

JORNADA TÉCNICA

MODIFICACIÓN DE LA DIRECTIVA DE SEGURIDAD 2008/96/CE: NOVEDADES, IMPLICACIONES Y RETOS

Título de la Ponencia:

INCIDENCIA DEL VEHÍCULO AUTÓNOMO Y REQUERIMIENTOS A LA
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO VIAL: SEÑALIZACIÓN Y MARCAS VIALES

Autor

David Calavia Redondo - FOROVIAL

Madrid - 24 de septiembre de 2019

Promueve:



Organiza:



asociación técnica
de carreteras
comité nacional español de la
asociación mundial de la carretera



Colabora:



Directiva de seguridad 2008/96/CE - Artículos concernidos

Art. 20

*A fin de que los Estados Miembros puedan mejorar sus procedimientos destinados a garantizar la operatividad sus marcas viales y señales verticales, deben establecerse **especificaciones comunes para fomentar la percepción e identificación de las marcas viales y las señales de tráfico** tanto para la visión del conductor como para los sistemas automatizados de asistencia a los conductores.*

Art. 22

*Las marcas viales y las señales de alta calidad son cruciales para asistir a los conductores y los vehículos conectados y automatizados. Las especificaciones comunes para las marcas viales y señales verticales deben constituir la base para desarrollar los sistemas avanzados de movilidad conectados y automatizados. **Sería preferible un enfoque europeo conjunto, de conformidad con la Convención de Viena sobre Señales Viales de 1968.***

SAE (Society of Automotive Engineers): Escala de niveles de automatización					
0 SIN AUTOMATIZACIÓN	1 CONDUCCIÓN ASISTIDA	2 AUTOMATIZACIÓN PARCIAL	3 AUTOMATIZACIÓN CONDICIONADA	4 ALTA AUTOMATIZACIÓN	5 COMPLETAMENTE AUTOMATIZADA
El conductor lleva a cabo siempre todas las tareas de conducción incluso si estuvieran mejoradas mediante avisos la intervención de sistemas	Es el nivel mínimo de automatización. El vehículo solo dispone de automatización que asiste al conductor con ADAS. Ejemplos son: dirección, velocidad, control de frenado, pero nunca mas de una a la vez. Hay ya muchos vehículos con este equipamiento	Es el nivel en el que el vehículo es capaz de controlar tanto la dirección como la aceleración/desaceleración mediante ADAS. El conductor debe realizar el resto de las tareas de la conducción. Ejemplos de este nivel 2 son la ayuda al mantenimiento del vehículo en el carril y el auto aparcamiento.	Es el nivel inferior de los que se clasifican como sistema automatizado de conducción frente a los sistemas manuales. Con esta tecnología los vehículos pueden tomar decisiones informadas por ellos mismos tales como adelantar vehículos lentos. Sin embargo, puede requerirse la intervención del conductor cuando la máquina no puede ejecutar la tarea o el sistema falla.	La diferencia fundamental entre el nivel 3 y el nivel 4 es que en éste los vehículos son capaces de intervenir por si mismos ante una eventualidad no resulta por el conductor o si alguna cosa falla. En este sentido estos coches quedan manejados por sus propios automatismos sin intervención humana en la gran mayoría de las situaciones, si bien la opción de intervenir manualmente permanece en circunstancias complejas. No hay vehículos en el mercado. solo de prueba	El nivel 5 no requiere la atención humana. La diferencia básica con el nivel 4 es que el 5 desarrolla todas las tareas de la conducción en cualquier circunstancia de la vía y del entorno. Éste es el único nivel de automatización en el que los vehículos no llevan los clásicos controles de conducción tales como volante, acelerador y freno, u otros, con el propio conductor también eliminado.

