

*La regulación jurídica de los sistemas inteligentes en los vehículos autónomos**

Por Noé A. Riande Juárez

1. Introducción

En la etapa actual del desarrollo de la sociedad, al igual que antes, las necesidades materiales básicas de la humanidad siguen siendo alimento, techo, transporte y esparcimiento; y para solventarlas ya están listas las tecnologías de la información, las telecomunicaciones, los sistemas inteligentes, los organismos artificiales y cibernéticos.

El ser humano ha trabajado para desarrollar todas estas herramientas que están listas para desempeñar un papel capital en la satisfacción de nuestras insuficiencias materiales y ahora toca el turno al derecho¹, para generar el contexto adecuado que permita que se aprovechen al máximo dichos recursos.

Premisa básica para poder generar ese contexto “adecuado” es el conocimiento del tipo de desarrollo tecnológico que nos interesa regular, los diferentes aspectos que lo componen y mínimamente entender por qué funciona cada una de sus partes, cómo funciona, pues independientemente de que en algunas latitudes ya se haya avanzado en el desarrollo de alguna normatividad para poder introducirlos a la vida productiva de la sociedad, para poder comprender plenamente dicha normatividad evidentemente se debe conocer con cierta profundidad qué es lo que se está regulando a fin de poder también regular todos los aspectos de su interacción en el contexto de la sociedad en la que habrán de desenvolverse.

Sin ignorar que la interacción de todas estas nuevas tecnologías con la vida productiva de la sociedad requiere de un estudio más amplio desde diversas ramas del conocimiento, incluso, desde el análisis de la relación entre las mismas tecnologías, en esta sede nos ocuparemos de sólo de la regulación de los vehículos autónomos terrestres, centrándonos específicamente en aquellos vehículos que en México conocemos como “automóviles” o “coches” excluyendo todas las demás formas de vehículos terrestres como los autobuses de pasajeros, los micro y minibuses, los autocares, los camiones *motorhome* y demás variedades de camiones. Esto es porque ya existe una multitud de vehículos autónomos que no entran en la categoría que afrontaremos aun cuando algunos compartan componentes de los que aquí consideraremos.

Establecido lo anterior, a continuación, nos ocuparemos de adentrarnos en el conocimiento del tipo de desarrollo tecnológico y sus diferentes componentes, para posteriormente tocar el tema de la normatividad que ya se ha desarrollado para

* [Bibliografía recomendada.](#)

¹ Dada la evidente incapacidad del ser humano para regular nuestras propias conductas, pero no así, para regular nuestros comportamientos como sociedad.

introducirlos a la vida productiva; y con ello llegar a unas “conclusiones” que más bien son las premisas a partir de la cual se puede construir todo el edificio conceptual que abarca esta materia de estudio.

2. Los vehículos autónomos terrestres

En principio, a estos vehículos se los consideran vehículos robot porque “imitan” las capacidades humanas de manejo y control, luego que perciben el medio que los rodea y se transportan en consecuencia, y una vez que ya está operando, del ser humano, sólo requieren que los “conduzcan”.

El chofer, el humano que interactúa con este desarrollo tecnológico a fin de guiar su desplazamiento –esté ubicado dentro o fuera del vehículo–, podría elegir (si previamente no se ha determinado) el rumbo o trayectoria que seguirá.

a. Presentación del desarrollo tecnológico

1) *Sus funciones.* Ahora, si a estos vehículos se los quisiera definir de manera más específica a partir de sus funciones, habría que considerar:

- Localización: un coche autónomo en todo momento debe saber dónde está (geoposicionamiento).
- Escena: debe ser capaz de controlar todo el entorno que rodea el coche, objetos, personas, los otros coches, etc. (visión computarizada con láser, radar, lidar y video).
- Movimiento: la función principal es que sea capaz de llevarnos de un punto A a un punto B (mecánica clásica de traslación y mecánica relativista –donde convergen variables como la velocidad de la luz, la dilatación del tiempo, la contracción de la longitud, la equivalencia entre masa y energía, entre otros–).
- Estado del “conductor”: en cualquier caso –dentro o fuera del vehículo–, debe ser capaz de identificar en qué “estado” se encuentra el humano que determina su trayectoria.

Estas funciones se han estudiado para determinar diferentes niveles de conducción autónoma en un estándar establecido por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (NHTSA) de los Estados Unidos (estándar SAEInternationalJ3016)².

² Estándar SAEInternationalJ3016:

Nivel 0: no automatización. Aquí entran todos los coches que no tienen ningún nivel de automatización. Un coche no es autónomo porque encienda las luces automáticas o los limpia parabrisas se enciendan solos.

Nivel 1: asistente de conducción. En este nivel hay diferentes ayudas o asistentes que ayudan al conductor como el asistente de frenada o el control por crucero. Este nivel se apoya en sensores como ultrasonidos y cámaras.

Nivel 2: semi-automático. En el nivel 2 se intenta combinar varias funciones del nivel 1.

2) *Su procesamiento de información. Los sistemas operativos.* Dichas funciones son tareas realizables gracias al hardware integrado que se opera con desarrollos de software, que corren en plataformas basadas en los sistemas operativos que van desde los más populares y convencionales como Microsoft Windows, GNU/Linux, macOS, hasta desarrollos ad-hoc, o soluciones especializadas y de más bajo nivel, como UNIX o derivados, con los más diversos procesadores.

Los procesadores. Los hay desde:

- Las tradicionales unidades centrales de procesamiento (CPUs) que interpreta instrucciones y procesa datos de los programas de computadora.
- Los microprocesadores o circuitos integrados que contienen todos los elementos de una CPU.
- Las unidades de procesamiento gráfico (*Graphics Processing Unit* o GPUs), que son coprocesadores dedicado a procesamiento de gráficos u operaciones de coma flotante.
- Las unidades de procesamiento físico (*Physics processing unit*) que son microprocesadores diseñados para realizar cálculos físicos como cálculos de dinámica de cuerpos rígidos, detección de colisiones, dinámica de fluidos, etc.
- Los procesadores digitales de señales (*Digital Signal Processors* o DSP), que son sistemas digitales generalmente dedicado a interpretar señales analógicas a muy alta velocidad.
- Y tradicionales los “*Front end processor*” que son pequeños ordenadores que sirven de interfaz entre un computador host y un número de dispositivos periféricos y/o redes.

Ahora, el hardware del automóvil como tal serían las ruedas, dirección, suspensión, motor. Este hardware ya desde finales de los años noventa la electrónica ya dominaba buena parte de su gestión (que antes se gestionaba de forma mecánica).

