

CAPÍTULO II

PUNTOS ACCIDENTOLÓGICOS

Son entidades de referencia física, en las cuales ocurrió o pudo ocurrir algún hecho relacionado con el accidente o sus protagonistas.

Se definen por tres coordenadas espaciales y una temporal, aunque frecuentemente basta hacerlo por una coordenada espacial sobre las trayectorias de los protagonistas y una temporal.

1. PUNTO CLAVE O CRÍTICO

Generalmente es un sitio-instante donde ocurrió algún hecho trascendente del accidente, como por ejemplo un impacto, choque entre móviles, o embestimiento de peatones.

Existen también accidentes en los cuales no hay impactos, por ejemplo despistes, en cuyo caso determinar el punto clave puede ser muy variable; en el ejemplo dado algún investigador puede considerar que es el punto donde se salió de la carretera, mientras que otro, el punto donde se perdió el

dominio del rodado, y un tercero, el punto en el que algo provocó la pérdida del dominio.

Es útil y recomendable situar el origen de coordenadas, tanto espaciales como de tiempo, en el punto físico-instante en que ocurrió el suceso crítico o clave.

Así, los puntos ubicados antes, física y/o temporalmente, tendrán coordenadas negativas, mientras que los sucesos acaecidos luego, tendrán coordenadas positivas. De esta manera, un punto de la trayectoria de un móvil previo al punto crítico tendrá como coordenadas, por ejemplo: -54 m; -2 s, lo que significa que está situado 54 metros antes del punto crítico, y que el móvil pasó por allí 2 segundos antes de llegar a dicho punto.

Análogamente, si las coordenadas son 54 m; 2 s; significa que el punto en cuestión se halla 54 metros después del crítico, y que el móvil llegó a él tras 2 segundos de pasar por el punto clave.

2. PUNTO DE POSIBLE PERCEPCIÓN (PPP)

Es aquel punto-instante de la trayectoria de un protagonista desde el cual es posible (para una persona sin impedimentos que la inhabiliten para conducir) *percibir* la existencia de un riesgo o peligro de accidente.

Si bien habitualmente la percepción se realiza a través de la vista, hablamos de *percibir* riesgo o peligro porque un conductor puede percatarse del mismo por otros medios; por ejemplo, puede *oír* una sirena, o *sentir* la vibración de un convoy ferroviario, u *oler* el humo de un incipiente incendio, etcétera.

El PPP depende básicamente de las características ambientales, existencia o no de obstáculos a la visión, características de visibilidad, enmascaramiento de luces o ruidos por otras luces o sonidos, topografía, etcétera.

El punto de posible percepción coincide con el inicio del tiempo de percepción y reacción del protagonista.

3. PUNTO DE POSIBLE DETECCIÓN (PPD)

Es el sitio-instante en el cual el protagonista ya podría haber completado la detección del riesgo o peligro, es decir podría haber tomado conciencia de que *algo* se ha presentado.

Se ubica en la trayectoria del protagonista de que se trate, unos 0,3 seg. después del PPP.

Es el inicio de la medición de la *demora en la percepción*.

4. PUNTO DE PERCEPCIÓN EFECTIVA (PPE)

Es aquel punto de la trayectoria de un protagonista en el cual efectivamente se percata de que *algo* ocurre.

Es frecuente que el riesgo aparezca en el campo de percepción de, por ejemplo, un conductor antes de que éste se dé cuenta de tal circunstancia.

Esto ocurre por varias razones, desatención del conductor y/o escasa conspicuidad del riesgo son las principales.

El *punto de percepción efectiva* coincide con el fin de la etapa de *detección*, la primera de las que componen el TPR (tiempo de percepción y reacción), y con el inicio de la etapa de *identificación*, es decir, el inicio del TR (tiempo de reacción).

