

Tecnologías Emergentes

Tema 09. Conducción autónoma

Índice

Esquema

Ideas clave

9.1. ¿Cómo estudiar este tema?

9.2. Tecnologías para la conducción autónoma

9.3. Comunicaciones V2X

A fondo

Sensores y comunicaciones en vehículos autónomos

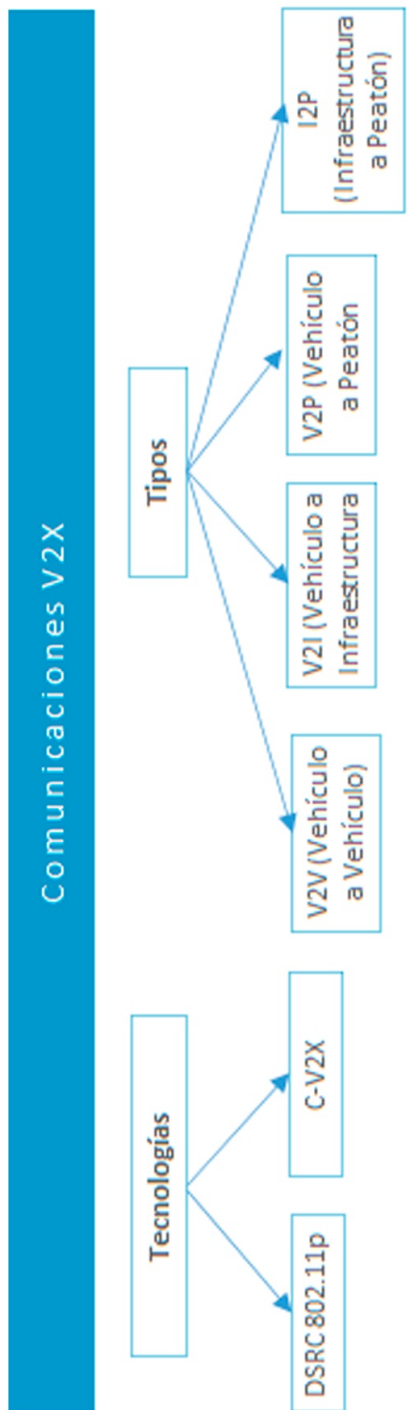
De 0 a 5: cuáles son los niveles de conducción autónoma

No habrá avances sin accidentes

Sensor Fusion Demo

Inteligencia Visual para automóviles

Test



9.1. ¿Cómo estudiar este tema?

Para estudiar este tema, los conceptos más importantes se encuentran:

- ▶ Los **Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS)**, que ayudan a mejorar notablemente la seguridad al volante, mediante el uso de tecnologías punteras y con distintos niveles de autonomía.
- ▶ La clasificación en **6 niveles de autonomía de vehículos**, desarrollada por la SAE (Sociedad de Ingenieros de Automoción) como estándar SAE J3016
- ▶ Las **comunicaciones V2X**, entre vehículos y el resto de actores de la circulación (otros vehículos, peatones e infraestructura), como elemento clave para la conducción autónoma.

9.2. Tecnologías para la conducción autónoma

Es importante señalar que todo el revuelo mediático que han causado los vehículos de conducción autónoma quizás no está permitiendo apreciar los numerosos e importantes avances que poco a poco están desarrollando los fabricantes de automóviles, y que tienen también un fuerte impacto en el acto de la conducción.

Estos desarrollos se denominan colectivamente **Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS, Advanced Driver Assistance Systems)**, y tienen como objetivo incrementar la seguridad de los vehículos. Su introducción gradual ya está empezando a ofrecer resultados, mejorando la seguridad en carreteras. Además, las tecnologías ADAS suponen una evolución en la sensorización, inteligencia y control de los vehículos que finalmente nos permitirán disponer de vehículos totalmente autónomos.