Por ejemplo, podemos decir al vehículo autónomo que vaya a 100 km/h pero en caso de que encuentre otro vehículo o un obstáculo que frene o reduzca la velocidad.

Nivel 3: autonomía controlada (autopistas y autovías). Este nivel implica que el coche autónomo se puede mantener dentro de un carril sin la asistencia del conductor. Además, puede mantener o reducir la velocidad y un apartado extra que es el aparcado automático. Hasta este nivel es fácil encontrar en el mercado diferentes modelos de coche autónomo de varias marcas.

Nivel 4: alto nivel de autonomía. Este nivel es en el que se está trabajando en la actualidad. El ejemplo más claro es aquel en el que llegamos a cualquier sitio y el coche es capaz de buscar aparcamiento por sí solo. Aunque parezca algo que sucederá en el futuro, esta tecnología ya está desarrollada por diferentes fabricantes entre ellos Waymo, Tesla y Cruise. Prácticamente puede hacer de todo y entiende las señales, reconoce los demás vehículos que circulan y se comunica con otros sistemas para conocer mejor el entorno en el que se mueve.

Nivel 5: autonomía completa. Los dos últimos niveles, el 4 y el 5, se pueden catalogar como autonomía completa. La diferencia entre ellos es que en este nivel el coche puede repostar de forma autónoma y puede circular bajo cualquier tipo de climatología.

Una centralita moderna, es un ordenador relativamente simple³. Recibe una serie de señales eléctricas (analógicas o digitales) de diferentes sensores, las procesa, determina los parámetros adecuados y los manda a los inyectores, bujías, etcétera. Es un SO que administra el funcionamiento del motor y de diferentes partes del vehículo, por lo que, el segundo nivel se alcanzó cuando se requirió el uso de centralitas digitales especializadas.

Con el aumento de las últimas, para evitar el crecimiento desmedido del cableado se aprovechó el multiplexado para direccionar toda la información a través del cableado, procurando canalizar más información por el mismo lugar. Esto redujo la fiabilidad de las centralitas, generando los famosos fallos eléctricos que presentan los coches “modernos”. En el 2014 ya se preveía⁴: “En los próximos años el volumen de información que van a mover las centralitas se va a disparar. No es lo mismo mover un puñado de datos sobre inyección y mezcla (Kilobytes) que imágenes de alta resolución que se combinan con ondas de radar para determinar si hay riesgo de colisión (Gigabytes). Más información implica más potencia de proceso”.

“Los ingenieros pueden elegir básicamente dos tipos de diseños: Pocas centralitas, más multiplexación, y perder varios sistemas a la vez si hay fallos; o muchas centralitas especializadas, más fiabilidad, pero con mayor coste en componentes, más espacio ocupado y más peso”.

“Las modernas asistencias a la conducción cada vez manejan más información. De hecho, si nos fijamos en los prototipos de coches de conducción autónoma sorprenden la cantidad de espacio que ocupan los equipos informáticos que mueven toda esa masa de datos, y su consumo eléctrico no es despreciable”.

“Puede ser muy razonable gestionar los distintos elementos de un coche moderno de forma centralizada con un sistema operativo, siendo los distintos órganos los periféricos. Más filosofía de ordenador, con comunicación entre órganos mediante protocolos de comunicaciones como TCP/IP”.

“El problema de los diseños informáticos es que la *tolerancia a fallos* es mucho menor que en un ordenador convencional. A un PC le podemos pasar que se cuelgue o vaya lento. Eso en una centralita de la que dependen vidas no es admisible, y la fiabilidad es una cuestión de diseño de primera importancia”.

Las reflexiones citadas hablan de la capacidad de procesamiento de información como el reto más grande que se anticipaba para el desarrollo de los coches autónomos. Aunque no olvidamos que para otros el tema de la eficiencia energética y con ello, el de las fuentes de energía y sus consecuencias como los efectos en la calidad del aire, resultan ser retos iguales o más relevantes. No obstante, también se aborda aquello que para el jurista si sería el mayor reto: los fallos o el mal funcionamiento generador de responsabilidades mínimamente de carácter civil.

³ Nació como un sistema de control de la cantidad de carburante que se quema en la combustión, tarea que solía recaer sobre el carburador o la bomba de inyección, con la ventaja adicional de permitir reducir el consumo y mantener a raya los niveles de emisión de gases de escape mientras se mejora el rendimiento.

⁴ Véase Costas, Javier, *Sistemas operativos en el coche, el futuro del automóvil*, www.motorpasion.com/tecnologia/sistemas-operativos-en-el-coche-el-futuro-del-automovil.

b. Los componentes del desarrollo tecnológico

Hablar de desarrollo tecnológico es hacer referencia a una actividad continuada y nunca terminada⁵, y este particular tipo de tecnología: los vehículos autónomos terrestres, son un fenómeno que comprende hardware, software y sociedad.

1) *El hardware*. Con el objeto de poder tomar decisiones acertadas, el coche autónomo debe recopilar toda la información disponible en su entorno, para ello, estos vehículos cuentan con una serie de sensores y cámaras que se lo permiten. Pero es incuestionable que el hardware integrado es más que sensores. De hecho, generalmente está compuesto por:

- Ordenador central. Es el cerebro del coche autónomo. Aquí se procesan todas las señales que provienen de multitud de sensores y sistemas del coche. Está dotado de varios núcleos debido a que una condición indispensable será que trabaje en tiempo real.

El software que incorpora este ordenador central es el encargado de procesar la información y tomar las decisiones importantes a la hora de guiar el vehículo autónomo.

- Scanner Lidar. Se trata de un sistema de visión utilizando un haz láser. Lidar es el acrónimo de Laser Imaging Detection And Ranging. Determina la distancia a la que se encuentra un objeto calculando el tiempo que tarda en viajar el haz láser desde el emisor hasta el objeto. En base a este tiempo se puede calcular fácilmente la distancia. Además, tiene la posibilidad de girar sobre sí mismo para poder mapear su entorno en 360°.

Una de las ventajas que tiene este tipo de sensores es que funcionan bajo cualquier situación meteorológica y en condiciones extremas de iluminación.

- Cámaras de visión. Un vehículo autónomo necesita unos ojos para reconocer a otros vehículos, colores y luces, peatones, señales de tráfico, etc. Para esto, el coche autónomo va dotado de varias cámaras a lo largo de su perímetro.

Por sí solas, no ofrecen grandes funcionalidades, pero si lo combinamos con algoritmos y técnicas de visión artificial⁶, se dota al coche autónomo del sentido de la visión.