JORNADA TÉCNICA
MODIFICACIÓN DE LA DIRECTIVA DE SEGURIDAD 2008/96/CE: NOVEDADES, IMPLICACIONES Y RETOS

NIVEL	DENOMINACION	DEFINICION	TAREAS DE CONDUCCION		CONDUCCION LONGITUDINAL (ACELERAR/FRENAR) Y LATERAL (DIRECCION)	CONTROL DEL ENTORNO	RECUPERACION DE LAS TAREAS DE CONDUCCION EN CASO DE CONTINGENCIA	TAREAS DE CONDUCCION REALIZADAS POR EL SISTEMA
			CONDUCTOR	SISTEMA				
0	SIN AUTOMATIZACION	El conductor realiza continuamente todas las tareas asociadas a la conducción, incluso cuando son mejoradas a través de algún aviso o la intervención de sistemas.	El conductor realiza continuamente la tarea de conducción dinámica lateral y longitudinal.	N/A	CONDUCTOR	CONDUCTOR	CONDUCTOR	N/A
1	CONDUCCION ASISTIDA	El sistema de ayuda a la conducción desarrolla una tarea específica, bien realiza la conducción dinámica lateral o longitudinal utilizando la información del entorno del vehículo, mientras que el conductor realiza el resto de tareas de conducción.	El conductor realiza continuamente la tarea de conducción dinámica lateral o longitudinal.	El sistema realiza la conducción longitudinal o lateral que no esté realizando el conductor.	CONDUCTOR Y SISTEMA	CONDUCTOR	CONDUCTOR	ALGUNAS
2	CONDUCCION PARCIALMENTE AUTOMATIZADA	El sistema de ayuda a la conducción desarrolla la conducción dinámica lateral y longitudinal utilizando la información del entorno del vehículo, mientras que el conductor realiza el resto de tareas de conducción.	Supervisión de las tareas de conducción dinámica y el entorno.	Conducción longitudinal y lateral en un caso de uso definido.	SISTEMA	CONDUCTOR	CONDUCTOR	ALGUNAS
3	CONDUCCION AUTOMATIZADA CONDICIONADA	El sistema de conducción automatizada desarrolla todas las tareas de la conducción con la expectativa de que el conductor responda adecuadamente a la petición de intervención por parte de éste.	No es necesaria la supervisión constante de la conducción automatizada pero siempre debe estar en una posición adecuada para reanudar el control.	Conducción longitudinal y lateral en un caso de uso definido. Reconoce sus límites de rendimiento y pide al conductor reanudar la tarea de conducción dinámica con margen de tiempo suficiente.	SISTEMA	SISTEMA	CONDUCTOR	ALGUNAS
4	CONDUCCION ALTAMENTE AUTOMATIZADA	El sistema de conducción automatizada desarrolla todas las tareas de la conducción, incluso si el conductor no responde adecuadamente a la petición de intervención por parte de éste.	El conductor no es requerido durante el caso de uso.	Conducción longitudinal y lateral en todas las situaciones de un caso de uso definido	SISTEMA	SISTEMA	SISTEMA	ALGUNAS
5	CONDUCCION PLENAMENTE AUTOMATIZADA	El sistema de conducción automatizada desarrolla todas las tareas de la conducción bajo todas las circunstancias de la vía y ambientales.	N/A	Conducción longitudinal y lateral en todas las situaciones encontradas durante toda la prueba. No se requiere conductor.	SISTEMA	SISTEMA	SISTEMA	TODAS

Fuente Instrucción DGT 15/V-113

Tecnologías avanzadas en los vehículos ADAS: (Advanced Driver Assistance Systems):

Actualmente son comunes en muchos vehículos tales como: Navegación GPS; Información de tráfico; Velocidad crucero adaptativa; Aviso de atropello o colisión; Adaptación inteligente de la velocidad; visión nocturna; Detección de fatiga; Alerta ángulo muerto, Cámara de marcha atrás...

(LDWS) Lane Departure Warning System: estos sistemas leen las marcas viales y proporcionan una alarma visual, acústica o táctil si el vehículo atraviesa una línea sin el intermitente correspondiente. El conductor puede sentir como si circulara sobre resaltes aunque no existan .

