



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y TENDENCIAS DE LOS SISTEMAS AVANZADOS
DE ASISTENCIA A CONDUCTOR (SAAC) PARA VEHÍCULOS COMERCIALES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTOR: DIEGO ALEXANDER AGUILAR ILLESCAS

TUTOR: ING. JUAN DIEGO VALLADOLID QUITOISACA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego Aguilar Illescas con documento de identificación N° 1105433955, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 2 de agosto del 2024.

Atentamente,



Diego Alexander Aguilar Illescas

1105433955

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Diego Alexander Aguilar Illescas con documento de identificación N° 1105433955 expreso, mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Análisis del funcionamiento y tendencias de los sistemas avanzados de asistencia al conductor (SAAC) para vehículos comerciales”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 2 de agosto del 2024.

Atentamente,



Diego Alexander Aguilar Illescas

1105433955

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Diego Valladolid Quitoisaca con documento de identificación N° 0104821210, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y TENDENCIAS DE LOS SISTEMAS AVANZADOS DE ASISTENCIA A CONDUCTOR (SAAC) PARA VEHÍCULOS COMERCIALES, realizado por Diego Alexander Aguilar Illescas con documento de identificación N° 1105433955, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 2 de agosto del 2024



Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, PhD.

0104821210

RESUMEN

La presente tesis de investigación se desarrolló con el objetivo de determinar un estado de arte de los sistemas avanzados de asistencia al conductor (SAAC), en categoría de vehículos medianos comerciales, a través de una investigación bibliográfica, pruebas prácticas y un análisis mediante un software especializado.

La evolución de los sistemas SAAC en el mercado automotriz, han permitido no solo proteger al usuario del volante sino también al transeúnte exterior más vulnerable, estos sistemas han sido parte fundamental del avance que tiene la seguridad vial, las nuevas demandas del mercado automotriz han permitido que muchos mecanismos surjan a través de mejoras automatizadas en sus estructuras.

El proyecto se centrará en una investigación de la cual se determinará información relevante disponible sobre los sistemas SAAC, sus tendencias en el mercado automotriz a través de los años, este trabajo tiene como objetivo realizar una investigación más amplia que pueda identificar y organizar la información disponible sobre los sistemas SAAC aplicados en los vehículos medianos comerciales.

Generar un marco teórico que nos permita analizar el avance y desarrollo de estos sistemas y sus tendencias para poder cubrir las nuevas necesidades y desafíos del mercado automotriz, como soporte adicional de este proyecto se realizaran pruebas en un vehículo marca Toyota tipo sedan modelo Corolla.

Una vez recopilada la información necesaria, se procede a realizar pruebas experimentales reales de los sistemas que tenemos disponibles instalados en el vehículo, estas pruebas constarán de

acciones sobre los sistemas instalados, acciones que pondrán a criterio la eficacia de estos sistemas en situaciones reales de emergencia, analizando parámetros como la respuesta en condiciones variables a las situaciones y la información disponible para interactuar con el conductor.

El presente proyecto pretende no solo cubrir la necesidad de documentar información más amplia sobre el desarrollo de los sistemas SAAC, sino también dar como aporte sugerencias prácticas para su optimización, aportar significativamente al conocimiento de estos sistemas y sentar un precedente para futuras investigaciones en base a los sistemas SAAC.

ABSTRACT

This research thesis was developed with the objective of determining the state of the art of advanced driver assistance systems (ADAS) in the medium commercial vehicle category, through bibliographic research, practical tests and an analysis using specialized software.

The evolution of the ADAS systems in the automotive market, have allowed not only to protect the user of the steering wheel but also the most vulnerable external passerby, these systems have been a fundamental part of the progress that has road safety, the new demands of the automotive market have allowed many mechanisms arise through automated improvements in their structures.

The project will focus on research which will determine relevant information available on ADAS systems, their trends in the automotive market over the years, this work aims to conduct broader research that can identify and organize the information available on ADAS systems applied in medium commercial vehicles.

Generate a theoretical framework that allows us to analyze the progress and development of these systems and their trends in order to meet the new needs and challenges of the automotive market, as additional support for this project, tests will be conducted on a Toyota sedan type vehicle, Corolla model.

Once the necessary information is collected, we proceed to perform real experimental tests of the systems we have available installed in the vehicle, these tests will consist of actions on the installed systems, actions that will test the effectiveness of these systems in real emergency situations, analyzing parameters such as the response in varying conditions to situations and the information available to interact with the driver.

This project aims not only to cover the need to document more extensive information on the development of ADAS systems, but also to provide practical suggestions for their optimization, to contribute significantly to the knowledge of these systems and to set a precedent for future research based on ADAS systems.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN . -	11 -
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	- 12 -
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	- 13 -
RESUMEN.....	- 14 -
ABSTACT	- 16 -
1. INTRODUCCIÓN	- 24 -
2. PROBLEMA.....	- 25 -
2.1 Antecedentes.....	- 25 -
2.2 Importancia y Alcances.....	- 26 -
2.3 Delimitación	- 26 -
3. OBJETIVOS	- 27 -
3.1 Objetivo general.	- 27 -
3.2 Objetivos específicos.....	- 27 -
4. MARCO TEÓRICO.....	- 28 -
4.1 Seguridad activa.	- 28 -
4.2 Seguridad pasiva.	- 30 -
4.3 Automatización y sensorización de vehículos.....	- 30 -
4.4 Niveles de automatización de un vehículo según normativa SAEJ3016.....	- 31 -
4.5 Sistemas avanzados de asistencia al conductor (SAAC).	- 33 -
4.6 Evolución de los sistemas SAAC.	- 33 -
4.7 Normativas que regulan los sistemas SAAC.	- 34 -
4.7.1 Reglamento general de seguridad GSR & EURO NCAP	- 35 -
5. ESTADO DE ARTE DE LOS SISTEMAS SAAC.	- 36 -
5.1 SAAC aprobados por la EURONCAP para el 2024.....	- 37 -
5.1.1 Control de crucero adaptativo (ACC).	- 37 -
5.1.2 Sistema avanzado de mantenimiento de carril (LKA).	- 38 -
5.1.3 Asistente inteligente de velocidad (ISA)	- 39 -
5.1.4 Asistente de parada de emergencia (AEB).	- 40 -
5.1.5 Asistente de marcha atrás (REV).....	- 41 -
5.1.6 Aviso de Fatiga (DDR)	- 42 -

5.1.7 Control de descenso en pendiente (HDC).....	- 43 -
5.1.8 Aviso de ángulo muerto (BSD).....	- 44 -
5.1.9 Aviso de colisión frontal (FCW).....	- 45 -
5.1.10 Aviso de tráfico cruzado con frenada automática.....	- 45 -
5.1.11 Aparcamiento automático por control remoto	- 46 -
5.1.12 Luz de carretera automática	- 46 -
6. VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRESENTES EN EL VEHÍCULO DE PRUEBA ...	- 47 -
6.1 Sistema Toyota Safety Sense (TSS)	- 47 -
6.2 Ubicación de los sensores.....	- 47 -
6.3 Sistemas de pre – colisión frontal (PCS)	- 48 -
6.3.1 Configuración del sistema de pre – colisión frontal (PCS).....	- 49 -
6.3.2 Condiciones de funcionamiento.....	- 50 -
6.4 Sistema de alerta de cambio de carril (LDA).	- 50 -
6.4.1 Activación y desactivación del sistema LDA.	- 51 -
6.4.2 Testigos de computador a bordo	- 51 -
6.5 Control de velocidad crucero adaptativo ACC.....	- 52 -
6.5.1 Interruptores de operación	- 53 -
6.5.2 Configuración de velocidad crucero	- 54 -
6.6 Cámara de retroceso (RE).....	- 55 -
6.6.1 Líneas – guías de distancia.....	- 55 -
6.7 Sistemas de asistencia a la conducción automáticos.	- 56 -
7. PRUEBAS EXPERIMENTALES EN EL VEHÍCULO DE PRUEBA.....	- 59 -
7.1 Método descriptivo	- 60 -
7.2 Herramientas de diagnóstico automotriz.	- 60 -
7.3 Ficha técnica del vehículo de prueba.....	- 61 -
7.4 Prueba del sistema de control de velocidad crucero (ACC).	- 61 -
7.4.1 Prueba 1.	- 63 -
7.5 Prueba del sistema de estabilidad (VSC) / (ABS) / (TRC).....	- 65 -
7.5.1 Prueba 2.	- 67 -
7.6 Prueba del sistema (EPS).....	- 70 -
7.6.1 Prueba 3.	- 72 -
7.7 Prueba de cámara trasera (R – CAM).....	- 72 -

8.	SIMULACIÓN EN SOFTWARE.....	- 75 -
8.1	Software especializado MATLAB.	- 75 -
8.2	Simulación del vehículo con sensor radar y cámara frontal.	- 75 -
8.2.1	Pantalla principal.....	- 76 -
8.2.2	Herramientas APPS.....	- 76 -
8.2.3	Pantalla de diseño Scenario Canvas / Ego centric view / Bird's eye plot.	- 77 -
8.2.4	Diseño del vehículo principal.....	- 79 -
8.3	Resultados de la simulación.	- 80 -
9.	RESULTADOS.....	- 84 -
10.	CONCLUSIONES	- 86 -
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 87 -

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de seguridad de los vehículos.....	- 30 -
Figura 2. Lógica de funcionamiento.....	- 31 -
Figura 3. Diagrama del Control crucero adaptativo.	- 38 -
Figura 4. Sistema de mantenimiento de carril.....	- 39 -
Figura 5. Asistente inteligente de velocidad.	- 40 -
Figura 6. Asistente de parada de emergencia.	- 41 -
Figura 7. Cámara RE.	- 42 -
Figura 8. Sistema de aviso de fatiga.....	- 43 -
Figura 9. Control de descenso en pendiente.	- 44 -
Figura 10. Ubicación de los sensores y cámara.....	- 48 -
Figura 11. Calibración del sistema pre - Colisión.....	- 49 -
Figura 12. Sistema de alerta de cambio de carril.	- 52 -
Figura 13. Control crucero adaptativo.....	- 53 -
Figura 14. Interruptores de ACC.....	- 54 -
Figura 15. Interruptores de velocidad ACC.	- 55 -
Figura 16. Líneas de referencia de cámara RE.....	- 56 -
Figura 17. Unidad de control del vehículo. OBD	- 62 -
Figura 18. Información de sistema.	- 62 -
Figura 19. Parámetros de los sensores	- 63 -
Figura 20. Gráficas de parámetros.	- 63 -
Figura 21. Combinación de señales en tiempo real.....	- 64 -
Figura 22. Combinación de señales resultados de las pruebas en tiempo real.	- 65 -
Figura 23. Modulo ABS/VSC/TRC	- 66 -
Figura 24. Información del sistema.....	- 66 -
Figura 25. Parámetros monitoreados por el sistema.	- 67 -
Figura 26. Resultados de las lecturas de las diferentes señales en tiempo real.	- 68 -
Figura 27. Resultados de las lecturas de los sensores en tiempo real.	- 69 -
Figura 28. Grafica resultado de las señales emitidas en tiempo real.....	- 69 -
Figura 29. Modulo EMPS	- 70 -
Figura 30. Cuadro de información del sistema.....	- 71 -
Figura 31. Parámetros monitoreados por el sistema.	- 71 -
Figura 32. Resultados de prueba de funcionamiento en tiempo real.....	- 72 -
Figura 33. Cámara trasera RE.	- 73 -
Figura 34. Información del sistema.....	- 73 -
Figura 35. Parámetros controlados por el sistema.....	- 74 -
Figura 36. Pantalla principal MATLAB	- 76 -
Figura 37. Pantalla de APPS en Matlab.	- 77 -
Figura 38. Scenario Canvas.....	- 78 -
Figura 39. Visión 3D de la simulación.....	- 78 -
Figura 40. Vista desde la perspectiva de los sensores y cámaras.....	- 79 -
Figura 41. Diseño y equipos del vehículo de prueba.	- 80 -
Figura 42. Resultados de la simulación.....	- 81 -

Figura 43. Resultados de la simulación..... - 81 -

Figura 44. Acción evasiva, simulación de activación de los sistemas SAAC. - 82 -

Figura 45. Estabilización del vehículo con asistencia SAAC. - 83 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de automatización según SAE J3016	- 32 -
Tabla 2. Parámetros de prueba.	- 50 -
Tabla 3. Parámetros de prueba 1.	- 64 -
Tabla 4. Parámetros de prueba con velocidad 11 km/h.....	- 64 -
Tabla 5. Parámetros de evaluación en prueba 2.	- 67 -
Tabla 6. Parámetros de evaluación con velocidad 13 km/h	- 68 -

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas avanzados de asistencia al conductor como, el asistente de salida de carril y asistencia de aparcamiento son el claro ejemplo del avance tecnológico que tiene el mercado automotriz en materia de seguridad vial, tienen como objetivo principal brindar una mayor seguridad y experiencia al momento de conducir o trasladarse en un vehículo, dando prioridad a los estándares de seguridad y confort.

El análisis de este proyecto no solo abarca aspectos técnicos y operativos, sino también tiene como objetivo comprender su funcionamiento, sus tendencias en los últimos años y sus proyecciones a futuro, como sus sistemas impactan a los usuarios y esto difiere en las cifras de accidentes viales.

Por tal motivo este proyecto de tesis propone realizar una investigación bibliográfica y pruebas experimentales de los sistemas SAAC que permitirá abordar su funcionamiento, su estructura, la normativa que los regula para su instalación, así como la inserción de los mismos en el mercado automotriz.

A partir del análisis de la información se propone estructurar un estado de arte de los sistemas SAAC, con el objetivo de brindar un nuevo enfoque del tema sus tendencias y proyecciones a futuro en el mercado automotriz.

2. PROBLEMA

El crecimiento de la tasa de accidentes a causa de la impericia e imprudencia del conductor, en el Ecuador, nos da como resultado un crecimiento en las estadísticas del 9% con respecto al año anterior, según cifras oficiales (Agencia Nacional de Transito del Ecuador del año 2022), el 38% del total de siniestros son cometidos por errores humanos. La automatización de vehículos en la actualidad se ha convertido en un tema de gran relevancia frente a la evolución de la seguridad vial en la industria automotriz.

El desconocimiento por parte de los usuarios sobre los sistemas de asistencia al conductor con los que cuenta su vehículo se considera como un aporte al crecimiento de los porcentajes de accidentes, ya que, la falta de interacción del usuario con estos permite que algunos sistemas de seguridad activa y pasiva se mantengan en funcionamiento básico, y los mismos están diseñados para facilitar la conducción y salvaguardar a los ocupantes del vehículo o su interacción con el exterior. Esto genera ciertos conflictos ya que algunos sistemas pueden ser activados o desactivados por el conductor.

2.1 Antecedentes.

Los sistemas avanzados de asistencia al conductor dieron su inicio hace varias décadas atrás, toda mejora se concentró en los sistemas básicos de seguridad ya disponibles del vehículo, antes de los sistemas SAAC, prevenir un accidente dependía únicamente de la reacción del conductor, responder de manera adecuada a estas situaciones son habilidades de las que dependía el conductor para evitar accidentes.

Lo que buscan estos sistemas es controlar aquellos puntos de los cuales el conductor no le es posible visualizar o controlar debidamente. Otro punto relevante es la de mitigar los porcentajes de

accidentes de tránsito a causa de la impericia e imprudencia del conductor, algunas marcas de vehículos como Toyota tienen incluidas estas funciones de seguridad activa en un solo programa de funciones de seguridad activa, Toyota Safety Sense, es el sistema de seguridad de la marca, que incluye; sistema pre - colisión (PCS); sistemas de cambio de carril involuntario (LDA); control crucero adaptativo (DRCC); sistema de mantenimiento de trayectoria (LTA); monitor de ángulo muerto (BSM); detector de tráfico trasero (RCTA); asistente de parking (PKSB SO), los sistemas SAAC son una opción viable para bajar los porcentajes de accidentes viales, esta serie de combinaciones de tecnología permitirá al conductor interactuar con el vehículo y su exterior.