- Radares ultrasónicos. Esto no es un hardware nuevo que incorporan los vehículos autónomos. Muchos coches disponen de este tipo de sensores como ayuda para estacionarse. Permiten detectar la distancia de otros vehículos en su entorno.

⁵ El art. 4 fr. X de la ley de ciencia y tecnología establece que un desarrollo tecnológico implica el uso sistemático del conocimiento y la investigación dirigidos hacia la producción de materiales, dispositivos, sistemas o métodos incluyendo el diseño, desarrollo, mejora de prototipos, procesos, productos, servicios o modelos organizativos, www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf.

⁶ Para una rápida comprensión, véase <https://campus.programafacil.com/aprende-vision-artificial-con-opencv-y-python-a-traves-de-ejemplos-practicos>.

- GPS/IMU. Para poder estar geolocalizado, un coche autónomo incorpora dos sistemas. El típico GPS que todos utilizamos a través del móvil o del propio coche, y una IMU (Unidad de Medición Inercial del inglés *Inertial Measurement Unit*).

- La IMU se basa en un giroscopio y un acelerómetro y permite controlar la orientación en un espacio tridimensional y la velocidad y dirección de desplazamiento. Estos dos sistemas se complementan entre ellos.

De esta manera, cuando un coche atraviesa un túnel no pierde la señal y sigue estando geolocalizable porque este es el objetivo. La IMU aporta información de la dirección y velocidad a la que va el vehículo complementando así la información del GPS.

En los casos en los que el GPS no tenga cobertura, la IMU tiene toda la información necesaria para saber la velocidad y la situación en cada momento.

- Micrófonos y sensores de sonido. Otro de los sentidos que debe tener un coche autónomo es el auditivo. Cuando una persona conduce, también está atento a lo que sucede a su alrededor a nivel acústico. Un coche no será menos así que debe incorporar micrófonos y sensores de sonido.

Esto aportará más información a los algoritmos que permitirán tomar mejores decisiones según esos parámetros.

- Sensores y cámaras interiores. Para monitorizar y conocer el “estado” del conductor en todo momento, se adicionan sensores que faciliten esa información a efecto de no quedar nunca a la deriva, así como la inclusión de mecanismos para ralentamiento y apagado, para cuando se detecte haber quedado separado del ser humano que dirige

Este recurso, así como los scanner Lidar, las cámaras de visión y radares ultrasónicos, entre otros componentes requieren de conexión con altos rangos de velocidad y procesamiento a Internet y a otras redes dedicadas, por lo que los instrumentos de telecomunicaciones si bien están obviados en todo el desarrollo, son la base fundamental de la sinergia entre hombre y máquina en auténticos procesos cibernéticos.

2) *El software*. Si pensamos en el software como el soporte lógico, a través del cual se distribuye con un cierto orden la energía que impulsa los recursos de hardware disponibles, estaremos pensando en los clásicos “programas de cómputo” o algoritmos que representan la necesaria secuencia de pasos orientada a la realización de un fin, pero nunca en el tipo de software requerido para la realización de acciones (fines) que no están previamente contempladas.

El sistema Lidar –por ejemplo–, que permite obtener una nube de puntos del terreno tomándolos mediante un escáner láser funciona gracias a la programación que le permite hacer las mediciones de sus propias emisiones de luz en los contextos previstos por un programador, pero nunca funcionará si se pretende medir dichas emisiones en contextos que no han sido previamente previstos.

Esto es, cada hardware de un vehículo autónomo está desarrollado para realizar con base en un sistema de reglas, acciones previstas desde su elaboración y dichas acciones se instrumentan a través de secuencias lógicas soportadas en los

Riande Juárez, *La regulación jurídica de los sistemas inteligentes...*

recursos del software que lo acompañan. No se puede pretender que suceda nada que no se haya previsto.

Por lo anterior, el problema desde el punto de vista jurídico, aparece cuando consideramos que estos robots tienen integrado software que, si bien está hecho para resolver problemas, no sabemos a ciencia cierta si los resolverá bien o no. Y es que esto es lo propio de la inteligencia artificial. Este software va más allá de sólo imitar las capacidades humanas de manejo y control, aquí se habla de un software que si bien ha sido creado después de haberse estudiado y determinado cuales son los procesos que realiza la inteligencia del ser humano para resolver problemas los resultados pueden ser aquellos que han sido previstos como otros imprevistos. Hablamos del desarrollo de redes neuronales, de modelos de aprendizaje automático y de visión artificial.

- *El desarrollo de redes neuronales en vehículos autónomos.* Básicamente consiste en ir adquiriendo conocimiento en base a un set de parámetros de entrada que van reajustando el propio sistema. En la actualidad aun cuando se están desarrollando nuevos modelos para que el desarrollo no abarque solo las “neuronas” adyacentes o para que se alcancen conexiones realizadas en distintos tiempos se estima que los algoritmos y sistemas de redes neuronales actuales son 10.000 veces menos potentes que un cerebro humano. Esto significa que estos programas aún están lejos de ofrecernos la solución más adecuada al 100%.

No obstante, es a partir de esos modelos que se ha avanzado en el desarrollo de los sistemas propios de la llamada “inteligencia artificial”, que, en nuestro caso, consideramos los de aprendizaje automático, los sistemas de visión artificial o por computadora, así como los de reconocimiento de voz.