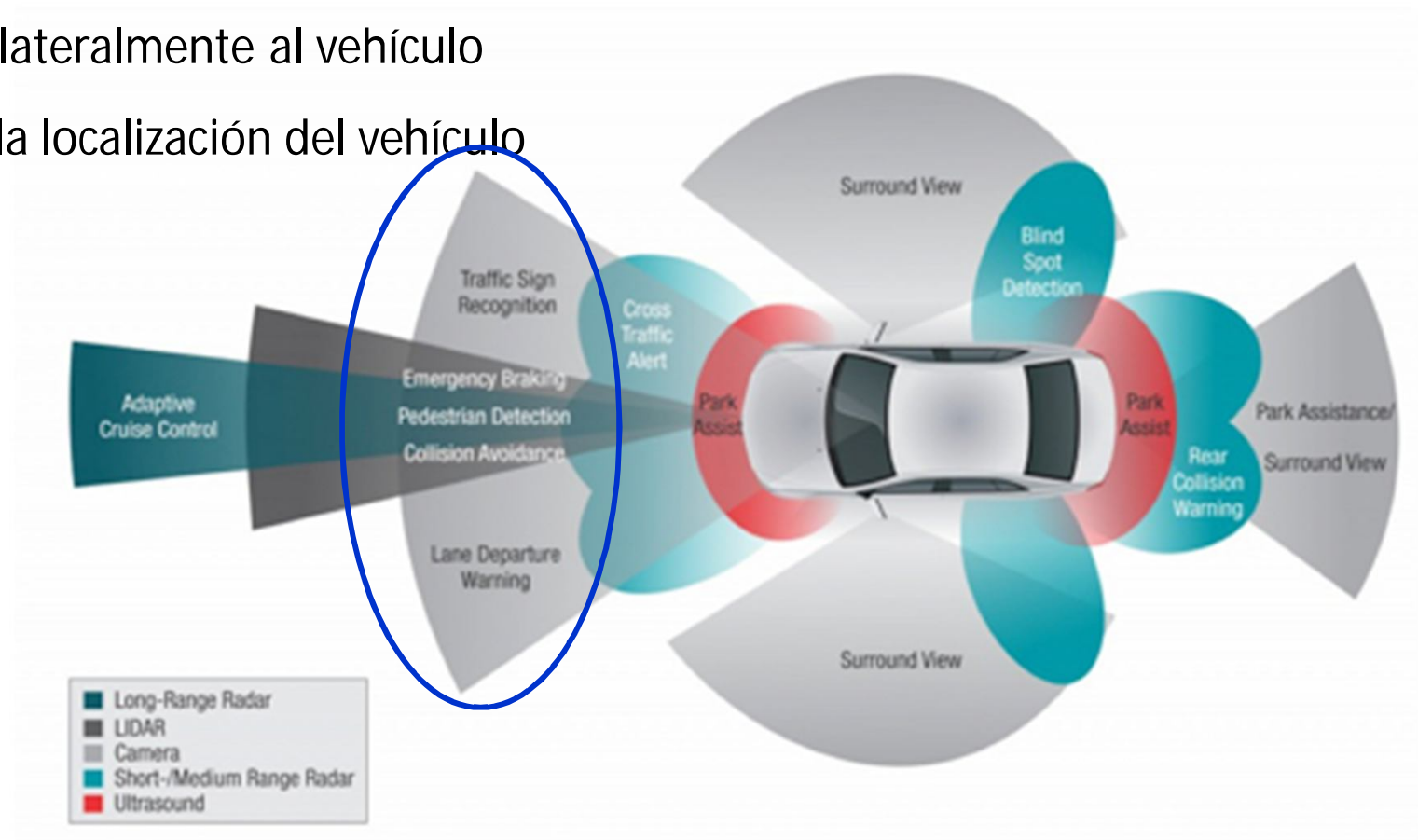
(LKA) Lane Keeping Assistance: puede proporcionar, además de alarma, una ayuda a la conducción

(TSR) Traffic Sign recognition: Sistemas incorporados al vehículo que pueden leerse e interpretar un rango de señales verticales incluidos los límites de velocidad

LIDAR Sensores Laser: Evalúan distancias a objetos

Vehículo automatizado (AV) **SENSORES Y MARCAS VIALES**

- Cámaras pasivas (y software) empleadas para detectar marcas viales
- Interpreta las marcas
- Posiciona lateralmente al vehículo
- Confirma la localización del vehículo



