

Reconocimiento técnico de componentes para el procesamiento de imágenes en vehículos autónomos terrestres

Technical recognition of components for image processing in autonomous land vehicles

Julio Cesar Unigarro Díaz (1)

jcu85@hotmail.com

Tutor: Milton Orlando Sarria Paja

milton.sarria00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería en Electrónica (1)

Resumen

Los vehículos autónomos al día de hoy se han convertido en la innovación estándar para las nuevas formas de conducción que demandan las sociedades del mundo. Sus objetivos sobre el cuidado del medio ambiente, los accidentes y la autonomía son pilares únicos que han llevado a ciertas empresas fabricantes de vehículos a dar el siguiente salto en la revolución móvil independiente. De esta manera, el objetivo de este estudio es hacer un recorrido fundamental que analiza lo que son los vehículos autónomos terrestres, sus componentes técnicos, algorítmicos, el procesamiento de imagen, el uso del radar, las ventajas y desventajas de la puesta en marcha de un nuevo sistema de transporte, el cual, se especula que, para la siguiente década, estaría en el mercado de las principales ciudades del mundo. Así pues, se encontró que estos sistemas para procesar imágenes requieren mejoras, en tanto la conducción de Vehículos Autónomos (AV) lo que implica esencialmente, la modernización con equipos electrónicos de alta tecnología, esto ha incrementado los costos en gran medida, es por eso que aún siguen diseñándose particularmente prototipos, más no una producción masiva.

Palabras clave. Organización, tecnología, modelo Top-Down, Tecnologías de información, red, sistema.

Abstract

Autonomous vehicles today have become the standard innovation for the new driving methods demanded by the world's societies. Its objectives on environmental care, accidents and autonomy are unique pillars that have led certain vehicle manufacturers to make the next leap in the independent mobile revolution. In this way, the objective of this study is to make a fundamental tour that analyzes what are autonomous land vehicles, their technical, algorithmic components, image processing, the use of radar, the advantages and disadvantages of the implementation of a new transport system, which, it is speculated that for the next decade, would be in the market of the main cities of the world. Thus, it was found that these systems to process images require improvements, while driving Autonomous Vehicles (AV) which essentially implies, modernization with high-tech electronic equipment, this has greatly increased costs, that is why that prototypes are still being designed particularly, but not mass production.

Keywords: Organization, technology, Top-Down model, Information technologies, network, system.

1. INTRODUCCIÓN

La nueva era de vehículos autónomos también denominada como vehículo sin conductor, auto conducido o autosuficiente, se caracteriza por exhibir autos sin conductor humano y cualidades de avanzada tecnología que les permiten adaptarse al manejo sin estar controlados, diferenciándose ampliamente de los transportes tradicionales usados.

En ese sentido, es necesario reconocer que los vehículos autónomos (AV) posibilitan pensar en nuevas formas de movilidad, con potenciales beneficios económicos y sociales, aunque generan preocupaciones sobre hasta dónde llegan esos beneficios, así como posibles consecuencias no esperadas (Taeihagh y Lim, 2018). De hecho, la visión de vehículos como carros, trenes y algunas motocicletas no tripulados se está convirtiendo en una realidad. Lo que antes se veía en películas de ciencia ficción ahora se desarrolla por compañías de avanzada tecnología que buscan innovar en el uso de los AV, y así mejorar el sistema de transporte, además del riesgo de “accidentes” ocasionados por las personas (Domínguez, 2017). En ese sentido, Wang y Horn (2017) sostienen que resulta interesante establecer las mejoras que podrían darse en el tránsito con la implementación de vehículos autónomos, pues estos podrían reducir accidentes, aumentando el rendimiento de las vías.

No obstante, los AV tienen la facultad de utilizar recursos de tecnología, de naturaleza energética, que ayudan a su funcionamiento y rendimiento. El sol, por ejemplo, es una fuente de energía subutilizada, gratuita y abundante; un recurso único que puede reemplazar los recursos agotables como el petróleo o el gas. Así mismo, “los vehículos autónomos pueden reducir el estrés del conductor y el tedio. Los autos sin conductor pueden ser habitaciones móviles, salas de juegos y oficinas, como se ilustra a continuación, lo que permite a los pasajeros descansar o ser productivos mientras viajan” (WSJ, 2017, p. 12).

El propósito de los vehículos terrestres no tripulados ha llevado a pensarse en su funcionalidad futura y el reto de las grandes compañías como Google, pionera en los AV, de utilizar dichas herramientas que la hizo mundialmente reconocida por su innovación e impulsar a otros a crear modelos de AV donde se mejora la empatía con el sistema, entre uno de los más destacados se encuentra Tesla Motors perteneciente a Elon Musk. En 2009 Google empezó con su proyecto de vehículos sin conductor, completando más de un millón de millas para 2016 (Janai, Guney, Behl y Geiser, 2017)

El planteamiento del problema que se propone a lo largo de esta investigación es determinar cómo el procesamiento de imágenes en este tipo de vehículos es factible, sumado a esto las ventajas y desventajas que sugiere y el reconocimiento técnico que se encuentra en algunos problemas que surgen a partir de este procesamiento, entre ellos los “riesgos tecnológicos, descritos como consecuencias sociales, físicas y económicas potencialmente negativas relacionadas con los ciudadanos (...) Hay cinco tipos de riesgos tecnológicos asociados con AV: seguridad, responsabilidad, privacidad, ciberseguridad e influencia de la industria” (Taeihagh y Lim, 2018, p.106). Así mismo, Sarikan, Ozbayoglu y Zilci (2017) consideran que el tema de la clasificación automática de vehículos se convierte en una problemática, ante la cual se enfrentan los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), dado que se debe hacer una clasificación para identificar cada tipo de vehículo (motocicletas, autos de carga, de pasajeros, etc.); la importancia de la clasificación en tiempo real, según los autores mencionados, radica en que permite mejorar la eficiencia del sistema.