2.2 Importancia y Alcances

Con este proyecto se busca aportar y expandir la información disponible sobre los sistemas SAAC en vehículos medianos, dar un análisis avanzado sobre el estado de arte, las tendencias de estos sistemas en el mercado automotriz y su proyección, y dar un aporte a los grupos de la misma línea de investigación.

Por lo tanto, se pretende iniciar con la recopilación de información disponibles en libros, revistas, páginas web, sobre los sistemas SAAC en vehículos medianos, sus precedentes y tendencias de evolución en los últimos años, la información recopilada nos permitirá ubicar y obtener datos físicos reales de los sistemas involucrados en el vehículo de prueba (Toyota Corolla), para luego realizar un análisis de su lógica de funcionamiento y con la ayuda de un software poder realizar una simulación que permita visualizar su funcionamiento en un escenario controlado.

2.3 Delimitación

El presente proyecto estará delimitado al funcionamiento de los sistemas avanzados de asistencia al conductor y sus tendencias en cuanto a sus avances tecnológicos como la inserción de estos a través de la industria automotriz y sus normativas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Analizar el funcionamiento y tendencias de los sistemas avanzados de asistencia al conductor SAAC de vehículos comerciales.

3.2 Objetivos específicos.

- Generar un estado del arte de los sistemas avanzados de asistencia al conductor a través de teorías, bibliografías y literatura disponible sobre estos.
- Realizar pruebas experimentales controladas de los sistemas de asistencia al conductor instalados en vehículos medianos comerciales, que nos permita visualizar patrones de funcionalidad.
- Establecer una simulación del funcionamiento de los sistemas SAAC, haciendo uso de un software especializado.

4. MARCO TEÓRICO.

Los sistemas de seguridad en vehículos medianos comerciales se definen como una protección para los ocupantes del vehículo, por lo tanto, a medida que evoluciona el mercado automotriz, las necesidades de solventar los temas de seguridad y confortabilidad, ha obligado a instalar sistemas que asisten al conductor en situaciones de emergencia, siempre dando prioridad a la seguridad e integridad de los ocupantes, entre estos sistemas tenemos: (Oscar B. Joan R., 2012).

- Seguridad activa
- Seguridad pasiva

4.1 Seguridad activa.

En el contexto de la seguridad activa del vehículo, que tiene como misión prevenir accidentes o fuertes colisiones que puedan afectar la seguridad de los ocupantes, para poder cubrir estas necesidades en el mercado automotriz se diseñaron grupos de sistemas que son capaces de contrarrestar las cifras de riesgo de colisión, gracias a sus sensores y actuadores que son controlados electrónicamente desde un módulo central.

Estos sistemas tienen la capacidad de optimizar la gestión de riesgo debido a la ubicación de sus sensores en el vehículo, logrando tener una cobertura más óptima de los riesgos que se pueden presentar durante la conducción. Según Albert Marti Parera, estos sistemas de seguridad activa se pueden configurar según sus dos áreas principales: el motor y la transmisión. (Albert M, 2000, p. 18).

En contexto general sobre la seguridad activa del motor se enfoca en controlar el par motor a través de sistemas con tecnología avanzada como ASR (Regulación auto deslizante), tecnología que trabaja en combinación con la información que proporciona el ABS (Sistemas de frenos

antibloqueo) a través de sus sensores, y con esto logra estabilizar el vehículo y mejorar la experiencia de conducción, esto demuestra la efectividad de las diferentes combinaciones de sistemas. (Albert M, 2000, p. 18).

En cuanto a la seguridad activa que controla la transmisión, se puede deducir que este sistema tiene como objetivo mantener siempre en contacto las ruedas con la calzada, esto cuando el vehículo transite por calzadas irregulares, ejecutar todas estas acciones para mantener una efectiva tracción de las cuatro ruedas, se da gracias a las diversas combinaciones de sistemas que controlan los puntos más vulnerables de cada zona que se le asigna, logrando así que el vehículo mantenga un control óptimo durante la conducción incluso en situaciones particulares. (Albert M, 2000, pág. 19).

Sistemas de asistencia al frenado. Estos incluyen sistemas como ABS (sistemas antibloqueo de frenado) o el EBD (distribución electrónica de frenado), como parte de seguridad activa, permiten el control del frenado del vehículo en situaciones de emergencia. (Albert M, 2000, p. 20).

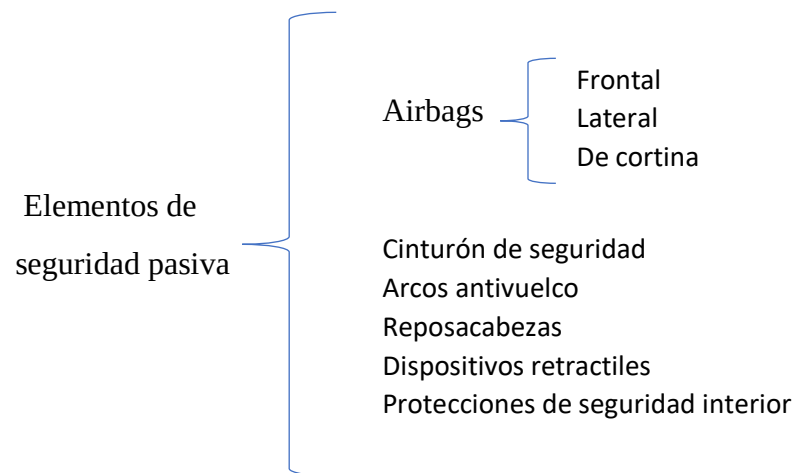
Por otro lado, la seguridad activa en la suspensión permite controlar la estabilidad del vehículo en situaciones consideradas de riesgo como por ejemplo en curvas o derrapes por calzada, lo que busca este sistema es mantener siempre la estabilidad y confort durante la marcha del vehículo. (Albert M, 2000, p. 20).

Sistemas de asistencia al conductor. Estos sistemas le permiten interactuar al conductor con el exterior a través de pequeñas alertas, notificaciones o correcciones, que realizan los sensores a través de los actuadores, por ejemplo: alerta de cambio de carril involuntario.

4.2 Seguridad pasiva.

Este grupo de sistemas permite mantener seguro el habitáculo y a sus ocupantes, su objetivo principal es el de evitar daños en los ocupantes en caso de que se suscite un accidente del mismo. Estos elementos están representados en la Figura 1 (Albert M, 2000, pág. 23).

Figura 1. Elementos de seguridad de los vehículos



Fuente. Oscar B. Juan R. (2012). Sistemas de seguridad y confortabilidad.

4.3 Automatización y sensorización de vehículos.

La automatización en vehículos medianos se define como la capacidad que tiene el automóvil para ejecutar acciones de manera autónoma, ya sea sin intervención por parte del conductor o una mínima participación en cada acción, la autonomía de un vehículo está determinada por la tecnología que incorpora, lo que implica que los vehículos autónomos se clasifican en diferentes grados o niveles de autonomía menor es la necesidad de intervención por parte del conductor, llegando incluso a ser innecesario a ciertos casos. (Alejandro Zornoza, 2021, p.34)

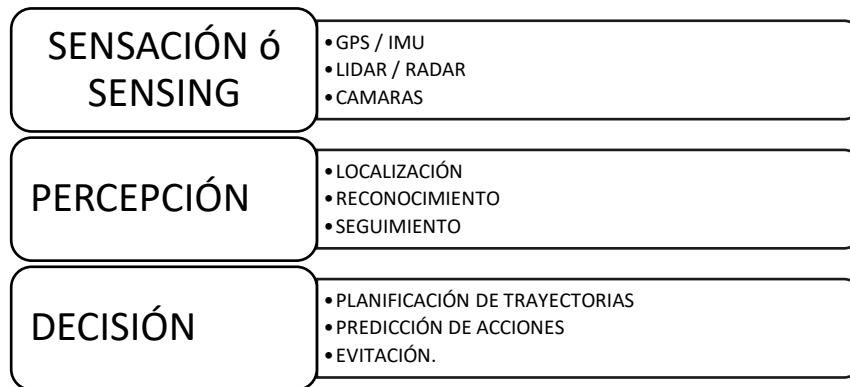
La sensorización de un vehículo se refiere a la arquitectura que tienen los vehículos autónomos que combinan el hardware, el software y los actuadores para ejecutar acciones automatizadas, los sensores como parte fundamental de los sistemas figuran entradas de señal de diferentes magnitudes y lo convierte en señales eléctricas, si se conoce que la función de un sensor es la de una sonda y un transmisor, todo esto le permite convertir señales químicas o física en señal eléctrica, los sensores se caracterizan por las siguientes ecuaciones: (Erich ET Zabler ,2002, p.4).

$$E = f(\varphi, Y1, Y2, \dots) \quad (1) \text{ señal de salida del sensor}$$

$$\varphi = g(E, Y1, Y2, \dots) \quad (2) \text{ Magnitud a medir}$$

Los sensores y actuadores se consideran el canal de comunicación del vehículo con sus sistemas como, freno, transmisión, motor, carrocería, tren de rodaje y su unidad central de control electrónico, lo que define su lógica de funcionamiento como se muestra en la figura 2.

Figura 3. Lógica de funcionamiento



Fuente. David Llopis Castelló, 2021

4.4 Niveles de automatización de un vehículo según normativa SAEJ3016.

Los niveles de autonomía de conducción de un vehículo se ven estandarizados por organizaciones mundiales, que buscan cumplir con varios propósitos, entre ellos:

Tener una definición más clara del rol del conductor, cuando tenga aún controles manuales a su mando, esto mientras operan los sistemas automatizados de asistencia a la conducción.

Dar soporte durante la elaboración de leyes o normativas, cada normativa deberá estar acorde a las necesidades de cada país o región en la que se homologan vehículos para su comercialización.

Desarrollar un margen útil para la elaboración de especificaciones técnicas de automatización de vehículos.

Mantener una postura neutral y proporcionar con claridad información útil sobre la automatización de vehículos y sus teorías. (Fuente: Revista técnica de centro Zaragoza, 2021).

Bajo el criterio de la normativa que los abarca la Tabla 1 detalla los niveles de automatización que cubre esta normativa:

Tabla 1. Niveles de automatización según SAE J3016

Niveles de Automatización de Conducción SAE J3016					
SAE Nivel 0	SAE Nivel 1	SAE Nivel 2	SAE Nivel 3	SAE Nivel 4	SAE Nivel 5
	Control aceleración	Control dirección	Control ángulo muerto	Autonomía total	Autonomía total
	Control frenos	Control automático del freno	Adelantamiento autónomo	Mandos de dirección, aceleración y frenado presentes	Mandos de dirección, aceleración y frenado no presentes

El Nivel 0 no existe ningún sistema de asistencia para el conductor.	El vehículo cuenta con sistemas que le ayudan a monitorear su entorno
En estos niveles de automatización es común la interacción del conductor en los mandos principales. (dirección, frenos y acelerador)	Vehículos con nivel 4 SAE no necesitan la intervención del conductor para prevenir situaciones de colisión
Algunos sistemas fusionan sus acciones para así determinar acciones autónomas del vehículo, como pasa en el frenado de emergencia o la detección de cambio de carril involuntario.	El vehículo tiene autonomía completa no existe intervención alguna del conductor, las personas pasan a rol de pasajeros.

Fuente, MathWorks, 2024

4.5 Sistemas avanzados de asistencia al conductor (SAAC).

Los SAAC son un grupo de innovadoras tecnologías que tienen como finalidad preservar la seguridad de los ocupantes del vehículo y los ocupantes de las vías. Estos sistemas tienen la capacidad de actuar bajo ciertos rangos de autonomía según sea el caso, gracias a su intervención a través de sensores y actuadores estos sistemas tienen el control de: mecanismo de freno; sistema de dirección; transmisión; sistema eléctrico de luces; etc. (DGT,2023)

4.6 Evolución de los sistemas SAAC.

La evolución de los sistemas de seguridad a lo largo de los años en la industria automotriz, ha permitido que existan mejoras en cada sistema disponible del vehículo según sea su gama, en 1970 la seguridad en un vehículo mediano se centraba en componentes de seguridad pasiva con estructuras más resistentes, a partir de los años 1980 al 2005 se consideran ampliar la seguridad y adherir asistentes de seguridad activa en el vehículo, sistemas que den asistencia al conductor, hasta la actualidad se prevé la evolución de los sistemas SAAC en pro de la seguridad vial y confort del usuario. (“Encuentro nacional del observatorio vial 2019”, 2019)

En la actualidad el nivel de tecnología de sistemas SAAC está definido por una escala de automatización de conducción de vehículos, que va desde nivel 0 de autonomía de conducción hasta nivel 5 de autonomía de conducción, estos sistemas están diseñados bajo la lógica de salvaguardar la seguridad de los ocupantes y tomar la mejor decisión en una situación de emergencia. (Faud Sabry, 2022).

Debido a las demandas del mercado automotriz todos estos sistemas están condicionados por normativas que regulan la producción de estos y la inserción en cada región, cada organismo es responsable de un área en específico que garantice cubrir las necesidades de cada mercado.

4.7 Normativas que regulan los sistemas SAAC.

El reglamento UN R131 tiene como objetivo la homologación de autos y la aprobación en las fases de pruebas aplicadas a vehículos medianos, establece disposiciones de uniformidad a los sistemas avanzados de asistencia al frenado de emergencia (AEBS). Estos sistemas son parte crucial para mejorar la seguridad vial, permiten que los vehículos realicen frenados automáticos en situaciones de emergencia para evitar colisiones. La homologación y las pruebas de aprobación de tipo automotriz se realizan conforme a las directrices establecidas por la UN ECE en 2022, garantizando que los vehículos cumplan con los estándares internacionales de seguridad. (EUROLAB, 2024)

En razón del reglamento UN/ECE R79, este por otro lado se enfoca en la homologación de los mecanismos de dirección de los vehículos, esto incluye los avances tecnológicos y las pruebas de ensayo pertinentes. Este reglamento garantiza que los sistemas de dirección sean fiables y eficaces, a través de sus directrices aporta a la seguridad vial y conducción segura. (Homologación y pruebas de aprobación de tipo automotriz UN ECE, 2022)

Por otro lado, la normativa ISO 26262 define un modelo que regula los requisitos para el desarrollo de sistemas eléctricos y electrónicos en vehículos, que se ofrece a los fabricantes como sistema que mide los niveles de seguridad de un equipo automotriz, con el objetivo principal de garantizar su correcto funcionamiento. Esta normativa incluye la regulación de sensores, actuadores y unidades de control, componentes esenciales para la seguridad y eficiencia de los vehículos. (Normas ISO.org, 2024).

4.7.1 Reglamento general de seguridad GSR & EURO NCAP

Estos reglamentos regulan el ingreso de vehículos en el mercado europeo, cuáles son los requisitos de seguridad que deben cumplir los fabricantes con sus nuevos modelos, sin embargo, cada reglamento tiene su enfoque distinto, GSR tiene como objetivo requisitos técnicos, mientras que la EURO NCAP realiza pruebas voluntarias sobre los sistemas de seguridad en los vehículos y su desempeño, estos reglamentos adhieren nuevas aplicaciones en base a los avances que se den en temas de seguridad vial. (Emotion3D, 2023).

