

El concepto de causa y sistema en Accidentología e Ingeniería del Transporte.

Luis M. Xumini.

1. Introducción.

"Ciencia es el intento de hacer que la caótica diversidad de nuestra experiencia sensorial se corresponda con un sistema de pensamiento lógicamente uniformado... Las experiencias sensoriales son la materia dada al sujeto, pero la teoría que las interpretará es una construcción del hombre..."

Albert Einstein.

Aristóteles dejó claro que la investigación lógica o teórica es la que construye los cimientos sobre los que se asientan los edificios científicos. Y lo es hasta tal punto que sin buena teoría la ciencia es imposible, dado que lo que se percibe por los sentidos no se puede ordenar de un modo lógico e inteligible.

El inicio de la filosofía, y por lo tanto de la ciencia, radica en la Grecia de la Antigüedad, en el paso del mito al *logos*. Es decir, el paso de explicaciones tradicionales, arbitrarias y fabulosas a explicaciones lógicas y racionales. Para los griegos de la antigüedad el paso implicaba desconfiar de las fantasiosas explicaciones populares (hoy tan abundantes en siniestralidad y seguridad vial), a la vez que observar y estudiar la realidad con una nueva perspectiva, intentando descubrir las causas de los acontecimientos y fenómenos; para ello empezaron a construir conceptos (investigación lógica o teórica).

Con los mitos el mundo parece caótico y arbitrario, pues nada está sometido a pautas fijas, prestándose a explicaciones mitológicas; pero, con la visión racional, el mundo deviene ordenado y regido por unas pautas que se pueden descubrir y describir. El paso hacia el *logos* fue conseguir que la caótica diversidad de nuestra experiencia sensorial sobre el mundo, se corresponda con un sistema de pensamiento lógicamente uniformado como decía Einstein en 1940 al definir qué es la ciencia. Pero ese paso no es algo adquirido, lo tiene que dar toda persona que quiera mantener una actitud crítica, despierta e investigadora.

Uno de los problemas más apremiantes en Accidentología e Ingeniería del Transporte, es precisamente la falta de teoría en la que fundar sus actividades, lo que produce un efecto caótico y desordenado. El problema, aunque es común, no afecta con la misma intensidad a todos los sistemas de transporte, en el sistema viario es especialmente grave pues esa carencia no sólo dificulta el desarrollo del sistema, sino que permite que se siga diseñando, construyendo y gestionando de los modos con los que se han creado los problemas que existen en su funcionalidad y seguridad, agravando y extendiendo las tremendas repercusiones que ello tiene en las personas y en la sociedad.

El concepto de causa es esencial en Accidentología e Ingeniería del Transporte, porque además de ciencia aplicada o tecnología también es ciencia empírica, en la que es imposible la demostración experimental clásica, dado que los siniestros del transporte no se pueden reproducir completamente en condiciones de laboratorio. Por ello predomina la demostración lógica en la explicación de los siniestros del transporte, y por ello se requieren conceptos sólidos y precisos para hallar conclusiones acertadas.

"No existe ninguna cosa tal como accidente; lo que nosotros denominamos

con este nombre es el efecto de alguna causa que no vemos; si pudiésemos determinar la causa de un accidente tendríamos mayores posibilidades de prevenirlo.” François-Marie Arouet, “Voltaire”.

Y es difícil acertar en Accidentología cuando se emplea el concepto común de causa (aquello de lo cual procede lo causado -el efecto- de modo específico), y precisamente porque se falla fácilmente al establecer el modo específico de acción de la causa.

Pero, además, el concepto de causa está unido a la noción de sistema, y ambos forman parte de la teoría de una disciplina, es decir, del sistema conceptual lógicamente uniformado que hace que la caótica diversidad de nuestra experiencia sensorial sobre el mundo tenga coherencia y sea inteligible.

La ciencia moderna, y con ella la tecnología, se ha ido desarrollando bajo el concepto de causa y la noción de sistema inherentes al mecanicismo racionalista, y, después, al evidenciarse su incapacidad para estudiar fenómenos más complejos, por el mecanicismo estadístico desarrollado por los termodinámicos para poder avanzar.

Pero los planteamientos mecanicistas, aunque han sido y son útiles, son insuficientes para estudiar sistemas y fenómenos complejos y heterogéneos, como en más o en menos son todos los sistemas de transporte. Por ello, desde la Biología, que se encontraba encerrada entre los conceptos del mecanicismo, se construyó la teoría general de sistemas (Ludwig Von Bertalanffy), cuyas concepciones básicas han venido adoptándose a más disciplinas como soporte teórico para sus actividades.

La Accidentología Vial no se ha desarrollado conforme a la necesidad de aumentar la seguridad del tráfico viario. De hecho, más de cien años después de la primera víctima en un accidente con un automóvil, aún no se han podido investigar las causas de la siniestralidad de ese sistema para saberlas y cuantificarlas con acierto, rigor y objetividad, ni para lo que es mucho más importante, poder mejorar la seguridad eficazmente en base al conocimiento sobre la siniestralidad.