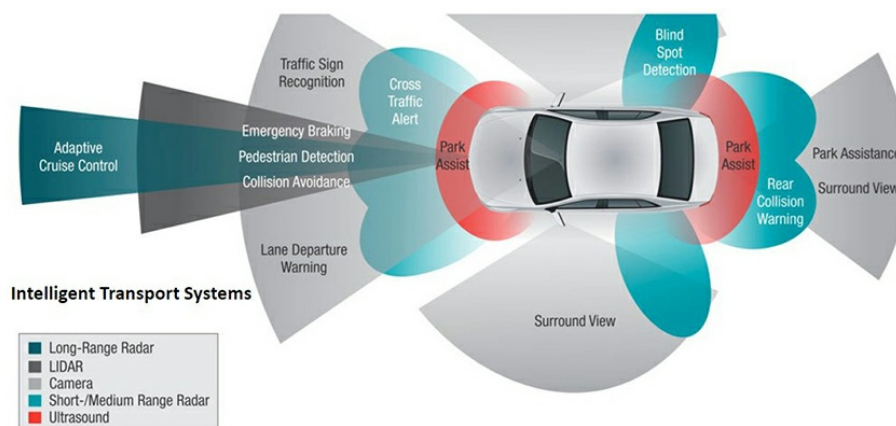


Figura 1. Algunos sistemas ADAS presentes en vehículos actuales. Fuente: Congreso Intelligent Transport Systems standardization. ITU. octubre 2018. (Detroit, USA)

Veamos algunos ejemplos de ADAS:

- Los sistemas de **ultrasonidos y las cámaras** pueden ampliar la percepción de los conductores sobre el entorno del vehículo, y pueden, por ejemplo, frenarlo

automáticamente si aparece algo repentinamente cuando está activa la marcha atrás.

- ▶ La combinación del **radar** y de las cámaras frontales permiten a los conductores disponer de un sistema de aceleración, cambio de marcha y frenado para mantener el vehículo en el centro del carril y para la conducción en caravana en situaciones de congestión, con velocidades que pueden cambiar dinámicamente.
- ▶ Otros sistemas ADAS combinan las cámaras frontales con **técnicas de análisis y procesamiento visual** para, por ejemplo, leer señales de tráfico en tiempo real, ajustando la conducción, o para detectar formas identificando obstáculos (peatones, ciclistas, otros vehículos, etc.).

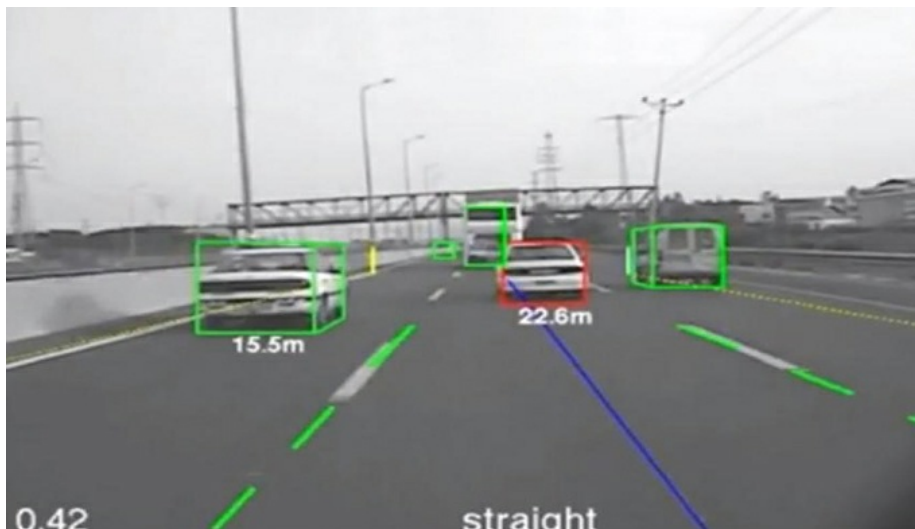


Figura 2. Sistemas ADAS de análisis visual con cámaras y LIDAR para la interpretación de las condiciones de tráfico y conducción. Fuente: Bosch GmBH

Existen tecnologías ADAS con diferentes niveles de asistencia activa, y que se están introduciendo por etapas en los vehículos, lo que permite establecer una clasificación básica:

- ▶ Los **sistemas de información al conductor**, como por ejemplo las cámaras de visión trasera, las pantallas con visión 360°, los detectores de otros vehículos en los

ángulos muertos de los espejos retrovisores, así como los detectores de salida del carril proporcionan información, pero dejan al conductor el control en todos los casos.

