de inicio de la colisión. Estas marcas (**crooks**) limitan generalmente el fin de las huellas previas a la colisión y el inicio de las huellas posteriores a la colisión. Con las ruedas bloqueadas, la falta de empuje lateral sobre las cubiertas hará posible que en colisiones de dos cuerpos de pesos muy disímiles (por ejemplo con un ciclista de trayectoria transversal al del automóvil) sea factible la aparición de estas marcas, permitiendo determinar el punto de impacto.

COMPORTAMIENTO DE LA UNIDAD DURANTE EL BLOQUEO

Puede suceder que frenos mal calibrados produzcan el bloqueo en sólo dos ruedas de la unidad (sobre un lateral) produciendo de esta manera la rotación del rodado. Al no bloquearse todas las ruedas se tendrá un movimiento inestable que requerirá para su corrección de una gran pericia del conductor. Debe tenerse presente que un rodado que está con sus cubiertas bloqueadas, no puede ser gobernado (no responde a las maniobras

del conductor). Sucede, que la banda de rodamiento de una cubierta que rueda se deforma (aplata) en la zona de contacto con la calzada, apareciendo un empuje lateral que le permite a la cubierta responder al movimiento que le impone el conductor. Cuando la rueda está bloqueada esta deformación de la banda no aparece y consecuentemente el empuje lateral tampoco, permitiendo que la rueda resbale tanto de costado como hacia adelante, es decir que no puede ser dirigida.

Justamente la diferencia entre un automóvil gobernable y otro que no lo es, radica en la aparición de ese empuje lateral sobre las cubiertas que es el que permite efectuar el cambio de dirección del rodado. Al perder empuje lateral se pierde estabilidad. En otras palabras, si la cubierta está bloqueada el rodado no puede ser gobernado. El conductor puede estar frenando violentamente al mismo tiempo de estar tratando de seguir con el rodado una trayectoria determinada, pero la falta de empuje lateral sobre las cubiertas causado por el deslizamiento harán que el rodado continúe la trayectoria que tenía en el momento que las ruedas se bloquearon.

En caso de bloqueo de ruedas delanteras mientras que las traseras continúan girando el rodado continuará su trayectoria en línea recta, este movimiento es llamado en la bibliografía inglesa "front-end- leading skid".

En el caso de bloqueo de ruedas traseras mientras que las delanteras aún giran, el rodado tenderá a girar 180° para continuar resbalando en esa posición (rear-end-leading).

Si bloquea una rueda trasera mientras que las otras tres giran, el rodado no girará. Si una rueda delantera bloquea mientras las tres restantes giran, el rodado girará en la dirección de la rueda bloqueada.



Rodado donde sólo opera el freno delantero derecho.



Rodado donde no opera el freno delantero izquierdo.



Muestra un "spin out" típico, causado por el bloqueo de las ruedas traseras sin bloqueo de las delanteras



En la presente se puede apreciar la trayectoria seguida por un rodado donde sólo trabajan el freno delantero derecho y el trasero izquierdo, el desvío hacia la derecha es causado por el mayor frenado de la rueda delantera derecha producto de la traslación de pesos.

A.B.S. (ANTILOCK BRAKE SYSTEM)

Las ventajas principales del sistema antibloqueo radican en:

- a) Disminuye generalmente la distancia de frenado.
- b) La posibilidad de cambiar la trayectoria de la unidad mientras se frena violentamente, dado que al no existir bloqueo la rueda mantiene el empuje lateral que le permite cambiar de dirección.

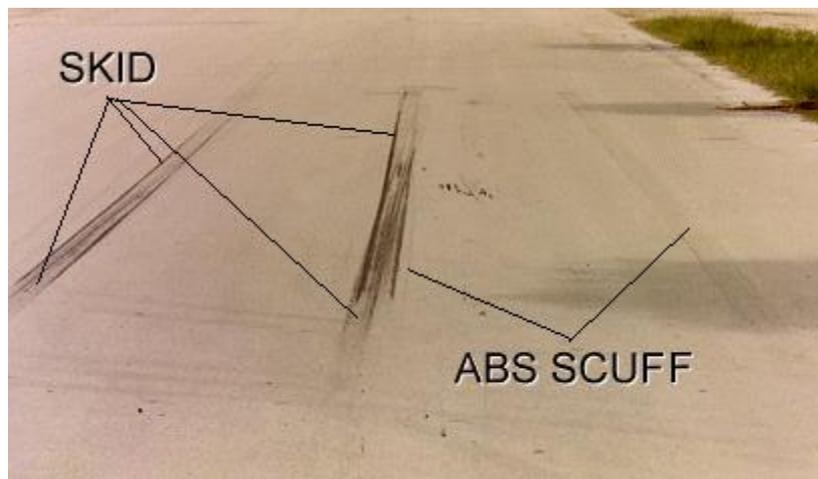
En el caso de rodados equipados con sistema ABS podrá en algunas oportunidades verificarse la existencia de marcas similares a "impending skid marks" las que a los efectos de cálculo de velocidad serán tratadas como "skid marks". Las marcas relevadas