Es importante que este soporte no tenga efectos negativos y que por un mal diseño se incremente la carga de trabajo en la conducción. Los sistemas:

- Deben de trabajar juntos
- No deben competir en reclamar la atención del conductor
- No deben proporcionar información confusa

Funcionalidad	ADAS
Prestar atención al tráfico que se aproxima	Sistemas de alerta de colisión dirigidos a intersecciones Sistemas automatizados de cambio de carril e incorporación.
Señales de trafico ubicados en el punto ciego del conductor	Sistemas automatizados para cambio de carril e incorporación, detección de puntos ciegos y obstáculos
Ayuda al conductor a dirigir su atención a la información relevante	Mediante sistemas de señalización dentro del vehículo Control de crucero inteligente
Adelanta información sobre la próxima situación del tráfico	Sistemas que dan información sobre las características de intersecciones complejas que el conductor está a punto de cruzar

ADAS: Guía de mejora de los límites funcionales de conductores mayores

Límites funcionales	Principios relevantes de diseño
Deficits sensoriales	Usar indicaciones redundantes, como retroalimentación auditiva, visual y táctil
Agudeza visual	Aumentar el tamaño de caracteres de los textos
Percepción de color	Emplear color blanco sobre fondo negro
Vision disminuida con baja iluminación	Usar iluminación suplementaria para dispositivos utilizados en baja iluminación.
Sensibilidad al deslumbramiento	Usar acabados mates en los paneles de control y recubrimientos antideslumbrantes en las pantallas
Oído	Usar señales audibles en el rango de 1500-2500 Hz
Percepción de profundidad	Donde la percepción de la profundidad es importante, proporcionar indicaciones no físicas, tales como tamaño relativo, interposición, posición lineal y gradiente de textura
Atención selectiva	Aumentar la visibilidad de los estímulos críticos mediante cambios de tamaño, contraste, color o movimiento
Tiempo de percepción-reacción	Dar al usuario tiempo suficiente para responder a una petición del sistema y proporcionar advertencias al conductor con tiempo suficiente para reaccionar a la situación de tráfico que viene en sentido contrario
Destreza y fuerza manual	Utilizar pomos de gran diámetro, pomos con superficies texturizadas y controles con baja resistencia.

Qué hacer en las carreteras para adaptarlas a AV

La conducción ha evolucionado y seguirá evolucionando

- Las normas de carreteras se desarrollaron inicialmente para conductores jóvenes y para bajas velocidades.
- Ahora están o deberían estar rediseñadas para conductores mayores y mas altas velocidades.

¿Cuál es el siguiente modelo de conducción?

- Vehículos dotados de sensores que proporcionan una automatización parcial a completa
 - Sensores que proporcionan automatización de nivel 1 y nivel 2
 - Baja inversión en infraestructura y vehículos (estos sensores están en los vehículos actuales y aumentarán en los vehículos futuros y en la carretera en los próximos años
 - Los paquetes de sensores para automatización de Nivel 4 y Nivel 5 todavía no pueden ser implantados
- Comprender como interactúan los sensores del vehículo con la carretera

ENFOQUE USA

La promesa de los Vehículos Automatizados

Seguridad – Los vehículos automatizados podrían reducir en un 50% el 1,2 millones de muertes en carretera que hay en el mundo cada año

Congestion – La conducción autónoma podría ahorrar 250 millones de horas perdidas en atascos de tráfico.

Medioambiente – Los vehículos automáticos eléctricos ofrecen soluciones a las ciudades y países para ir eliminando los vehículos accionados por combustibles.

ÚLTIMOS Pasos dados en USA

Enero 2018 – FHWA ADS Solicitud de información (IRF) Una mayor **uniformidad y calidad en las marcas viales** y otros elementos de control de tráfico (TCD) permitiría la automatización

Octubre 2018 – USDOT Vehículos automatizados 3.0. La **calidad y la uniformidad de las marcas viales**, las señales, y otros TCD permiten una conducción segura y eficiente tanto a los conductores como a los vehículos automatizados.