- ▶ Los **sistemas parcialmente autónomos**, como el control de crucero activo, y la asistencia para mantenerse en el carril ya permiten al vehículo tomar el control en situaciones muy claramente establecidas, pero el conductor puede anular el control automático en todo momento.
- ▶ Los **sistemas altamente autónomos**, como por ejemplo los de aparcamiento automático o los de monitorización del estado del conductor con toma de control cuando este se encuentra impedido o afectado, tomarán el control completo del vehículo en determinados momentos.

Todos estos niveles de asistencia hacen uso de tecnologías de niveles más básicos, allanando el camino a los vehículos totalmente autónomos. En este nivel, el vehículo puede funcionar por su cuenta, con o sin conductor.



Figura 3. Vehículo autónomo de pruebas, fuertemente equipado con sensores, cámaras y radares. Fuente: Toyota.

La fabricación masiva de vehículos totalmente autónomos, a fecha de hoy, puede estar a unos diez o quince años de distancia, si bien todos los experimentos y

pruebas piloto realizadas hasta la fecha demuestran que **ya existe toda la tecnología necesaria para la conducción autónoma**.

No obstante, los sistemas electrónicos avanzadísimos que se usan en las mencionadas pruebas presentan dos inconvenientes: **ocupan mucho espacio** en los vehículos de pruebas, y siempre son muchísimo **más caros que los propios coches** (hasta dos órdenes de magnitud).

Para que sea posible la producción en serie de vehículos totalmente autónomos, la tecnología tendrá que evolucionar, comercializándose y haciéndose más reducida, más ligera, y sobre todo más económica, un proceso que solo se puede desarrollar de forma gradual a lo largo de los años, como siempre.



Figura 4. La electrónica actual de los vehículos autónomos de pruebas ocupa bastante espacio, y la potencia de cálculo local necesaria es muy elevada. Fuente: Toyota

El patrón de despliegue de estos sistemas será el habitual: aparecerán inicialmente en vehículos de lujo y de alta gama, pasarán posteriormente a los de gama media y

eventualmente acabarán incluyéndose en todos los vehículos que se fabriquen.

Y todo ello sin contar con **cuestiones de ámbito legal y social**, que tomarán su tiempo en asentarse: reformulación de los seguros, culpabilidad en el caso de accidentes en los que esté involucrado al menos un vehículo autónomo, confianza de las personas en la capacidad de estos vehículos de garantizar su integridad física y hasta casos extremos de ética de decisiones de los vehículos en caso de accidente en el que no es posible salvar las vidas de conductor o peatones, etc.

Por último, la **seguridad informática y de las comunicaciones** ya es una preocupación de primer orden, puesto que los vehículos comienzan a comunicarse entre sí y con infraestructura de soporte desplegada en autovías y autopistas.