5. DEMORA Y DISTANCIA DE PERCEPCIÓN

El tiempo que transcurre desde el PPP hasta el PPE se denomina *demora en la percepción* o *tiempo de percepción*, es

decir que es el lapso que media entre que el riesgo o peligro fueron percibibles y el instante en que efectivamente fueron percibidos.

Como vemos, la demora en la percepción incluye la etapa de *detección*, del *tiempo de percepción y reacción*.

Esta demora puede ser nula en el caso en que ambos puntos (PPP y PPE) coincidan.

Cuando la demora abarca sólo el lapso necesario para la detección, se dice que existe *pronta percepción*, es decir, cuando el PPE (punto de percepción efectiva) precede o coincide con el PPD (punto de posible detección), para lo cual la demora habrá de ser menor o igual a 0,3 segundos.

Cuando excede este valor se denomina *percepción tardía*, o *excesivamente demorada*.

Si encontramos que en un accidente evitable, pero ocurrido, un protagonista percibió el riesgo-peligro después de tres décimas de segundo desde que éste fuera percible, podremos asegurar que esta demora fue, cuando menos, concausa del accidente.

La distancia que separa el PPP del PPE, es la llamada *distancia de percepción*, y representa el tramo recorrido desde que el riesgo se hizo percible hasta que efectivamente fue percibido.

6. PUNTO DE RESPUESTA (PDR)

Luego de la detección siguen cuatro etapas del TPR: *identificación, evaluación, decisión y respuesta*. Al finalizar la de *respuesta*, el protagonista está iniciando los movimientos tendientes a lograr una acción evasiva.

Es decir, entonces, que el *punto de respuesta* es aquel en que finalizan los TPR y TR humanos.

Este punto es útil a la hora de determinar si lo que falló para que se produjera el accidente, fue el factor humano o el

mecánico. Si el protagonista ha completado su *tiempo de reacción* TR (es el *punto de respuesta*) sin que se produjeran demoras, y tanto su evaluación del riesgo como la maniobra intentada fueron adecuadas, así como correcta la ejecución de ésta, podremos asegurar que si el accidente era evitable físicamente, la falla fue del elemento mecánico.

7. PUNTO DE POSIBLE COMIENZO DE ACCIÓN EVASIVA (PCAE)

Desde el fin de la etapa de la respuesta y hasta el posible comienzo de la variación de los parámetros que definen el movimiento, transcurre un lapso que hemos denominado TRM (*tiempo de respuesta mecánica*), que incluye las demoras por movimientos de miembros, por inercia y/o huelgos de elementos mecánicos.

Se denomina *posible comienzo de acción evasiva* (PCAE), el sitio-instante en el cual un móvil podría comenzar a variar sus parámetros cinemáticos o intentar hacerlo con los del riesgo (frenar, acelerar, girar, tocar bocina, etcétera).

El PCAE ocurre cuando finaliza el TPRT (*tiempo de percepción-reacción total*), es decir cuando finaliza el lapso comprendido por la suma del TPR (*tiempo de percepción-reacción humano*) más el TRM (*tiempo de respuesta mecánica*).

Debe aclararse que el sitio-instante donde finaliza el TPRT coincide con el de finalización del TRT (*tiempo de reacción total*: suma del *tiempo de reacción humano* más el *tiempo de respuesta mecánica*), porque si bien son distintos, el TR es la parte del TPR que considera sólo la reacción humana y se empieza a medir a partir de la percepción efectiva, mientras que el TPR se inicia en el *punto de posible percepción*.

Es útil la diferenciación, ya que de esta manera, en el análisis podremos utilizar el TR, que no está influido por eventuales distracciones, y determinar la demora en la percepción para poder evaluarla.

8. PUNTO DE COMIENZO DE ACCIÓN EVASIVA (CAE)

Se denomina *comienzo de acción evasiva* (CAE), el sitio-instante en el cual un móvil comienza a variar efectivamente sus parámetros cinemáticos o intenta hacerlo con los del riesgo (frenar, acelerar, girar, tocar bocina, etcétera).