Si bien, existen complicaciones en la implementación de sistemas de orientación en los AV, algunos de ellos varían dependiendo del tipo de móvil; pueden caracterizarse por fallas de software, sensores, localización o en menor medida de reconocimiento. Dichas fallas, se unen al procesamiento de imagen junto a un algoritmo que deriva las funcionalidades de toma de imagen por cámaras usadas específicamente para los AV. Sobre el tema, Vaca y Gustavo (2018) consideran que las empresas que han invertido capital en este tipo de vehículos realizan múltiples pruebas, con el fin de evitar accidentes e identificar posibles fallas del sistema; tal como lo hace Uber, empresa que ha tenido amplios intereses en el uso de esta tecnología, aunque en principio “tuvieron muchos inconvenientes, entre esos, presentaron problemas con semaforización y carriles exclusivos” (Vaca y Gustavo, 2018, p. 9).

Una vez planteado el problema, esta investigación busca realizar un análisis de los AV, tanto por sus particulares interiores como exteriores y usos. No obstante, el tipo de AV que se tratan son de tipo terrestre; por lo tanto, quedan descartados AV de tipo aéreo acuático o asociados; destacando que “En 2014, Tesla lanzó el modelo S con un software llamado Autopilot Firmware 7.0, que ofrecía el segundo nivel de automatización” (Bugala, 2018, p. 122). Lo más destacable serán los autos cuyas mejoras con el uso de la inteligencia artificial y los sistemas de computarización forman parte del primer equipo de AVs funcionales.

El objetivo general radica en realizar una revisión documental actualizada sobre diversos aspectos del procesamiento de imágenes en vehículos autónomos terrestres. Considerando lo particular de los autos no tripulables, el procesamiento de imágenes es una característica específica que permite generar imágenes de tres dimensiones, esto les ayuda a identificar carriles, semáforos y obstáculos; en ese sentido, “un dispositivo de procesamiento de información incluye circuitos configurados para: la adquisición de la información, cada uno de los vehículos tiene una función de asistencia a la conducción” (Google, 2015, p. 10).

Partiendo de lo dicho, esta investigación se subdivide en cinco objetivos específicos:

- Establecer cuáles son los distintos tipos de sensores utilizados en vehículos autónomos terrestres y definir su función.
- Definir qué tipos de cámaras son utilizadas en vehículos autónomos terrestres.

- Mencionar los problemas más comunes en algoritmos para el análisis y extracción de información de las imágenes capturadas.
- Indicar ventajas y desventajas de vehículos autónomos tipo Uber, definiendo problemas que presentan y tendencias.
- Analizar ventajas y desventajas de los AV que exponen algunas compañías fabricantes.

La investigación brinda una idea central en la nueva era tecnología de movilidad y sus componentes dentro del mismo. El fin último remite a tener un análisis que justifique las virtudes y deficiencias de los modelos de AV que están operando en la actualidad y cómo se han proyectado hacia el futuro, principalmente en el modelo de procesamiento de imágenes siendo el eje central de la investigación. Para ello, se identifican las cámaras, los sensores, el tipo de software y algoritmo utilizado, el mecanismo de uso y su puesta en marcha dentro de los AV.

Un punto fundamental que se toma es la característica de los AV de ser vehículos de transporte que tienen la misión de solucionar diversas dificultades de tráfico y manejo existentes por el modelo móvil tradicional. Se toman en cuenta los estudios más recientes sobre los vehículos autónomos y puesta en marcha en planes de fabricación y cotidianidad, como el caso Uber. Anexando que los AV siguen en discusión dado su costo y continuos reportes de fallas, pues en su mayoría, suelen tratarse de prototipos que están en constante mejora.

Asimismo, la investigación, como se mencionó en los objetivos, consta de cinco objetivos específicos que desarrollan los puntos generales del estudio de los AV. Por ende, se sostienen bajo la lógica de actuales investigaciones que rodean el propósito de los AV en el mundo, posibles causas y efectos que se irán discutiendo a lo largo del análisis. Basado en lo anterior, el análisis sustenta unos resultados y unas conclusiones debatibles, debido a lo reciente de la temática, que sigue abierta a las nuevas proposiciones realizables sobre el procesamiento de imágenes de los vehículos autónomos terrestres.

Por último, la investigación propondrá una serie de ideas que definen las cualidades de los AV, sugiriendo el cambio que ha generado y su impacto social y global. Teniendo la directriz de los fundamentos ya hechos por compañías fabricantes de vehículos autónomos. Todo esto teniendo en cuenta que en Colombia no existe un conocimiento suficiente en temas de nuevas tecnologías y sus ventajas, y también es cierto que la economía y su globalización nos da la opción de generar nuevas infraestructuras eficientes que acerquen al país a implementar estas tecnologías.

2. METODOLOGÍA

La metodología se basa en el análisis investigativo de los vehículos autónomos terrestres, partiendo de una recolección de datos técnicos y de soporte sobre la composición de los AVs y el objetivo de identificar cómo se realiza el procesamiento de imágenes en este tipo de vehículos. En ese sentido se realiza una revisión sistémica de artículos, ubicados a través de bases de datos académicas disponibles en la Biblioteca de la USC, entre ellas (Sage Journals, Taylor y Francis Group, Dialnet, E-revistas, IEEE Xplore Digital Library y Science Direct). Se tiene en cuenta publicaciones del ámbito nacional e internacional, ya fueran en idioma inglés o español. Como criterio de selección se tuvo en cuenta el año de publicación con antigüedad no mayor a 2015, así como aquellos que contemplaran las siguientes palabras clave: organización, tecnología, modelo Top-Down, Tecnologías de información, red, sistema. En cuanto a los criterios de exclusión, se descartaron textos con más de 6 años de antigüedad, considerando que, al ser un tema de tecnología, los avances y desarrollos son constantes.

Tras la búsqueda inicial, se tuvieron en cuenta 30 artículos, de los cuales se excluyeron 3 por no aportar significativamente al logro de los objetivos propuestos; los 27 restantes fueron analizados en su resumen y conclusiones, así como diferentes párrafos de su estructura interna, partiendo de las palabras clave ya mencionadas, para ser articulados en la construcción del análisis expuesto.

Principalmente se estudian los componentes que generan el procesamiento de imagen, sumado a ello, los elementos con los que los vehículos hacen funcional esta opción y la viabilidad dada por los mismos. La llevamos a

cabo cuando queremos mostrar las características de un grupo, de un fenómeno o de un sector, a través de la observación y medición de sus elementos. La información que nos proporciona un análisis descriptivo, además de ser un fin en sí mismo. (p.12)

Los AV como vehículos de apoyo que con beneficios impulsan un futuro que aspira a evitar diversas complicaciones de los vehículos tradicionales, el enfoque de este trabajo gira en torno a la aplicación de estos modelos terrestres en general. Ya sea el procesamiento de imágenes, cámaras, problemas comunes, ventajas y desventajas y las compañías que están a la vanguardia de la fabricación como producción de los AV.