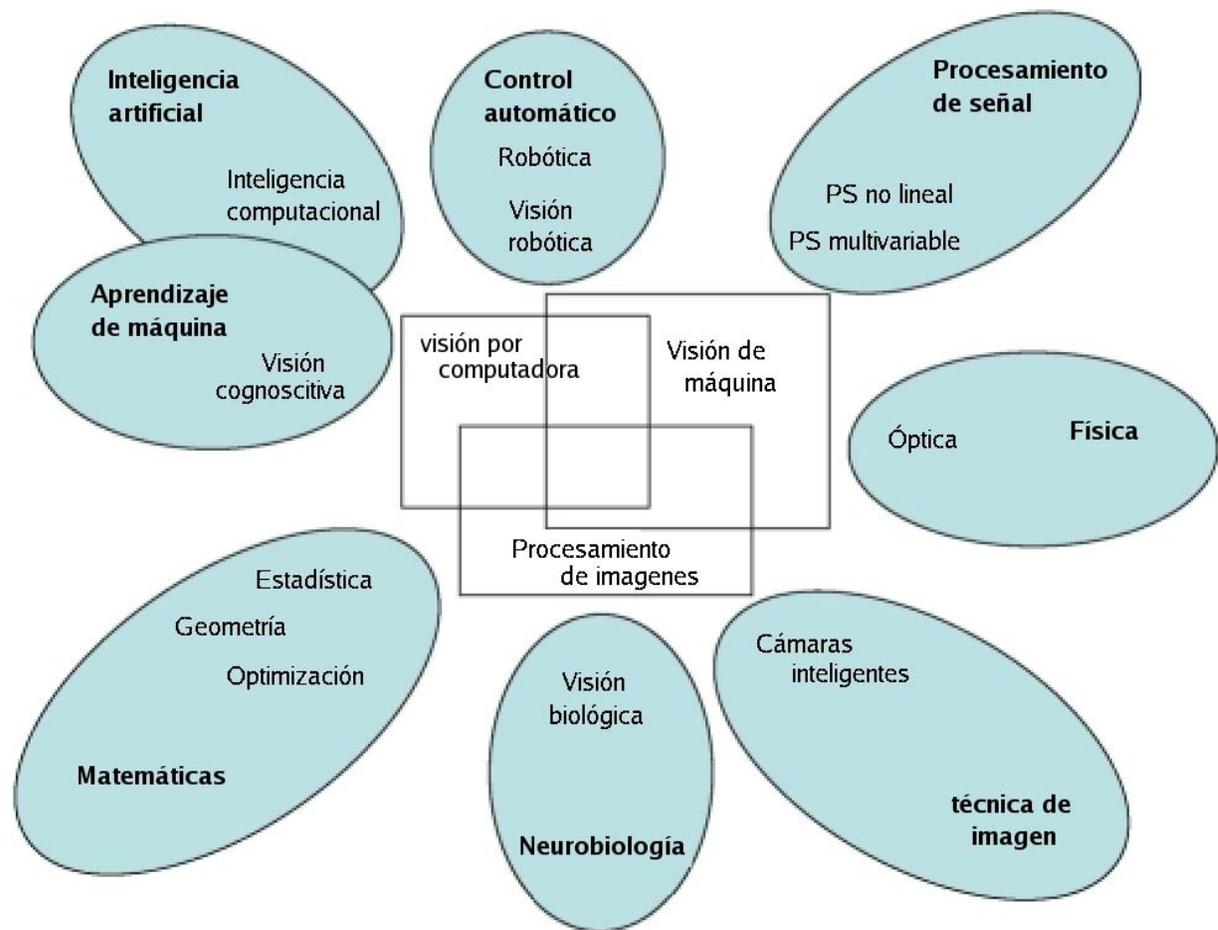
- *Los modelos de aprendizaje automático.* Una de las partes más complejas dentro del proceso de creación de un coche autónomo es que sea capaz de aprender por sí solo. A diferencia de los seres humanos donde vamos aprendiendo con el tiempo a base de experimentación, un coche no puede salir del concesionario sin tener unos mínimos conocimientos del entorno.

Todo esto se adquiere a base de enseñar con diferentes situaciones y objetos las posibles circunstancias que se podrá encontrar el coche autónomo; y es este el gran caballo de batalla: proveerle a su base de conocimientos del mayor número de casos antes de que el coche circule por las calles; siempre que el algoritmo de su máquina inferencial esté previamente preparado para aprovecharlos y generar nuevos patrones de los datos que se le ofrecen. El análisis estadístico y el análisis predictivo son cálculos sobre variables predeterminadas.

- *Los sistemas de visión artificial.* Este es el otro campo o área que más interesa. Poder analizar el entorno a través de cámaras no requiere de un alto gasto en hardware pero sí que requiere de una alta experimentación. En la actualidad el estado del arte en este sector avanza muy poco a poco. Las empresas invierten grandes sumas en el desarrollo de este software, pero el problema es que si no comparten sus experiencias no se conseguirá avanzar a la velocidad que el mercado requiere.

Las cámaras inteligentes y los sistemas de visión integrados (o los llamados sistemas de visión avanzados) son la tecnología más moderna en cuanto a “sensores de visión” se refiere y destacan por su capacidad de procesamiento, su potencia de cálculo, la disponibilidad para conectar con otros sistemas automatizados, la resolución de imagen y –en ocasiones–, de fácil instalación, aunque en la mayoría de estos casos, dada la complejidad del equipo, se requiere que este sistema sea implementado durante la fabricación de la maquinaria.

El entrenamiento de los algoritmos es la base para mejorar y perfeccionar los sistemas basados en visión artificial, pues cada vez son más las relaciones entre visión por ordenador y otras áreas afines:



ÁREAS AFINES A LA VISIÓN ARTIFICIAL

Tanto en los sistemas de visión integrados como en los de visión avanzados los procesamientos de imagen van acompañados de técnicas de aprendizaje automático, que por sí sólo es un recurso congruente con el objetivo de diferenciar automáticamente patrones usando algoritmos matemáticos. El problema es que hay dos tipos de técnicas de aprendizaje: las supervisadas, donde se entrena al ordenador

proporcionando patrones previamente etiquetados, de forma que el algoritmo usado encuentre las fronteras que separan los posibles diferentes tipos de patrones; y las no supervisadas, donde se entrena al ordenador con patrones que no han sido previamente clasificados y es el propio ordenador el que debe agrupar los distintos patrones en diferentes clases.

Y suponiendo que en ambos casos estas técnicas estén bien adaptadas cuando los patrones se tienen que generar sobre la marcha en la medida que se va estableciendo el “contacto visual” con el entorno del vehículo, si bien el geoposicionamiento y la mecánica relativista (variables como velocidad de la luz, dilatación del tiempo, contracción de la longitud, equivalencia entre masa y energía, etc.) pueden auxiliar en el reconocimiento de nuevos patrones, nuevamente el razonamiento y la decisión está dependiendo del software y no de los humanos que lo desarrollaron, y ni siquiera en quienes conduzcan (físicamente –en el mejor de los casos–) el vehículo.

3) *La sociedad.* Líneas arriba se señala que el desarrollo tecnológico es “una actividad continuada y nunca terminada”, y si bien es cierto que el hardware y el software están en continua evolución, los juristas que trabajamos a partir de concebir nuestro objeto de estudio: el derecho, como un concepto en constante evolución, no podemos excluir del estudio de este fenómeno a la sociedad donde habrán de operar los vehículos autónomos. Claramente se evidencia tres segmentos que necesariamente tendrán que interactuar como protagonistas de la normatividad que se genere, y estos son los productores y comercializadores, la clientela y la sociedad civil, esto es ciudadanía y autoridades públicas.