Por otro lado existen las normativas locales, Para este caso se consideran las normativas vigentes de cada país en el que se comercializan los vehículos, las normativas locales regulan los requisitos mínimos de seguridad que deben tener un vehículo en base a los estándares de seguridad vigentes en este, al igual que los estándares de calidad que manejan los fabricantes de vehículos con este tipo de sistemas de asistencia, serán requisitos relevantes que deberán cumplirse en cada país de comercialización, para así obtener un producto fiable y de calidad.

5. ESTADO DE ARTE DE LOS SISTEMAS SAAC.

Paralelo a la evolución del mercado automotriz, los primeros sistemas de seguridad activa para vehículos surgen para cumplir con el objetivo de contrarrestar el riesgo de colisión durante la conducción, impulsados por la creciente complejidad tecnológica y los riesgos asociados a la conducción se ven obligados a evolucionar para cubrir las necesidades del mercado.

El cinturón de seguridad fue desarrollado para el mercado automotriz en 1956, Ford fue uno de los primeros en instalar estos dispositivos en sus modelos en ese mismo año, Volvo también decidió formar parte, e incluyó de serie estos dispositivos en sus unidades, su diseño de tres puntos se estandarizó rápidamente, ya para 1959 fueron incluidos en la mayoría de los modelos de vehículos. (MAPFRE, 2024)

Por otro lado, para los sistemas ABS (sistema de frenos antibloqueo) sus primeros diseños se dieron en 1928 con un modelo que solo se mantuvo en papel sin producción, a partir de esa información ya para 1970, se produjo el primer sistema de frenos antibloqueo, con sensores y parte electrónica para mayor asistencia, la marca Mercedes – Benz presentó su primer modelo, y en un lapso de 8 años, logró convertirse en la pionera de la fabricación de estos sistemas, con un segundo modelo más sofisticado. Para los países que pertenecen a la Unión Europea estos sistemas son obligatorios desde 2004. (Alex Adalid, 2024)

Las cámaras desempeñan un papel importante para los sistemas SAAC, funciones como la detección de objetos que obstruyen la circulación del vehículo por la vía y cubrir puntos ciegos del vehículo son características esenciales que ofrecen las cámaras en la automoción para una conducción segura. (MathWorks, 2024)

En cuanto a los radares son dispositivos que emiten ondas de alta frecuencia, ondas que al rebotaren objetos, proporcionan datos de retorno que se utiliza para medir la distancia de dichos objetos. Los radares complementan la función de las cámaras, mejorando significativamente la eficiencia del sistema de reconocimiento. (MathWorks, 2024)

Por otro lado, LiDAR son dispositivos que operan mediante la emisión de un haz laser que, al retornar luego de detectar un objeto, esta señal permite reconstruir en una imagen tridimensional del entorno, este dispositivo es crucial para medir distancias y generar datos en 3D, los sistemas SAAC usan dos tipos de LiDAR: el electromecánico (giratorio); y de estado sólido. (MathWorks, 2024)

5.1 SAAC aprobados por la EURONCAP para el 2024.

El programa europeo de evaluación de automóviles nuevos nace en 1996 con la necesidad de evaluar los estándares de calidad de los vehículos, apoyada por organizaciones internacionales, se encarga de evaluar bajo un régimen de estrellas en nivel de tecnología que tiene el vehículo. Las pruebas han sido mejoradas en base a la evolución de la tecnología de los sistemas por lo que cada tecnología tendrá su valoración según sea su año de fabricación. Los sistemas aprobados son: (Sistemas de seguridad en el automóvil, 2021)

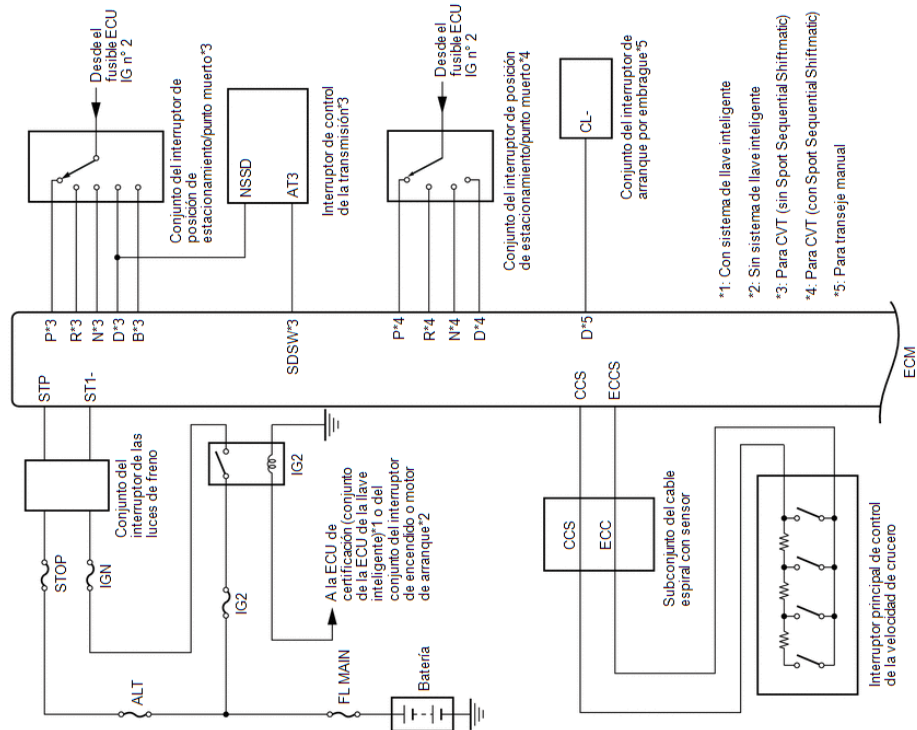
5.1.1 Control de crucero adaptativo (ACC).

El control crucero adaptativo es un sistema capaz de intervenir sobre el freno y el acelerador, con la finalidad de mantener una distancia prudente del vehículo que va al frente, a través de un radar calcula la distancia del vehículo que le precede, en algunos modelos con sistemas STAR&STOP el vehículo es capaz de parar por completo y luego retornar a su velocidad prevista. (NeoMotor, 2020)

En la figura se puede observar la estructura electrónica del sistema de control crucero adaptativo de un vehículo marca Toyota modelo Corolla, este sistema se activa con velocidades mayores a 30 km/h , su funcionamiento se basa en que este sistema controla la ECM a través del motor y los sensores involucrados en el sistema de admisión del vehículo, tiene un sistema de activación automático de retorno, lo que significa que se activa a través de los mandos en el volante y se desactiva en cuanto se deja de presionar.

El control de aceleración, aceleración progresiva, de reanudación y cancelación manual son algunas funciones que presta este sistema en el vehículo, logrando un control de limites de velocidades alta y baja, todo esto a través de la ECM como se muestra a continuación.

Figura 4. Diagrama del Control crucero adaptativo.



Fuente. Tocoresh.net, 2024

5.1.2 Sistema avanzado de mantenimiento de carril (LKA).

Este sistema visualiza mediante una cámara las líneas de división de la carretera, para así monitorizar la trayectoria del vehículo en todo momento de conducción, si el sistema detecta a través de su cámara una desviación en su trayectoria automáticamente el sistema interviene en la dirección de manera leve para poder retornar al carril, durante esta operación el conductor puede tener el control nuevamente del volante en cualquier momento. Los principales elementos involucrados son: cámara frontal, actuadores sobre la dirección electrónica, en vehículos sin dirección electrónica se realiza la misma función desde el freno de cada rueda mediante el ESC. (Dirección general de tráfico, 2023)

Figura 5. Sistema de mantenimiento de carril



Fuente. Atracción 360, Pablo M. 2021

5.1.3 Asistente inteligente de velocidad (ISA)

Este sistema se encarga de monitorizar las señales de tránsito en la vía y poder controlar la velocidad del vehículo, respetando los límites de velocidad máximos y mínimos, este sistema actúa sobre el acelerador y gestiona algunos sistemas del motor, existen cuatro canales de comunicación con el conductor; sistema táctil que a través de un pequeño empuje en el acelerador que regula la

velocidad; mediante la gestión del motor reduciendo su potencia; aviso acústico en cascada; aviso vibratorio en cascada. (dirección general de tráfico, 2023)

Figura 8. Asistente inteligente de velocidad.



Fuente. Aprendemergencias, EuroNCAP,2020.

5.1.4 Asistente de parada de emergencia (AEB).

Los sistemas AEB, su funcionamiento se basa en la recolección de datos de los sensores, cámaras o radar al igual que datos adicionales como la velocidad y trayectoria, este sistema tiene control sobre elementos del sistema de freno y en algunos casos este sistema trabaja con el asistente ACC (asistente control crucero), cuando el sistema se activa, emite una alerta sonora, en caso de no recibir respuesta de parte del conductor, el sistema actúa sobre el pedal del freno presionándolo produciendo una parada emergencia.

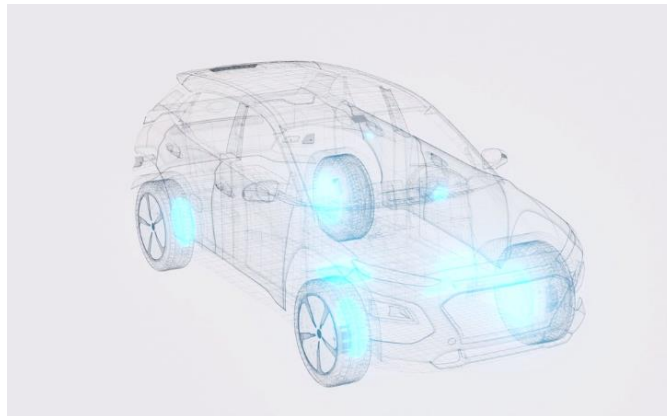
Su rango de velocidad para funcionar inicia en los 5 km/h y se suele extender hasta los 250 km/h para sistemas avanzados de autos de gama alta. Existen sistemas AEB que por el rango de velocidad se clasifican en: urbanos (velocidades menores a 50 km/h) y el interurbano (velocidades mayores a 50 km/h). Sus principales componentes son: (DGT, 2023)

- Cámara frontal

- Radar frontal
- Sensores de posición (freno y acelerador).
- Sensor de ángulo de giro del volante.
- Unidad de control
- Sistema de frenado

Las cámaras de este sistema están ubicadas en el parabrisas y las mismas son capaces de reconocer peatones, ciclistas y objetos. El radar puede llegar a tener un alcance de 250 metros de retorno de señal, y una vista con rango de 360°. (Neomotor, 2018)

Figura 9. Asistente de parada de emergencia.

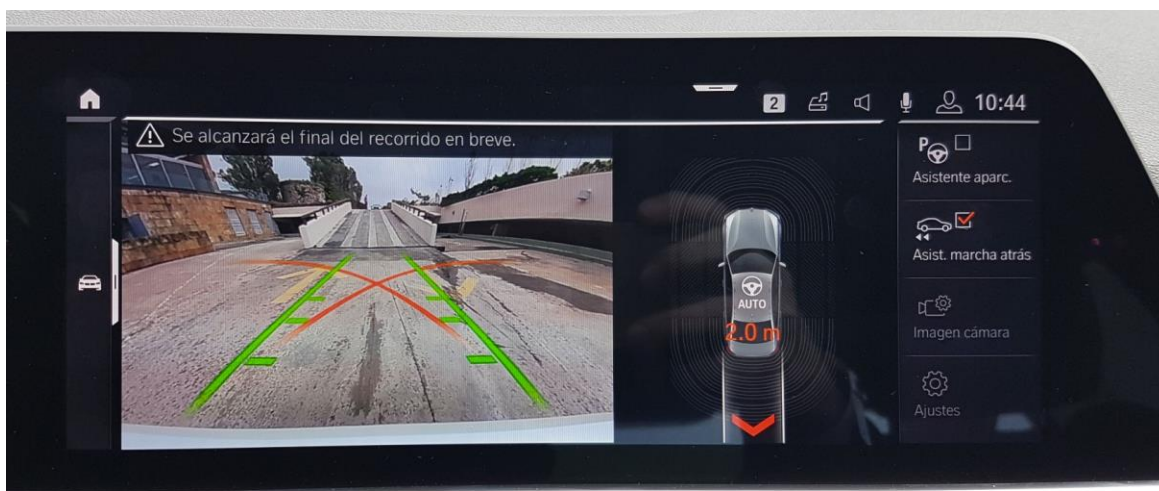


Fuente. DGT, Sistemas avanzados de ayuda a la conducción, 2023

5.1.5 Asistente de marcha atrás (REV)

Este sistema de asistencia al conductor permite registrar el recorrido de un vehículo aproximadamente hasta 50 metros hacia adelante para luego poder realizar maniobras autónomas de retroceso durante esa distancia, donde el vehículo tendrá el mando de la dirección, y el conductor interactuará con los mecanismos de activación y de frenado para cuando el sistema lo solicite para tomar el mando de la dirección y frenos. (Daniel Panzera BMW, 2019)

Figura 10. Cámara RE.



Fuente. 16 válvulas. Noticias de autos, Daniel Panzera, 2019.

5.1.6 Aviso de Fatiga (DDR)

Este sistema se encarga de monitorear el comportamiento del conductor desde el inicio de la marcha, durante el recorrido del vehículo se analizan algunos parámetros que determinan patrones de comportamiento habitual del conductor, entre estos datos consta la velocidad angular del volante del vehículo, si durante la conducción existe un cambio en los patrones iniciales de conducción, el sistema se activa intuyendo que el conductor ha cambiado su condición de manejo y procede a activar su alerta sonora para interactuar con el conductor.

Este sistema está conformado por sensores que controlan el ángulo del volante para a través de esta información que emite el sensor determinar movimientos aleatorios y registrarlos, un módulo de control que permite registrar el tiempo de conducción sin parar del vehículo, y un tablero de instrumentos para poder interactuar con el usuario. (Fundación MAPFRE, 2020)

Figura 11. Sistema de aviso de fatiga.



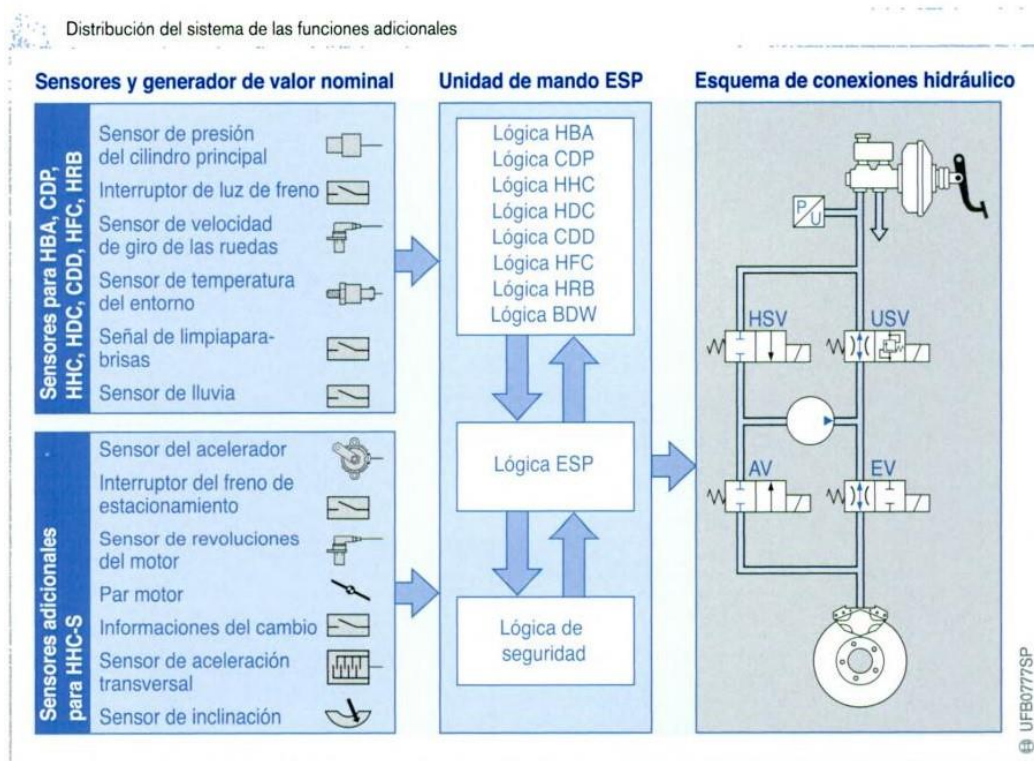
Fuente. Coches.net, Sara Soria, 2022

5.1.7 Control de descenso en pendiente (HDC)

Este sistema está diseñado para asistir al conductor durante el descenso del vehículo por pendientes pronunciadas o con un declive mayor al 50%, este sistema interviene en el sistema de frenos controlando parámetros como la velocidad nominal baja, esto sin necesidad de la intervención del conductor, su activación se realiza en la mayoría de casos por medio de un pulsador HDC.