La investigación se soporta desde los estudios documentados de páginas tecnológicas como IEEE o Sciedirect. Además, estudios recientes de los últimos años que han analizado la evolución que ha tenido los AV desde su ideario a principios del nuevo milenio. Cabe resaltar que la investigación que analiza el procesamiento de imágenes retoma algunas patentes de los vehículos autónomos que han desarrollado y ya están activos y presentan servicios de telecomunicación o de transporte público como el Uber.

Las conclusiones se generan a partir de los datos retomados y con pertinencia se relaciona lo investigado con el análisis que propone una mirada objetiva del procesamiento de imagen y los vehículos autónomos en el mundo.

3. RESULTADOS

3.1 Tipos de sensores y cámaras utilizados por vehículos autónomos

Lo primero que está investigación recoge es un estudio de varios tipos de sensores utilizados por vehículos autónomos terrestres que corresponden a diferentes funcionalidades dadas al tipo de vehículo, propósito, sistematización e incluso nivel tecnológico. Algunos de ellos son utilizados por Google, pues sus patentes son archivos técnicos que evidencia la tecnología implementada en el tipo de vehículo (aclarando que la mayoría son prototipos) que o fueron utilizados en fases de prueba o están en circulación.

Los principales sensores que se destacan en un vehículo son: velocidad, localización e imagen. El primero toma la función de un tipo de sensor utilizando un software que detecta el nivel de velocidad que lleva el vehículo, este limita el kilometraje y mantiene la conducción automática y permite que no haya un exceso de velocidad y mantener el AV en un ritmo constante. El segundo es el popular sistema de posicionamiento global o GPS utilizando un radar y un sistema satelital de posición en tiempo real. Por último, el sistema de imagen es el que permite utilizando algoritmos y cámaras de alta definición, detectar mediante fotogramas objetos cercanos y en movimiento ubicados en diferentes puntos estratégicos del AV.

Tabla 1. Graduación de la conducción automática (SAE Federal Highway Research Institute)

Nivel 0	Solo conductor: el conductor humano controla todo independientemente, dirección, acelerador, frenos, etc.
Nivel 1	Conducción asistida: los sistemas de asistencia ayudan durante la operación del vehículo (Control de crucero, ACC).
Nivel 2	Automatización parcial: el operador debe monitorear el sistema en todo momento. Al menos un sistema, como el control de crucero y el centrado de carril, está completamente automatizado
Nivel 3	Automatización condicional: el operador monitorea el sistema y puede intervenir cuando sea necesario. Las funciones críticas para la seguridad, bajo ciertas circunstancias, se trasladan al vehículo
Nivel 4	Alta automatización: no se requiere monitoreo por parte del controlador. Los vehículos están diseñados para operar funciones críticas para la seguridad y monitorear las condiciones de la carretera durante todo un viaje. Sin embargo, las funciones no cubren todos los escenarios de conducción y se limitan al diseño operativo del vehículo.
Nivel 5	Automatización total: conducción sin operador

Fuente: (Rudolph y Voelzke, 2017).

Los distintos niveles destacan el proceso de automatización de un AV, desde el nivel manual hasta el completamente autónomo de un vehículo monitoreado por diferentes condiciones de manejo y asistencia. Aquí los sensores ayudan a operar la forma en cómo el vehículo se moviliza y actúa de acuerdo a la situación.

Ahora se presenta un tipo de sensor impulsado por cámara que ayuda monitorear la velocidad. El Light Detection and Ranging (LIDAR), que se trata de un grupo de sensores que perciben en entorno con el fin de posibilitar la operación autónoma de cada vehículo; en ese sentido, permiten identificar los objetos, ubicándolos en la distancia. Como cada sensor es limitado, la información que se reúne de todos debe ser procesada para así establecer una trayectoria en el auto (Thakur, 2017).

En relación con lo dicho, resulta oportuno considerar las ventajas que ofrece el sistema de LIDAR, al monitorear el rango de velocidad y de aproximación, permitiendo detectar movimiento y peligro en caso de objetos potencialmente letales, operando inteligentemente por la detección de ciertos focos iluminados que proyecta el sensor, enviando pulsos que miden la velocidad de las marchas. Sobre esos focos iluminados Thakur (2017) expone que “Se utiliza un láser para iluminar o "FLASH" el campo de visión que se detectará. El pulso láser viaja hasta que se refleja en un objetivo y regresa a un detector. El tiempo que tarda el pulso en viajar de un lado a otro proporciona el rango” (p. 10). De esa manera, la ubicación del objetivo se establece a partir una óptica mapeada, en la que se fija el campo de visión y los detectores, así, varios pulsos permiten determinar una velocidad de marcha. Entre tanto, la resolución sobre la cual se establece el mapeo tiene que ver con los pixeles del detector; a mayor número de ellos, mejor será la resolución.