- *Productores y comercializadores.* Para los productores y comercializadores de estas tecnologías, es importante el desarrollo de una normatividad reguladora de este desarrollo tecnológico, pues ellos arriesgan desde la pérdida de las inversiones realizadas para crear un nuevo mercado, hasta el desprestigio comercial ante otros miembros del sector y ante el público consumidor, pasando obviamente por el enfrentamiento con las instituciones públicas, en más de un nivel: juicios, suspensión de permisos y/o licencias, empantanamiento de procesos administrativos, bloqueo de cuentas, amén de la persecución mediática que sobrevendría como algo inevitable.

- *Consumidores.* Para los futuros consumidores el tema de los “riesgos legales” podrían llegarse a considerar como riesgos secundarios, pues lo más relevante podría ser el riesgo financiero, la pérdida de dinero o la depreciación de su inversión. Sin embargo, la certeza de que no se están adquiriendo riesgos legales a futuro si puede influir en la decisión de compra.

- *La sociedad civil.* Para la ciudadanía y las autoridades responsables del tránsito civil (incluidos los legisladores), en todos sus niveles parecería que su interés por la generación de una normatividad, ya se encuentran identificado en los códigos y ordenamientos de tránsito del mundo en general.

Véase como muestra un resumen del listado de multas por infracciones al tránsito civil del Estado de Arizona, donde se observa el interés por otorgar seguridad a la

vida de la sociedad civil⁷:

LISTADO DE MULTAS POR INFRACCIONES DE TRÁFICO CIVIL

1. Infracciones por no respetar señales de tráfico (y por manejar en propiedad privada).
2. Infracciones por alta velocidad (K/p/h sobre el límite y por no controlar velocidad del vehículo para evitar un choque).
3. Otras infracciones de circulación (velocidad restringida, generar tráfico, circular en zonas de seguridad, violación a los derechos de peatones, No respetar aparcamientos especiales, infracción por conducir en reversa, etc.).
4. Infracción por ocupar de carril HOV (carriles de alta velocidad para mover más gente que vehículos de manera ágil, prohibidos para autos con un solo ocupante)⁸.
5. Infracciones de cruce escolar.
6. Infracciones por no respetar el autobús escolar.
7. Infracciones por motocicletas.
8. Infracciones por licencia de conducir.
9. Violación a restricciones para licencias de conducir para adolescentes.
10. Infracciones de peatones.
11. Asiento de seguridad para niños.
12. Infracciones sobre cinturón de seguridad o equipo.
13. Restricción de carga, sobrepeso y remolque.
14. Infracciones por título de vehículo.
15. No tener registro vigente.
16. Infracciones de seguro automovilístico.
17. Infracción tras suspensión por el Departamento de Vehículos Automotores (MVD).
Asistir a una clase de Escuela de Supervivencia en Tráfico (TSS) ofrecida por el MVD.

Sin embargo, dado que la legislación existente tendría que adecuarse a la realidad jurídica de cada lugar, la comprensión del tema y su regulación por parte de todos los segmentos sociales involucrados es condición “*sine qua non*” para que se impulsen los trabajos que permitan desarrollar la legislación que se necesita, razón por la cual, en la metodología de trabajo que se enuncia a continuación se contempla el empleo

⁷ Disponible en www.mesaparks.com/home/showdocument?id=13591.

⁸ También conocidos como carril HOV (o HOV lanes), carril de alta ocupación, carril para viajes compartidos, carril con diamantes, carril 2+ y carril de tránsito o carriles T2 o T3.

de recursos, técnicas y principios propios de la educación digital.

3. ¿Cómo generar ese contexto “adecuado” en la realidad nacional?

Para generar dicho contexto antes de sucumbir al desarrollo de la industria automotriz, se propone el aprovechamiento de algunas de las soluciones que aportan tres procesos de adquisición y formación del conocimiento y de la realidad, presentes en el entorno de la investigación jurídica.

Se trata de aprovechar los recursos que se aportan...

- Fundamentalmente, desde el punto de vista del “cumplimiento normativo” (*legal compliance*).
- Pero también desde el punto de vista del “drafting legislativo”.
- Aprovechando los recursos de la llamada “educación digital”.

a. Aportaciones del cumplimiento normativo

Derivado de los criterios prevaecientes en los procesos del “cumplimiento normativo” (modelos GRC –*Governance, Risk Management & Compliance*–) el análisis tiene por objetivo mínimamente, la gestión de:

- La gobernanza existente –y la que pueda desarrollarse– de los procesos (de instrumentación y de aplicación) de estas tecnologías.
- El riesgo (en nuestro caso, de los nuevos riesgos que dichos desarrollos tecnológicos generan).
- El cumplimiento, que en nuestro caso sería la determinación de nuevas hipótesis jurídicas a partir los elementos constitutivos de los riesgos que generan.

Los principios de gobernanza darán lugar a procesos y políticas que cuidan de las relaciones entre todos aquellos que participan en la instrumentación y aplicación, incluidos los grupos de interés o *stakeholders* que en nuestro caso los conforman tanto los futuros usuarios de estos desarrollos tecnológicos, como la ciudadanía de la sociedad que los recibe.

La gestión del riesgo consiste primero en identificar y analizar los supuestos de riesgo que afectan a quienes participan, para determinar así el modo de gestionarlos dentro de parámetros aceptables (riesgos y parámetros de los que nos ocuparemos más adelante).

La función de cumplimiento, en este caso supone desarrollar nuevas hipótesis jurídicas (a partir los elementos constitutivos de los riesgos que las generan) velando por la observancia de tres tipos de exigencias:

- Las necesarias para el correcto funcionamiento de dichos desarrollos tecnológicos.
- Las requeridas por el o los distintos “marcos jurídicos” de las

sociedades que recibirán las tecnologías.

- Las propuestas de regulación llegadas desde diferentes ramas de las ciencias sociales.

Esta función presupone una revisión exhaustiva y sistemática de la base legislativa y los desarrollos teóricos que juristas y científicos han dedicado en diferentes contextos a las formas de regulación que pueden utilizarse.

b. Aportaciones del “drafting legislativo”

Derivado de los criterios prevalecientes en los procesos del “drafting legislativo” el análisis tiene por objetivo mínimamente:

- La coherencia normativa, priva de contradicciones, lagunas y redundancias.
- La sencillez del lenguaje, redactado con lenguaje claro y comprensible, evitando vaguedad y ambigüedad tanto semántica como sintáctica.
- La identificación de los precedentes y las correlaciones normativas existentes para evitar los problemas dinámicos derivados de la creación y derogación de normas.
- La separación tajante entre la función política de la sanción legislativa y la elaboración técnica de los proyectos legislativos.