En situaciones en las cuales el vehículo pierde fricción de las ruedas con el suelo, automáticamente se activa el ABS para estabilizar el vehículo, existen modelos que están diseñados con una opción para la detección del nivel de suelo (level ground detection), que sirve para activar y desactivar el HDC cuando se presenten las condiciones de funcionamiento, para otros casos el sistema solo permanecerá en alerta. (BOSCH, 2005, p.74)

Figura 12. Control de descenso en pendiente.



Fuente. Sistemas para la estabilización del vehículo (p. 69), BOSCH, 2005,

5.1.8 Aviso de ángulo muerto (BSD)

Este sistema utiliza cámaras ubicadas generalmente en los retrovisores, cámaras que cubren la vista del conductor con ángulo muerto, estos sistemas, una vez activo el sistema se encenderán luces de alerta en los retrovisores y se mostrara una luz testigos en el tablero de instrumentos dando aviso de la presencia de un vehículo por ese ángulo.

La monitorización de este sistema también cuenta con funciones adicionales como, cuando el conductor se dispone a realizar un giro y enciende la luz direccional, las cámaras detectan la presencia de un objeto por ese ángulo de giro, el sistema activara su alerta ya sea visual a través

del tablero o acústica, para lograr todo esto el sistema esta compuesto generalmente por: interruptores, sensores de radar, una unidad de control, indicadores de alerta y los sistemas de asistencia de frenado disponibles en el vehículo. (Oscar Barrera, Joan Antoni, 2012 p. 160)

5.1.9 Aviso de colisión frontal (FCW)

Como su nombre lo identifica este sistema detecta un posible peligro de colisión frontal con otro vehículo u objeto que se encuentra en frente, estos sistemas en algunos casos suelen reconocer peatones, ciclistas u otros objetos, este sistema consta de cámaras ubicadas en la parte frontal superior del parabrisas y sensores de radar para calcular la proximidad de los objetos, estas configuraciones pueden variar según sea la gama, modelo o exigencias del vehículo.

Este sistema funciona a partir de los 5 km/ h, y a través de sus módulos de control que monitorean a través de las cámaras su entorno, dará su respectiva alerta si es necesario, en algunos casos estos sistemas solo están diseñados para dar aviso al conductor sobre una posible colisión mas no realizar alguna acción evasiva automática por parte del vehículo, por lo tanto su configuración dependerá de la gama del vehículo (Todotest Noticias, 2024)

5.1.10 Aviso de tráfico cruzado con frenada automática

Este sistema está diseñado para dar aviso al conductor de la presencia de vehículos transversalmente o por la zona posterior, esto cuando el vehículo este en retroceso. Controla los frenos en caso de presentarse una situación de emergencia.

Este sistema esta compuesto por radares de corto alcance ubicados en las esquinas del vehículo, su activación se realiza a través de los mandos en el volante en la opción de entretenimiento, el frenado automático se activara si los sensores detectan objetos en su rango de radar, y se desactiva cuando el conductor presiona el acelerador en caso de ser seguro el entorno,

situaciones como el clima o la suciedad en los sensores pueden afectar el funcionamiento del sistema. (Neomotor, 2020)

5.1.11 Aparcamiento automático por control remoto

Este sistema es capaz de estacionar el vehículo sin necesidad de que el conductor intervenga en absoluto, el sistema interviene en la dirección, frenos y caja de cambios. Para ello utiliza cámaras y sensores que monitorean la trayectoria del vehículo. (Todotest Noticias, 2024)

5.1.12 Luz de carretera automática

Este sistema tiene la capacidad de detectar el tráfico cruzado y activar y desactivar las luces altas en función del tráfico. (Todotest Noticias, 2024)

6. VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRESENTES EN EL VEHÍCULO DE PRUEBA

En esta actividad se procederá a realizar pruebas experimentales en un vehículo marca Toyota tipo sedan modelo corolla, el cual está equipado con un grupo de sistemas que controlan la seguridad del vehículo y las acciones del conductor, este sistema denominado Toyota Safety Sense, cuenta con dispositivos de seguridad activa con la capacidad de detectar una variedad de peligros y dar alerta al conductor. (Toyota.br,2024)

6.1 Sistema Toyota Safety Sense (TSS)

Los sistemas TSS son un conjunto de innovadoras funciones instaladas de serie para seguridad activa del vehículo, su lógica de funcionamiento se basa en que el conductor siempre debe tener el control del vehículo, es decir, los sistemas TSS están diseñados para reducir el impacto de los accidentes sobre los ocupantes y transeúntes, mas no para reemplazar al conductor, se compone de los siguientes sistemas de seguridad activa que mejoran la experiencia de conducción en el vehículo: (Toyota.br,2024)

- Sistema de pre – colisión frontal (PCS)
- Sistemas de alerta de cambio de carril (LDA)
- Sistemas de luces automáticas (AHB)
- Control de velocidad crucero adaptativo (ACC)
- Cámara RE

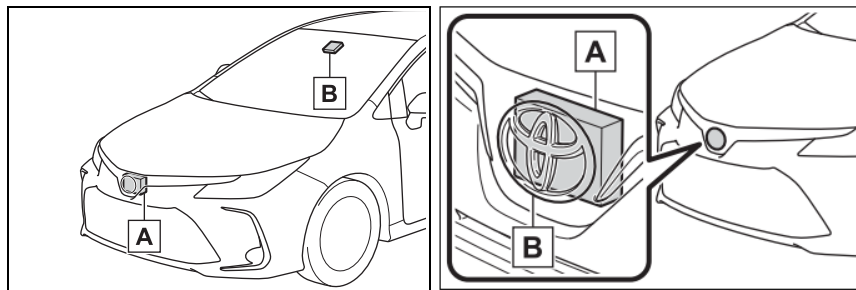
6.2 Ubicación de los sensores.

Existen dos tipos de sensores involucrados en los sistemas TSS, estos sensores permiten recopilar información que procesan los sistemas para poder actuar: (Toyota.br,2024)

Sensor de radar (A)

Cámara delantera (B)

Figura 13. Ubicación de los sensores y cámara.



Fuente. Toyota.br, 2024

6.3 Sistemas de pre – colisión frontal (PCS)

Este sistema usa los sensores disponibles para advertir sobre una posible colisión frontal del vehículo, su funcionamiento se basa en usar el sensor de radar para detectar posibles vehículos en frente y con la ayuda de la cámara frontal reconocer el objeto, si el sistema detecta peligro de colisión, emite una alerta al conductor para que tome acciones, si no se da una reacción de parte del conductor, el sistema actúa sobre los frenos con una fuerza mayor a la que se aplica, reduciendo la velocidad y la distancia con el otro vehículo. Este sistema se puede activar y desactivar en caso de ser requerido, también se puede calibrar su periodo de advertencia. (Toyota.br,2024)

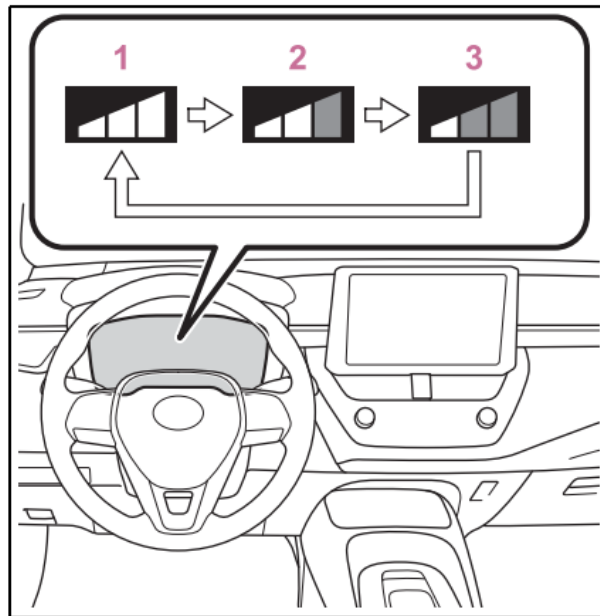
6.3.1 Configuración del sistema de pre – colisión frontal (PCS)

El sistema se activa conjuntamente con el botón de inicio del vehículo, en caso de estar desactivado la luz testigo dará aviso de su estado, durante su funcionamiento el testigo de alerta ante una posible colisión se iluminará en el tablero.

El temporizador de advertencia previo a la colisión se puede configurar mientras el motor se encuentre apagado, se presiona el botón de advertencia y se podrá elegir entre tres modos de temporizador: (Toyota.br,2024)

- Anticipado
- Medio (estándar)
- Tarde

Figura 16. Calibración del sistema pre - Colisión



Fuente. Toyota.br, 2024

6.3.2 Condiciones de funcionamiento.

El sistema está diseñado para combinar información de diferentes sistemas como el del control de estabilidad del vehículo (VSC), a través de sus actuadores se le permita cumplir con el objetivo de protección, estos sistemas trabajan bajo ciertas condiciones, por ejemplo, el sistema de frenado pre – colisión funciona bajo los parámetros del sistema VSC, es decir si el sistema VCS esta desactivado, el sistema pre – colisión permanecerá desactivado también, esto se podrá notar ya que el testigo estará encendido.

Este sistema también trabajara bajo los siguientes parámetros de velocidad que se muestran en la siguiente tabla: (Toyota.br,2024)

Tabla 2. Parámetros de prueba.

OBJETOS DETECTADOS	VELOCIDAD DE VEHÍCULO	VELOCIDAD RELATIVA
Solo vehículos	10 km/h a 180 km/h	10 km/h a 180 km/h
ASISTENCIA DE FRENADO PRE – COLISIÓN		
Solo vehículos	30 km/h a 180 km/h	30 km/h a 180 km/h

Fuente. Autor

6.4 Sistema de alerta de cambio de carril (LDA).

Este sistema está diseñado para dar alerta al conductor en caso de un cambio de carril del vehículo durante su conducción, esto se da siempre y cuando las líneas de la carretera sean claras en colores amarillo o blanco, este sistema puede fallar en condiciones particulares de funcionamiento como, estado del clima, estado de la calzada, visibilidad de la cámara frontal, maniobras de conducción fuera de lo común como derrapes o conducción en vaivén. (Toyota.br,2024)

6.4.1 Activación y desactivación del sistema LDA.

Para poder activar el sistema LDA se procede a presionar el botón de advertencia, hasta que se muestre el testigo encendido, este sistema está diseñado para activarse automáticamente con el encendido del vehículo. Para su desactivación se sigue el mismo procedimiento hasta que la luz de testigo se apaga. (Toyota.br,2024)

6.4.2 Testigos de computador a bordo

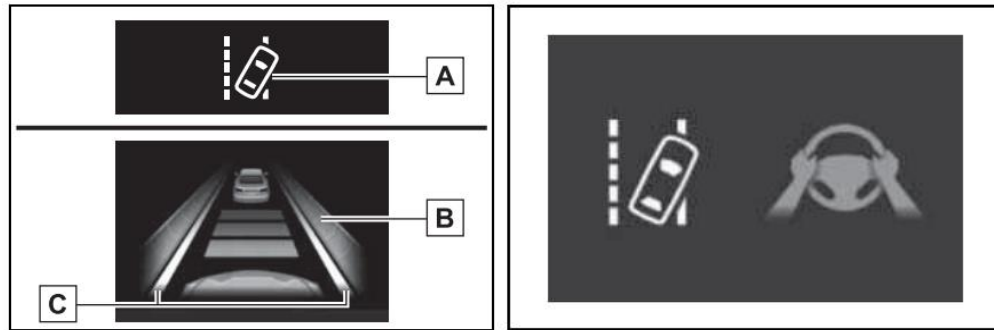
El testigo que se iluminan en la pantalla del computador está diseñado para mostrar tres colores de alerta que tiene como objetivo medir el grado de advertencia del sistema y con eso también el sistema accionar de manera más oportuna en caso de no haber una intervención del conductor, iluminación que se detalla por siguiente. (Toyota.br,2024)

- Iluminación blanca: alerta de desviación. LDA funcionando.
- Iluminación verde: asistencia a la dirección.
- Naranja intermitente: función LDA funcionando.

El sistema deberá cumplir con las siguientes condiciones para poder entrar en funcionamiento:

- La velocidad del vehículo debe ser 50 km/ h o más.
- El ancho del carril es de 3 metros o más.
- Sin códigos de falla presentes.

Figura 17. Sistema de alerta de cambio de carril.



Fuente. Toyota.br, 2024

6.5 Control de velocidad crucero adaptativo ACC

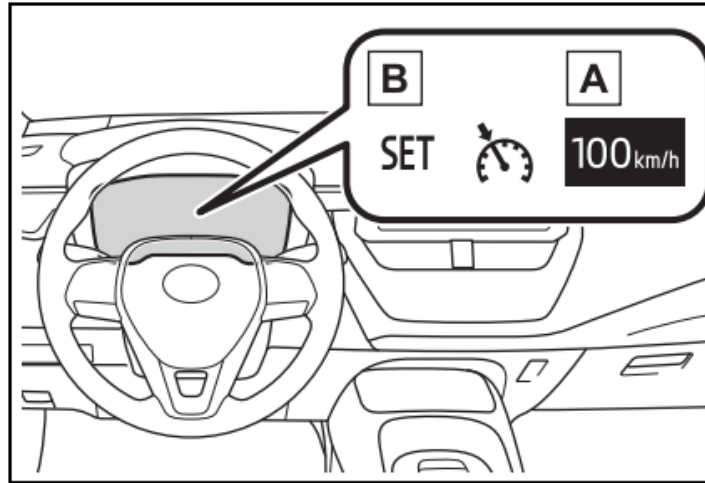
Este sistema está diseñado para mantener una velocidad determinada por el conductor durante una conducción más extensa, el sistema deberá cumplir con algunas condiciones para entrar en funcionamiento. Este sistema es de activación manual por parte del conductor. Está compuesto por los siguientes dispositivos: (Toyota.br,2024)

Pantalla de ajustes

Velocidad determinada (A)

Indicadores (B)

Figura 20. Control crucero adaptativo.



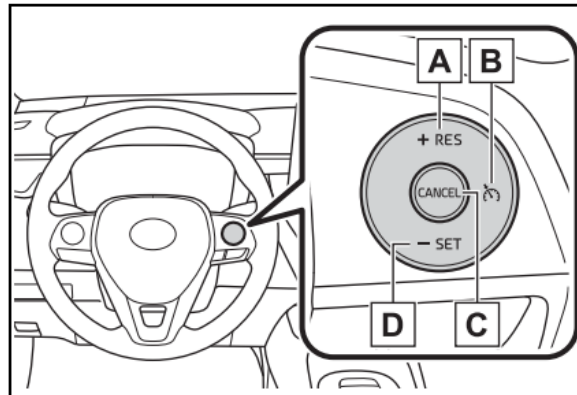
Fuente. Toyota.br, 2024

6.5.1 Interruptores de operación

Los interruptores de control del sistema están ubicados en el volante, interruptores que se detallan, por consiguiente:

- | | |
|---|-----|
| Interruptor “+RES” | (A) |
| Interruptor principal de control de velocidad constante | (B) |
| Interruptor de cancelar | (C) |
| Interruptor “-SET” | (D) |

Figura 21. Interruptores de ACC.