en estos casos podrán ser visibles (y no siempre) durante un lapso muy corto después de producidas. En condiciones adecuadas (ligera suciedad del pavimento) también podrá apreciarse la "barredura" provocada por el neumático al "limpiar" en su trayectoria las partículas de polvo y otros elementos existentes en la calzada. En otros supuestos (no generales) la incrustación de objetos -piedras, metales, etc- en el dibujo de la banda de rodamiento, ocasionará una ligera marca en el pavimento (raspadura), útil al presentarse en el caso de una desaceleración con ABS a los efectos para reconstruir la trayectoria previa al momento del accidente.



En la presente toma fotográfica pueden apreciarse las huellas dejadas sobre el pavimento por una unidad equipada con ABS. Lo precedente permite derribar en forma categórica el mito instalado entre muchos reconstructores de accidentes referente a que, si el rodado contaba con ABS no pudo dejar marcas sobre la calzada.

A continuación vemos (comparativamente) marcas dejadas sobre la calzada por un rodado con frenos convencionales (izquierda) y otro que opera con ABS.



En la fotografía siguiente se aprecia el aspecto de una cubierta luego de producirse una frenada con ABS.



MARCAS POST COLISION

Como resultado de una colisión las marcas de bloqueo mostrarán (aunque no siempre) irregularidades, dependiendo del tipo de impacto y diferencia de masas de los cuerpos que colisionan. En el caso de un impacto entre un automóvil y un peatón o un ciclista, la irregularidad referida puede ser imperceptible. Si la masa del objeto con el que se impacta es de mayor magnitud se podrá observar un cambio de dirección en las marcas de bloqueo. Puede suceder que una rueda que llega al punto de impacto rodando, se bloquee como producto del daño acaecido dejando una marca sobre el pavimento **a partir** del punto de impacto. Por el contrario puede suceder que una rueda que llega bloqueada al punto de impacto, no deje marca posteriormente a este, ya sea porque el conductor dejó de aplicar el freno o porque el daño sobre la rueda eliminó el contacto cubierta-calzada.

Las marcas de bloqueo producidas posteriormente al punto impacto podrán ser curvas, dado que después de la colisión el rodado podrá rotar. Las marcas pueden variar en ancho desde 2 ó 3 centímetros hasta 30 centímetros, dependiendo de la alineación de la cubierta respecto al sentido del desplazamiento de la unidad.

La marca de bloqueo posterior al impacto producida por una rueda bloqueada puede ser difícil de distinguir respecto de una marca producida por una cubierta que está rotando y resbalando simultáneamente (scuffmark). Hay dos maneras de sortear tal indefinición:

- a) **Examen minucioso de la huella:** Si la dirección de las estrías es paralela a la dirección de la huella, entonces hay una alta probabilidad de que la rueda estuviese

bloqueada. Si las estrías tienen dirección oblicua a la dirección de la huella, entonces la rueda estaba girando además de resbalar.

- b) **Examen de la rueda que originó la huella:** Se observará si la rueda podía rotar libremente o estaba bloqueada.

Nunca debe asumirse que todas las huellas post colisión son huellas de bloqueo (skidmarks) a menos que se tenga certeza de que la rueda estaba imposibilitada de girar; podría asimismo tratarse de "yawmarks" "imprints" o las huellas dejadas por una cubierta desinflada que aún está girando. Tampoco deberá asumirse que la falta de marca sobre la calzada significa que la rueda no estaba bloqueada y deslizándose. Si un examen de la rueda indica que posteriormente a la colisión la rueda no podía girar, cualquier contacto de la cubierta con la calzada debe ser asimilado a una skidmark, sea o no visible. Las consideraciones precedentes tratan de enfatizar la importancia del examen de la unidad posteriormente al accidente para determinar cuáles eran las ruedas que podían girar.

FINALIZACION DE LA HUELLA

Con respecto a la finalización de las huellas de deslizamiento, estas resultan más fácil de determinar que los inicios:

- a) La prueba más segura es cuando llevan directamente al punto en que paró la rueda.
- b) El final de una mancha oscura marca por lo general la terminación del patinazo, pero a veces rebasándola hay una impresión del neumático que no puede contarse como parte de la huella de deslizamiento.
- c) El punto de colisión indicado por testigos, residuos o restos de siniestro puede determinar el fin de un deslizamiento, sin embargo a menudo un deslizamiento va más allá de la colisión.
- d) Si un vehículo es movido después de haberse detenido, o si se liberan los frenos antes de quedar totalmente detenido, el comienzo de una "impresión" determinará el final de la huella de deslizamiento.
- e) El barro, la suciedad o la nieve empujados por un neumático al patinar, formarán un apilamiento cuando dicho neumático deja de patinar y será más visible si el rodado retrocede.