Y precisamente la Accidentología Vial no se ha desarrollado por la carencia teórica, que también afecta a la Ingeniería, porque la poca que ostenta es incapaz de dar soporte a la metodología para investigar los siniestros a fin de saber de sus causas con coherencia y acierto; ni para relacionar coherentemente los conocimientos que existen sobre el sistema viario y sus fenómenos; ni para tener acierto en las cuestiones que es necesario investigar para poder aumentar la funcionalidad y la seguridad de modo eficaz, aprovechando conocimientos, recursos e inversiones.

Para remediar la carencia teórica que nos deja indefensos ante los problemas del sistema viario, y la siniestralidad vial es el primer problema de seguridad pública entre todos los fenómenos violentos que matan y hieren a la población¹, he propuesto en varias ocasiones que los estudios sobre el sistema viario y sus fenómenos tengan por paradigma científico la teoría general de sistemas, con las adaptaciones específicas que se precisen tal y como han hecho en otras disciplinas, dado que ese paradigma permite dar soporte conceptual a los sistemas tecnológicos complejos y heterogéneos como son los sistemas de transporte.

La Accidentología Aérea lleva algo recorrido al respecto al ir adoptando la perspectiva sistémica propuesta por Bertalanffy. Aunque no tiene solucionado el

¹ La primera causa de muerte violenta es el aborto provocado de fetos o embriones humanos, pero no se considera un problema de seguridad pública en muchos países.

problema del concepto de causa, y al igual que sucede en la Accidentología de otros sistemas de transporte, puede atascarse fácilmente ante la concurrencia de causas en un siniestro, pues surge el problema de establecer con acierto cuál o cuáles fueron determinantes para que sucediera.

La investigación de accidentes viales suele darse por concluida al encontrarse, o parecer que se encuentra, con el fallo o error de un conductor o peatón teniéndolo por causa directa, inmediata, desencadenante o determinante.

Sin embargo, concebir el error humano como causa determinante de la siniestralidad del transporte, como se viene haciendo, es un desorden lógico, teórico o racional, que no se corresponde con la realidad como veremos más adelante, es otro mito de los tantos que existen sobre la siniestralidad y seguridad del transporte. Pero los siniestros, los muertos y los heridos del transporte son de verdad, y por eso en esos sistemas sólo sirve la verdad.

2. El concepto de sistema.

En general, al referirnos a un sistema material, se entiende un conjunto de elementos materiales que interactúan entre sí para hacer algo.

Pero esa noción genérica de sistema admite muchas variaciones conceptuales. Así, el mecanicismo concibe el sistema como una agregación de partes o elementos, lo cual tiene sus ventajas pero también inconvenientes, sobre todo cuando se quiere estudiar y manejar sistemas y fenómenos complejos y heterogéneos, o sea, compuestos de muchos elementos o agentes de distinta complejidad y naturaleza, como sucede en los sistemas y fenómenos del transporte.

Con la teoría general de sistemas resurge la noción de sistema holística o sistémica, que se basa en la integridad de la realidad, que es entera y absoluta con independencia de lo que creamos acerca de ella. Esto se puede demostrar experimentalmente. Haga un ejercicio de voluntad por convencerse de que la realidad es según la conciba usted; después haga otro esfuerzo por convencerse de que puede moverse por donde usted desee. Y cuando ya esté muy convencido, no salga de la habitación por la puerta, hágalo atravesando la pared. Si consigue salir por la pared demuestra experimentalmente que la realidad es según la concebimos; pero si no lo consigue y tiene que salir por la puerta, eso demuestra experimentalmente que la realidad es absoluta, es decir, que existe en sí misma con independencia de lo que creamos acerca de ella.

Ese experimento mental, que es axiomático y no precisa ejecutarse para saber y demostrar que es verdad, rebate los postulados básicos de varias corrientes epistemológicas que intentan sostenerse pese a lo que demuestran los hechos; y, además, demuestra que las actividades humanas, como es salir y entrar a una habitación, están sometidas a las leyes naturales o científicas, que rigen el ámbito de las causas, elementos o agentes hacedores de este mundo.

La existencia absoluta e íntegra de la realidad que se ha demostrado anteriormente, constituye la razón de que Blas Pascal (Siglo XVII) formulara su imperativo cognitivo, que dice así:

"Siendo todas las cosas causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, y todas entreteniéndose por un lazo natural e insensible que liga las más lejanas y las más diferentes, yo considero imposible conocer las

partes sin conocer el todo, tanto como conocer el todo sin conocer particularmente las partes".