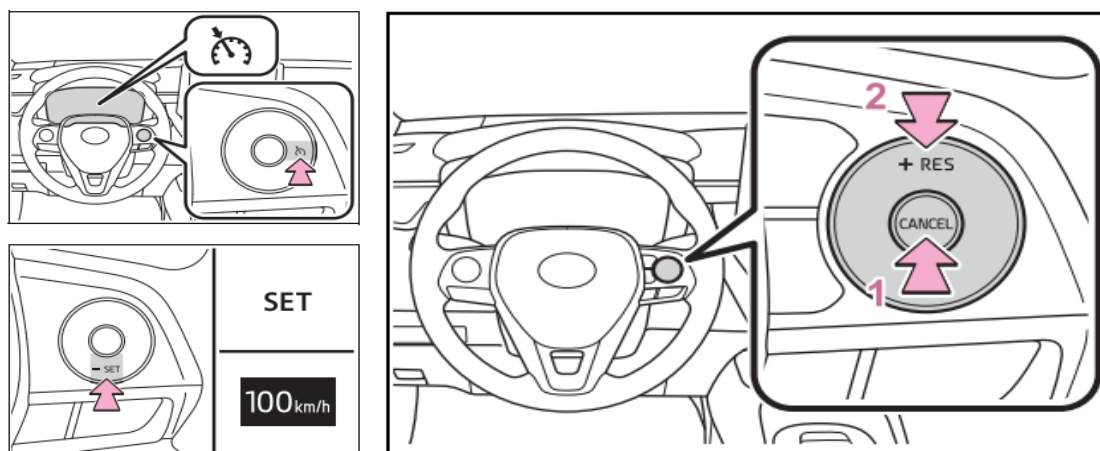
Fuente. Toyota.br, 2024

6.5.2 Configuración de velocidad crucero

Para poder activar el sistema y configurar la velocidad del vehículo deseada, se procederá de la siguiente manera: (Toyota.br,2024)

- Presionar el interruptor para desactivar el sistema ACC
- Presiona el interruptor para activar el sistema ACC
- Verificar que se encienda el testigo de luz del sistema en la pantalla
- Acelere o desacelere para ubicar la velocidad deseada y luego presione “-SET”.
- Con los interruptores “+REST” Y “-SET” se podrá aumentar o reducir la velocidad crucero
- Con el interruptor “CANCEL” podrá desactivar el sistema y el vehículo retoma velocidades de 30 km/h aproximadamente.

Figura 22. Interruptores de velocidad ACC.



Fuente. Toyota.br, 2024

6.6 Cámara de retroceso (RE)

Este dispositivo también conocido como cámara de réplica, permite al conductor observar el panorama de la parte posterior del vehículo, esto con la finalidad de reconocer objetos que obstruyen el paso para retroceder, calcular la distancia con relación a otro vehículo al momento de estacionar. (Toyota.br,2024)

6.6.1 Líneas – guías de distancia.

Las líneas – guía de distancia se muestran en la pantalla de instrumentos según sea su trayectoria, durante el funcionamiento de este dispositivo se combina información del mecanismo de dirección también, de esta manera las líneas – guía tomaran su trayectoria, las mismas que se detallan por siguiente: (Toyota.br,2024)

Línea A. Esta línea nos da una referencia del ancho del vehículo y se mostrara según sea la trayectoria del vehículo, el ancho de esta línea es de mayor longitud que la real del vehículo por razones de seguridad.

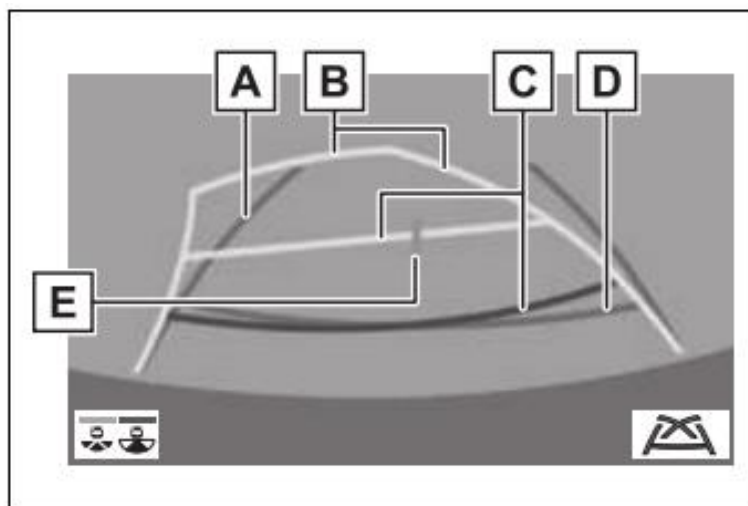
Línea B. también conocida como líneas de curso, permiten observar al conductor un rumbo estimado cuando gira la dirección.

Línea C. Líneas de distancia nos muestran una distancia estimada con relación a un objeto cuando se gira la dirección, estas líneas se mueven con las líneas de rumbo. Las distancias que se muestran son: 0,5 m (rojo) y 1 m (amarillo), esto se mide desde el centro del borde del parachoques.

Línea D. Nos muestra un punto a 0,5 m (azul) en relación con la superficie del parachoques.

Línea E. Proyecta el centro del vehículo con relación al suelo, esto en una superficie llana.

Figura 25. Líneas de referencia de cámara RE.



Fuente. Toyota.br, 2024

6.7 Sistemas de asistencia a la conducción automáticos.

Estos sistemas están diseñados para activarse en diferentes condiciones de conducción, estos sistemas permanecen activos desde el inicio del vehículo, dan soporte a las diferentes

situaciones que se presentan durante la conducción, pero estos sistemas solo son complementarios por tal motivo el conductor deberá siempre tener el control del vehículo. (Toyota.br,2024)

El Sistema de frenado controlado electrónicamente (ECB) conocido también como sistema de frenos “por hilos”, controla el frenado después de que el conductor aplique presión sobre el pedal, con este sistema se reemplaza lo mecánico por lo electrónico y su peso total se reduce significativamente en el vehículo, con mayor eficiencia y rendimiento. (Toyota.br,2024)

En cuanto al sistema de freno anti derrape (ABS), este sistema permite controlar el frenado de cada rueda del vehículo ante un posible bloqueo de estas cuando se está frenando, esto evita que el vehículo derrape Por otro lado, el Asistente de frenado (BA), genera un esfuerzo adicional en la presión del frenado cuando se detecta un frenado repentino, como emergencia. (Toyota.br,2024)

Para los sistemas de estabilidad del vehículo cuentan con diversos sistemas que permiten mejorar la experiencia de conducción, entre ellos tenemos:

El control de estabilidad (VSC), este sistema permite que el conductor no pierda el control del vehículo durante un derrape, este sistema combina la información y actuadores de otros sistemas para poder cumplir con su objetivo, información del ABS, tracción (TRC), y dirección eléctrica (EPS) (Toyota.br,2024)

Por otro lado, el control de tracción (TRC) está diseñado para mantener la fuerza de tracción en las cuatro ruedas y evitar que se pierda tracción en una de ellas, y así derrapar. Uno de sus complementos es la Asistencia activa en curvas (ACA) que es la que controla que el vehículo no pierda pista durante una curva, tomando el control del frenado interior de la rueda cuando el conductor está acelerando para salir de una curva.

Otro sistema relevante para la conducción es el Asistente en pendientes (HAC) quien bloquea el movimiento hacia atrás del vehículo en una pendiente cuando arranque así también tenemos a la dirección eléctrica (EPS) la cual adiciona a la dirección un motor eléctrico que menora los esfuerzos de control de la dirección. (Toyota.br,2024)

La Señal de freno de emergencia (EBS) es un sistema que controla la luz de emergencia y la activa en caso de que se suscite un frenado repentino, enciende las luces de advertencia para el vehículo que viene atrás por otro lado el Freno de colisión secundario (SCB) este sistema recibe información de los sensores de airbags, ante una posible colisión se activarán las luces de frenado y se procederá a controlar el frenado del vehículo para evitar una colisión secundaria (Toyota.br,2024)

7. PRUEBAS EXPERIMENTALES EN EL VEHÍCULO DE PRUEBA.

Para este apartado del trabajo se procederá a realizar pruebas experimentales en un vehículo mediano, tipo sedan marca Toyota modelo corolla, el objetivo de este punto es poder observar el comportamiento de los sistemas instalados en el vehículo, todo esto mediante una herramienta que nos permita visualizar los datos de los sensores y actuadores.

La metodología utilizada se centra en la organización de la información obtenida a partir de las diferentes investigaciones bibliográficas que abordaban el tema en general, esta información fue organizada y analizada según los diferentes métodos que se solicitan para cumplir con los objetivos.

Como primer punto, se aplicó una metodología investigativa para recopilar información relevante sobre el tema, información que nos ayude a formar un estado de arte de los sistemas SAAC, iniciando con una investigación sobre el origen de los sistemas, su evolución a partir de los primeros modelos, su inserción en la comunidad. Toda la información recopilada fue organizada con escala en base a los años de evolución de cada sistema.

Por consiguiente, se realizaron pruebas en base a la metodología experimental, mediante la conexión de herramientas de diagnóstico automotriz se pudo constatar el funcionamiento de los sistemas instalados en el vehículo sujeto a prueba, para luego proceder a recopilar información técnica de los sistemas y luego realizar las pruebas pertinentes de cada sistema, monitoreando las señales emitidas de cada sensor mediante graficas que se pueden interpretar para su análisis.

Una vez realizadas las pruebas y analizado toda la información recopilada, procedemos a usar los datos obtenidos e ingresarlos un software especializado y a través de sus herramientas de programación poder usar la lógica de funcionamiento de los sistemas SAAC, para crear una

simulación controlada que demuestre la funcionalidad de los sistemas, y con esto tener una definición más clara del estado de arte definido en este proyecto de los sistemas SAAC en vehículos medianos comerciales.

7.1 Método descriptivo

El método que se usa en este apartado es el descriptivo, ya que mediante este método podremos detallar los procesos de funcionamiento de los sistemas presentes en el vehículo a prueba, observar el comportamiento de algunos de sus sistemas en situaciones reales, todo esto con la ayuda de herramientas de diagnóstico automotriz.

7.2 Herramientas de diagnóstico automotriz.

Para este proyecto se usa equipos de diagnóstico automotriz que nos permitan visualizar las señales de los sensores involucrados en tiempo real con sus respectivas gráficas, los equipos utilizados se detallan por siguiente:

- Scanner profesional Maxisys, este equipo nos permite realizar un escaneo completo de los sistemas del vehículo a través de sus interfaces de comunicación.
- Interfaz de comunicación Autel maxiflash vcmi, debido a sus cuatro canales de conexión nos permitirá dar lectura a los datos que genera.

7.3 Ficha técnica del vehículo de prueba.

TOYOTA COROLLA HYBRID	
Corolla	HV XEI AC 1.8 eCVT
<u>DIMENSIONES</u>	
Largo / Ancho / Alto (mm)	4.630 / 1780 / 1455
Distancia entre ejes	2700 mm
<u>MOTOR NAFTERO</u>	
Cilindrada (cc)	1798
Tipo	4 en línea
Distribución	16 válvulas DOHC y VV-Ti
Potencia máxima (Cv (kw) / rpm)	98 (72) / 5200
Torque máximo (Nm / rpm)	142 / 3.600
<u>SISTEMA HÍBRIDO RECARGABLE</u>	
Potencia combinada (Cv (kw) / rpm)	122(90) / 5200
<u>SEGURIDAD</u>	
Toyota Safety Sense	Activo
Control de velocidad crucero adaptativo (ACC)	Activo
Sistemas de pre – colisión frontal (PCS)	Activo
Sistema de alerta de cambio de carril (LDA)	Activo
Sistema de luces automáticas (AHB)	Activo
Sistema de alerta de vaivén (SWS)	Activo

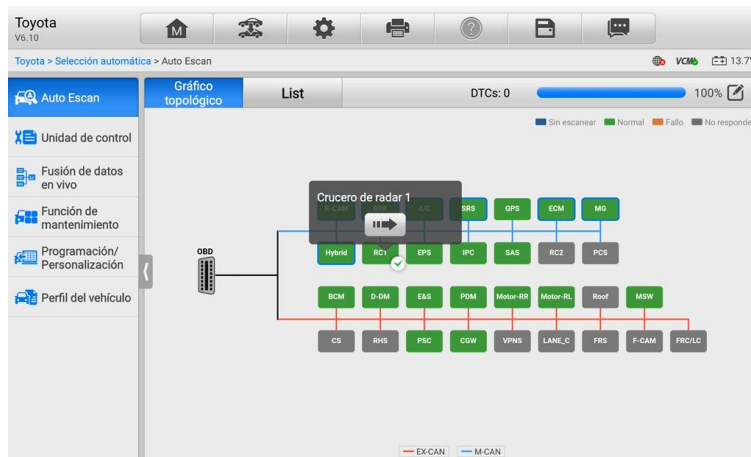
7.4 Prueba del sistema de control de velocidad crucero (ACC).

Para la prueba de este sistema, se realiza la conexión de los equipos con los dispositivos de transmisión en las entradas OBD, tanto el scanner como la interfaz con sus sondas deberán estar conectadas correctamente.

- Una vez generada la comunicación con la ECU del vehículo, esta mostrara los sistemas disponibles (color verde), para este caso se muestra el Crucero de radar

1.

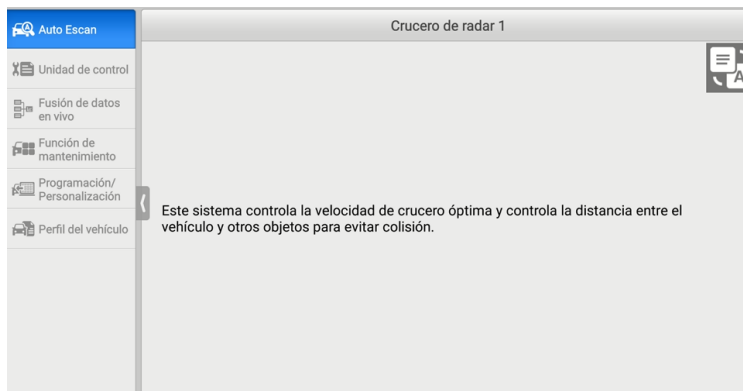
Figura 26. Unidad de control del vehículo. OBD



Fuente. Autor

- La siguiente pantalla una vez se elija ingresar al sistema RC1 nos mostrará un mensaje con la función de este sistema.

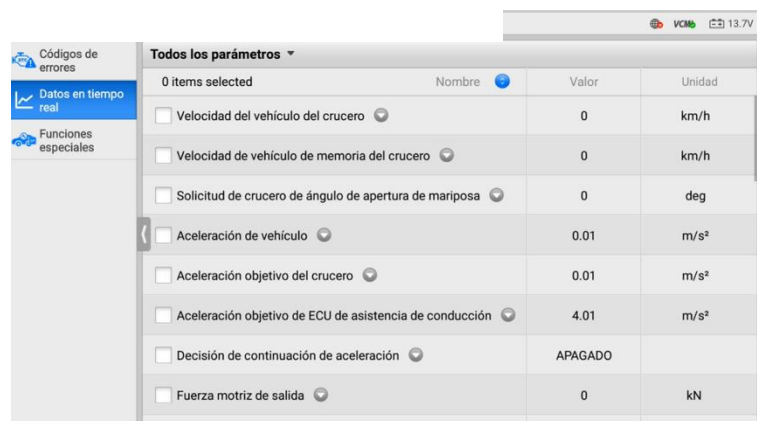
Figura 27. Información de sistema.