December 2018 – FHWA Resultado del Diálogo Nacional: **Las normas de carreteras deben actualizarse para responder a la tecnología AV**

Abril 2019 – FHWA Entrevistas en el sector sobre AV (proyecto en marcha): **Uniformidad y mantenimiento de las carreteras**: Las carreteras deben ser coherentes y en **buen estado de conservación** especialmente en lo que se refiere a las marcas viales, señales y baches.

Acciones tomadas:

Creación de un grupo de trabajo especial sobre “Vehículos automatizados y conectados (CAV)” dentro del Comité Nacional para la Armonización de los Elementos de Control de Tráfico (TCD)

- DOTs (Departamentos estatales de transporte)
- AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)
- Auto Alliance
- Automotive Safety Council
- Machine Vision Developers
- ATSSA (American Traffic Safety Services Association)
- Expertos
- Tareas:
 - Revisar la literatura técnica
 - Desarrollo de contraargumentos («Abogado del diablo»)
 - Supervisión y coordinación
- Desarrollar un borrador de terminología MUTCD (Manual de dispositivos uniformes para el Control de Tráfico)

Áreas clave sobre necesidades de las marcas viales

Uniformidad

- El reto fundamental: **Unificar los criterios de señalización**
- **Las marcas viales son la gran prioridad** en la automatización de vehículos tanto para hoy como en los proyectos futuros de automatización total de los vehículos.

Calidad

- Conseguir **marcas viales** durables que permanezcan **visibles bajo humedad o lluvia; con sol bajo de frente o bajo condiciones de deslumbramiento** etc.

Mantenimiento

- Criterios de mantenimiento y **valores umbrales para sistemas de visión artificial**

Marcas viales (buenas-actualmente para conductores y Vehículos automatizados):

Emplear líneas de 6" (≈ 15 cm) en carreteras interurbanas

Emplear líneas de 6" (≈ 15 cm) en carreteras con velocidad específica > 40 mph (65 km/h)

Emplear marcas viales anchas discontinuas para carriles de entrada y salida (taqueado)

Emplear líneas continuas al principio de zonas de obras y en todas las transiciones de carril.

Emplear cebreados (Chevron) en zonas no circulables

Eliminar el empleo de botones cerámicos (bott's dot) como sustitutos de la marca

Emplear marcas de contraste sobre pavimentos claros

Emplear líneas entre 10-15 ft (3-4,5 m) con un vano máximo de 25-30 ft (7,5-9,0 m)

Emplear flechas con las formas y dimensiones aprobadas por la FHWA. (Standard Highway Signs document)



Se necesita trabajar más en:

Determinar el patrón de contraste más eficaz para pavimentos de color claro

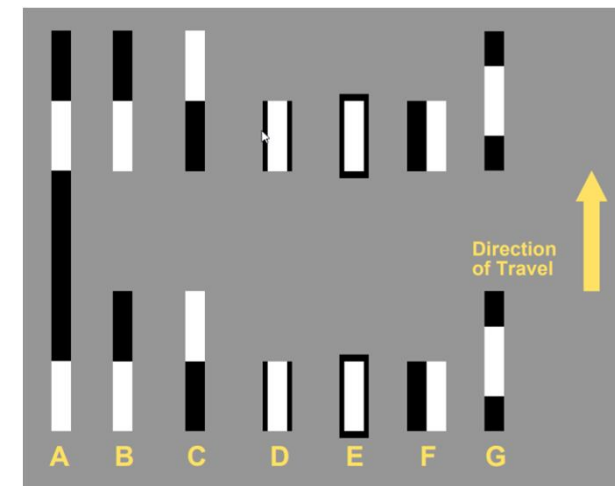
Determinar el patrón de marcas Chevron más eficaz para las áreas libres de circulación

Establecer normas más estrictas de trazado de carriles especiales, como carriles BUS/VAO, carriles bici, carriles bici, carriles de transición, etc.

Evaluar las medidas de visibilidad diurna que correlacionan con la visión instrumental y las capacidades de visión humana (contraste de luminancia)

Evaluar el rendimiento de las marcas viales con las últimas tecnologías como cámaras activas, LIDAR y radar de alta-resolución.