El concepto sistémico de sistema, que se ajusta a la teoría general de sistemas y al imperativo de Pascal, no agrega ni quita partes a su estructura según lo que se conciba (ese es el principal problema de la noción mecanicista, sobre todo cuando se simplifica en exceso), sino que el sistema se concibe atendiendo a la realidad tal cual se muestra, como es el hecho de que solamente existe un sistema: el mundo o universo y todo lo que en él se contiene.

Esa noción de sistema contempla a la vez el todo y las partes, el sistema o universo (el todo) y los subsistemas que lo componen (los elementos o partes); pero, además, concibe el todo como algo distinto a la suma de las partes que lo componen; del mismo modo que usted es algo (un todo) distinto a la suma de las partes que lo conforman.

Así, cuando se está contemplando y concibiendo uno de los subsistemas o partes del universo, la estructura del sistema a estudiar (el subsistema o parte del universo), no consiste en una agregación de partes o elementos según se conciban, sino en una identificación de partes o elementos por sus rasgos, condiciones y cualidades, y según interactúan en el sistema, lo cual es más objetivo porque tiene más correspondencia con la realidad que otras nociones de sistema. La interdependencia funcional de los elementos, que siempre son función de algún otro, resulta como consecuencia inherente e invariante.

El sistema viario según la noción de sistema mecanicista, que es la que se emplea habitualmente para concebirlo, se compone de tres partes: del factor humano (conductores y peatones), los vehículos y las vías. Sin embargo, con la noción sistémica la estructura material del sistema viario es más amplia, compleja y heterogénea, porque la componen todos los elementos naturales y artificiales que interactúan entre sí para producir el movimiento o tráfico de personas y vehículos.

La estructura material de un sistema no está dispuesta porque sí, sin orden alguno, sino que está organizada funcionalmente, o sea, para que el sistema funcione y cumpla su razón de ser. La organización funcional de su estructura material o configuración, es la disposición de los elementos materiales en el espacio-tiempo para que ejerzan sus funciones interactuando de modo armonizado y ordenado. La configuración y la interdependencia funcional de los elementos determina el funcionamiento y la función del sistema, porque según estén organizados los elementos (las partes) así se producirán las interacciones entre ellos, produciéndose el funcionamiento (o el fallo) del sistema (del todo).

Las condiciones y cualidades de los elementos (las partes), también determinan individualmente el funcionamiento y la función del sistema (del todo), porque si los elementos están correctamente organizados, pero uno o varios de ellos no tienen las condiciones y cualidades necesarias para ejercer su función e interactuar en su momento y lugar, provocarán la tendencia al fallo del sistema.

El hecho de que las condiciones y cualidades de la configuración del sistema y de cada uno de sus elementos sean tan determinantes para su funcionamiento, deviene de una pauta constante y necesaria en el funcionamiento del mundo como es el principio de uniformidad, que se enuncia genéricamente diciendo que: en las mismas condiciones y cualidades, las mismas causas (elementos o agentes), producen los mismos efectos (hechos o fenómenos). Enunciando al contrario el principio de

uniformidad aún se ve más claro: en distintas condiciones y cualidades, las mismas causas (elementos o agentes), producen distintos efectos (hechos o fenómenos).

Así, si variamos las condiciones y cualidades de uno o más elementos (las partes), variamos las condiciones y cualidades de su configuración, y como consecuencia varía el funcionamiento del sistema (del todo); variación que puede hacer que sea anómalo y llegar al fallo o fracaso funcional de ese sistema, que se produce cuando los elementos de su configuración dejan de interactuar en su momento y lugar, o que interactúan mal provocando el efecto contrario, el fallo.

Pero abandonemos la perspectiva genérica para centrarnos en la tecnológica, pues con la teoría general de sistemas se abrieron más posibilidades para estudiar los sistemas, ya que, como decía su autor, es posible hablar propiamente de ontología y filosofía de sistemas. Así cabe distinguir propiamente entre sistemas naturales y sistemas tecnológicos, dado que no tienen por qué ostentar las mismas propiedades o rasgos del ser, como así sucede.

La principal diferencia entre un sistema natural y uno tecnológico radica en las propiedades de su configuración y en la realidad que producen. Mientras la configuración de los sistemas naturales es la que es y sólo cabe describirla, o sea, que los elementos son los que interactúan y tienen las características y cualidades que poseen, y están organizados de un modo específico porque así los ha dispuesto la naturaleza, y lo que hagan esos sistemas es natural; en la configuración de un sistema tecnológico nos podemos encontrar con que faltan o sobran elementos, con que están mal organizados, con que sus características y cualidades son insuficientes, deficientes, anormales o incorrectas para ejercer sus funciones a la hora de producir o causar lo que tenga que hacer ese sistema (el todo) y cada uno de sus elementos (las partes); y lo que producen los sistemas tecnológicos con su funcionamiento y su fallo, es tecnológico, no es natural.