Fuente. Autor

- Por siguiente se elige la opción de Datos en tiempo real, en este ítem se podrá observar los parámetros bajo los cuales trabaja este sistema, nos proporciona datos en tiempo real de cada parámetro.

Figura 28. Parámetros de los sensores

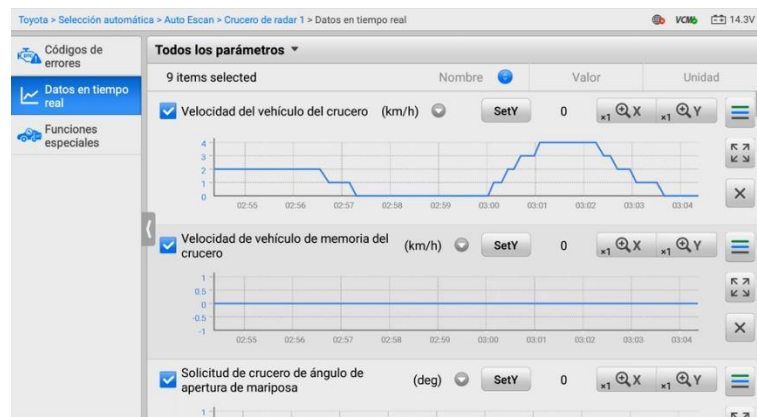


Todos los parámetros			
0 items selected			
	Nombre	Valor	Unidad
☐	Velocidad del vehículo del cruceo	0	km/h
☐	Velocidad de vehículo de memoria del cruceo	0	km/h
☐	Solicitud de cruceo de ángulo de apertura de mariposa	0	deg
☐	Aceleración de vehículo	0.01	m/s ²
☐	Aceleración objetivo del cruceo	0.01	m/s ²
☐	Aceleración objetivo de ECU de asistencia de conducción	4.01	m/s ²
☐	Decisión de continuación de aceleración	APAGADO	
☐	Fuerza motriz de salida	0	kN

Fuente. Autor

- En algunos de los parámetros se puede observar mediante una gráfica individual.

Figura 31. Gráficas de parámetros.



Fuente. Autor

7.4.1 Prueba 1.

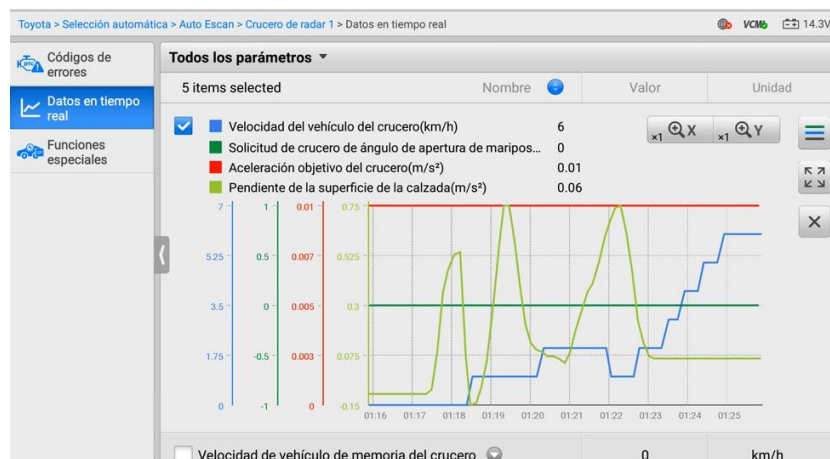
Para realizar esta prueba se tomaron en cuenta dos velocidades diferentes, en los cuales se agregaron parámetros que se mostrará en la gráfica.

Tabla 3. Parámetros de prueba 1.

Velocidad km / h	Etapas
0 km / h	Inicio
6 km / h	Intermedio
Parámetros	
Velocidad del vehículo	6 km / h
Solicitud de cruce de ángulo de apertura de mariposa	0
Aceleración objetivo del cruce (m/s ²)	0.01
Pendiente de la superficie (m/s ²)	0.06

Fuente. Autor

Figura 33. Combinación de señales en tiempo real.



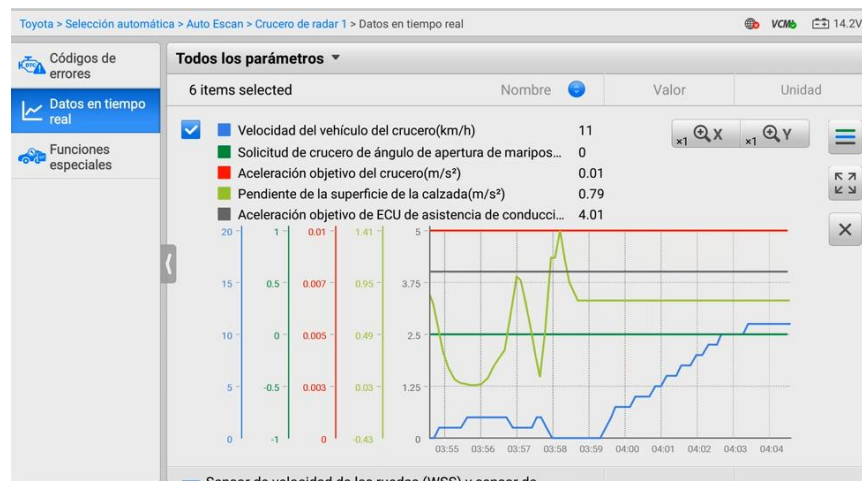
Fuente. Autor

Tabla 4. Parámetros de prueba con velocidad 11 km/h.

Velocidad km / h	Etapas
11 km / h	
Parámetros	
Velocidad del vehículo	11 km / h
Solicitud de cruce de ángulo de apertura de mariposa	0
Aceleración objetivo del cruce (m/s ²)	0.01
Pendiente de la superficie (m/s ²)	0.79
Aceleración objetivo de ECU	4.01

Fuente. Autor

Figura 34. Combinación de señales resultados de las pruebas en tiempo real.



Fuente. Autor

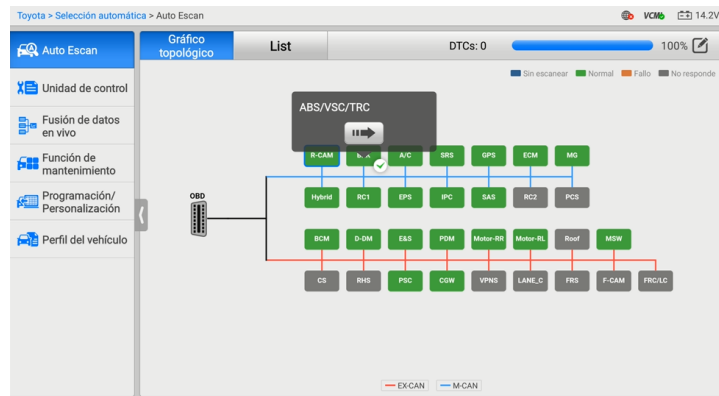
Debido a las condiciones en las que funciona el sistema no se pudo realizar la prueba correctamente, este sistema se activa con velocidades mayores a 30 km / h.

7.5 Prueba del sistema de estabilidad (VSC) / (ABS) / (TRC).

Para la prueba de este sistema, se realiza la conexión de los equipos con los dispositivos de transmisión en las entradas OBD, tanto el scanner como la interfaz con sus sondas deberán estar conectadas correctamente.

- Seleccionamos la opción de nuestro sistema.

Figura 35. Modulo ABS/VSC/TRC



Fuente. Autor

- Se abre nuestro cuadro de información sobre el sistema.

Figura 36. Información del sistema.



Fuente. Autor

- Escaneamos el sistema y nos mostrará los parámetros de funcionamiento, toda esta información con cifras en tiempo real.

Figura 37. Parámetros monitoreados por el sistema.

Toyota > Selección automática > Auto Escan > ABS/VSC/TRC > Datos en tiempo real			
Todos los parámetros			
0 items selected	Nombre	Valor	Unidad
☐	Velocidad de rueda del-der	0	km/h
☐	Velocidad de rueda del-izq	0	km/h
☐	Velocidad de rueda tras-der	0	km/h
☐	Velocidad de rueda tras-izq	0	km/h
☐	Sensor de carrera	1.04	V
☐	Sensor de carrera 2	3.96	V
☐	Presión de fuerza de reacción	0	MPa
☐	Servopresión	0	MPa

Fuente. Autor

7.5.1 Prueba 2.

Para esta prueba se tomará en cuenta dos velocidades como prueba de funcionamiento, durante el funcionamiento del sistema se combinarán parámetros que se podrán visualizar en las gráficas.

- Velocidad 0 km/h

Tabla 5. Parámetros de evaluación en prueba 2.

Velocidad km / h	
0 km / h	Inicio
Parámetros	
Sensor de desaceleración 1	-0,286
Sensor de desaceleración 2	-0,286
Velocidad del vehículo	0 km/h

Fuente. Autor

Figura 38. Resultados de las lecturas de las diferentes señales en tiempo real.



Fuente. Autor

- Velocidad 13 km/h.

Tabla 6. Parámetros de evaluación con velocidad 13 km/h

Velocidad km / h	
0 km / h	Inicio
Parámetros	
Sensor de desaceleración 1	-0,286
Sensor de desaceleración 2	-0,286
Velocidad del vehículo	0 km/h

Fuente. Autor

Figura 39. Resultados de las lecturas de los sensores en tiempo real.



Fuente. Autor

- Parámetros adicionales medidos: sensor de desaceleración (m/s^2), sensor de desaceleración 2 (m/s^2), a una velocidad del vehículo de 13 km/h.

Figura 40. Grafica resultado de las señales emitidas en tiempo real



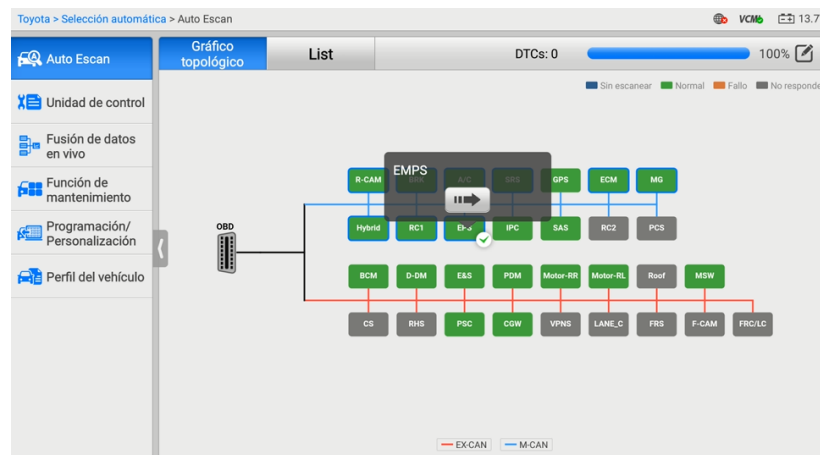
Fuente. Autor

7.6 Prueba del sistema (EPS).

Para la prueba de este sistema, se realiza la conexión de los equipos con los dispositivos de transmisión en las entradas OBD, tanto el scanner como la interfaz con sus sondas deberán estar conectadas correctamente.

- Procedemos a ingresar en la opción de EPS.

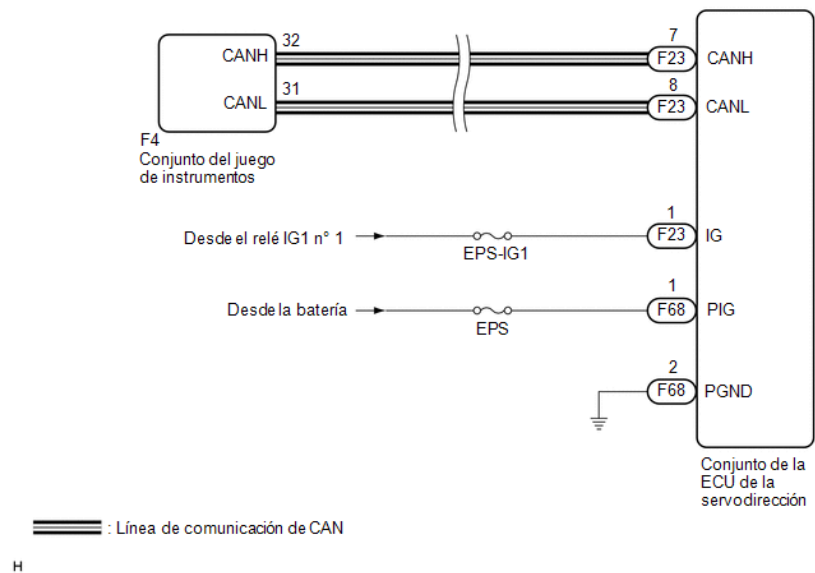
Figura 41. Modulo EMPS



Fuente. Autor

- Se abre el cuadro de información del sistema escaneado.

Figura 42. Diagrama de información del sistema.



Fuente. Autor

- Se visualiza los parámetros que controla el sistema para su funcionamiento.

Figura 43. Parámetros monitoreados por el sistema.

Toyota > Selección automática > Auto Escan > EMPS > Datos en tiempo real

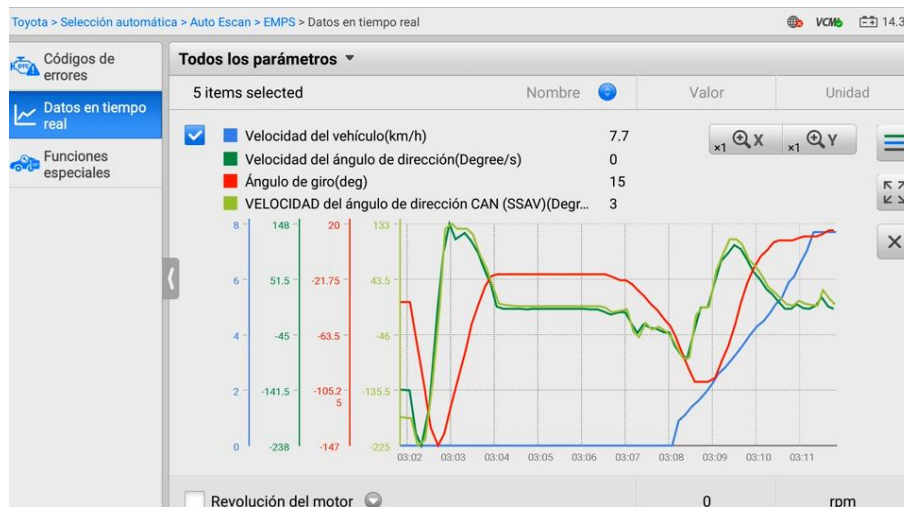
Códigos de errores	Todos los parámetros ▾		
Datos en tiempo real	0 items selected	Nombre	Valor
Funciones especiales			Unidad
	☐ Distancia total recorrida		1139
	☐ Distancia total recorrida - Unidad		km
	☐ Velocidad del vehículo		0
			km/h
	☐ Revolución del motor		0
			rpm
	☐ Estado preparado		ENCENDIDO
	☐ Tensión batería		13.58
			V
	☐ Par del volante		-0.695
			Nm
	☐ Velocidad del ángulo de dirección		0
			Degree/s

Fuente. Autor

7.6.1 Prueba 3.

Para esta prueba se tomará en cuenta una velocidad de 7 km/h como promedio, se combinan parámetros relevantes del sistema para generar una gráfica del funcionamiento a esa velocidad.

Figura 44. Resultados de prueba de funcionamiento en tiempo real.