CURVAS SUAVES

Se denomina "swerve" a la marca de bloqueo cuya dirección es levemente desviada respecto a una trayectoria recta. Son debido a fuerzas que normalmente (con rueda rodando y no resbalando) no afectarían la trayectoria de la unidad, como por ejemplo el viento cruzado o pendiente transversal de la calzada. No debe confundirse este tipo de marca con una "yawmark" (marca en curva).

MARCAS DE FRENADO A BAJA VELOCIDAD

En el caso de una baja velocidad inicial (previa al inicio de la acción de frenado) es posible que la unidad se detenga antes de poder ser visualizadas marcas de frenada o bloqueo. Debe tenerse presente asimismo, que a bajas velocidades es mayor el coeficiente de fricción por lo que tardará más en iniciarse el bloqueo y en el caso de cubiertas sobre asfalto, será más difícil visualizar marca de bloqueo dado que se generará (a baja velocidad) menor calor que el necesario sobre la cubierta para fundir su superficie.

TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA HUELLA SOBRE LA CALZADA

La duración de la huella de fricción sobre el pavimento, es menor que para la huella de deslizamiento. Los neumáticos no están tan recalentados cuando dejan huellas de fricción (girando y deslizando) como cuando dejan huellas de bloqueo, porque en el caso de la fricción siempre entra en contacto con el pavimento una parte diferente del neumático (que está girando) de aquí que se produzca una mancha de menor profundidad que puede desaparecer antes. Sin perjuicio de lo precedente la marca sobre la calzada puede durar desde algunos minutos, hasta inclusive un año después del siniestro dependiendo ello de varios factores como por ejemplo: tipo de marca, estado del tiempo, cantidad de tránsito que circula posteriormente al hecho y tipo de cubierta.

MARCAS DE REMOLQUE

Un vehículo remolcado que tiene sus ruedas imposibilitadas de girar dejará marcas sobre la calzada. La observación cuidadosa de tales marcas en cuanto a su punto de inicio, trayectoria y longitud, permite detectar el origen y la causa de tales marcas, diferenciándolas convenientemente de las marcas de frenado, bloqueo, etc.

CONCLUSION

Quienes se desempeñan como peritos judiciales, cuentan como únicos elementos para efectuar la reconstrucción del accidente con el "acta de inspección ocular" y un "croquis ilustrativo" a los que deben remitirse. Estos elementos son los que ofrecen la descripción del lugar del siniestro efectuada por el personal que primero accede y vuelca allí sus observaciones.

En dichas actas es común encontrar (refiriéndose a las huellas de neumáticos sobre la calzada) descripciones tales como:

- 1) "...se han detectado huellas sobre el pavimento de los rodados participantes..."
- 2) "...huellas de frenado de 25 mts. de longitud..."
- 3) "...se observan sobre la calzada marcas de las cubiertas de los rodados partícipes del evento..."
- 4) "...se aprecian dos marcas de frenado, una de cada vehículo..."
- 5) "...hay marcas de frenado que en determinado punto cambian de dirección abruptamente..."
- 6) "...es posible observar varias marcas de cubiertas sobre el pavimento..."
- 7) "...se relevaron sobre la calzada dos huellas de bloqueo de neumáticos, una de 7 metros y otra de 9,50 mts..."

Las descripciones precedentes, no constituyen un dato suficiente a partir del cual efectuar una reconstrucción accidentológica y/o plantear un cálculo de velocidad, atento a que:

- a) no relaciona cada huella con el rodado que las provocó.
- b) no describe la posición de la huella (con su longitud) respecto a puntos fijos o ejes de referencia.
- c) no ofrece una descripción que asegure que se tratan de huellas de bloqueo de neumáticos (para el caso de pretender plantear una cálculo de velocidad).
- d) se hacen descripciones genéricas sin referenciarlas.
- e) no se efectúan mediciones de trochas que permitan la comparación con la trocha de los rodados intervinientes.

f) no aclara cuantas cubiertas dejan marcas.

Asimismo es de destacar que en los cálculos de velocidad no suele utilizarse el concepto de "drag factor", si bien se ha demostrado que su influencia es fundamental a los efectos de arribar a valores de velocidad que se condigan con la realidad.