En sentido estricto, el concepto de coherencia normativa sólo refiere a la ausencia de contradicciones entre las normas, y los conceptos de “completitud” e “independencia” son los que refieren a la ausencia de “lagunas” —en el primer caso—, y de redundancias, en el segundo; no obstante, aquí vamos a usarlo para referir a los trabajos dirigidos a alcanzar el mayor grado de sistematización en la normatividad que se produzca.

Asimismo, no se ignora que los procesos de trabajo de “drafting legislativo” no suelen ocuparse de la reconstrucción “racional” de los sistemas normativos⁹, dedicándose primordialmente de las técnicas de redacción de los textos normativos, no obstante, se incluye en este apartado para dotar de precisión tanto a las relaciones que se dan entre las normas que forman parte de un mismo ordenamiento, como a la estructura general de los ordenamientos jurídicos que deriven de estas¹⁰.

⁹ Véase Martino, Antonio A., *Software per il legislatore*, contribución del Istituto per la Documentazione Giuridica a la revista “Informatica ed Enti Locali”, Maggioli Editore, Rimini, 1986. Alchourrón, Carlos, *Logica senza verità*, ponencia presentada por el Istituto per la Documentazione Giuridica en el IV *Congresso Internazionale della Corte Suprema di Cassazione*, Roma, 1988. Lachmeyer, F. - Raisinger, *Logistikscheanalyserstruktur von Gesetzen*, en Maussche Verlagund Universitaestbuchandlung, Viena, 1979.

¹⁰ Riande J., Noé A., *La legística, o la automatización de la redacción legislativa*, 2001, www.legislarbien.com.ar/artsAdj/Tecnica_legislativa_la_legistica_mexico_noe_riande_juarez.doc.

Por otra parte, se emplea el concepto de “drafting legislativo” y no el de “técnica legislativa” porque si bien hace referencia a la estructuración del trabajo a partir del cual se concreta algún proceso legislativo en específico, generalmente suele considerarse como el punto menos importante la redacción de los textos normativos desestimando la trascendencia de su sistematización, su precisión semántica y sintáctica, así como de su correcta ubicación dentro del marco jurídico en el que se desarrolla, para que la aplicabilidad de sus contenidos pueda prescindir de la coercibilidad otorgada por el contexto político.

c. Aportaciones de la educación digital

Por último, entendido que la “educación digital”¹¹ tiene como objetivo la adquisición de competencias y habilidades por quienes intervienen desde cualquier posición en los procesos de enseñanza-aprendizaje —en este caso: la ciudadanía y los grupos de interés—, a partir del reconocimiento que nadie sabe todo y que, por lo mismo, se aspira a que todos aprendan (“aprender a aprender”) aquello que aún no saben de manera aislada o conjunta, pero eso sí, de manera continua y permanente.

Derivado de los criterios prevalecientes en los procesos de educación digital, el trabajo a desarrollar tiene por objetivo fomentar entre quienes participen, mínimamente:

- Centrarse en la generación de conocimiento mediante los diferentes recursos que ofrecen las TIC.
- Impulsar la participación de diferentes niveles de saberes y disciplinas en la generación de conocimiento.
- Aprender a generar conocimiento entre todos los participantes.
- Desarrollar e integrar conocimiento crítico y descriptivo.
- Mantener los procesos de producción del conocimiento activos de manera permanente.

Implicando la concreción de aquello que en este ámbito se conoce como

¹¹ Núñez Álvarez, Andrés, *La educación digital*, http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1UQyr-utQaMJ:gte2.uib.es/edutec/sites/default/files/congresos/edutec01/edutec/comunic/tse16.html+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx&lr=lang_es%7Clang_it.

Véanse también Aduviri Velasco, Ramiro en <https://es.slideshare.net/ravsirius/la-educacion-digital-1backup>; el blog “Educación digital” de Antioquia, Medellín, Colombia, en <http://gisseltic.blogspot.com/2007/10/educacion-digital.html>; el sitio www.seminariointernacional.com.mx/blog/Conceptos-de-educacion-digital-que-debes-saber del Seminario Internacional de Educación Integral (SIEI) de Fundación SM (SM Ediciones); y el artículo escrito por Osorio Roque, Leticia, quien también define y caracteriza el concepto de educación digital, tomando como referente a Núñez Álvarez, en www.soft-tzalan.org/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=73:educacion-digital&catid=7:general&Itemid=11.

“transmedialidad” e “hipermediaciones”¹² para hacer referencia a los procesos de intercambio, producción y consumo simbólico (de información) que se desarrollan en un entorno caracterizado por una gran cantidad de sujetos, medios y lenguajes interconectados tecnológicamente de manera reticular entre sí. Caracterizando, asimismo, a los sujetos que participan como “*prosumer*” esto es como productores-consumidores de información que se genere¹³.

La implementación de los principios de la “educación digital” configuran a su vez, acciones de “gobernanza” propias de los procesos de *legal compliance* que tienen por objeto –como se señaló más arriba–, el cuidado de las relaciones entre quienes participan en la instrumentación y aplicación de estos desarrollos tecnológicos.

4. Punto de partida

Por todo lo anterior, a efecto de regular y con ello deslizar por caminos seguros las relaciones jurídicas surgidas a consecuencia de la presencia de estas tecnologías en el seno de la sociedad, el siguiente paso consiste en identificar y analizar los supuestos jurídicos que ya han sido objeto de estudio en otras latitudes como parte del riesgo que afectan a quienes participan para posteriormente indicar aquellos otros riesgos que el autor identifica.

a. Descripción del estado de la legislación vigente

1) *En Estados Unidos*. En el vecino del norte, la regulación legislativa referente al desarrollo de la conducción autónoma ha ido avanzando paulatinamente. Los vehículos autónomos se han estado probando por las carreteras estadounidenses desde 2010, cuando Google empezó a probar sus primeros prototipos. Desde entonces, en ausencia de una intervención del Congreso, los Estados habían estado regulando de manera independiente el empleo del vehículo autónomo, creando un mosaico de al menos 21 leyes y pautas estatales distintas, con diferentes propósitos y prioridades, mismas que de conformidad con nuestra propuesta tendría que analizarse detenidamente.

California había sido el Estado más permisivo y adelantado en cuanto a la regulación de la conducción autónoma, debido a la presencia de Silicon Valley. Las normas han variado mucho de un lugar a otro, aunque compartían prácticamente las mismas directrices y principios básicos: “se requiere que haya una persona capacitada ocupando el asiento del conductor. Así mismo, esta persona debe ser capaz de tomar el control absoluto del vehículo en cualquier momento”.

¹² Término propuesto por Jenkins, Henry, *Transmedia Storytelling*, “Technology Review”, 2003, www.technologyreview.com/news/401760/transmedia-storytelling.