Fuente. Autor

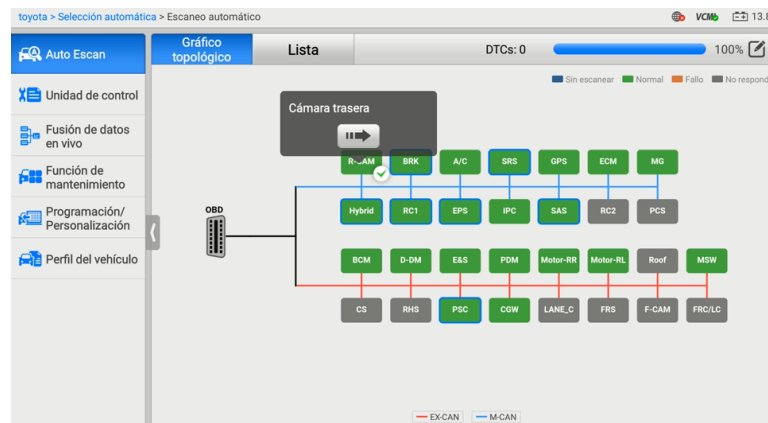
- Para esta prueba se considera una velocidad de 3 km/h, la gráfica contiene los siguientes parámetros: velocidad del ángulo de dirección (grados/segundos), ángulo de giro (deg) y velocidad del ángulo de dirección CAN.

7.7 Prueba de cámara trasera (R – CAM).

Para la prueba de este sistema, se realiza la conexión de los equipos con los dispositivos de transmisión en las entradas OBD, tanto el scanner como la interfaz con sus sondas deberán estar conectadas correctamente.

- ✓ Procedemos a ingresar a la opción de R – CAM que nos mostrara el contenido de este sistema

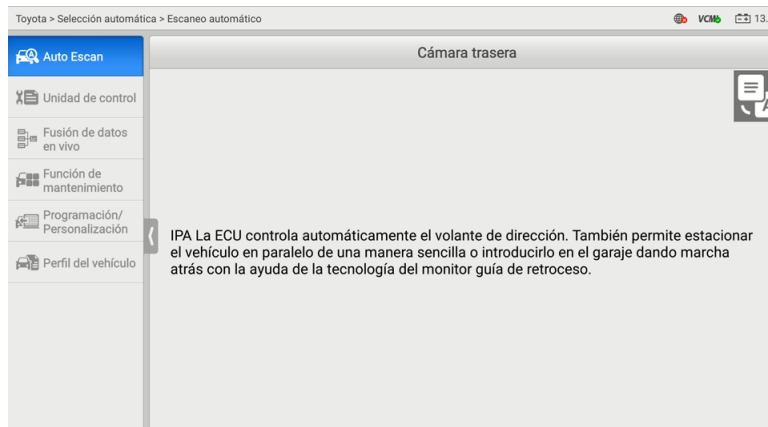
Figura 45. Cámara trasera RE.



Fuente. Autor

- Se apertura el cuadro de información sobre el sistema escaneado.

Figura 46. Información del sistema.



Fuente. Autor

- Se muestran los parámetros de funcionamiento del sistema R – CAM.

Figura 47. Parámetros controlados por el sistema.

Toyota > Selección automática > Escaneo automático > Cámara trasera > Datos en tiempo real

Códigos de errores

Datos en tiempo real

Funciones especiales

Todos los parámetros

0 items selected

Nombre	Valor	Unidad
☐ Comprobación de la señal de RHD/lhd	BIEN	
☐ HV/EV/ENG data check	BIEN	
☐ Comprobación de datos de destino	BIEN	
☐ Estado de EEPROM (lectura inicial)	BIEN	
☐ Estado de comunicación de la CPU	BIEN	
☐ Estado de salida de vídeo	BIEN	
☐ Número de DTC	0	pcs
☐ Ciclo de llave actual	1267	veces

Fuente. Autor

8. SIMULACIÓN EN SOFTWARE.

En este punto se procede a realizar una simulación con la ayuda de un software especializado, la simulación permitirá observar el comportamiento de los sensores radar y cámara durante la conducción, en la simulación se podrá observar la acción evasiva de un vehículo al presentarse un obstáculo, se podrá observar las señales que captan los sensores a través de sus actuadores.

8.1 Software especializado MATLAB.

Este software está diseñado para el cálculo numérico, el análisis de datos y simulación 3D en sus diferentes áreas de ingeniería, gracias a sus variadas herramientas como simulink permite realizar simulaciones de vehículos en ambientes controlados con dispositivos LidAr simulando situaciones reales, este software nos permitirá analizar el comportamiento de los dispositivos de seguridad instalados en los vehículos.

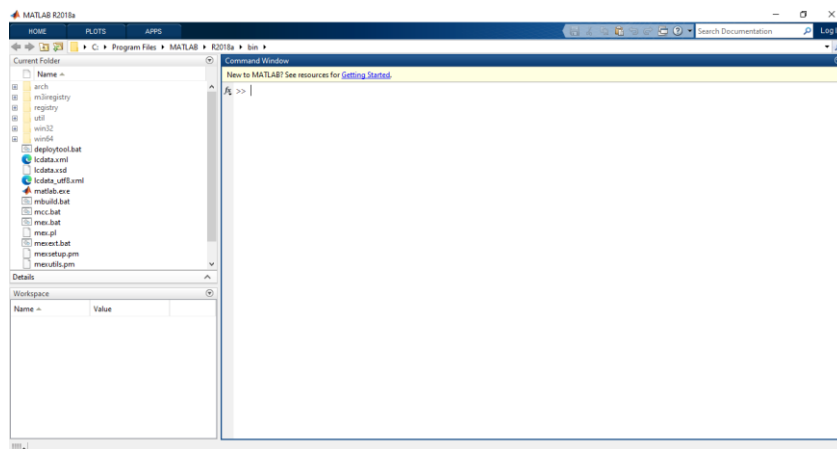
8.2 Simulación del vehículo con sensor radar y cámara frontal.

Para este caso se diseñó un ambiente controlado, que consta de dos vehículos con una trayectoria prevista, uno de los vehículos está equipado con: un sensor radar ubicado en la parte frontal, simulando la ubicación del sensor radar del vehículo a prueba (Toyota corolla), también se le instalara una cámara frontal de la misma manera haciendo referencia a la ubicación de la cámara del vehículo de prueba.

8.2.1 Pantalla principal.

Se procede a ingresar en el programa MATLAB, se apertura la pantalla principal, en este apartado podremos observar una hoja nueva de trabajo, aquí se podrá visualizar más adelante los códigos generados a partir de la simulación.

Figura 48. Pantalla principal MATLAB

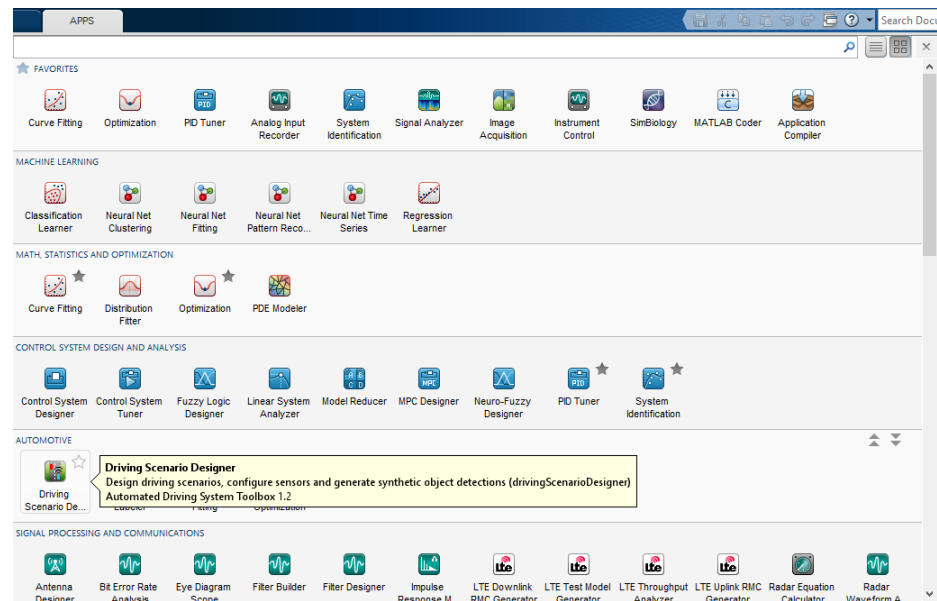


Fuente. Autor

8.2.2 Herramientas APPS.

En este apartado nos mostrara las diferentes aplicaciones que dispone el programa, aplicaciones que nos permitirán procesar la información a partir de plantillas pre diseñadas, para este trabajo se elige la opción de “Driving Scenario Desinger”.

Figura 49. Pantalla de APPS en Matlab.



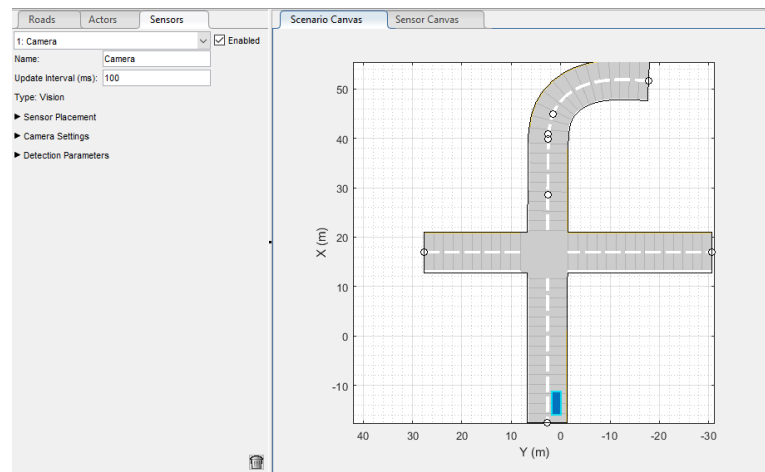
Fuente. Autor

8.2.3 Pantalla de diseño Scenario Canvas / Ego centric view / Bird's eye plot.

Se muestra la pantalla principal de diseño, en esta pantalla se mostrarán las tareas realizadas a partir de las herramientas que nos ofrece para nuestro objetivo. Esta pantalla esta subdivida en varias hojas de trabajo que se detallan a continuación:

- Scenario Canvas nos muestra un plano bidimensional X, Y en donde podremos generar los diferentes ambientes controlados que el vehículo tendrá que recorrer, para este caso se diseña una vía principal de tránsito vehicular y una calle secundaria transversal como se muestra en la imagen.

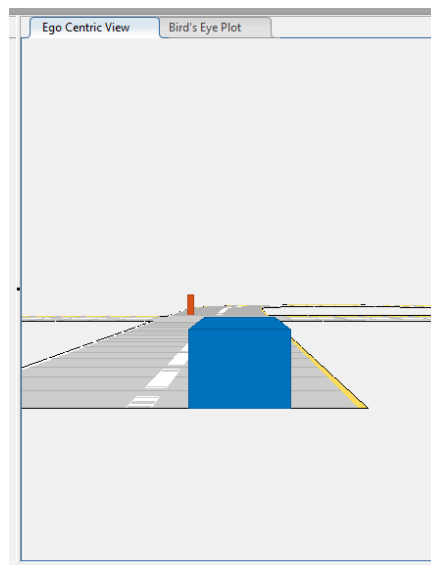
Figura 50. Scenario Canvas.



Fuente. Autor

- Ego centric view nos muestra la imagen en 3D de la simulación, para este caso nos muestra los vehículos de prueba.

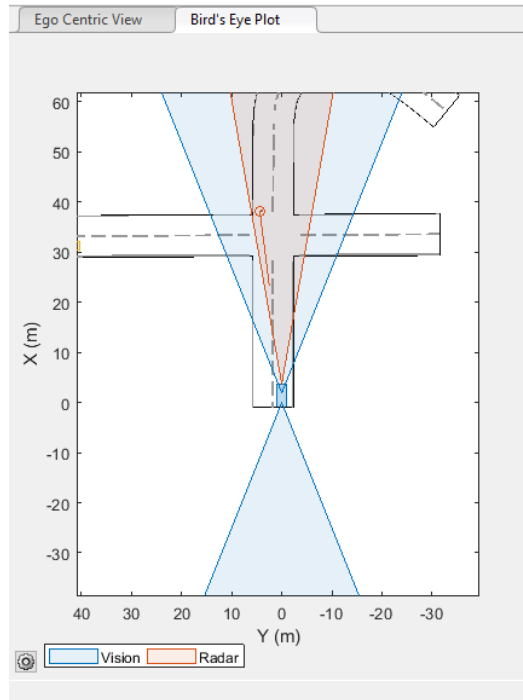
Figura 51. Visión 3D de la simulación.



Fuente. Autor

- Bird's eye plot no da una perspectiva de la vista de los sensores y cámaras involucradas en el vehículo principal.

Figura 52. Vista desde la perspectiva de los sensores y cámaras.

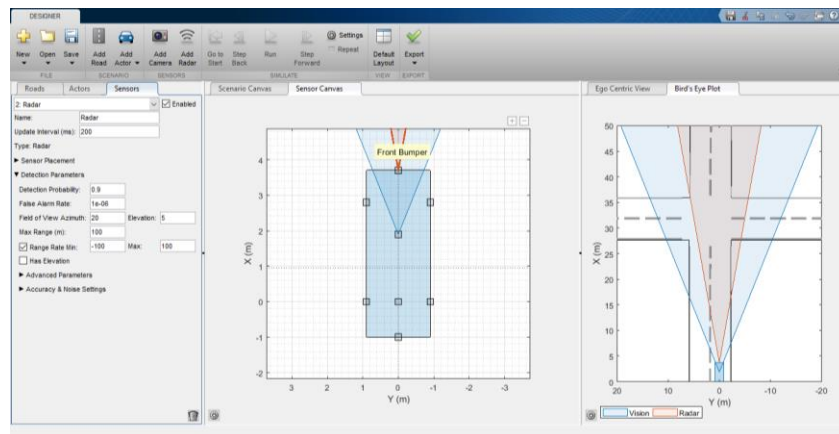


Fuente. Autor

8.2.4 Diseño del vehículo principal.

En este apartado se puede ubicar los sensores en el vehículo principal, nuestro vehículo está equipado con un sensor de radar ubicado en la parte frontal del vehículo y una cámara ubicada en el parabrisas, esto simulara la ubicación real de los sensores del vehículo de prueba (Toyota corolla).

Figura 53. Diseño y equipos del vehículo de prueba.

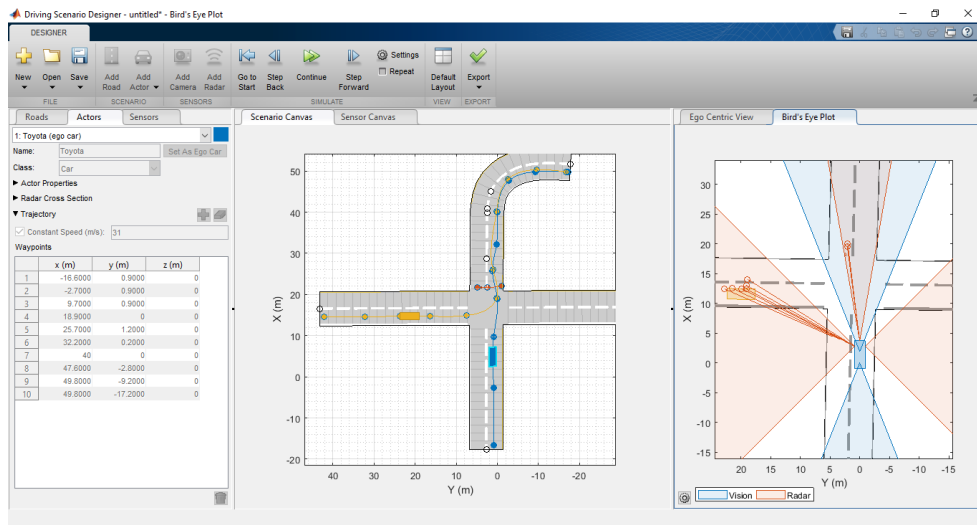


Fuente. Autor

8.3 Resultados de la simulación.

El objetivo de la simulación se basa en mostrar el funcionamiento de los sensores radar y la importancia del uso de las cámaras para monitorear el exterior durante la conducción, para este caso nuestro vehículo principal transita por la vía principal a una velocidad configurada de 35 km/h, se observa los rangos de alcance de la cámara frontal y el sensor de radar calibrados a los pre diseños del programa.