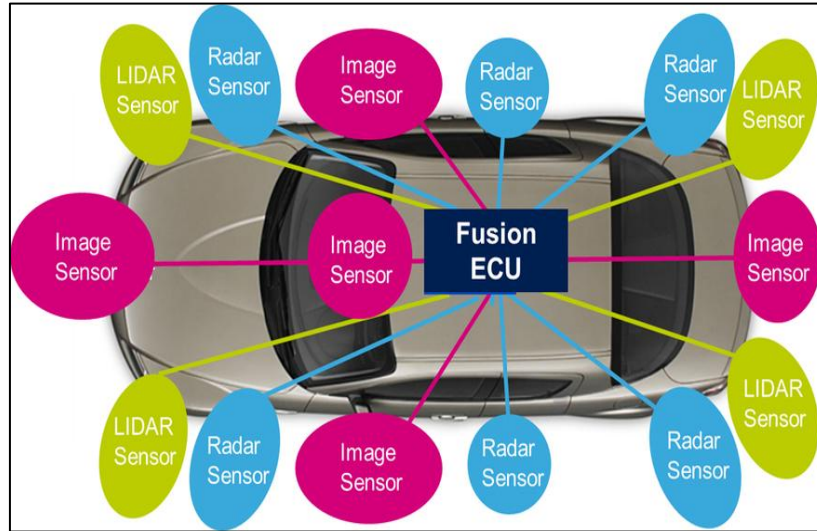
Otro sensor que hace parte fundamental de un AV, es el de obtención de posicionamiento y mapeo que registra el vehículo. Si bien, existen diversos tipos de GPS, cada uno tiene una función primaria por medio de un sensor que mide la longitud, latitud y velocidad terrestre. Gracias a un sistema algorítmico y de radar satelital se puede brindar las coordenadas den tiempo real que describen el punto geográfico en que se encuentra y su imagen visual en un mapa (Enríquez, 2017). A su vez, Pozo, et al. (2000), afirman que en muchos casos la navegación se hace más segura si se tienen varias estimaciones de posición, las cuales provengan de múltiples sensores, entre ellos recomiendan el receptor GPS y los sensores odométricos, dado que “los GPS proporcionan redundancia y complementariedad al calcular la posición instantánea del vehículo por vías muy distintas y a frecuencias diferentes” (p.3); de esta manera, los sensores estiman la posición en frecuencias cortas y el GPS lo hace para espacios más largos.

En cuanto al sensor de procesamiento de imagen, como se mencionó antes con el sistema LIDAR, la imagen que ofrece con el sensor permite la captación visual de obstáculos y objetos que permiten tener un eje de control del AV automáticamente. Para Pendelton, Andersen, Du, Shen, Meghjani, Eng, Rus y Ang (2017), en una actuación real, la información que suministra el LIDAR no llega a ser perfecta, dado que las dificultades están relacionadas con la escasez de puntos escaneados, así como la presencia de puntos no escaneados y poca organización en el patrón de escaneo. De igual manera, los autores sostienen que “El entorno circundante también agrega más desafíos a la percepción ya que las superficies pueden ser arbitrarias y erráticas. A veces es incluso difícil para los seres humanos percibir información útil a partir de una visualización de los puntos de escaneo” (p. 3).

Ante la situación descrita previamente, se proyecta un medidor fotosensible que capta la visión periférica en puntos clave del AV, que recoge la información y la suministra a la computadora del vehículo. En este tipo de precepción se hace uso de sensores apoyados en cámaras monoculares, algunas monocromáticas o a full color, de tal manera que se pueda hacer una amplia detección de luz y una definición de vista en 360° (Li, Díaz, Morantes y Dorati, 2018).

Todos los tipos de sensores y cámaras descritos, representan un punto a favor para los AV, pues ayudan a evitar siniestros comunes que suceden en la vía y que en ocasiones son difíciles de controlar para una persona. Por ello, el sistema de detección de imagen que capta el sistema de movimiento de imagen facilita el manejo seguro de los integrantes. “Para conducir en un entorno hecho por el hombre, la capacidad de percibir la forma de las calles es esencial. Los sistemas reales utilizan principalmente modelos de clotoide o de B-spline para la representación de carril en 3-D” (Li, Díaz, Morantes y Dorati, 2018, p.37). La imagen 1, representa a grandes rasgos la manera en que se ubican las cámaras y sensores, con el fin de fusionar los resultados individuales y dar dirección al vehículo.

Imagen 1. Distribución de cámaras sensores y radares en un vehículo autónomo.



Fuente: (Rudolph y Voelzke, 2017).

En este punto, resulta oportuno hablar de algunos tipos de cámaras utilizado por los AV. Por un lado, el desarrollo de esta herramienta ha sido una base para la detección de infracciones, esto ha facilitado el reconocimiento de patrones biométricos de captura en el procesamiento de imagen. Por otro lado, la tecnología usada por las cámaras de los AV, son compatibles con los celulares y registros de video ya funcionales de compañías tecnológicas, algunos son patentados únicamente para que un AV pueda “ver” y cumplir su función de autonomía. De acuerdo a un registro de implementación de vehículos autónomos, la planeación y puesta en operación de las cámaras de los carros u otros transportes que usan cámaras como proyección de manejo funcionan en “predicciones más optimistas basadas en la experiencia con innovaciones electrónicas como cámaras digitales, teléfonos inteligentes e Internet. Su análisis a menudo pasa por alto obstáculos y costos significativos” (Litman, 2019, p.3). No obstante, aunque la tecnología desarrollada permita operaciones autónomas de vehículos, varios de los autores mencionados concuerdan en que siguen existiendo problemas técnicos que deben ser solucionados, antes de dar paso a una autonomía total.

Por otro lado, en relación a las patentes registradas de vehículos autónomos está la marca NVIDIA con la cámara Sekonix, que entre sus aportes técnicos presenta una vista periférica en 360 grados, visión panorámica extendida adaptativa a diferentes tipos de ambientes y un foco de corto a mediano alcance. Si bien, la importancia de acoplar mejoras a las cámaras de los AV ha avanzado durante los años aún hay elementos por optimizar, pues el hecho de que un AV tenga un “ojo” superior al biológico humano está en desarrollo. A lo dicho se agrega la investigación de Marowits (2017), para quien el uso de AV, en bajas cantidades, con los sistemas descritos, en pequeños conjuntos de carreteras permite ir haciendo pruebas dado que “Nadie tiene una solución para automóviles autónomos que sea lo suficientemente confiable y segura como para trabajar en cualquier lugar” (p.5).

De igual manera, entre otras cámaras con las que cuentan un AV, se encuentran el tipo Radar cuya función radica en la detección por movimiento sensorial de aproximación de obstáculos. Además, las cámaras de Radar muestran lecturas de alerta de colisión y de ubicación entre 2 o 3 vehículos en un rango de posición de los cuatro costados (frontal, lateral, parte trasera). Sumado a ello, una cámara que actualmente los vehículos tanto autónomos como convencionales usan es la cámara de parqueo. Dicha cámara se ubica en la parte trasera del vehículo, en un rango de 25 a 35 cm del suelo, muestra mediante un visor de 2 mega píxeles al conductor una imagen completa de lo que se encuentre entre el vehículo y la zona de parqueo. En ese sentido, los sistemas de parqueo automático, utilizan una cámara plenóptica, que permite establecer una imagen externa del vehículo, produciendo un mapa de profundidad, determinando qué objetos hay en la trayectoria del vehículo (Google, 2015). En síntesis, la Imagen 2, da cuenta de las distintas clases de cámara, diferenciando sus capacidades.