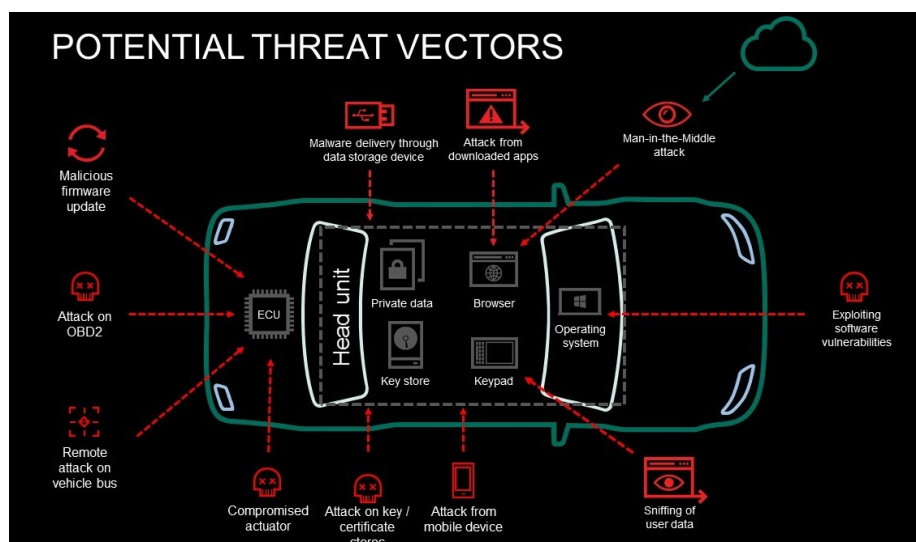


Figura 5. Potenciales vectores de ataque al software de un vehículo actual. Fuente: Kaspersky labs

En efecto, tan importante es garantizar que los vehículos autónomos puedan establecer y mantener dichas comunicaciones como **protegerse de hacking e intrusiones maliciosas**.

Y puesto que los sistemas ADAS son complejos e involucran a muy diversos terceros fabricantes de componentes electrónicos y empresas de desarrollo software, se

deberán usar certificaciones que permitan la transitividad de la confianza en todo el proceso

En la siguiente tabla se resumen algunos de los sistemas ADAS actualmente disponibles en vehículos comerciales, así como las cinco épocas de los sistemas ADAS:

Sistemas de Información y aviso	Cámaras laterales y traseras con pantalla para el conductor	<p>1950 - 2000</p> <p>Safety/Convenience Features</p> <ul style="list-style-type: none"> Cruise Control Seat Belts Antilock Brakes <p>2000 - 2010</p> <p>Advanced Safety Features</p> <ul style="list-style-type: none"> Electronic Stability Control Blind Spot Detection Forward Collision Warning Lane Departure Warning <p>2010 - 2016</p> <p>Advanced Driver Assistance Features</p> <ul style="list-style-type: none"> Rearview Video Systems Automatic Emergency Braking Pedestrian Automatic Emergency Braking Rear Automatic Emergency Braking Rear Cross Traffic Alert Lane Centering Assist <p>2016 - 2025</p> <p>Partially Automated Safety Features</p> <ul style="list-style-type: none"> Lane keeping assist Adaptive cruise control Traffic jam assist Self-park <p>2025+</p> <p>Fully Automated Safety Features</p> <ul style="list-style-type: none"> Highway autopilot
	Aviso de tráfico lateral y en cruces	
	Detección con ultrasonidos de zonas frontales y traseras no visibles por el conductor	
	Detección y reconocimiento de señales de tráfico	
	Detección de líneas separadoras de carriles, y su tipo	
	Visión nocturna, con identificación de elementos	
	Detección de vehículos en ángulos muertos	
	Comunicación vehículo a vehículo y vehículo con infraestructura	
	Detección de objetos en ruta con condiciones de baja visibilidad	
	Imagen 360º del entorno del vehículo	
Sistemas para automatización de funciones específicas	Detección de las condiciones del conductor para la conducción (cansancio, distracciones...etc)	
	Asistencia para mantenerse en el centro del carril	
	Control de crucero activo en condiciones de tráfico cambiante.	
	Frenado automático anti colisiones	
	Iluminación inteligente con orientación del haz luminoso en curvas y prevención de deslumbramientos por parte de otros vehículos	
	Aparcamiento automático con detección previa de hueco y viabilidad de la operación	

Tabla 1. Algunos tipos de sistemas ADAS ya disponibles. Fuente: adaptado de SAE.