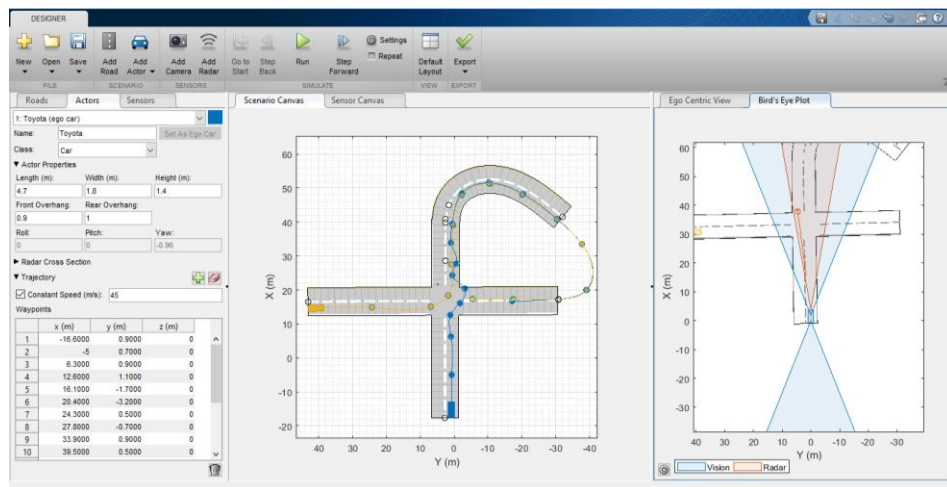
Figura 54. Resultados de la simulación.



Fuente. Autor

El segundo vehículo circula por la vía secundaria transversal a una velocidad mayor en relación al vehículo principal, circula a 65 km/h en dirección transversal para integrarse a la vía principal en un giro hacia la izquierda. Como se muestra la trayectoria en la figura.

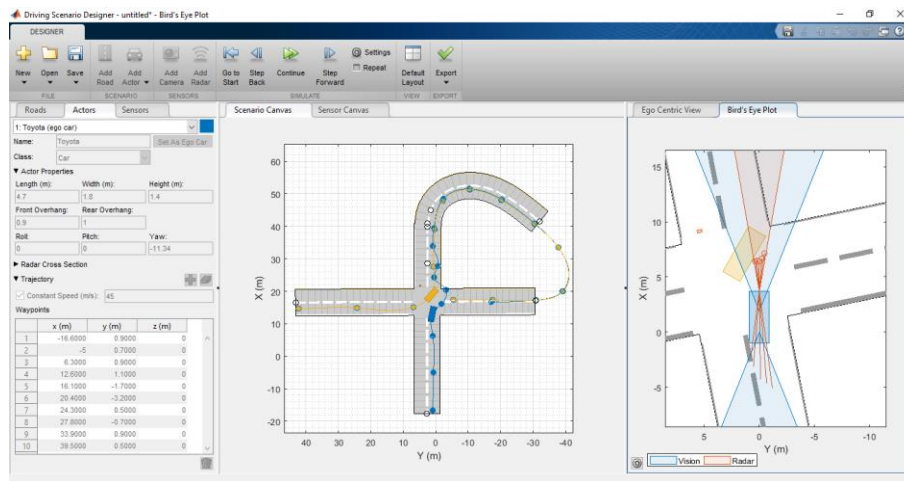
Figura 55. Resultados de la simulación.



Fuente. Autor

La acción evasiva del vehículo principal frente a la maniobra del secundario se puede observar en la figura, también a través del sensor instalado y su cámara se puede observar cómo se reconoce y se señala mediante una línea que ubica el objeto y su distancia.

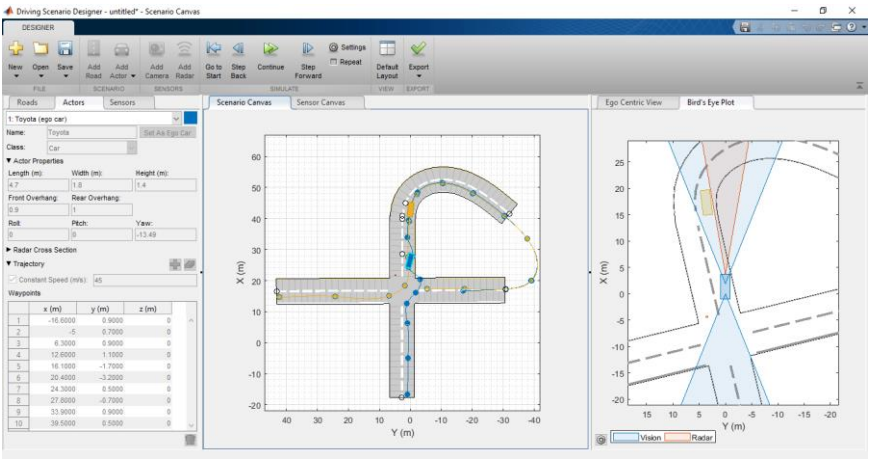
Figura 56. Acción evasiva, simulación de activación de los sistemas SAAC.



Fuente. Autor

Durante esta maniobra se asume como simulación la intervención de los sistemas de asistencia al conductor que evitan una colisión de los vehículos dando soporte al conductor ante las maniobras evasivas que debe realizar, para estabilizar el vehículo y continuar con su trayectoria, salvaguardando la seguridad de los ocupantes como se muestra en la figura.

Figura 57. Estabilización del vehículo con asistencia SAAC.



Fuente. Autor

9. RESULTADOS

Una vez concluido el trabajo investigativo y organizativo que se realizó en este proyecto se obtuvieron resultados de un análisis en base a la información recopilada, la eficiencia y desempeño de estos sistemas se pueden considerar de alto rendimiento debido a la importancia en el área de seguridad vial, la precisión de estos sistemas al momento de detectar y clasificar los riesgos en las diferentes condiciones de conducción del vehículo, esto influye en la reducción en la reducción significativa de accidentes producidos por la impericia e imprudencia de los conductores, debido a sus estructuras tecnológicas la interacción con el conductor cada día es más eficiente, evitando la distracción del conductor en todo momento, todo esto genera un impacto en el comportamiento de vigilancia y accionar del conductor.

El resultado del funcionamiento de los sistemas en diversas condiciones de conducción se puede evaluar como un punto más a favor de estos sistemas debido a que los mismos se adaptan a la mayoría de escenarios que se pueden presentar, gracias a sus diversos sensores y su lógica de percepción poder superar algunos obstáculos como la condición climática será menos riesgoso para un conductor, mejorando la experiencia de conducción en todo momento.

Como resultado de las pruebas experimentales realizada en el vehículo Toyota se pudo observar los sistemas que tiene equipado el vehículo, estos sistemas integrados en un solo programa llamado Toyota Safety Sense, el equipamiento y el nivel de tecnología se da en base a los modelos de cada unidad, el vehículo de prueba se limita a varios sistemas debido a su gama, sin embargo, los sistemas instalados dan resultados favorables en cuanto a seguridad y confort en la conducción.

Sin embargo, en estos sistemas existen también limitaciones que pueden generar problemas en la eficiencia de los mismos, los escenarios pueden variar drásticamente y formarse en casos

particulares que sobrepasan la lógica humana y por ende superan la de los sistemas, con estos precedentes los problemas y fallos en los sistemas pueden ser una desventaja en su instalación.

Las tendencias de estos sistemas se pueden extender a situaciones en las que exista una autonomía total de conducción de los vehículos, la exploración de nuevos sistemas que aporten a la seguridad del conductor y a reducir los errores humanos, aportan a que la industria automotriz siga apuntando a una conducción segura. Paralelo a esto cada región regulariza el ingreso de vehículos con esta tecnología según sea las condiciones del mercado.

10. CONCLUSIONES

Se concluye, una vez realizadas las diferentes investigaciones en base a los sistemas avanzados de asistencia al conductor, estos son de gran importancia en la industria automotriz y el transporte, la electrónica ha jugado un papel importante en los vehículos debido a que el motor depende de la electrónica, y eso se define la necesidad de la electrónica en todos los sistemas disponibles del auto, existen sistemas diseñados para mejorar la conducción y dar asistencia en todo momento ya que gracias a su tecnología avanzada y eficiencia se han reducido significativamente las cifras de accidentes causados por error humano.

El uso y el conocimiento del funcionamiento de los sistemas de asistencia crea una falencia en la conducción segura y otros aspectos que se relacionan con la seguridad vial, por lo tanto, el uso de estos sistemas será información que se deberá resaltar más en la comercialización de vehículos, durante las pruebas experimentales se pudo corroborar la eficiencia en la conducción cuando se tiene como respaldo los sistemas de asistencia activados y en uso correcto durante la conducción.

A través de software especializado se logró canalizar un escenario que nos permitió observar la lógica de funcionamiento de estos sistemas en situaciones de alto riesgo, en conclusión estos sistemas deberán superar las fases de sensación, percepción y decisión en segundos para poder evitar un accidente de tránsito, y toda la lógica esta diseñada bajo algoritmos que se elaboran con la ayuda de software especializados, los organismos que regulan la fabricación de estos sistemas, enfocan su objetivo a la seguridad vial, y la autonomía segura y total de conducción del vehículo.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baranova, marina. (2020, June 26). *Estos son todos los sistemas de seguridad ADAS que puede equipar un coche*. NeoMotor. <https://neomotor.epe.es/conduccion/estos-son-todos-los-sistemas-de-seguridad-adas-que-puede-equipar-un-coche-AXNM3389>

Synopsys. (2023). *What is ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)? – Overview of ADAS Applications* | Synopsys. Wwww.synopsys.com. <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html>

Sistemas de seguridad en el automóvil. (2014). Prevención, Protección Y Actuación Ante Emergencias. <https://www.aprendemergencias.es/seguridad-vial/sistemas-de-seguridad-en-el-veh%C3%ADculo/>

Paper, W. (s/f). *Análisis de datos con MATLAB: Aprovechar todos los datos para prever el crecimiento*. Mathworks.com. Recuperado el 1 de abril de 2023, de https://www.mathworks.com/content/dam/mathworks/tagteam/Objects/a/85987_ES_DataAnalytics_MATLAB

Parera, A. M. (2000). *Sistemas de Seguridad y Confort en Vehículos Automóviles*. In Google Books. Marcombo. https://www.google.com.ec/books/edition/Sistemas_de_Seguridad_y_Confort_en_Veh%C3%ADculo/TRYmlorvR8EC?hl=es-419&gbpv=1&dq=sistemas+de+seguridad+de+autos&printsec=frontcover

Sabry, F. (2022). *Coche Autónomo: Resolver la necesidad total de conducción autónoma para resolver la inteligencia artificial del mundo real*. In Google Books. One Billion

Knowledgeable.

https://www.google.com.ec/books/edition/Coche_Aut%C3%B3nomo/SGyYEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=nivel+de+automatizaci%C3%B3n+de+vehiculos&printsec=frontcover

DGT - Sistemas avanzados de ayuda a la conducción (ADAS). (n.d.). Wwww.dgt.es.
<https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/conviertete-en-un-buen-conductor/Sistemas-avanzados-de-ayuda-a-la-conduccion-ADAS-/>

Somolinos, A. Z. (2021). Vehículos automatizados y seguro obligatorio de automóviles. Estudio de derecho comparado. In *Google Books*. Dykinson.
https://www.google.com.ec/books/edition/Veh%C3%ADculos_automatizados_y_seguro_obligatorioGNGEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=sistemas+avanzados+de+asistencia+a+la+conducci%C3%B3n&pg=PA36&printsec=frontcover

Los sensores en el automóvil. (2002). In *Google Books*. Reverte.
https://www.google.com.ec/books/edition/Los_sensores_en_el_autom%C3%B3vil/wnU1d-9TjDIC?hl=es-419&gbpv=1&dq=sensorizaci%C3%B3n+de+vehiculos&printsec=frontcover

eurolab. (n.d.). *Pruebas UN/ECE R 131*. Wwww.eurolab.net. Retrieved August 2, 2024, from <https://www.eurolab.net/es/testler/homologasyon-ve-un-ece-otomotiv-tip-onay-testleri/un-ece-r-131-testleri/>

manzanelli. (2023, March 19). *La importancia de la norma ISO 26262 en la industria automotriz*. NormasISO.org. <https://normasiso.org/norma-iso-26262/>

SAE redefine los niveles de Automatización en la Conducción - CZ Revista técnica de Centro Zaragoza. (2021, September 27). Revistacentrozaragoza.com. <https://revistacentrozaragoza.com/sae-redefine-los-niveles-de-automatizacion-en-la-conduccion/>

Toyota Corolla Manual de Taller - Circuito del interruptor de control de la velocidad de crucero - Sistema De Control De La Velocidad De Crucero. (n.d.). Wwww.tocores.net. Retrieved August 2, 2024, from https://www.tocores.net/1604/circuito_del_interruptor_de_control_de_la_velocidad_de_crucero.html

¿Cómo funciona el sistema de detección de fatiga? (2019, January 30). Seguridad Vial En La Empresa. <https://www.seguridadvialenlaempresa.com/blog/como-funciona-el-sistema-de-deteccion-de-fatiga/#:~:text=Dicho%20sistema%20alerta%20al%20conductor>

Sistemas para la estabilización del vehículo. (2005). In *Google Books*. Reverte. https://www.google.com.ec/books/edition/Sistemas_para_la_estabilizaci%C3%B3n_del_veh/bqT8qeUpgz0C?hl=es-419&gbpv=1&dq=control+de+descenso+de+pendientes&pg=PA74&printsec=frontcover

Redacción. (2024, January 16). *Sistemas ADAS: Transformando la experiencia de conducción.* Todotest. <https://noticias.todotest.com/index.php/2024/01/16/sistemas-adas-que-es-y-tipos/>

admin. (2020, June 16). *¿De dónde salió el cinturón de seguridad? - Seguros MAPFRE.* MAPFRE Mexico. <https://www.mapfre.com.mx/particulares/seguros-auto/noticias/donde-salio-cinturon-seguridad/#:~:text=El%20cintur%C3%B3n%20de%20seguridad%20fue>

ABS: una historia de seguridad gracias a Mercedes-Benz. (n.d.). SoyMotor.com. Retrieved August 2, 2024, from <https://soymotor.com/coches/noticias/abs-historia-seguridad-mercedes-956701>

Monroy, P. (2021, November 18). *¿Cómo funciona el sistema de mantenimiento de carril?* Atracción360. <https://www.atraccion360.com/como-funciona-el-sistema-de-mantenimiento-de-carril>

Sistemas para la estabilización del vehículo. (2005). In *Google Books*. Reverte. https://www.google.com.ec/books/edition/Sistemas_para_la_estabilizaci%C3%B3n_del_veh/bqT8qeUpgz0C?hl=es-419&gbpv=1&dq=control+de+descenso+de+pendientes&pg=PA74&printsec=frontcover