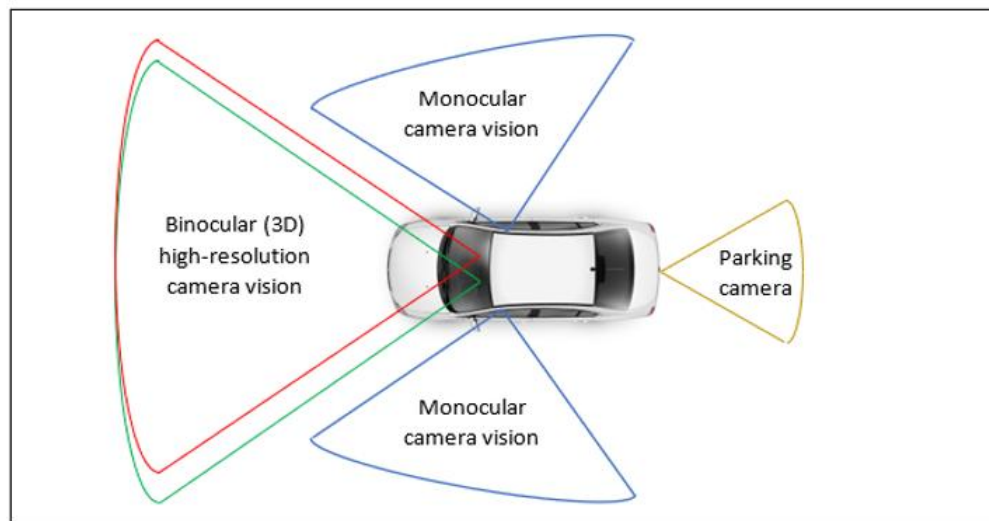
Imagen 2. Clases de cámaras automotrices



Fuente: (Rudolph y Voelzke, 2017).

De esta manera puede evidenciarse los tipos de cámaras de un AV, tanto en la implementación frontal o trasera como de otros tipos de cámara de detección biométrica, sensorial y espacial que permiten una completa información digital para la función autónoma del vehículo. La Imagen 3, por su parte expone la distribución en un vehículo de las cámaras para localización e identificación:

Imagen 3. Cámaras de video para ubicación e identificación de objetos.



Fuente: (López, 2011).

Por otro lado, es necesario hablar de los radares, los cuales tienen como principio para su funcionamiento la emisión de ondas electromagnéticas. Los radares en la actualidad son muy utilizados a nivel mundial, especialmente en los medios de transporte, ya sea para seguridad, ubicación, o simplemente herramientas que ayudan a facilitar la información, incluyendo los medios de transporte terrestres como lo es el automóvil. Este tipo de tecnología ha logrado rastrear y hacer seguimiento de diferentes variables que intervienen en los procesos de funcionamiento de los automóviles, entre estos están los monitores que se hacen al aceite, al kilometraje, al consumo de gasolina, así mismo como el detectar y localizar objetos, todo esto lo realiza por medio del sonido, ecos o señales no deseadas, o por medio de interferencias (Veiga, 2017).

3.2 Problemas en algoritmos para detección de imágenes en vehículos autónomos terrestres.

Dentro del sistema de manejo autónomo de un vehículo terrestre, los algoritmos son las fórmulas sistemáticas que permiten la operación técnica y electrónica de sus componentes. Los algoritmos se formulan a partir de unas funciones matemáticas que simulan el desarrollo óptimo de los elementos esenciales para que un AV resulte eficaz y seguro. Existen muchos tipos de algoritmos creados a partir de un sistema de software, entre ellos los que normalmente operan en computadores y celulares. Sin embargo, en los AV los algoritmos se construyen a partir de

los datos recabados del sistema vial y de manejo, y así mediante un hardware aplicativo puede lograr que el algoritmo presente sus funciones correctamente.

En otras palabras, los algoritmos son instrucciones presentadas en forma de secuencia, para solucionar distintos tipos de problemas, las instrucciones deben ser claras, estar ordenadas y ser finitas, de esta manera se puede llevar un cómputo de las mismas, al tiempo que se procesan datos y se desarrollan otras tareas, Los datos en un algoritmo deben tener un punto de partida o estado inicial, con el desarrollo de los pasos se llega al estado final, solucionando el problema (Chaves, 2017).

No obstante, el software presenta fallas sistémicas dentro su composición algorítmica que pueden ocasionar problemas eléctricos, técnicos, digitales o imprecisos al momento de la conducción autónoma. Entre las características de problemas más comunes están las fallas en los algoritmos de los sensores de un AV. Debido a que el procesamiento de información dentro de una detección de imagen es abundante, si el algoritmo no es escrito correctamente podría ocasionar la imprecisión y una falla de manejo automática que incurre en una disparidad tecnológica del sensor. En este caso, el sistema LIDAR de detección de imagen a través de sensores ya ha presentado estos problemas del procesamiento de la información por fallas del algoritmo en sus sensores, como lo exponen Li, Wang, Lui y Shang (2017) para quienes el LIDAR falla por su “forma típica para la detección de obstáculos basada en el método de segmentación del terreno mediante el uso del sensor” (p.5). La información recabada por los sensores al ser analizada por un modelo matemático que distribuye los puntos en una línea, termina reduciendo el espectro real, y el algoritmo puede presentar fallas.

Otro problema presente de los AV en el procesamiento de imagen es la función determinista del manejo al momento en que un algoritmo falla. Es decir, la detección de una imagen se basa en una información de respuesta matemática y computarizada; por lo tanto, en el momento del manejo autónomo al presentarse obstáculos viales u objetos que no puedan identificarse por los sensores se genera un no-determinación, ante la cual no hay toma de decisión por parte de la computadora, generando confusión dentro del sistema digital del vehículo.

Dicho esto, el procesamiento de imagen es vital y debe estar constantemente monitoreado por los sensores y las cámaras, en apoyo del algoritmo para tener una reacción correcta, pues los datos se basan en las probabilidades, que no siempre son efectivas. En ese sentido, Koopman y Wagner (2016) consideran que algunas tecnologías de AV, están inherentemente relacionadas con el manejo estadístico, lo que las hace no deterministas, dando respuestas correctas solo ante cierto conjunto de probabilidades, de esta manera “la validación de tales sistemas presenta desafíos que no se encuentran típicamente en sistemas de control automotrices más convencionales” (p. 4).