*Contrast Marking Patterns in the US Carlson et.
al. FHWA/TX-07/5008-2*



PLAZOS

(LDW) Alarma por salida de carril

- 2020, estandar en 40-80% de coches nuevos
- 2025, estandar en 70-99% de coches nuevos

(LKA) Asistente para mantener el carril

- 2020, estandar en 10-24% de coches nuevos
- 2025, estandar en 30-73% de coches nuevos

39 J. Cicchino. *Effects of lane departure warning on police reported crash rates. Journal of Safety Research*, 66, 2018

ENFOQUE UE – Últimos pasos

Los fabricantes de coches necesitan información de la carretera, información comprensible, fiable y tratable para desarrollar ayuda segura a la conducción. Para tener un resultado eficiente los fabricantes de coches y de equipamientos de la carretera trabajan conjuntamente.

ERF: European Road Federation

EURORAP : European Road Assessment Programme,

EURONCAP : European New Car Assessment Programme

WG.1: Normas de calidad para las marcas viales en carreteras interurbanas y zonas de obras

WG.2: Especificaciones para llevar a cabo un control de la calidad de las marcas viales

ERF: Carretera que un coche puede leer

Además del riesgo inherente de conducir por una carretera sin una delimitación clara, la creciente falta de un mantenimiento adecuado de las marcas viales anula los beneficios en la seguridad que pueden obtenerse con las nuevas tecnologías de los vehículos.

EuroRAP y EuroNCAP en el documento publicado en 2011 «Roads that Cars can Read, señalaron acertadamente la necesidad de garantizar que las **marcas viales se mantengan a niveles visibles** para los vehículos y, por supuesto, al ojo humano. Una buena señalización horizontal especialmente cuando se combinaba con sistemas automáticos de alerta ayudan a reducir el número de accidentes.

Sin embargo, el sistema automático **solo funciona cuando se instalan marcas viales visible y bien mantenidas**.

No todas las carreteras, del ámbito rural tienen bordes laterales marcados.

Como resultado de la colaboración entre ERF/EURORAO/EURONCAP se ha publicado el primer conjunto de recomendaciones técnicas para facilitar el reconocimiento de las marcas de las carreteras mediante la visión humana y del vehículo, en las que se exigen los siguientes requisitos de rendimiento:

Harald Mosböck, Presidente del Grupo de Trabajo sobre señalización de carreteras:

"Nos complace compartir con la Comisión Europea y los Estados Miembros conocimientos especializados y experiencias exitosas sobre la forma en que las marcas pueden mejorar el rendimiento con respecto a la visión humana y vehicular. Para ello, centramos nuestro trabajo en proyectos co-financiados de la UE y varias publicaciones técnicas con el fin de garantizar que los resultados lleguen al mayor número posible de partes interesadas, incluyendo de otras regiones como los Estados Unidos"

- Visibilidad nocturna Retrorreflexion en seco > 150 mcd/lx/m²
- Visibilidad nocturna Retrorreflexion en condiciones húmedas y lluviosas > 35 mcd/lx/m²
- Visibilidad diurna alta relación de luminancias (contraste) entre el marcado y el pavimento (nunca por debajo de 3:1) para mitigar las lecturas falsas causadas por el deslumbramiento
- Facilitar la armonización del diseño de las marcas en diversos países

Resolución del Parlamento Europeo, de 15 de enero de 2019, sobre la conducción autónoma en los transportes europeos ([2018/2089\(INI\)](#))

14. Subraya que las normas técnicas de los vehículos e infraestructuras (por ejemplo, señales de tráfico, marcas viales, sistemas de señalización e ITS cooperativos) deberían desarrollarse y armonizarse a escala nacional, internacional y de la Unión, partiendo de los trabajos y foros ya existentes para evitar solapamientos, sobre la base de los principios de un enfoque abierto, transparente y tecnológicamente neutro, aumentando la seguridad vial y garantizando una interoperabilidad transfronteriza completa;

Respuesta del Comité Europeo de normalización CEN/TC 226 «Road Equipment»

Creación grupo de trabajo WG12 “Road interaction – ADAS Autonomous vehicles”

Se ha preparado el documento [\(prCEN TR 00226XXX:2019\)](#) :

Es un estudio pre-normativo para las interacciones carretera – vehículo automatizado a utilizar como marco de trabajo en el WG12 para otros estudios.