Finalmente, veamos en la siguiente figura los seis grados o niveles de autonomía de un vehículo, según la muy reciente clasificación de 2018 de la SAE (Sociedad de Ingenieros de Automoción), especificada en el estándar SAE J3016:



Figura 6. Los seis niveles de autonomía de vehículos. Fuente: motorpasion.com

9.3. Comunicaciones V2X

Un elemento esencial de los sistemas ADAS del futuro, que harán realmente posible no solo un grado muy superior de seguridad en la conducción, sino también la conducción totalmente autónoma son las comunicaciones entre el vehículo y el entorno, colectivamente denominadas **comunicaciones V2X** (*Vehicle to Everything*)

Se pueden distinguir distintas posibilidades dentro del ámbito global de V2X:

- ▶ **Comunicaciones Vehículo a Vehículo (V2V)**, para detección mutua, en ángulos muertos, intersecciones, etc.
- ▶ **Comunicaciones Vehículo a Infraestructura (V2I)**, para la comunicación por ejemplo entre semáforos y vehículos, indicando el tiempo restante para paso a rojo o para alertas de peatones cruzando en rojo.
- ▶ **Comunicaciones Vehículo a Peatón (V2P)**, para señalización de aproximación a cruces o pasos de cebra peligrosos no regulados por semáforo.
- ▶ **Comunicaciones Infraestructura a Peatón (I2P)**, para aviso a peatones, por ejemplo, cuando se aproximan ambulancias o vehículos de comportamiento errático.