En los elementos naturales de un sistema tecnológico nos podemos encontrar con características y cualidades insuficientes o deficientes (malas) para el funcionamiento y la finalidad del sistema, pero no son anormales ni incorrectas, dado que esas características y cualidades son naturales, son conformes a las leyes y condiciones que conforman el orden natural que rige en la configuración y el funcionamiento del universo. Por ejemplo, una tormenta puede crear condiciones insuficientes o deficientes (malas) para la navegación aérea y marítima, y para transitar por calles y carreteras, pero no podemos decir que sean anormales o incorrectas, porque las tormentas y todas las alteraciones que producen en el aire, el agua, la luz, etc., responden al orden natural que rige el funcionamiento del mundo. Si el sistema no pueden funcionar con seguridad en una tormenta, lo tecnológicamente correcto (que es lo ajustado a lo que impone el orden natural que rige el mundo), es parar el sistema.

En la práctica esto se complica y mucho, porque surgen tormentas con aviones y barcos navegando y con muchos automóviles y trenes transitando, y no queda más remedio que seguir, no es nada fácil interrumpir los servicios que prestan a la sociedad los sistemas de transporte, porque paramos materialmente el funcionamiento de la sociedad. De ahí que la previsión meteorológica sea un elemento tecnológico esencial en el funcionamiento de los sistemas de transporte, como también lo son los instrumentos y técnicas para navegar y transitar con y entre tormentas.

En otras palabras (y esto es muy importante), de lo dicho se deduce que los elementos tecnológicos de un sistema tecnológico, tienen que solucionar o paliar las insuficiencias o deficiencias de los elementos naturales para el funcionamiento y la finalidad del sistema.

Y ello es la descripción de una ley natural o científica que rige en la configuración y el funcionamiento de los sistemas tecnológicos, porque es una pauta constante, invariante y necesaria, materialmente ineludible, que nace de las propias cualidades y condiciones de los elementos naturales que componen un sistema tecnológico, dado el hecho de que han sido impuestas por la naturaleza y no se pueden cambiar. Un elemento natural cuyas condiciones y cualidades se han modificado tecnológicamente, deja de ser natural y es tecnológico. Pero en los sistemas tecnológicos interactúan elementos naturales cuyas condiciones y cualidades son inmodificables o que no se han modificado.

En consecuencia, esa ley natural o científica rige en las actividades para diseñar, construir, mantener, gestionar y usar sistemas tecnológicos de transporte, lo que tiene consecuencias teóricas y prácticas muy significativas en Accidentología e Ingeniería del Transporte, que son las disciplinas fundamentales del estudio, construcción y control de esos sistemas.

Si falla el funcionamiento de un sistema tecnológico y produce fenómenos anómalos (por ejemplo, un siniestro de transporte), porque los elementos naturales no ostentan las condiciones y cualidades necesarias para asegurar el funcionamiento y la finalidad del sistema, no puede afirmarse con coherencia y propiedad que el origen del fracaso funcional (y del siniestro) es el modo de ser, condiciones y cualidades de los elementos naturales, porque el origen del fracaso, del fallo, es tecnológico, es la incapacidad física y funcional del sistema (del todo) para compensar, solucionar o paliar tecnológicamente la insuficiencia o deficiencia en las cualidades y condiciones de los elementos naturales (las partes).

"Todavía algunos técnicos piensan que las víctimas del tránsito pagan su propia imprudencia, o son conductores temerarios; es posible que así sea, pero eso nada cambia. Imprudencia, desatención, temeridad, etc., las hubo y las habrá, porque no puede pretenderse cambiar la naturaleza humana." Pascual Palazzo.

En esa frase Palazzo no hizo mas que resaltar la ley natural que impera en las actividades tecnológicas.

"No hay sino un medio de evitar accidentes en los caminos, es hacer que sean improbables, pero no improbables para una especie ideal, inexistente, de conductores o peatones prudentes, atentos, inteligentes, de rápida reacción, sino para los hombres tal cual son o tal cual llegan a ser en las diversas circunstancias de la vida diaria". Pascual Palazzo, 1937.

De nuevo Palazzo describe una verdad incontestable, que postula y reafirma la pauta o ley natural citada, que se muestra con insistencia, como es que los elementos tecnológicos tienen que lograr que la siniestralidad de los sistemas de transporte sea improbable, solucionando, compensando o paliando las insuficiencias y deficiencias naturales. Entre ellas las de las personas (conductores, peatones, pilotos, maquinistas, patrones y otros operadores), porque es una imposición ineludible de la naturaleza en la configuración y el funcionamiento de los sistemas tecnológicos de transporte. Y el hecho de que la seguridad del transporte aumenta cuando se mejoran los elementos tecnológicos (las infraestructuras y los vehículos en el sistema

viario), ha sido demostrado por razonamientos y por hechos², y no existen más modos de poder demostrar las cosas con el *logos*.