El *comienzo de la acción evasiva* suele poder determinarse físicamente, por ejemplo, un poco antes (0,2 seg.) de donde comienzan las huellas de frenado incipientes, o 0,3 seg. antes de donde comienzan las huellas de frenado nítidas, o donde el móvil empieza a cambiar su trayectoria, etcétera.

También puede calcularse a partir de la posición final, considerando la distancia de frenado, como se indicó en el capítulo respectivo, o retrotrayendo la trayectoria previa al accidente, hasta su intersección con la trayectoria prevista, usando los radios de curvatura compatibles con el desvío, si lo hubo.

La relación entre el PCAE y el CAE brinda una medida de las demoras habidas durante el tiempo de respuesta mecánica.

9. ACCIÓN EVASIVA (AE)

Es toda acción realizada por un protagonista en la inminencia de un accidente, siendo su finalidad evitarlo o minimizar sus consecuencias.

Consiste en la modificación de alguno o algunos de los parámetros cinemáticos propios, o en el intento de corregir los de riesgo o peligro.

Los parámetros modificables son: velocidad, dirección y aceleración.

10. PUNTO DE IMPACTO (PDI)

El *impacto* se produce cuando interactúan fuerzas entre dos cuerpos en un lapso muy reducido, considerándose *punto de impacto* el sitio-instante en el que ocurre un impacto.

Siempre que existe un choque existe un impacto, y como ya hemos visto en el capítulo de microubicación, cada choque en sí presenta una sucesión de fenómenos, cuyos hitos son:

a) *Contacto inicial*.— Es el instante-sitio en el que comienzan a interactuar físicamente los cuerpos, es decir aquel donde y cuando las fuerzas de interacción comienzan a ser distintas de cero.

b) *Máximo contacto*.— Es el instante-sitio en el cual las fuerzas interactuantes alcanzan su máximo valor, coincide con la máxima interpenetración de los cuerpos.

c) *Último contacto (o punto de desenganche)*.— Es aquel punto en el cual las fuerzas de interacción vuelven a tomar valor nulo; es decir, cuando los cuerpos se separan, dejan de estar en contacto.

Hay ocasiones en que esto no ocurre, cuando luego del impacto, los cuerpos quedan unidos.

Muy habitualmente se toma el punto de impacto como punto clave, y se le asigna el origen de coordenadas; pero como hemos visto que el impacto en sí presenta diferentes fases con diferentes efectos, se plantea la duda de determinar sobre cuál de ellas debe considerarse el *punto de impacto*.

En primera instancia aparece razonable aceptar como PDI el *punto de contacto inicial*, pero aparece la objeción de

que, al ser infinitésimas por definición, las fuerzas actuantes en este instante, las mismas no bastan para provocar efectos apreciables, y mucho menos para ocasionar daños que puedan dejar huellas útiles para su determinación.

Para que en un choque se produzcan efectos útiles para la determinación de su ubicación, las fuerzas interactuantes deben alcanzar un valor tal que supere el límite de rotura del material en algunos sitios.

Esto ocurre obviamente luego del contacto inicial, pero muy poco tiempo después (centésimas de segundo), por lo que, en general, el error que se comete por considerar el contacto inicial como punto de impacto (PDI) está muy por debajo del admisible.

Frecuentemente, en un accidente ocurren múltiples impactos, cada uno de ellos presenta por lo menos los dos primeros hitos mencionados, aunque generalmente se considera el primer impacto como PDI, dependiendo ello de cada caso.

11. PUNTO DE POSICIÓN FINAL (PDPF)

Es aquel sitio-instante de cada protagonista en la trayectoria posaccidente, donde su situación dinámica se estabiliza, es decir, donde las consecuencias inmediatas del accidente ya han ocurrido.

Si bien es cierto que comúnmente tal punto significa la detención o reposo de los protagonistas, no necesariamente es de esta manera.