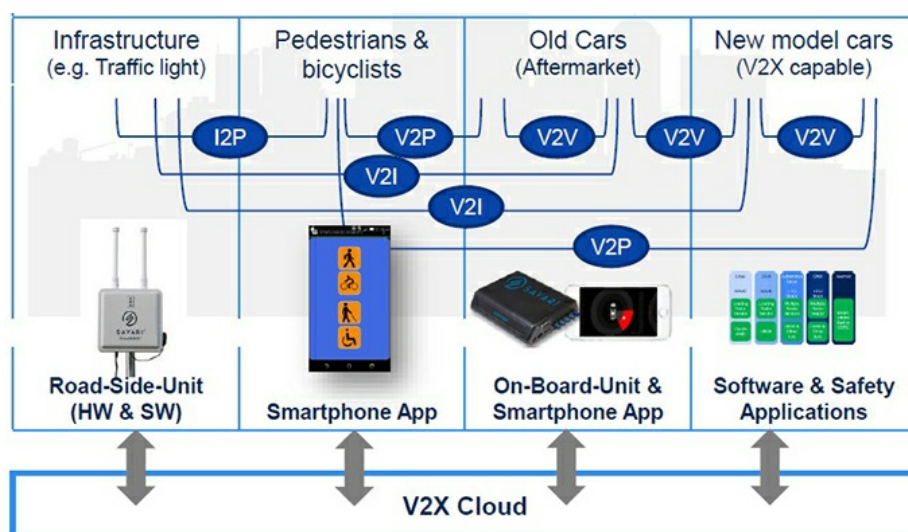


Figura 7. Distintos tipos de comunicaciones V2X. Fuente: Qualcomm

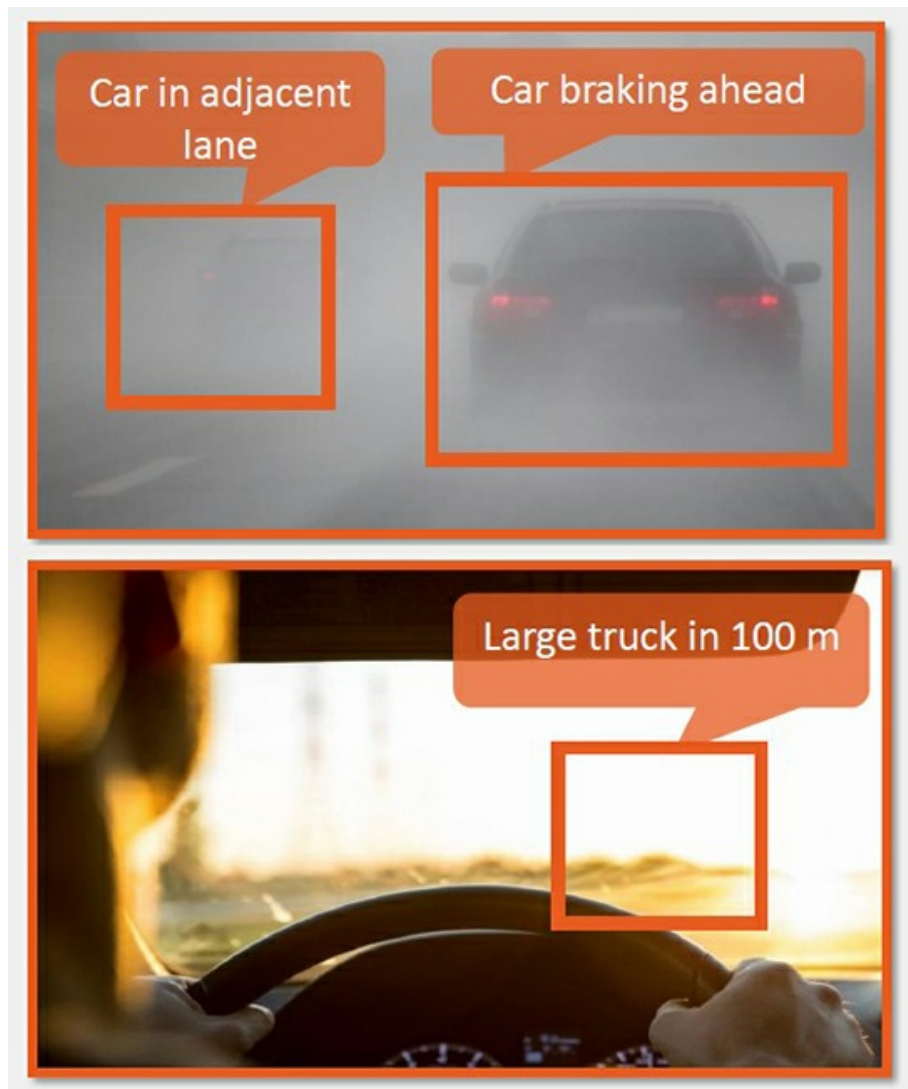


Figura 8. Situaciones de ejemplo en las que es muy útil la comunicación V2X. Fuente: Qualcomm

Con respecto a las tecnologías para la comunicación V2X, hasta hace poco la única posibilidad consiste en utilizar **el estándar 802.11p**, derivado de WiFi, y que se diseñó en la categoría de comunicaciones para dispositivos dedicados de corto alcance **DSRC** (*Dedicated Short-Range Communications*).

Este estándar 802.11p, tras un largo período de pruebas y numerosos pilotos desarrollados en condiciones reales, entró en producción en 2017 en EEUU y Japón,

y se está comercializando a gran escala en la UE desde 2019.

Más recientemente se presentó la tecnología C-V2X (Cellular V2X), desarrollada por uno de los principales organismos de estandarización de comunicaciones móviles, el 3GPP, y que, desafortunadamente es incompatible con DSRC.

Ambas tecnologías, **802.11p/DSRC** y **C-V2X** están orientadas exactamente a los mismos casos de uso, y tienen las idénticas capas de red, seguridad y aplicación en su arquitectura.

En la siguiente tabla se muestran las diferencias entre ambas tecnologías:

	802.11p / DSRC	C-V2X
Propósito	Comunicaciones en tiempo real para seguridad en carretera entre vehículos y entre vehículos e infraestructura	
Operación sin tarjeta SIM	Posible	Posible
Soporte de comunicaciones de red	Limitado (solo mediante Puntos de Acceso)	Posible
Frecuencia de intercambio de datos	Cada 100 ms (también es posible cada 50ms)	Cada 100ms (también posible cada 20ms) en C-V2X Rel-14/15 Pocos ms en C-V2X Rel-16
Rango de transmisión a velocidades relativas de 280km/h	Hasta aprox. 225m	Por encima de 450m en modo directo, y mucho mayor con infraestructura celular
Pérdida de paquetes	Posible pérdida de paquetes en alta densidad de tráfico	Garantiza que no hay pérdida de paquetes en alta densidad de tráfico
Evolución	Hacia 802.11bd, que será interoperable y compatible hacia atrás con 802.11p	Hacia C-V2X-Rel 16, que se basará en comunicaciones 5G New Radio (5G NR)