El concepto cibernético de *procesador*, que encaja a la perfección en la noción sistémica, viene a reafirmar la pauta o ley natural que se impone en los sistemas tecnológicos, dado que en un sistema de transporte el *procesador* es el agente o elemento que transforma la información que recibe de los demás elementos en acciones para generar y controlar el movimiento, y los *procesadores* son precisamente las personas que los usan (conductores, peatones, pilotos, maquinistas, patrones, etc.), y con el imperativo constante e invariante (ley) de que ese *procesador* es natural; su naturaleza humana, con todo lo que ello implica, su modo de ser, así como sus características y cualidades para realizar la tarea de controlar su movimiento y el de los vehículos que usamos, son las que ha impuesto la naturaleza y son inmodificables.

La formación de las personas para que sepan moverse con más seguridad (caminando o manejando vehículos), es un elemento o actividad tecnológica. Pero ello no modifica las condiciones y cualidades naturales de las personas para realizar la actividad, sino que el conocimiento y la experiencia, la formación, les permite aprovecharlas mejor, o sea, más habilidad para realizar la tarea. Pero, pese a la formación y selección de conductores, pilotos, maquinistas, patrones, etc., siguen siendo *procesadores* naturales, su modo de ser y sus condiciones y cualidades para procesar siguen siendo las que ha impuesto la naturaleza.

Estos planteamientos teóricos tienen consecuencias prácticas significativas. Una de ellas es que la ergonomía se impone como materia fundamental e ineludible en el diseño, construcción, mantenimiento y gestión de los sistemas de transporte, porque, como sentenció Palazzo, no puede pretenderse que los humanos sean *procesadores* perfectos, dado el hecho que la naturaleza impone que sea lo contrario, que el sistema tecnológico de transporte (el todo) sea tecnológicamente perfecto para la natural imperfección de los humanos, que son su parte o elemento principal y final, pues no hay que olvidar que las personas no sólo son el *procesador* del sistema, sino que también son la razón de ser y existir de todo sistema tecnológico de transporte.

La IEA³ define ergonomía como la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema; así como la profesión que aplica teoría, principios, conocimientos y métodos de diseño a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global de un sistema. Pero la IEA aún afina más al matizar que es un enfoque que pone las necesidades y capacidades humanas como fundamento del diseño de sistemas tecnológicos. Su objetivo es asegurar que los humanos y la tecnología operen en completa armonía, manteniendo los equipos y las tareas de acuerdo con las características humanas. O sea, sin contradicciones con las leyes naturales o científicas que rigen en la actividad, como es la ley que se ha descrito antes, que impone que las realidades tecnológicas, que se producen tecnológicamente, también se tienen que controlar tecnológicamente.

Luego, está claro que el orden natural que rige en el universo impone que los sistemas de transporte tengan como principal fundamento las necesidades y capacidades humanas; éstos sistemas tienen que diseñarse, construirse y gestionarse para los humanos tal cual son y se comportan al moverse; y para las necesidades de

² La seguridad vial y las infraestructuras. L. M. Xumini, en Carreteras (con el título La seguridad de los caminos), revista de la AAC, num 189, marzo, Buenos Aires, 2008; en España en Rutas, revista de la ATC-PIARC, Madrid, Parte 1 num 129 nov-dic, 2008, Parte 2 num 130 ene-feb, 2009.

³ International Ergonomics Association.

transporte de la vida de las personas y las sociedades que conforman. Lo cual tiene importantes consecuencias teóricas y prácticas que hoy se siguen obviando, y especialmente en el sistema viario.

En definitiva, el concepto de sistema planteado, el sistémico, es el único que permite albergar conceptualmente el tamaño, la complejidad y la heterogeneidad que ostentan los sistemas tecnológicos de transporte, aplicando especificaciones conceptuales o teóricas precisas, como son las dichas y otras que no se han mencionado.

Con el tiempo se crearán modelos de cada sistema de transporte (como parte de la teoría propia y específica), definiendo sus elementos, sus funciones, características y cualidades, la organización funcional y el funcionamiento, así como las leyes naturales conocidas que rigen en el sistema. Pero, hasta entonces, y como paso necesario para lograrlo, hay que adoptar una noción básica de sistema que nos sirva para poder avanzar en la construcción teórica, y en la práctica de las actividades de Accidentología e Ingeniería del Transporte.

“No podemos resolver problemas pensando de la misma manera que cuando los creamos.” Albert Einstein.

3. El concepto de causa.

Atendiendo a la estructura de las relaciones genéticas o de causa a efecto, los elementos, agentes o partes de la configuración de un sistema son las causas de ese sistema; las interacciones entre los elementos, agentes o partes es el proceso genético, funcionamiento o ejecución de funciones del sistema y los elementos; y lo que resulta de todo ello es el efecto o fenómeno.