Sea el caso de un embestimiento de peatón, con fuga del rodado, el cual no se detiene en las inmediaciones. En estos casos la posición final será aquella en la cual el conductor recupera el dominio de su móvil.

Éste, como algunos otros de los puntos accidentológicos, ha sido tratado también en la parte *reconstrucción*; aquí volvemos a mencionarlo, dada su importancia para el *análisis*.

Hasta aquí hemos definido distintos puntos accidentológicos, que con excepción del *punto clave* o *crítico*, se han presentado cronológicamente; en un análisis conviene volcarlos así en un croquis, para luego insertar el punto siguiente (*punto sin solución*) hacia atrás del *punto de impacto*, o del *punto clave*, según corresponda.

12. PUNTO SIN SOLUCIÓN (PSS)

Este elemento de la accidentología es sumamente útil para evaluar objetivamente la evitabilidad física de un accidente.

Aquel sitio-instante de la trayectoria previa de un protagonista, desde y a partir del cual la percepción óptima y las maniobras más adecuadas, realizadas correctamente por el sujeto, no pueden impedir que el accidente ocurra, se denomina *punto sin solución* (PSS).

A diferencia de los anteriores, no depende de las aptitudes o actitudes del protagonista de que se trate, ya que para su determinación se utilizan tiempos de percepción y reacción total estándar, y maniobras adecuadas, ejecutadas correctamente en un elemento mecánico sin fallas.

Dicho de otro modo, hasta llegar al PSS, cualquier persona habilitada para conducir, que perciba el riesgo, tendría posibilidad de evitar el accidente.

De todas las maniobras evasivas posibles a los efectos de determinar el PSS, entendemos que deben descartarse todas aquellas que impliquen certeza de daños o lesiones al protagonista que las ejecute (por ejemplo, chocar contra una pared para evitar el riesgo inicial), o aquellas que requieran habilidades especiales (como provocar un derrape controlado para forzar un giro a un radio menor que el crítico).

Para determinar el *punto sin solución* deben calcularse los lapsos y/o distancias que insumen las maniobras óptimas,

a los que deberán agregárseles los tiempos y distancias insu-
midos por el *tiempo de percepción y reacción total estándar*.

La distancia, y el intervalo temporal así obtenido, debe
llevarse hacia atrás del punto de impacto, es decir, en senti-
do contrario a la dirección previa del protagonista de que se
trate.

Ésta será la ubicación del PSS.

La comparación entre las posiciones relativas del PPP y
el PSS (*punto de posible percepción y punto sin solución*, res-
pectivamente) determina la *evitabilidad física del accidente*.

Si en la dirección del movimiento previo al accidente del
protagonista en cuestión, encontramos que el *punto sin solu-
ción* precede al *punto de posible percepción*, estamos en pre-
sencia de un accidente físicamente inevitable, ya que ningun-
a acción realizada por este protagonista podría haber
impedido el hecho nefasto, a lo sumo pudo, tal vez, disminuir
sus consecuencias.

Por el contrario, si en las mismas circunstancias, el *pun-
to de posible percepción* precede al *punto sin solución*, nos ha-
llamos ante un accidente físicamente evitable, ya que exis-
tían posibilidades de ejecutar correctamente y a tiempo la o
las maniobras adecuadas para que el accidente no se produ-
jera.

Es dable ver que el método permite determinar objetiva-
mente si un accidente ocurrido fue inevitable o no para cada
uno de sus protagonistas, y establecer las causas inmediatas
del mismo, a tal punto que sería factible realizar un progra-
ma de computación que lo hiciera. En eso estamos.

CAPÍTULO III

ACCIDENTE FÍSICAMENTE EVITABLE

Como ya hemos esbozado, la interrelación entre los pun-
tos accidentológicos de *posible percepción* (PPP) y *sin solución*
(PSS) nos permite la primera gran discriminación sobre si el
accidente acaecido era evitable o no, en su entorno de ocu-
rrencia, desde el punto de vista físico.