1 Objeto y campo de aplicación: dentro del campo de aplicación está:

Apoyar el trabajo del TC 226 y su WG12 aportando una visión común de las funciones y responsabilidades de una carretera inteligente para la circulación de vehículos automatizados de nivel SAE 1 a nivel SAE 5.

Colaboración España dentro del TC226/WG.2 «horizontal signalization»

TG “ADAS / Autonomous vehicles”. *Matthew Youell Highways England*

- TG 1: Mejor conocimiento de los sensores (incluyendo su conectividad),
- TG 2: Síntesis de proyectos,
- TG 3: Casos de las zonas de obra y areas de peaje
- TG 4: Suministros de bases de datos de carreteras y protocolos.

Cada grupo de tareas se reúne y trabaja de manera independiente. El objetivo final de cada grupo de tareas es elaborar un informe técnico, agrupando todos los datos de su esfera de especialización, y proporcionar orientación

La SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL son actualmente las principales funciones que utilizan los vehículos automáticos para permanecer en el carril y respetar el código de tráfico	La SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL de la calzada es la principal solución que se utiliza para mantener el vehículo en el carril correspondiente siguiendo la trayectoria prevista.	Las marcas viales no siempre están presentes y pueden verse alteradas por algunas condiciones meteorológicas adversas	Una solución redundante puede ser el uso de un mapa digital preciso (con una precisión superior a 10 centímetros) asociado a un sistema de posicionamiento preciso (GNSS). Esta precisión de posicionamiento no se considera posible sin aumentar el GALILEO. Por consiguiente, se prevé aumentar el rendimiento de GALILEO utilizando algunos equipos de infraestructura viaria, por ejemplo RTK (Real Time Kinematic).
		En el caso de la conducción humana, es necesario que el marcado sea visual. En el caso de los vehículos automatizados, el marcado puede comunicarse directamente mediante comunicaciones electromagnéticas.	Otra solución redundante es que los equipos de infraestructura viaria pueden incluir la señalización horizontal con sensores / actuadores que están incrustados en la propia carretera, que utilizan ondas electromagnéticas (radio)
	La SEÑALIZACIÓN VERTICAL puede informar de perturbaciones locales a través de los sensores autónomos del vehículo (p. ej., cortes, como trabajos en carretera) o a distancia a través de alguna cooperación V2X.	Las señales estáticas o señales de mensajes variables también pueden ser ocultada por algunos obstáculos (p. ej., un camión), lo que lleva a una pérdida de información crítica	Por ello, al igual que en el caso del marcado horizontal, el marcado vertical debe complementarse con algún sistema redundante basado en sensores/actuadores que utilizan ondas electromagnéticas (radio)

Más recientemente (6 de marzo 2019) la ERF ha redefinido estos niveles técnicos : CAVs, niveles técnicos requeridos a las marcas viales

2.- Marcas viales, Recomendaciones

- 1 Todas las carreteras tienen que ser señalizadas y las marcas viales visibles claramente y no confusas (ancho mínimo 15 cm)
- 2 Emplear marcas viales visibles bajo cualquier condición climática (seco, lluvia y humedad)
 - Contraste de luminancias: **marca vial/pavimento >3:1**
 - Retrorreflexión mínima en seco: **150 mcd·m⁻²·lx⁻¹**
 - Retrorreflexión mínima en húmedo: **50 mcd·m⁻²·lx⁻¹**
 - Retrorreflexión mínima en lluvia: **35 mcd·m⁻²·lx⁻¹**
- 3 **Armonizar el color y las dimensiones** de las marcas viales
- 4 Usar marcas viales **continuas en las bandas laterales**

Este es uno de los grandes retos al que se enfrentan los nuevos responsables de las carreteras

<https://www.youtube.com/watch?v=5kzEXAZ4yr4>