Tabla 2. Comparación entre los estándares actuales de V2X. Fuente: Qualcomm

Hay que destacar que es absolutamente clave disponer de mecanismos de **localización de alta precisión y exactitud** para el correcto funcionamiento de las

comunicaciones V2X.

En efecto, gracias a los **Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS)** como Galileo, GPS, Glonass y BeiDou se pueden obtener los siguientes datos con alta precisión:

- ▶ **Ubicación**, con exactitudes inferiores a 1m.
- ▶ **Tiempos**, usando los GNSS como fuente primaria para sincronización de tiempos.
- ▶ **Velocidad** exacta derivada de los cálculos de posición usando GNSS.
- ▶ **Orientación** muy precisa derivada de los cálculos de posición usando GNSS, y con la ayuda de mapas igualmente precisos.

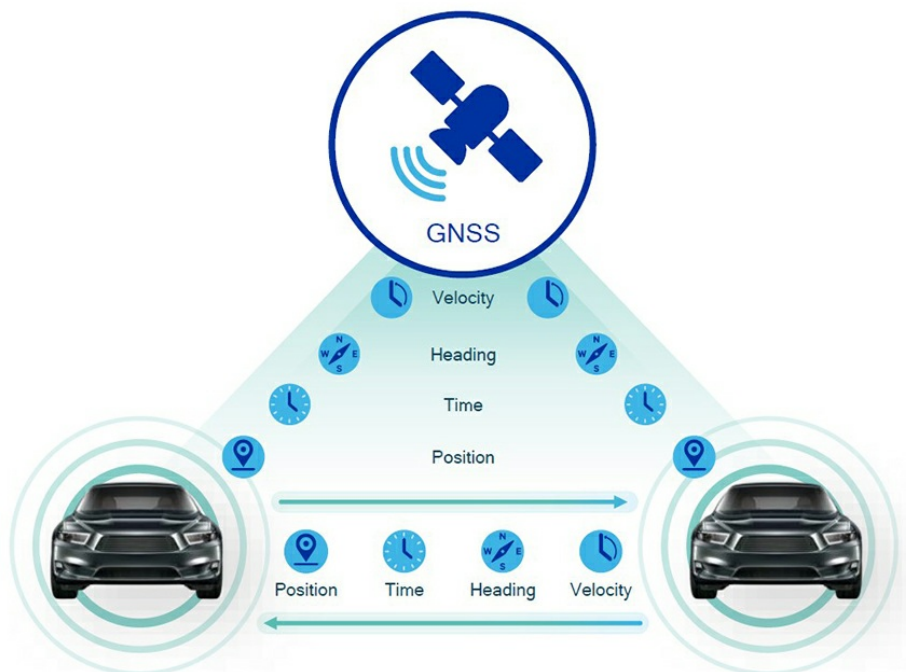


Figura 9. Datos que se comunican en tiempo real dos vehículos con V2X. Fuente: GSA

Sensores y comunicaciones en vehículos autónomos

En esta lección magistral se ofrece información sobre los distintos tipos de sensores y tecnologías de comunicaciones que se integran en vehículos de distintos niveles de autonomía.

De 0 a 5: cuáles son los niveles de conducción autónoma

Ibáñez (2 de octubre de 2018). De 0 a 5: cuáles son los niveles de conducción autónoma. *Xataka* [Recurso electrónico]. <https://www.xataka.com/automovil/de-0-a-5-cuales-son-los-diferentes-niveles-de-conduccion-autonoma>

Interesante y claro artículo divulgativo en el que se explican los distintos niveles de conducción autónoma según la clasificación del estándar SAE J3016.