La interrelación entre y con los restantes *puntos acci-
dentológicos* permite echar luz sobre las causas inmediatas
del accidente.

1. ERRORES Y DEMORAS EN LA PERCEPCIÓN

Si el *punto de percepción efectiva* (PPE) es posterior (so-
bre la trayectoria del protagonista analizado) al *punto de po-
sible detección* (PPD), podremos asegurar que la demora en la
percepción fue, cuanto menos, concausa del accidente.

Las demoras en la percepción normalmente son causa-
das por desatención o distracción del protagonista (mirar el
velocímetro insume unos 0,8 seg.), aunque pueden estar mo-
tivadas por diferentes problemas fisiológicos, tales como de-

fectos visuales (miopía, astigmatismo, estrechez del campo visual, falta de visión de un ojo, propensión al encandilamiento, pérdida de visión nocturna), defectos auditivos (sordera total o a alguna frecuencia), etcétera.

Otro elemento que incide en la demora o provoca errores en la percepción, es la *conspicuidad* del riesgo, es decir su cualidad de hacerse visible o sobresalir.

Es obvio que es mucho más conspicuo un objeto amarillo que uno gris, en horas del amanecer, sobre una ruta gris o, en las mismas condiciones, un automóvil gris con sus luces encendidas que apagadas.

En la conspicuidad influyen muchos elementos: iluminación, color y textura del riesgo y del escenario, tamaño, etcétera.

Es posible que un riesgo, si bien visible, aparezca enmascarado o camuflado en el escenario en que se presenta, no denotando su condición.

Por lo dicho, conviene que el analista del accidente, para evitar indeterminaciones, tenga muy en cuenta este elemento al fijar el *punto de posible percepción*, haciéndolo ante el elemento real, y no fijándolo teóricamente; de este modo puede precisarse la incidencia del factor conspicuidad en la demora en la percepción.

2. ERRORES Y DEMORAS EN LA REACCIÓN

Si el lapso (y la distancia que conlleva) entre el *punto de posible percepción* y el de *respuesta* es superior al *tiempo de reacción*, estaremos en presencia de un retardo en la reacción; concausa, al menos, del accidente.

Recordemos que las etapas de la *reacción humana* son: *identificación, evaluación, decisión y respuesta*.

En cualquiera de ellas pueden ocasionarse demoras y/o errores, los que pueden concatenarse.

Muchas veces, en una ruta, se duda durante un tiempo si el automóvil que se divisa a lo lejos viene o va, lo que provoca demora en el TR, imputable a la etapa de identificación; si se estima que se aleja, cuando en realidad se acerca, se comete error en esta etapa.

Durante la *evaluación* se decide si lo que se ha detectado e identificado, constituye o no un riesgo, y su grado o posibilidad de convertirse en peligro, ponderando sus posibles conductas.

Obviamente, considerar que no es un riesgo un peatón que se dispone a cruzar la calle por la que circulamos, es un error de evaluación, y permanecer dudando sobre si lo es, provoca demora o retardo.

La ignorancia puede ser asimilable a un error de evaluación siendo el ejemplo más inmediato el desconocer el significado de una señal; imaginemos a alguien que no conozca el código de luces de los semáforos, como la mayoría de nosotros ignoramos las señales marineras.

Algunas patologías, como el daltonismo, provocan errores de evaluación.

La etapa de *decisión* insume un tiempo, tanto mayor cuanto más compleja o desconocida sea la situación planteada, por lo que ya se ha detectado, identificado y evaluado.

Naturalmente, la decisión puede ser errónea; por ejemplo, se decide tocar bocina en vez de detenerse, y puede demorarse en exceso.

Generalmente las demoras en la decisión se deben a inexperiencia ante la situación o ante el arte de conducir.