De lo precedente surge la necesidad de que quienes se dedican al relevamiento del lugar del siniestro, posean la formación técnica imprescindible (teórica y práctica) a fin de llevar a cabo una tarea que permita la reconstrucción del evento y la determinación de los motivos que lo generaron; son el "eslabón" entre el siniestro y su posibilidad de reconstrucción. Quien releva en el lugar del accidente y quien posteriormente hará la reconstrucción, deben tener una formación técnica similar. El personal que actúa en el lugar, debe conocer qué utilidad se le dará a la información que recoja, única manera de saber porqué releva y cómo debe hacerlo.

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS DE LA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN IDIOMA INGLES.

Skidmark: huella/marca producida por el bloqueo de una cubierta sobre la calzada.

Friction mark: marca de fricción producida por una cubierta sobre la calzada.

Tire mark: marca de cubierta sobre la calzada.

Imprint/print/impression/deposit: marca (impronta) dejada por una cubierta que gira sobre la calzada.

Scuffmark: marca producida por una cubierta que está girando y resbalando simultáneamente.

Bold Tire: cubierta lisa (sin dibujo).

Acceleration scuff/acceleration mark/burn mark: huella producida al girar la cubierta durante una brusca aceleración.

Flat tire mark: marca producida por una cubierta desinflada que gira.

Cupping effect: forma que toma una cubierta al girar desinflada (mayor contacto en los bordes de la banda).

Centrifugal skidmark: marca dejadas por las cubiertas de un rodado que gira mientras se traslada.

Impending skidmark: marca producida por una cubierta previamente al inicio del bloqueo.

Yaw mark: marca de derrape en curva.

Skip/bounce skid mark: marca producida durante el rebote de la cubierta sobre la calzada.

Intermittent skid mark: marca producida por el bloqueo intermitente de la cubierta.

Crook/bend/offset: brusca desviación de la huella.

Collision skip skid: diferencia de tonalidad en la marca que indica el punto de impacto con peatón/ciclista/animal.

Collision scrub: marca producida por una cubierta que bloquea durante el impacto.

Front-end-leading skid: trayectoria del rodado con sus ruedas delanteras bloqueadas y traseras girando.

Rear-end-leading/spin out: trayectoria del rodado con sus ruedas traseras bloqueadas y delanteras girando.

Swerve: curva "suave" producida por el rodado con sus cubiertas bloqueadas.

Jackknife: efecto tijera (quiebre) en camiones con acoplado.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA (y de donde se obtuvieron las fotografías y gráficos presentados)

- 1) ACCIDENTES DE TRANSITO - INVESTIGACION Y RECONSTRUCCION (ANIBAL O. GARCIA)
- 2) HANDBOOK FOR THE ACCIDENT RECONSTRUCTIONIST (M. J. Lofgren)
- 3) INVESTIGACION Y PERITAJES EN ACCIDENTES DE TRANSITO (E. MARTINEZ)
- 4) HIGHWAY COLLISION ANALYSIS (JAMES COLLINS)

- 5) FIELD ACCIDENT DATA COLLECTION (S.A.E.)
- 6) TRAFFIC ACCIDENT INVESTIGATOR'S HANDBOOK (R. RIVERS)
- 7) MANUAL DE INVESTIGACION DE ACCIDENTES DE TRANSITO (STANNARD BAKER)
- 8) ACCIDENTOLOGIA VIAL Y PERICIA (VICTOR IRURETA).
- 9) LEGAL ASPECTS OF SKIDMARKS IN TRAFFIC CASES (NORTHWESTERN UNIVERSITY)
- 10) TRAFFIC ACCIDENTS RECONSTRUCTION (LYNN B. FRICKE)
- 11) THE TRAFFIC-ACCIDENT INVESTIGATION MANUAL (STANNARD BAKER-L. FRICKE)
- 12) SPEED ANALYSIS FOR TRAFFIC ACCIDENTS INVESTIGATION (R.W. RIVERS)
- 13) PAPER SAE 950.354 "SPEED FROM SKID MARKS: A MODERN APPROACH"
- 14) PAPER SAE 890.736 "VEHICULAR DECELERATION AND ITS RELATIONSHIP TO FRICTION".(Reed-Keskin)
- 15) FUNDAMENTALS OF APPLIED PHYSICS FOR THE TRAFFIC ACCIDENT INVESTIGATORS (SHIGEMURA)
- 16) PAPER S.A.E. 971.147 "FORMULAS FOR ESTIMATING VEHICLE CRITICAL SPEED FROM YAW MARKS"
- 17) PAPER SAE 890.635 "A COMPARISON STUDY OF SKID AND YAW MARKS"
- 18) MOTOR VEHICLE ACCIDENT RECONSTRUCTION AND CAUSE ANALYSIS (RUDOLPH LIMPert)
- 19) INVESTIGACION DE ACCIDENTES DE TRAFICO-DIRECCION GENERAL DE TRAFICO –ESPAÑA

Ing. Daniel A. Ivaldi