¹³ Véase Jenkins, Henry, *La economía moral de la Web 2.0 (parte dos)*, http://henryjenkins.org/blog/2008/03/the_moral_economy_of_web_20_pa.html.

A estos principios algunos Estados añadían la prohibición de la: “conducción de coches autónomos en vías públicas por ningún otro propósito que no fuera el de testeo o pruebas experimentales”.

En este contexto, el 28 de septiembre de 2017 en los Estados Unidos, se “aprobó” (se presentó para su desarrollo) la primera ley nacional sobre conducción autónoma que permitirá fabricar y comercializar vehículos autónomos en todo el país. La ley AV START (*The American Vision for Safer Transportation through Advancement of Revolutionary Technologies Act*)¹⁴ ha recibido el visto bueno del Senado estadounidense, y a partir de entonces, la Agencia Nacional de Seguridad Vial (NHTSA) tenía un plazo de 24 meses para elaborar los lineamientos para que los fabricantes de automóviles elaboren informes de seguridad que a su vez, deberán ser aprobados por la Agencia.

Asimismo, este organismo tenía un año para determinar los estándares de rendimiento, ¿qué configuración de sensores, láseres y cámaras es la segura, cómo será la ciber-seguridad que tendrán, qué información personal de los conductores se podrá almacenar, o la forma en la que se garantizarán que haya por lo menos un pasajero en el automóvil antes de comenzar la marcha. La ley, no contempla por ahora la desaparición del conductor, que seguirá siendo necesario dentro del vehículo.

Sin embargo, algunos de los incidentes que se han producido con vehículos autónomos de Tesla, Uber y Google ponen en duda la madurez de esta tecnología, y han retardado la emisión definitiva de dicha ley. De hecho, es esa la causa por la que en el Senado no se ha vuelto a colocar en la agenda el tema de los autos autónomos, continuando por ende la vigencia de las leyes estatales.

En cualquier caso, el proceso legislativo todavía se prevé largo. El Senado debe aprobar su propio proyecto de ley y luego ambas cámaras deberán trabajar juntas para elaborar la ley que ha de firmar el presidente. Y posteriormente vendrá el trabajo más arduo de todos, consistente en ver como la NHSTA materializa todas estas propuestas y sobretodo, cómo soporta las presiones de tantos sectores implicados.

2) *En la Unión Europea.* El tráfico rodado es una de las áreas más reguladas. En este contexto, la automatización de los vehículos cambia los riesgos de conducción en muchos aspectos, lo que requiere una reevaluación de todo el sistema de tráfico y la regulación relacionada con el vehículo. Teniendo en cuenta que las jurisdicciones nacionales pueden obstaculizar el desarrollo de tecnologías para los sistemas o vehículos, la Unión Europea, a través de la UNECE, ha intervenido con el fin de armonizar estas nuevas tecnologías, dado que los enfoques fragmentados de los distintos países dificultarían la aplicación de dichas tecnologías y pondría en peligro la competitividad europea.

Dentro de este organismo, el Grupo de Trabajo sobre la Seguridad Vial es un órgano intergubernamental permanente encargado de administrar los convenios

¹⁴ La ley de visión estadounidense para un transporte más seguro a través del avance de las tecnologías revolucionarias (AV START) (S 1885) establece regulaciones para el desarrollo de tecnologías de vehículos altamente automatizados (HAV). El proyecto de ley define un VHA como un vehículo de motor “con un peso bruto del vehículo de 10.000 libras o menos que está equipado con un sistema de conducción automatizado (ADS) de Nivel 3, 4 o 5, según el estándar SAEInternationalJ3016” (véase nota 2).

internacionales relacionados con el tráfico. Es importante tener en cuenta lo que dice textualmente el art. 8 de la Convención de Viena de 1968: “Todo vehículo en movimiento o combinación de vehículos deberá tener un conductor”... “Todo conductor deberá poder controlar en todo momento su vehículo”.

Sin embargo en marzo de 2014 el Grupo de Trabajo sobre la Seguridad Vial aprobó una enmienda en dicha Convención en la que se especificaba que: “los sistemas que influyen en la conducción de los vehículos, así como otros sistemas que puedan ser anulados o apagados por el conductor, se consideran conformes con el art. 8”.

Por tanto, la normativa de la convención modificada todavía exige que cada vehículo deba tener un conductor. No obstante, en el futuro, se plantea exigir únicamente la posibilidad de retomar en cualquier momento el control total del vehículo. Por lo tanto, será necesario un nuevo proceso de enmienda para permitir que los vehículos circulen sin ninguna intervención del conductor.

De acuerdo con la normativa, en la actualidad, los sistemas con automatización alta o completa son en su mayoría aún incompatibles con la Convención, incluso con los cambios realizados en 2014. Hay que tener en cuenta, además, que la Unión Europea ha sido la única que ha facilitado la clasificación de una serie de niveles de automatismo (estandarizados para todos los países constituyentes) que permiten clarificar el estado de desarrollo tecnológico en el que se encuentran los vehículos.

En abril de 2016 se firmó el primer texto de la Unión Europea sobre el tema: la Declaración de Ámsterdam sobre cooperación en el campo de la conducción automatizada y conectada. Este documento planteaba el objetivo de promover un marco normativo para el despliegue de la conducción automatizada y conectada, y señalaba que debería estar disponible en 2019 sin que esto haya sucedido aún. También se señalaba que en la agenda de reformas que debería incluir la legislación al respecto debería estar, además de un marco legal específico para esta tecnología, cuestiones relevantes como la privacidad y la protección de datos o la ciberseguridad.

Se han abordado otros temas como la inclusión de las “cajas negras” (Event Data Recorder) o la modificación a la reglamentación de los seguros automotrices, pero aún sigue vigente aquello que la Fiscalía especializada en Seguridad Vial española manifestó en ocasión de “siendo preciso en todo caso promover un riguroso marco legislativo que normativice los procedimientos desde el diseño y fabricación hasta la puesta en el mercado”. “El bien jurídico protegido y prioritario debe ser la seguridad vial en su concepción sistémica y el acceso de todos, especialmente en tiempos de crisis económica, a la circulación segura y eficiente con estos nuevos vehículos”.