La causas de la siniestralidad del transporte (fenómeno físico tecnológico, violento y anómalo), y las causas de la seguridad del transporte (fenómeno físico tecnológico, armónico y funcional), son las mismas: la configuración (el todo) y los elementos naturales y tecnológicos (las partes) que conforman el sistema de transporte.

Para poder explicar con acierto e inteligibilidad los fenómenos del transporte con la noción sistémica, y con la complejidad y heterogeneidad que ostentan los sistemas y fenómenos del transporte, no queda otra opción que atender y emplear los cuatro conceptos de causa definidos en la antigüedad (Aristóteles), y precisamente para evitar los errores e imprecisiones que conlleva el concepto común de causa y las limitaciones del concepto de causa adoptado por el mecanicismo.

Fíjese el lector que la definición del concepto común de causa implica y exige distinguir el modo específico de la acción de la causa (elemento o agente hacedor), y si no se distingue su género y especie es imposible distinguir el modo específico de su acción, es decir, que si no se distingue lo que son las acciones propias de los elementos o causas naturales de las tecnológicas, el embrollo cognitivo viene servido como consecuencia inevitable, porque la catalogación de las cosas por sus rasgos y propiedades, incluida su naturaleza y fines, es condición necesaria para poder razonar con acierto, y la veracidad de las premisas es condición constante y necesaria en el razonamiento científico o demostrativo, que es el único que vale en ciencia, porque es el único que sirve.

Los cuatro conceptos de causa a los que me refiero se distinguen precisamente por el modo específico de acción; tres se refieren al mundo físico o real y una se refiere al ámbito lógico o formal. Son los que siguen:

- La causa eficiente: el principio del cambio o del movimiento.
- La causa material: aquello de lo cual algo surge o por lo cual algo llega a ser.
- La causa final: el fin, la realidad hacia la cual algo tiende a ser, o aquello que hace que la realidad tienda a ser la que es.
- La causa formal: la idea o el paradigma.

La causa formal (la idea o el paradigma), es la noción de la forma de las cosas, y deviene del modo en el que entendemos, que es natural y no lo hemos inventado. Si no construimos con la indagación lógica un concepto formal básico, o lo que es lo mismo, una teoría elemental sobre la forma (noción o concepto de sistema) de lo que pretendemos conocer más profundamente (o construir y gestionar eficazmente), es muy difícil investigar sistemáticamente para tener conocimientos de mayor alcance, sabiendo en qué parte del sistema (la cosa y su forma) se encuentra el investigador y cuáles son las preguntas correctas. Sucede lo mismo a la hora de hacer y gestionar algo, por ejemplo: un puente, una máquina o un sistema de transporte.

Una causa, elemento o agente hacedor material es algo que es y existe, es materia que podemos percibir: bien por los sentidos al observarla directamente; bien por la razón al deducir su existencia por los efectos que produce y se observan.

Además de ser algo material y perceptible por los sentidos y por la razón, una causa, elemento o agente hacedor material, tiene que ostentar la capacidad de actuar, hacer o causar algo, tiene que ostentar energía. La acción y el acto (el hecho, efecto o fenómeno) es la materialización de lo que es en potencia, que existe cuando existe la capacidad de actuar, hacer o causar, o sea, la energía. Y lo que no ostenta energía no es una causa material, porque es materialmente imposible que actúe, haga o cause algo. Y esto se advierte porque el pensamiento mágico, mitológico y paralógico es frecuente a la hora de hablar de las causas de la siniestralidad del transporte, especialmente de la siniestralidad viaria, y se afirman muchos mitos e imposibles con abrumadora convicción, incluso desde el ámbito académico, lo que aún es más grave. Y en base a esos mitos e imposibles se imponen medidas a la sociedad con la finalidad de evitar siniestros, pese a que esas medidas no ostentan la capacidad material para lograrlo, que todo ello forma parte del cuerpo mitológico que envuelve a la sociedad respecto a la siniestralidad y la seguridad del transporte, y especialmente sobre el sistema viario.

Los tres conceptos de causa que se refieren al mundo físico o real (la eficiente, la material y la final), sirven para distinguir las causas por su modo específico de acción sin los errores e imprecisiones de la noción común, y con el objetivo de hallar la causa final⁴, o sea, el elemento o agente hacedor material que hace que la realidad tienda a ser la que está siendo, que es lo que nos interesa saber en un sistema tecnológico para actuar sobre ello y cambiar los efectos que produce, o que no produce, en la tendencia a ser de la realidad que resulta, que es tecnológica y no es natural.

En un sistema natural, una causa final es una causa, elemento o agente hacedor material que ostenta mayor energía o capacidad de hacer que las otras causas materiales que concurren en el proceso genético del fenómeno que resulta de éste sistema. De ahí que la causa material que también es la causa final, sea la que

⁴ Teleología.

determine la tendencia a ser de la realidad que resulta, porque su acción en el proceso genético es más potente.