Finalmente, el cerebro ordena hacer lo que se ha decidido (durante la etapa de respuesta). Aquí pueden aparecer demoras o errores, todos imputables a cuestiones fisiológicas: dolores o claudicación de miembros que impidan realizar prestamente lo ordenado por el cerebro; falta de control o coordinación neuromotora; ausencia del vigor necesario para realizar alguna maniobra; etcétera.

Debe notarse que sólo excepcionalmente podrán fijarse los sitios-instantes donde comienzan y terminan las etapas

de la reacción humana; además, como ya se dijo, pueden superponerse, por lo que si se comprueban demoras en la reacción, generalmente no podrá especificarse a cuál de ellas se debe.

En cambio, con cierta frecuencia es posible detectar errores atribuibles a alguna o algunas de las etapas de la reacción.

3. ERRORES Y DEMORAS EN LA RESPUESTA MECÁNICA

El tiempo y/o la distancia transcurridos desde el fin del *tiempo de reacción* (TR), y hasta el *comienzo de acción evasiva* (CAE), es lo insumido por la *respuesta mecánica* (TRM). Durante este lapso pueden ocurrir demoras y/o fallas.

Cuando comprobemos que el TRM resultó demasiado largo, sabremos que ésta fue, por lo menos, una de las causas del accidente.

Los seres humanos podemos cometer errores y demoras dentro de esta etapa: apretar equivocadamente un pedal, mover los miembros demasiado lentamente, paralizarse por el pánico, etcétera.

Los elementos mecánicos pueden fallar, o actuar retardadamente: los sistemas del acelerador pueden trabarse, y continuar acelerando cuando se suelta el pedal; el freno mal regulado puede demorar el inicio del frenado; por diversas fallas del sistema pueden no actuar los frenos; el volante de dirección puede tener demasiado recorrido neutro (juego) antes de accionar efectivamente el sistema de dirección, etcétera.

Debe recordarse que al fin de la *respuesta mecánica* concluyen tanto el *tiempo de reacción total* (TRT), como el *tiempo de percepción y reacción total* (TPRT), por lo que si no se han podido discriminar puntos intermedios, por lo menos se podrá encontrar si ha habido demoras globales, ya sea en el TRT, como en el TPRT, con lo cual, si hubo demora, quedará

abierto el abanico de posibles causas o concausas del accidente, sin poder determinarse a ciencia cierta, cuál o cuáles han sido más operativas.

Aun así, en muchos casos es frecuente detectar errores imputables a alguna de las etapas, inclusive sin poder ubicar a éstas físicamente.