3) *En Japón.* Aquí también se esperaba que para este 2019 ya estuviera disponible la normatividad que regularía la circulación de los coches autónomos, después de que se abrió un plazo entre septiembre de 2017 y marzo de 2019 para que fuera posible realizar las pruebas de circulación necesarias con este tipo de vehículos, en varias autopistas del centro de Tokio y también en las que conectan la capital con la región central del país.

b. Riesgos sobre los que debe centrarse la atención

En septiembre de 2017, la Secretaria de Transporte de los Estados Unidos anunció la última política federal para sistemas de conducción automatizada (ADS) o Vehículo Autónomo Terrestre, que consta de una orientación voluntaria para vehículos con niveles de automatización SAE3, 4 y 5, con doce aspectos de seguridad en los que, se reconoce que pueden no tener conductores humanos¹⁵.

1) *La seguridad del sistema*. Las consideraciones de seguridad del diseño deben incluir arquitectura de diseño, sensores, actuadores, fallas de comunicación, posibles errores de software, confiabilidad, control inadecuado potencial, acciones de control indeseables, posibles colisiones con objetos ambientales y otros usuarios de la carretera, posibles colisiones que podrían ser causadas por acciones de un ADS, salir de la carretera, pérdida de tracción o estabilidad, y violación de las leyes de tránsito y desviaciones de las prácticas de conducción normales (o esperadas).

2) *Diseño del ámbito de operación (“ODD”)*. El ODD define dónde (como los tipos de carreteras y las áreas geográficas y el terreno) y cuándo (bajo qué condiciones, como la velocidad, la luz del día y los límites climáticos) un vehículo está diseñado para funcionar. El vehículo también debe ser capaz de pasar a una condición con un riesgo mínimo, como detener o devolver el control al conductor, cuando se encuentre en condiciones distintas a las contenidas en el ODD.

3) *Detección y respuesta de objetos y eventos (“OEDR”)*. OEDR es la detección y respuesta inmediata por parte del conductor o del sistema del vehículo autónomo terrestre de cualquier circunstancia relevante para la tarea de conducción. Basado en su ODD, un ADS debería ser capaz de lidiar con la pérdida de control; accidentes de cruce de caminos; cambio de carril/fusión; viaje de frente y en dirección opuesta; y maniobras de estacionamiento en la parte trasera, salida de la carretera y estacionamiento.

4) *Fallback (condición de riesgo mínima)*. Un vehículo autónomo terrestre debe detectar que ha funcionado mal o está funcionando fuera del ODD y luego notificar al conductor que recupere el control del vehículo o que regrese el vehículo a una condición de riesgo mínimo de forma independiente.

5) *Métodos de validación*. Las pruebas pueden incluir simulación, seguimiento de pruebas y pruebas en carretera. Debe demostrar el rendimiento en operaciones normales, evitar accidentes y estrategias de recuperación.

6) *Interfaz hombre-máquina*. El vehículo debe transmitir con precisión información al conductor u operador sobre las intenciones y el rendimiento del vehículo. Por ejemplo, en un vehículo de Nivel 3, el conductor siempre debe estar listo para una solicitud de volver a conducir.

7) *Seguridad cibernética del vehículo*. Los fabricantes y proveedores deben minimizar los riesgos de seguridad derivados de la piratería y deben seguir las mejores

¹⁵ Cfr. Jones Day, *Libro blanco*, www.jonesday.com/-/media/files/publications/2017/11/legal-issues-related-to-the-development-of-automat/files/legal-issues-related-to-autonomous-carspdf/fileattachment/legal-issues-related-to-autonomous-cars.pdf.

prácticas de la industria, incluidos los planes de respuesta y la notificación de incidentes.

8) *Capacidad de choque.* La protección de los ocupantes debe continuar cumpliendo con los estándares de rendimiento, incluidos los nuevos diseños de asientos e interiores.

9) *Comportamiento del vehículo autónomo terrestre posterior al bloqueo.* Un vehículo autónomo terrestre debe devolver el vehículo a un estado y ubicación seguros después de un choque.

10) *Grabación de datos.* Para promover el aprendizaje continuo, las entidades que participan en la prueba o implementación de vehículos autónomos, deben recopilar datos de fallas. Se recomienda que los registradores de datos de eventos de choque recopilen y almacenen datos de accidentes, incluido el estado del vehículo autónomo terrestre y la función del conductor.

11) *Educación y formación del consumidor.* La educación y la capacitación de los representantes de los fabricantes, distribuidores, y consumidores es imprescindible para la seguridad. Los programas de educación y capacitación deben abordar las diferencias anticipadas en el uso y operación de los vehículos autónomo terrestre de los vehículos convencionales, y la necesidad de que los conductores estén preparados para recuperar el control en un instante.

12) *Leyes federales, estatales y locales.* Se alienta a las empresas que desarrollan estos sistemas inteligentes, pero no se les exige, que publiquen autoevaluaciones voluntarias de seguridad. Además de cumplir con las leyes de tránsito, un vehículo autónomo terrestre también debe ser capaz de violar temporalmente una ley de tránsito cuando lo exija la seguridad, como cruzar una línea doble para evitar un vehículo o una bicicleta averiados. Los sistemas de un vehículo autónomo terrestre también deben actualizarse a medida que cambian las leyes de tránsito.

5. Conclusiones

Con los lineamientos previstos en el último punto, la autoridad estadounidense nos precisa cuales aspectos del desarrollo y funcionamiento de los vehículos autónomos terrestres deben regularse, sea para adecuar el marco jurídico existente o viceversa, no obstante, dichas determinaciones están formuladas sin entrar en consideraciones sobre las razones por las que podrían presentarse fallas en los sistemas inteligentes que integran dichos vehículos.

Es hasta obvio que la falibilidad de los sistemas inteligentes si se consideran, luego que se determinan las funciones que requieren atención, sin embargo, las consideraciones sobre el funcionamiento específico de cada uno de estos sistemas se dejan para los especialistas en los aspectos técnicos, y para que los diferentes segmentos de la población involucrados puedan generar la “masa crítica” que lleve al desarrollo de una consciencia social y por ende a una legislación en la materia, se necesita involucrarlos instrumentando la metodología propuesta en este trabajo.

Se requiere que la academia comience a “correr el lápiz” formulando proyectos de normatividad para cada uno de los problemas que deben regularse pues de otra forma no se ha dado ni un paso en ese sentido. Y para ello es necesario instrumentar la estrategia metodológica que se propone en el segundo capítulo de este trabajo.

El acierto, la sensatez y la congruencia del método propuesto deriva de la experiencia, tan es verdad que cualquiera que se haya desempeñado en cualquiera de las tres ramas del conocimiento que en él convergen, puede corroborar la oportunidad de su empleo para alcanzar el objetivo planteado: regular jurídicamente los sistemas inteligentes en los vehículos autónomos.

© Editorial Astrea, 2020. Todos los derechos reservados.