En un sistema tecnológico de transporte, las causas, elementos o agentes hacedores, se identifican, en relación a un siniestro y al concepto sistémico que se ha planteado, como sigue:

- Las *causas materiales* (aquello de lo cual algo surge o por lo cual algo llega a ser), son todos los elementos naturales y tecnológicos que interactúan en el sistema y lo conforman, porque es de las interacciones, funcionamiento o proceso funcional entre todos ellos, de lo que surge y se produce el movimiento o transporte. Y si alguno provoca un cambio en las interacciones, funcionamiento o proceso funcional que acaba siendo un siniestro, ese elemento o elementos que actuaron o fallaron cambiando el proceso funcional que tenía que producirse para que no sucediera el fenómeno violento, serán las causas materiales del siniestro.
- Las *causas eficientes* (aquello que es el principio del cambio o movimiento), son todos los elementos naturales y tecnológicos que interactúan en el sistema y lo conforman, porque todos ellos son el principio de las interacciones, funcionamiento o proceso funcional que produce el fenómeno final, el movimiento o transporte en armonía o equilibrio, o sea, seguro. Y si alguno o algunos de éstos elementos provoca un cambio en las interacciones funcionales que acaba siendo un siniestro, éstos elementos serán las causas eficientes del siniestro. El concepto de causa eficiente sólo sirve para establecer las causas materiales que actuaron o fallaron cambiando las interacciones, funcionamiento o proceso funcional que tenía que producirse para que no sucediera el siniestro.
- Las *causas finales* (aquello que hace que la realidad tienda a ser la que es), son todos los elementos tecnológicos que interactúan en el sistema y lo conforman artificial y tecnológicamente, produciendo la tendencia a ser de la realidad artificial y tecnológica que resulta, como es el movimiento o tráfico de automóviles, aviones, barcos, trenes y peatones, que no caminan en un entorno natural sino artificial y tecnológico. Y si algún elemento tecnológico no existe, provoca o permite un cambio en el proceso funcional y tecnológico que acaba siendo un fenómeno violento, será la causa final del siniestro; o sea, aquello que hizo que la realidad tendiera a ser el fenómeno violento que resultó, que hay que insistir en que es tecnológico, que la siniestralidad del transporte no es un fenómeno natural, aunque lo rigen las leyes de la naturaleza.

Entre todas las causas o elementos materiales que concurren en un siniestro de transporte, nos interesa identificar los elementos o causas finales, o sea, los elementos tecnológicos que fallaron: bien porque no estaban; bien porque sus condiciones y cualidades eran insuficientes; o bien porque estaban en condiciones incorrectas o anómalas (en relación a lo que se sabe y a lo que exigen las leyes y principios que rigen el funcionamiento del sistema), dado el hecho de que los elementos tecnológicos son los causantes (finales) de la tendencia a ser de la realidad tecnológica resultante, o lo que es lo mismo: que la realidad resultante con la siniestralidad, es por ausencia, insuficiencia o incorrección en los elementos tecnológicos.

También es obvio que si nos encontramos con elementos artificiales que no han sido diseñados, construidos y dispuestos tecnológicamente, o que lo han sido con bajo nivel, tendremos tanto la insuficiencia como la incorrección marcando la tendencia a ser de la realidad tecnológica del sistema y los fenómenos que produce.

La inseguridad física y funcional del sistema (del todo) por insuficiencia o incorrección en su configuración y en sus elementos tecnológicos (las partes), es el origen genérico de la siniestralidad del transporte.

Y la inseguridad tecnológica (física y funcional), es la tendencia que impera en el sistema viario, que no es por que sí que su siniestralidad sea el primer problema de seguridad pública entre todos los fenómenos violentos que amenazan a la población, ni tampoco que sea el sistema de transporte más inseguro de todos los que existen, pese a que es el principal sistema de transporte de la sociedad, que caminando o en vehículo comunica la estructura espacial de la sociedad en su totalidad, con los lugares de origen y destino y con los otros sistemas de transporte, dado que todos tienen su principio y su fin en el sistema viario.

"No hay muchos caminos, sino uno solo, que se extiende a lo largo y a lo ancho de nuestro vasto planeta. Cada uno de nosotros es responsable de un tramo de ese camino. Las decisiones que adoptemos o dejemos de adoptar en materia de seguridad vial podrían influir en última instancia en la vida de la población de todo el planeta, un solo camino, un mismo mundo". Rochelle Sobel.

4. Conclusiones.

La teoría correcta, es decir, con la mejor correspondencia con la realidad que se pueda alcanzar⁵, permite entender y explicar con más acierto, y lo que aún es mejor, permite decidir y hacer con más acierto. Ese es el objetivo final de lo dicho y propuesto, disponer de instrumentos conceptuales que nos permitan acercarnos más y mejor a la verdad de lo que es y sucede, porque ello es lo que nos permite la libertad de elegir, dejando de ser víctimas y esclavos de la ignorancia y de los mitos.