Un algoritmo que se desarrolló para la detección de imagen y uno de los más utilizados en los AV es el sistema YOLO. Este algoritmo consta de un sistema de red satelital que estudia las probabilidades de una imagen mediante una evaluación algorítmica en tiempo real y tiempo de respuesta. El problema común que destaca este algoritmo y el cual es la base de muchos otros similares patentados con semejanzas, consta de una disfunción clasificatoria de extracción visual que permite distinguir personas, objetos y otros vehículos en movimiento. Para Li, Wang, Lu, Cai, y Cheng (2019), este algoritmo hace uso de una red única de estilo neuronal, que permite la predicción de cuadros delimitadores, estableciendo probabilidades amplias, con una sola evaluación. Este sistema también puede ser optimizar la detección de objetos de extremo a extremo del vehículo; los autores sostienen que “El modelo básico de YOLO puede procesar la imagen en tiempo real a una velocidad de 45 cuadros/seg mientras que alcanza un MAP dos veces mayor que los otros detectores comunes en tiempo real” (p.7). No obstante, aunque, su respuesta es rápida gracias a la conectividad de redes de internet y de un software prototipo construido para el mismo algoritmo, sus limitaciones se encuentran en lo certero que puedan ser los tiempos de respuestas en situaciones o condiciones desfavorables, lo que aún está en fase pruebas.

3.3 Ventajas y desventajas de vehículos autónomos tipo Uber.

La plataforma de transporte y servicio público Uber, en los últimos años ha tratado de innovar sus propuestas de servicio, seguridad y confiabilidad a nivel mundial gracias a la inversión de sistema de transporte, así como categorizarse en una empresa de transporte de calidad y lujo. Dentro de sus propuestas actuales, en un plan que va

desde el año 2017 al 2021, ha desarrollado su propia tecnología de vehículos autónomos terrestres con el fin de aportar una nueva manera de seguridad y comodidad a sus clientes con la automatización del vehículo.

Uber, al igual que empresas como Google o Tesla, ya ha patentado, registrado y puesto en marcha sus vehículos autónomos al servicio de los clientes que utilizan su plataforma. A diferencia de Google o Tesla, los cuales algunos son solo para uso experimental o técnico, Uber postuló los AV como una nueva forma de transporte de alta tecnología que los usuarios pueden solicitar, viviendo la experiencia de un nuevo método de conducción sin piloto, particularmente en algunos estados de Estados Unidos y Europa.

Sin embargo, Uber ha tenido reportes los últimos años de periódicos ingleses y americanos donde se expone que, en sus servicios de prueba, los AV han ocasionado accidentes fatales, así como grandes pérdidas, lo que redefinió para Uber cómo manejar la implementación de los AV al público. Dado que la apuesta de Uber es mejorar la movilidad, ha sido la primera en utilizar los AV en las calles, y se ha caracterizado por un constate fallo de los sistemas de reconocimiento que, por ejemplo, no reconocen el carril de las bicicletas (Barrio, 2017). A lo dicho, se suma el aporte de Ramírez (2016), para quien la visión de Uber, relacionada con un mundo que tenga taxis sin conductor, que sean solicitados por la aplicación, debe sortear primero todos los obstáculos tecnológicos que viene enfrentando. En ese sentido, la Tabla 2, expone las que pueden ser consideradas como ventajas y desventajas de la propuesta de Uber, tomada como una de las más avanzadas en el tema.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los vehículos autónomos tipo Uber.

Ventajas AV-UBER	Desventajas AV-UBER
-Un sistema original y propio de Uber que reinventa la movilidad actual y ayuda al medio ambiente y a las patentes de automatización	-Aún las pruebas que regulan el sistema de movilidad y régimen vial están en fases de producción y mejoramiento dada las fallas que comúnmente presentan los AV.
-Uber es una plataforma ágil en el transporte público, sus servicios son altamente solicitados y su necesidad de brindar comodidad y seguridad es la propuesta con los AV	-Existen reportes de noticias que constatan las fallas de vehículos automatizados y ya han ocasionado muertes y grandes pérdida millonarias a la empresa.
-El sistema de automatización de un vehículo puede ayudar a prevenir en un futuro siniestros viales que se presentan a diario por conductores descuidados y han sido objeto de estudio para Uber	-Uber ha aprobado pruebas de vehículos autónomos en las calles de forma efectiva. Aun así, requiere tener un piloto actualmente para vigilar estas fallas y evitar accidentes de un AV, mientras de optimiza su funcionamiento
-Para Uber los AV son el nuevo paso en la conducción humana y lo ha demostrado en su apuesta por estos vehículos en algunos países del mundo que han ayudado a mejorar la movilidad de cierta manera.	-Los altos costos de producción y fabricación de un AV resultan dispendiosos para Uber, por el riesgo que presentan las presentas mal funciones de un vehículo autónomo.

Fuente: elaboración propia.

3. 4 Ventajas y desventajas de compañías fabricantes.

Considerando los vehículos autónomos terrestres como la nueva era de la movilidad, que está siendo una realidad, resulta evidente que las grandes compañías de fabricación de vehículos estén gestando esta tecnología, ya sea por vía terrestre, acuática o aérea. En la cuestión terrestre las tres grandes compañías que implementan la movilidad automatizada son las mencionadas Google, Tesla Motors y Uber. Cada una de ellas tiene una posición significativa frente a los AV. Para Li, Díaz, Morantes y Dorati, (2018) los vehículos autónomos son una gran revolución en el mundo de la tecnología, dado que ofrecen numerosos beneficios, y de esta manera satisfacen las necesidades del ser humano. A pesar de ello, todavía falta un tiempo para que los mismos salgan a las calles, aunque esta organización ya compró varios coches que están en prueba o ya utilizándose.