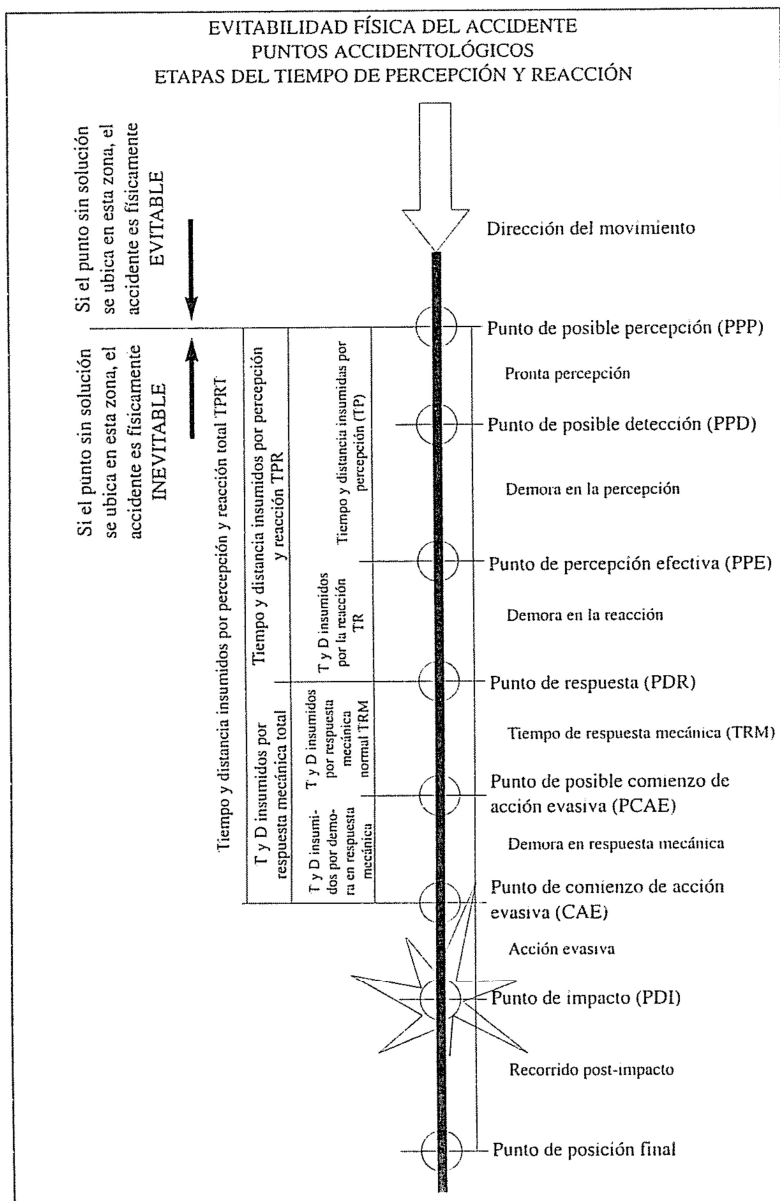
4. ACCIDENTE FÍSICAMENTE INEVITABLE

Ya hemos dicho que cuando aparece un riesgo luego de haber sobrepasado un protagonista su *punto sin solución*, el accidente se torna inevitable para este protagonista.

Ahora bien, que el accidente haya sido inevitable no significa necesariamente que la magnitud de sus consecuencias (daños y/o lesiones) no pudiese disminuirse.

Análogamente al accidente físicamente evitable, en cada caso habrá que analizar el *tiempo de percepción o detección*, para saber si ésta fue o no tardía; el *tiempo de reacción*, para determinar si la misma no fue retardada; el *tiempo y distancia de respuesta mecánica*, para conocer si ella no fue demasiado larga, por defectos mecánicos y/o neuromotrices del protagonista; la *maniobra evasiva*, para saber si fue la adecuada, es decir, la que minimizó las consecuencias y si fue correctamente ejecutada (con qué grado de perfección fue realizada).

Por ejemplo, el accidente podría haber tenido menores consecuencias si: hubiera habido menor demora en la percepción; y/o el tiempo de reacción hubiese sido menor; y/o hubiese habido menor juego en el volante de dirección; y/o hubiese habido menor recorrido neutro en el pedal de freno; y/o el conductor hubiese movido más rápido sus miembros; y/o se hubiese girado en vez de frenar; y/o se hubiese modulado el freno en vez de bloquear las ruedas.



CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE MANIOBRAS

En ambos tipos de accidentes (evitables e inevitables) es posible evaluar la maniobra evasiva intentada —la ausencia de maniobra evasiva debe ser considerada a estos fines como maniobra voluntaria—, para lo cual nos valdremos del análisis del *área de maniobras posibles* y su relación con las maniobras realizadas.

1. ÁREA TEÓRICA DE MANIOBRAS POSIBLES

Como ya hemos dicho, un accidente es físicamente una coincidencia témporo-espacial de dos cuerpos o móviles.

Cada móvil tiene asociados los parámetros cinemáticos variables en cada instante: posición, dirección, velocidad y aceleración.

Es factible, en cada caso, determinar la posible ubicación de cada móvil en el instante del impacto si las variables se hubiesen modificado desde el instante-sitio en que fue posible hacerlo para evitar o minimizar el accidente.