La seguridad en los sistemas de transporte, existe cuando la posición y el movimiento de los cuerpos se encuentran en armonía o equilibrio (dinámico y geométrico), en esos momentos los siniestros son imposibles porque los impiden las leyes naturales o científicas que rigen en la mecánica de cada sistema.

La cuestión de la Ingeniería de seguridad, es lograr que esa armonía o equilibrio de la posición y el movimiento, el fenómeno físico que es la seguridad y la vida, se produzca y mantenga en el instante siguiente y al otro.

El equilibrio de la posición y el movimiento (la seguridad), es consecuencia de las interacciones entre los elementos materiales que conforman el sistema, pero los que determinan la tendencia a que ese equilibrio se produzca y mantenga, son los elementos tecnológicos o elementos finales del sistema.

Es obvio que la configuración del sistema y los elementos tecnológicos tienen que estar dispuestos con las condiciones y cualidades necesarias y suficientes para cumplir sus funciones en las interacciones o proceso funcional que materializa el

⁵ La correspondencia absoluta e íntegra no es posible, realmente sólo sabemos trazos de la verdad con los que conformamos una imagen inteligible de la realidad, de ahí la importancia de que esos trazos sean correctos y definitorios de la realidad que pretendemos conocer y controlar en lo que nos es posible.

equilibrio mecánico que es la seguridad del transporte, facilitando a los *procesadores* naturales su tarea de controlar la posición y el movimiento en armonía o equilibrio.

También es obvio que *errae humanum est*. Luego, está claro que la configuración del sistema y los elementos tecnológicos tienen que estar dispuestos en las condiciones y cualidades para disminuir los errores, y, sobre todo, para evitar o minimizar las consecuencias adversas de los errores. Y ello no sólo para los errores de los *procesadores* o usuarios (conductores, peatones, pilotos, maquinistas, patrones, etc.), sino también para los errores de todos los operadores del sistema (diseñadores, constructores, mantenedores, gestores y controladores o supervisores), porque con todo ello en su conjunto, es con lo que se producirá la tendencia a que los siniestros sean improbables, que no imposibles, pues la amplitud, complejidad y heterogeneidad de la realidad, y nuestras limitaciones para conocerla y controlarla, hacen que la seguridad total del transporte sea imposible.

Y los elementos tecnológicos de un sistema de transporte son: su configuración y los elementos materiales artificiales; los modos de hacer, métodos o procedimientos y las pautas para ejecutarlos; y la formación, tanto de los *procesadores* o usuarios como de los demás operadores del sistema.

La necesidad de que existan *metaoperadores* de cada sistema también resulta obvia, es decir, que es necesario que exista una entidad u organización por cada sistema de transporte, que acumule y obtenga los conocimientos, las teorías y las técnicas necesarias para lograr lo que se muestra como necesario para conseguir que la tendencia sea la improbabilidad de los siniestros (seguridad activa) y la improbabilidad de las víctimas (seguridad pasiva), a las que me he referido muy poco, pero que se producen en un proceso distinto al de los siniestros y no hay que confundirlos, porque la mejora de la seguridad pasiva del sistema evita víctimas y su gravedad pese a que sigan produciéndose siniestros.

“Los accidentes de tráfico son la consecuencia física de problemas técnicos sin resolver”. Miguel López-Muñiz Goñi.

En el ámbito de la Accidentología la aplicación de la teoría tiene que servir para esclarecer en cada siniestro qué elementos fallaron o cambiaron el proceso para producir y mantener el equilibrio de la posición y el movimiento de los cuerpos, y qué condiciones y cualidades fueron las que fallaron, actuaron o no existían. En definitiva, en qué consiste el problema técnico que hizo posible el siniestro; y en qué consiste el problema técnico que hizo posible que se produjeran las víctimas y su gravedad; y si ello es posible y se conoce, las recomendaciones tecnológicas para que ello no vuelva a producirse o se disminuya. Pues si los problemas técnicos que provocan los siniestros, las víctimas y su gravedad no se estudian y plantean, nunca se resolverán.

Con mucho sin mencionar, esto es lo que se propone en líneas generales a la Accidentología e Ingeniería del Transporte para ejercer sus actividades con más acierto y eficacia, y no sin ser consciente de las dificultades que ello conlleva. Pero también es verdad que la filosofía, la ciencia y la técnica trabajan para y por el mañana, que el presente se hizo en el pasado y no lo podemos cambiar, y que es probable que en el futuro se den las condiciones para llevarlo a cabo. Mientras, que cada cual haga por mejorar lo que esté en su mano y en sus palabras.

“El cuidado del hombre y de su destino debe constituir el interés principal de todos los esfuerzos técnicos. No olvidéis esto jamás entre vuestros diagramas y

ecuaciones.” Albert Einstein.