Por parte de Google, sus vehículos autónomos más populares son los utilizados para registrar las señales de conectividad global satelital, y su tecnología de eficiencia independiente le ha permitido patentar cientos de prototipos de producción de AV año tras año. Por su parte, Tesla la compañía de Elon Musk busca revolucionar la conducción con la venta de vehículos automatizados para uso personal, con su alta sofisticación en materia de coches deportivos sean eléctricos o self-driving. Finalmente, Uber como la plataforma de servicio de transporte público más grande, es la primera en poner en las calles estos vehículos para movilidad de usuarios de su plataforma, lo que abierto un nuevo sendero de posibilidades viales y móviles para las personas y la sociedad que está en esa transición. Como menciona el portal Telefónica (2017), estas tecnologías se basan en la inteligencia artificial, y de allí se desprenden las problemáticas que pueden conllevar, consideradas como “problemas de

convivencia entre máquinas y humanos” (p.12). De esta forma, surgen dificultades para la supervisión de los sistemas, o los accidentes con víctimas fatales. En ese sentido, la Tabla 3 sintetiza, a grandes rasgos las ventajas y problemas que tienen las compañías productoras.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de compañías fabricantes

Ventajas de AVs en las 3 compañías	Desventajas de AVs en las 3 compañías
- Tanto para Google, Tesla y Uber, los beneficios de los AV a largo plazo los llevaría a ser los líderes mundiales en la marca de coches autónomos por encima de otras y con su registro calificado de pruebas podrían trascender tanto tecnológicamente como económicamente	- El debate sobre el estudio de los AV sigue incierto. Si bien, las tres compañías ya demostraron la efectividad de los vehículos, aún siguen en duda ciertos rasgos de los mismos que no permite su confiabilidad
- Los AV son el futuro más cercano para la conducción y el seguro mejor propuesto por las compañías para aportar en materias de seguridad para evitar más accidentes de automóviles convencionales	- Los AVs son vehículos impulsados por sistemas de sensores, GPS, cámaras y otros factores que ponen en duda la confiabilidad pues podrían ser hackeados para hurto, espionaje y provocar accidentes intencionales.
- Promover un sistema de movilidad mejorado por Uber fue un primer paso. Mientras Google y Tesla buscan llevar la tecnología a un paso totalmente automática por medio la inteligencia artificial supondría el salto científico que ayudaría a la sociedad a encontrar la solución de diversos problemas críticos, por ejemplo: ambiental.	- Tanto para una como para la otra compañía, a pesar de las grandes inversiones que realizan, el costo para fabricar AV sigue siendo muy alto.
- Los AV han demostrado tener la capacidad de superar algunas facultades humanas que al momento de la conducción un ser humano jamás podría realizar. Este hecho ha beneficiado el estudio de los AV para Google, Tesla y Uber que han incurrido en la lo autónomo para dejar de lo convencional.	- Las patentes de las tres compañías siguen en fase de prototipo para su distribución en masa y mientras no haya unas normativas que evalúen la regulación móvil de los AV será difícil poder ponerlos en las calles sin que haya obstáculos legales o sociales.

Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

A partir de lo expuesto previamente, y considerando el interrogante sobre ¿Cómo presentar la viabilidad de los vehículos autónomos terrestres? Es posible considerar que los AV son proyectos de alto costo, que se encuentran en proceso de aplicación práctica real en el entorno móvil. La viabilidad que presentan actualmente son pruebas llevadas a cabo en entornos específicos en condiciones específicas, sus operaciones no han desarrollado todos los escenarios ni explorado todas las pruebas que puedan justificar su uso; salvo algunas implementaciones en Estados Unidos y Europa.

Desde una mirada técnica, se abordaron todos los elementos sistemáticos que componen un AV, desde sus singularidades de software y hardware hasta componentes esenciales como cámaras, sensores, radares, programas de localización o aplicaciones. Encontrándose que, en la cuestión central del procesamiento de imagen, los vehículos autónomos están optimizando el uso digital en la obtención de imágenes reales, mediante las tecnologías de captura, identificación y localización en tiempo real, decodificados bajo un código algorítmico que pruebe su eficacia.

No obstante, ante la pregunta de si ¿Son realmente efectivos el procesamiento de imagen en un AV? la respuesta es difícil de concertar, dado que las patentes que se encuentran sobre la misma, como se mencionó, siguen siendo prototipos en desarrollo que aún necesitan ajustes. Entre otras cosas, los AV son el producto de una larga trayectoria experimental de los factores de conducción autónoma basada en los beneficios, riesgos e impacto de la aplicación de estos vehículos para las calles. De hecho, en Colombia ya se analiza una normativa que regule el uso de los AV como parte de seguridad y responsabilidad civil; tal como lo expone Aarón (2019), quien considera que es importante tener eso en cuenta, antes de introducir una nueva tecnología, pues “el sistema legal enfrenta el desafío de reducir el número de daños causado por la innovación al tiempo que intenta incentivarla” (p.25).

Por su parte, las leyes de tránsito en Colombia aún no están adaptadas para el uso de vehículos

autónomos. Es más, solo Estados Unidos y algunos países europeos ya han gestionado las primeras normas viales para los AV, por los recientes incidentes que han presentado sobre todo con la plataforma Uber y que discuten actualmente lo seguros que son dichos transportes al no tener un piloto presente y tener estrictamente que estar monitores por cuestión de responsabilidad de la compañía.

5. CONCLUSIONES

Del anterior estudio sobre los vehículos autónomos terrestres, el procesamiento de imagen, beneficios, consecuencias y demás factores suministrados se concluye que en efecto los AV presentan ventajas, como la posibilidad de un tránsito ordenado, en el que se haga un uso óptimo de las vías, garantizando la seguridad y comodidad del pasajero, limitando los costes de conductores humanos, estableciendo, según la visión de las compañías productoras, una nueva movilidad segura, confiable y avanzada. Así mismo, se suman a las ventajas de estos sistemas el apoyo para personas discapacitadas, que podrán solicitar el servicio desde una app, sin requerir mayor apoyo externo. Otros beneficios asociados, son la reducción en el consumo de combustible, dado que las rutas son establecidas de forma precisa, y los vehículos reducen los tiempos de conducción innecesaria. De igual manera, la durabilidad de los AV se aumenta, porque son conducidos bajo algoritmos que aprenden constantemente.