No habrá avances sin accidentes

Catalán, E. (23 de marzo de 2018). Expertos en coche autónomo: no habrá avances tecnológicos sin accidentes. *El País*. [Recurso electrónico]. https://retina.elpais.com/retina/2018/03/22/tendencias/1521728883_579122.html

Artículo de reflexión sobre lo que supone la posibilidad, ya acaecida, de accidentes mortales provocados por vehículos autónomos. Se pone de manifiesto que uno de los principales problemas de los vehículos autónomos son las personas, como ocupantes y como peatones.

Sensor Fusion Demo

Civil Maps. (24 de mayo de 2017). *Sensor Fusion Demo April 2017* [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/0FH-MPFeds>

Vídeo muy interesante del funcionamiento en tiempo real de la fusión de sensores de localización (de tipo seis grados de libertad, 6DoF), de la empresa de mapas para vehículos autónomos Civil Maps.

Inteligencia Visual para automóviles

Cortica. (17 de agosto de 2017). *Visual Intelligence for Automotive - Autonomous Vehicles* [Vídeo]. YouTube. https://youtu.be/_DyUO2gZvRE

Vídeo demostrativo de las capacidades de procesamiento y análisis visual de imágenes con Inteligencia Artificial del sistema desarrollado por Cortica, una de las principales empresas del sector.

1. ADAS es:
 - A. Un lenguaje de programación utilizado en exclusiva en el ámbito de los vehículos autónomos.
 - B. Un conjunto de Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor.
 - C. Un lenguaje de programación utilizado únicamente en el modelado de las ruedas de los vehículos autónomos.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.

2. Las tecnologías ADAS se pueden clasificar en:
 - A. Sistemas de Información al conductor.
 - B. Sistemas parcialmente autónomos.
 - C. Sistemas altamente autónomos.
 - D. Todas las anteriores son ciertas.

3. Entre los principales inconvenientes de los sistemas electrónicos embarcados en vehículos autónomos se encuentran:
 - A. El espacio que ocupan y su coste actual.
 - B. El consumo eléctrico, que obliga a usar al menos 3 baterías adicionales a la de arranque.
 - C. Aún no se ha conseguido que sean interoperables con dispositivos de Apple.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.

4. Son Sistemas ADAS de Información y aviso:
 - A. Cámaras laterales y traseras con pantalla para el conductor.
 - B. Detección y reconocimiento de señales de tráfico.
 - C. Imagen 360º del entorno del vehículo.
 - D. Todas las anteriores son ciertas.

5. Son Sistemas ADAS de Información y aviso:
- A. Visión nocturna, con identificación de elementos.
 - B. Asistencia para mantenerse en el centro del carril.
 - C. Aparcamiento automático.
 - D. Ninguna de las anteriores es cierta.
6. Son Sistemas ADAS para la automatización de funciones específicas:
- A. Asistencia para mantenerse en el centro del carril.
 - B. Frenado automático anticollisiones.
 - C. Control de crucero activo en condiciones de tráfico cambiante.
 - D. Todas las anteriores son ciertas.
7. Los niveles de autonomía de un vehículo son:
- A. Cinco.
 - B. Cuatro.
 - C. Seis.
 - D. Once.
8. ¿En qué nivel de autonomía el vehículo es totalmente autosuficiente y se puede prescindir del conductor?
- A. Nivel 4.
 - B. Nivel 5.
 - C. Nivel 6.
 - D. Ninguna de las anteriores.

9. Son comunicaciones V2X:
- A. V2V.
 - B. V2P.
 - C. V2I.
 - D. Todas las anteriores son ciertas.
10. ¿Qué estándares de comunicación se utilizan hoy para V2X?
- A. DSRC y C-V2X.
 - B. WiFi y C-V2X.
 - C. WiFi y Bluetooth Automovile Edition.
 - D. Ninguna de las anteriores.