En cuanto a las desventajas del sistema AV, se sostiene que son de alto costo, dado que deben contar con cámaras y sensores que integran tecnología de punta, así como procesadores centrales que tengan apoyo satelital. A esto se suma que la principal característica algorítmica de los AV es el punto de quiebre, sobre el cual surgen las críticas, debido a sus constantes fallas técnicas. Además, dado que su fundamento es a través del apoyo de internet, existe el riesgo latente de que los sistemas sean hackeados, y con ello se puedan afectar los servicios, o poner en riesgo la vida de los pasajeros y peatones. Otro punto a tener en cuenta como desventaja, es la necesidad de un centro de control, en el cual deben existir personas que regulen el funcionamiento de las flotillas de vehículos, lo que implica un trabajo desgastante y la posibilidad latente de fallas humanas.

Ante esta situación, es posible sostener que los avances requeridos para poner en marcha, en escala más amplia, flotas de AV, se sintetizan en: sensores más eficientes, cámaras que se integren a los sensores, programas y algoritmos para el procesamiento de imágenes que aprendan y retroalimenten el sistema, para poder así sortear los obstáculos propios de una vía, en suma con aquellos inesperados, como peatones, ciclistas, niños, etc. también, se requiere de un sistema mejorado de piezas de equipo del procesamiento de imagen para garantizar un enfoque mayor en la detección, identificación y locación de la información contenido en la toma de imágenes de un AV mediante sensores o cámaras. Finalmente, en la actualidad, los AV son equipos de conducción que requiere monitoreo constante y un piloto por seguridad, su viabilidad radica en su fácil violación sistemática y en ganarse la confianza del público para evitar los determinados siniestros que los AV pretenden terminar.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

Aarón, F (2019). *El Sistema de Responsabilidad Civil para Vehículos Autónomos en Colombia*. (Tesis de Pregrado en derecho). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/42361/Tesis%20FERY%20URE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barrio, A (2017). *Segmentación de nubes de puntos y fusión de datos en el ámbito de vehículos autónomos*. (Tesis de Pregrado en Ingeniería de Computadores). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: http://oa.upm.es/54311/1/TFG_ALFREDO_VALLE_BARRIO.pdf

Bugala, Mi (2018). Algorithms Applied in Autonomous Vehicle Systems. *Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe*, (4 (50)), 119-138. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/3238/194c5e0d5efc13ccdc95535db97cd557ea42.pdf>

Cháves, A. (2017). *Aprenda a diseñar algoritmos*. Bogotá: Ed. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Domínguez, F. (2017). La implantación del automóvil inteligente: ¿un riesgo calculado para la seguridad global? *bie3: Boletín IEEE*, (6), 723-740. Recuperado de: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2017/DIEEO60

2017_Automovil_Inteligente_FRuizDominguez.pdf

Enríquez, J (2017). *Diseño e implementación de un vehículo terrestre no tripulado con sistema de navegación autónomo*. (Tesis de Pregrado en Mecatrónica). México: UNAM. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/13626/Tesis.pdf?sequence=1>

Google (2015). *System and method for autonomous valet parking using plenoptic cameras*. Patente. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US9557741B1/en>

Google (2019). *Information processing device, vehicle information processing device, information processing method, and vehicle information processing method*. Patente. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/cc/d2/59/56d2f9b42b5ea6/US10168707.pdf>

Janai, J., Güney, F., Behl, A. y Geiger, A. (2017). Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State-of-the-Art. *arXiv preprint arXiv:1704.05519*. Recuperado de: <https://www.arxiv-vanity.com/papers/1704.05519/>

Marowits, R. (2017). Self-driving Ubers Could Still be Many Years Away, Says Research Head. *CTV News. The Canadian Press*. Recuperado de <http://bit.ly/2DI48Y7>

Pendleton, S., Andersen, H., Du, X., Shen, X., Meghjani, M., Eng, Y. y Ang, M. (2017). Perception, planning, control, and coordination for autonomous vehicles. *Machines*, 5(1), 6. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2075-1702/5/1/6/htm>

Rudolph, G y Voelzke, U (2017). Three Sensor Types Drive Autonomous Vehicles. *Fierce Electronics*. Recuperado de <https://www.fierceelectronics.com/components/three-sensor-types-drive-autonomousvehicles>

Pozo, A., García, M., Ribeiro, A., García, L. y Sandoval, F. (2000). Localización de vehículos Fusión de medidas GPS y Odometría. *Mundo Electrónico*, 46-54. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=132144>

Sarikan, S., Ozbayoglu, A. y Zilci, O. (2017). Automated vehicle classification with image processing and computational intelligence. *Procedia computer science*, 114, 515-522. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917318161>

Taeihagh, A., & Lim, H. S. M. (2019). Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. *Transport reviews*, 39(1), 103-128. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01441647.2018.1494640?needAccess=true>

Telefonica (2017). *Cuando los automóviles se conducen solos*. Madrid, España: Fundación Telefonica.

Thakur, R (2017). Infrared Sensors for Autonomous Vehicles. En: Srivastava, R. *Recent Development in Optoelectronic Devices*. Recuperado de <https://www.intechopen.com/books/recent-development-in-optoelectronic-devices/infrared-sensors-for-autonomous-vehicles>

Vaca, C y Gustavo, W (2018). *Análisis de métodos para reconocimiento de estado de la luz de los semáforos aplicada para carros de conducción autónoma*. (Tesis de Pregrado en Ingeniería de Sistemas). Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11492>

Veiga, L. (2017). ¿Cómo tener éxito Con vehículos autónomos? *IEEM Revista de Negocios*, 20(1), 16-17. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5871104>

Wang, L y Horn, B (2017). Time-to-Contact Control for Safety and Reliability of Self-driving Cars. In *2017 International Smart Cities Conference (ISC2) (pp. 1-4)*. IEEE. Recuperado de <https://ieeexplore-ieee.org.bd.univalle.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8090789&tag=1>

Wang, Lou, Cai, Li y Cheng (2019). Real-Time Vehicle Detection Algorithm Based on Vision and Lidar Point Cloud Fusion. *Journal of Sensors*, 2019. Recuperado de <https://www.hindawi.com/journals/js/2019/8473980/>

WSJ (2017). Why Your Next Car May Look Like a Living Room. *Now Playng*. Recuperado de <http://on.wsj.com/2tlCvYp>.

Wu, Cui, Li, Wang, Lui y Shang (2017). A feature matching and fusion-based positive obstacle detection algorithm for field autonomous land vehicles. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(2), Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1729881417692516>